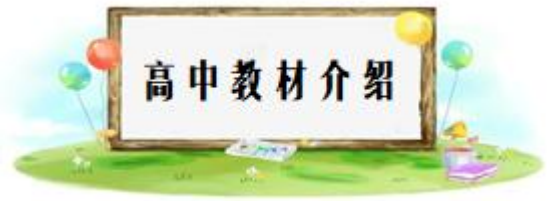
衔接点 引言：初高中物理的对比

	内容	初中知识简要	高中加深内容	说明	要求
力学初步	力的概念	力的大小、方向、作用点，力的图示、示意图	力的物质性、相互性、独立性、矢量性，自然界中四种基本相互作用	利用力的示意图对物体做受力分析	学业水平考试+高考要求
	重力	大小、方向、作用点	重力的产生、重力与万有引力的关系、重心的确定		
	弹力	弹力的产生	弹力的大小、胡克定律、弹力的方向		
	摩擦力	滑动摩擦力的大小与什么因素有关(表面受到的压力、接触面的粗	对静摩擦力和滑动摩擦力的产生、大小、方向做进一步的学习		
	力的合成与分解力的概念	同一直线上两个力的合成	互成角度的两个力、三个力、多个力的合成与分解	平行四边形定则	
物体的运动	机械运动	物体的运动和静止是相对的、参照物	参考系(作用等同于“参照物”)、质点、坐标系	科学抽象法	
	速度	路程和时间、平均速度	位移、时刻和时间间隔、平均速度、瞬时速度	速度是一个矢量	
	图象法表述	路程和时间及速度和时间的图象	位移和时间及速度和时间的图象，图象中斜率的物理意义		
力和运动	牛顿第一定律	牛顿第一定律、生活中的惯性现象	力和运动的关系，牛顿第一定律，质量是惯性大小的唯一量度	力是改变物体运动状态的原因	
	二力平衡	力的作用是相互的、二力平衡	牛顿第三定律、多个力的平衡、共点力的平衡		
功和能	功	力F和物体移动距离s方向相同时所做的功	力F和物体发生的位移x互成角度时功的计算，功的正负		
	功率	单位时间内所做的功叫功率。P=W/t	P=W/t、P=Fv，瞬时功率和平均功率的求解	注意公式的选择	
	动能	了解影响动能大小的因素	动能的定量计算、动能定理		
	重力势能	了解影响重力势能、弹性势能大小的因素	计算重力势能的大小		
	功能关系	动能和势能可以相互转化	机械能守恒定律、功是能量转化的量度		
静电场	两种电荷	电荷、电荷间的相互作用、摩擦起电	三种起电方式、库仑定律、电荷守恒定律		学业水平考试简单要
	电压	电源的作用就是给用电器两端提供电压	从功和能的角度重新定义电压，称为“电势差”		
恒定电流	电阻	电阻、导体、半导体、超导体	导体的电阻		
	电流	电流的形成、方向	电流的微观意义		
	欧姆定律	部分电路的欧姆定律	闭合电路的欧姆定律(考虑电源的内阻)		
	伏安法测电阻	滑动变阻器、限流接法测小灯	滑动变阻器的限流和分压接	原理:R=U/I	

		泡的电阻	法、电流表的内接法与外接法(考虑电压表、电流表的电阻对实验的影响)		求+高考要求
	电功和电能	了解电功、电能的知识，焦耳定律	纯电阻电路和非纯电阻电路电功和电热的关系	注意公式的选择	
磁场与电磁感应	磁场	磁场和电流的磁场、磁场的方向、磁感线	磁感应强度、磁场的性质、磁场的方向、电流的磁场的判断、安培分子电流假说	安培定则	
	磁场对电流的作用	了解电磁铁、电动机的原理	引入安培力的概念，对安培力的大小和方向作进一步判断		
	电磁感应	电磁感应现象和产生条件，了解交流发电机产生交流电的过程	感应电流的产生和感应电流方向的判断、感应电动势的计算、用图象法对交变电流进一步进行研究		
内能与能量守恒	分子动理论	分子动理论的三部分内容	用“油膜法”估测分子的大小，提出分子热运动的概念	通过宏观现象认识微观世界	高考要求
	原子、原子核的组成	了解原子和原子核的组成、核能和太阳能的常识	介绍原子的核式结构、原子核、原子的能级，了解天然放射现象、核反应		
	内能	热量、内能、改变物体内能的两种方式	物体的内能还与体积有关、引入了热力学第一定律和热力学第二定律		
	能量守恒定律	结合生活、生产中的现象理解能量守恒定律	了解两类永动机，加深对热力学定律和能量守恒定律的理解		
光和声	光的直线传播	光的直线传播	产生干涉和衍射的条件	光的本性的认识	
	光的反射和折射	了解光的反射、折射、色散现象	光的折射定律及折射的应用、全反射现象和临界角的应用		
	声音的产生	声音的产生与传播	机械振动与机械波、多普勒效应		



必修课程:每模块 2 学分，共计 6 学分。必修课程学完后，学生可参加用于高中毕业的学业水平合格性考试。

选择性必修课程:每模块 2 学分，共计 6 学分。选择性必修课程学完后，学生可参加用于高等院校招生录取的学业水平等级性考试。

选修课程:每模块 2 学分，共计 6 学分。学生可根据兴趣爱好、学业发展、职业倾向等自主选择学习。学校可根据实际情况开设选修课程，自主考核。

对于高考不选择物理学科作为考试科目的学生只要完成必修第一、二、三册即可，对于高考选择物理学科作为考试科目的学生，除了完成必修第一、二、三册外，还要完成选择性必修第一、二、三册知识的学习。

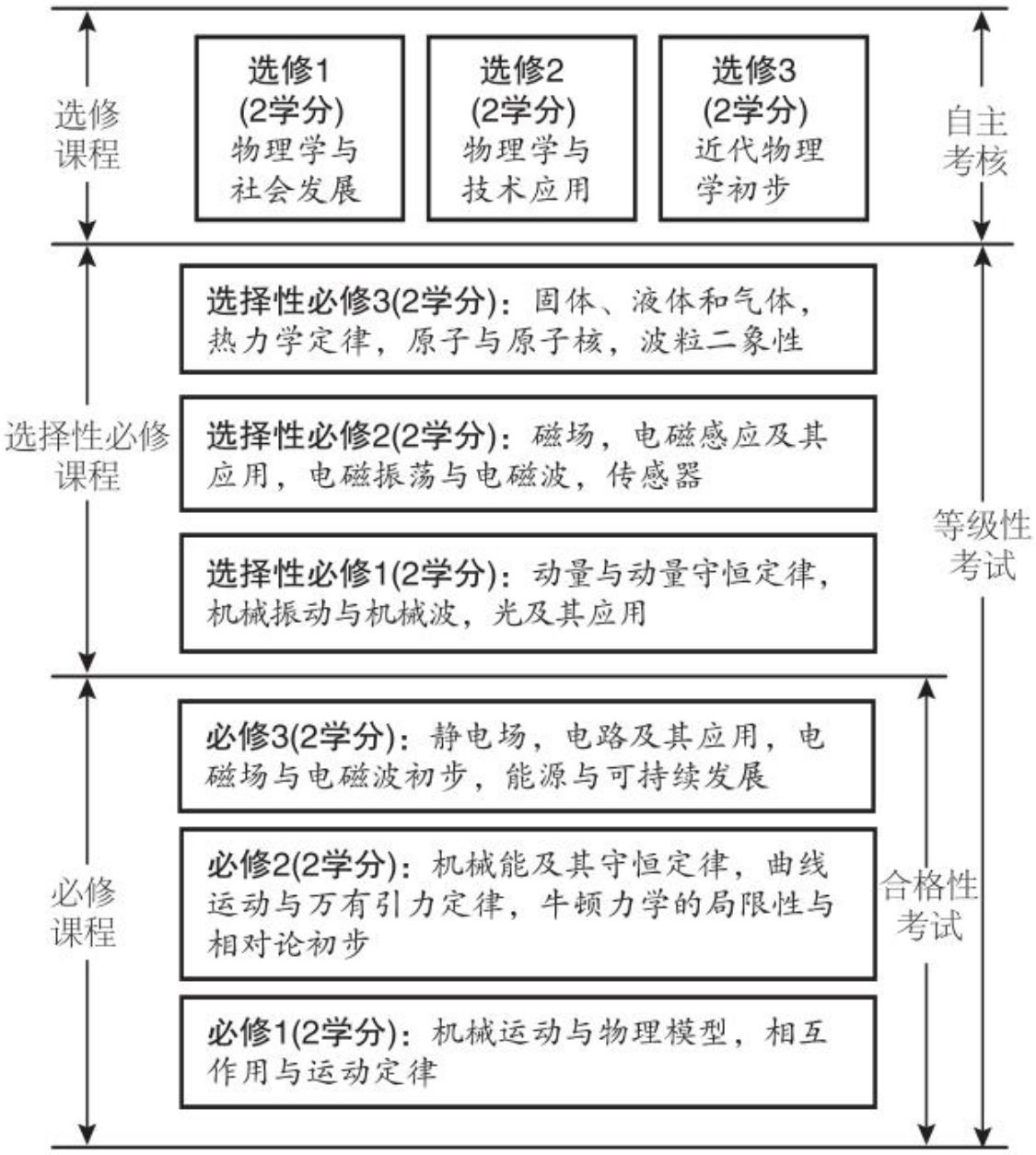
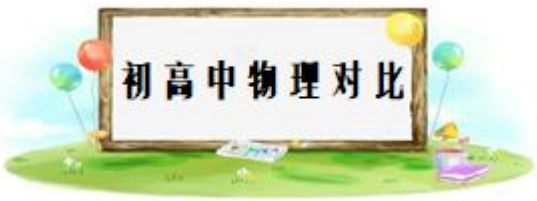


图1　高中物理课程结构



一、教材特点

初中物理教材编写是以观察、实验为基础，使学生了解一些基本的物理学知识以及实际应用，因此，初中物理教材内容大多是简单的物理现象和结论，对物理概念和规律的定义与解释简单粗略，研究的问题大多是单一对象、单一过程、静态的简单问题，学生易于接受。

高中物理教材编写则采用观察实验、抽象思维和数学方法相结合，对物理现象进行模型抽象和数学化描述，要求通过抽象概括、想象假说、逻辑推理来揭示物理现象的本质和变化规律，研究解决的往往是涉及研究对象(可能是几个相关联的对象)多个状态、多个过程、动态的复杂问题，学生接受难度大，高中物理教材对物理概念和规律的表述严谨简洁，对物理问题的分析推理论述科学、严密，学生阅读难度较大，不易读懂。

二、教学特点

初中物理教学特点是课堂容量较小，一节课只要求解决一个或者两个物理问题即可，比如老师讲授光的折射现象及规律时，反复让学生观察、思考:光在什么情况下折射?折射角和入射角大小关系如何?等等。然后由学生思考、回答、归纳，由于不需要计算，或计算量很少，所以学生参与度较高，思维活跃。

高中物理教学的显著特点是课堂容量大，计算量大，物理思维比较明显。通常一节课下来学生要解决很多问题，比如匀变速直线运动的规律，方程多，计算量大，牵涉的物理量也多，让学生很难一下子适应。另外，高中物理知识由于相对较为抽象，所以，学生理解上存在一定的困难，比如，高一物理开始就给出了一些概念，位移、速度、加速度等，都与初中物理所接触的知识相似，又有所不同，学生在初中没有接触过矢量，这让学生一下子很难理解。

三、举例说明

在初中，我们只需要定性地分析那些热学、光学、力学、电磁学的现象。分析水为什么会变成冰和水蒸气?为什么会听到回声?为什么苹果往下落，水往低处流?为什么磁铁会同性相斥、异性相吸?为什么筷子在水里会折断?

这种定性分析跟日常生活联系得非常紧密。我们每学一点物理知识，就仿佛揭开了大自然某处的面纱，好奇心和求知欲在这个过程中得到了极大的满足。但是，物理学是研究一切物质的运动形式和规律的学科，我们当然不能只满足于对物理现象做一些定性分析。

我们从自然界总结出了各种物理定律，再利用这些定律去改造自然。这可是一丁点差错都不能有的，必须进行精确的定量计算。

进入高中，我们就要对力学、电磁学等领域进行精确的定量计算。

初中我们只要知道为什么苹果会往下落;高中就要能算出苹果 1 秒钟下落了多高，2 秒后的速度是多少。

初中我们只要知道电荷同性相斥，异性相吸;高中我们就要知道两个电荷相距 1 米，它们的吸引力和排斥力到底有多大。

初中我们只要知道电荷在电场中会加速运动;高中我们就要算出电荷的运动的具体轨迹。

四、重难点的差异

初中	高中
初中**重点**内容：压强、浮力、机械、电流	高中**非重点**内容
初中**非重点**内容（**定性了解**）：力与运动、功和能、电场、磁场、电磁感应	高中**重点**内容

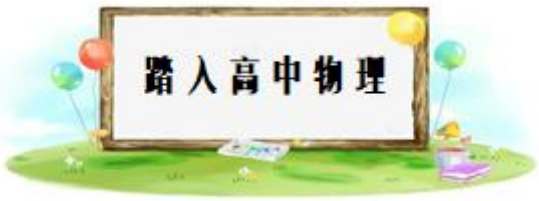
五、思维上的差异

从“形象思维”到“抽象思维”的跨越。

初中	高中
初中物理的学习内容基本上是建立在形象思维的基础之上的，课本中的大多数问题都是**看得见、摸得着**的。在讲述时，依据**生动的现象**和**直观的实验**，让学生直接感受其物理规律的存在。	进入高中后，物理学科的讲授便从形象思维向抽象思维的领域过渡，而且这一**过渡是非常快的、跨步非常大的。**抽象思维能力的**建立和提升并不是一朝一夕的事情**，学生首先要做好**长期渐进**的思想准备.

六、学习方法上的差异

初中	高中
习惯于被动接受知识，概念、规律习惯于死记硬背。养成教师讲什么，学生听什么；考试考什么，学生练什么，学生紧跟教师转的学习习惯。	讲究合作、追求创新、提倡探究、强调自主学习、强化实践能力的培养。要自主学习，独立思考和研究。



研读教材人教版必修一：《序言 物理学：物质及其运动规律的科学》

【学习目标】

1.通过序言的学习，了解物理学的概述、科学精神、应用和未来。

2.了解物理学的基本要求，了解物理研究的方法，感悟科学探究的过程和方法。

【学习任务】

1. 物理学研究什么样学科?
2. 物理学研究的主要内容是哪些?
3. 物理学研究的特点是什么?
4. 物理学的研究体现了什么样的科学精神?
5. 物理学在实际中有哪些应用?
6. 物理学未来的发展是怎样的?
7. 物理学的前沿
8. 你知道哪些物理规律?
9. 高中物理会学习哪些内容?学好物理有何好处?
10. 如何学好高中物理?

衔接点 01 质点 参考系

学习要求

初中阶段	高中阶段
基础认知层面，学生需了解质点是为简化问题而引入的理想化模型，能够在简单情境中判断物体是否可近似看作质点；同时，要理解参照物的概念，知道描述物体的运动必须选取参照物，能通过生活实例辨别不同参照物下物体运动状态的差异，培养初步的运动相对性观念。	进一步深化和拓展。在质点概念方面，学生不仅要理解其理想化本质，还需掌握判断物体能否看作质点的科学方法，能从物体的形状、大小对所研究问题的影响程度进行分析。对于参考系，要求学生能够根据具体问题灵活选取合适的参考系，熟练运用参考系变换分析复杂运动问题，理解不同参考系下运动学物理量（位移、速度等）的相对性，提升抽象思维能力和物理建模能力，为后续学习运动学、动力学等知识奠定坚实基础。
衔接指引	
初中阶段考查形式：多以选择题、填空题和简答题形式出现。 高中阶段考查形式：除了选择题、填空题外，还常结合运动学问题以计算题、综合分析题的形式出现。	

知识衔接

回顾初中知识

1. 机械运动：我们把物体 位置 随时间的变化叫做机械运动.

2. 参照物：在判断物体是运动还是静止时，要选取一个物体作为 标准 ，这个作为标准的物体叫做参照物.

3. 运动和静止的相对性：同一个物体是运动的还是静止的，取决于所选的 参照物 ，这就是运动和静止的相对性.

知新高中知识

一、机械运动

1. 定义：物体的__空间位置__随时间的变化。

2. 运动与静止的关系

(1)自然界中的一切物体都处于永恒的运动中，即运动是__绝对的__。

(2)描述某一个物体的运动时，总是相对于其他物体而言的，这便是运动的__相对性__。

二、物体和质点

1. 定义：用来代替物体的有__质量__的点。

2. 将物体看成质点的条件：在研究物体的运动时，当物体的__形状__和__大小__对所研究问题的影响可忽略不计时，物体可视为质点。

3. 特点

(1)质点不同于几何“点”：质点是用来代替物体的有__质量__的点，其特点是只有__质量__，没有大小、体积、形状，它与几何“点”有本质的区别.

(2)质点是一种“物理模型”.

①物理模型是在物理研究中，突出问题的__主要__因素，忽略__次要__因素而建立的__理想化__模型，是物理学经常采用的一种科学研究方法，质点就是典型的物理模型之一.

②物理模型作为一种__理想化__模型，是为了研究问题方便而对实际问题的科学抽象，实际中并不存在。

三、参考系

1. 定义：在描述物体的运动时，被选定作为参考、假定为__不动__的其他物体。

2. 理解

（1）假定性：被选作参照系的物体，我们都__假定它是静止的__。

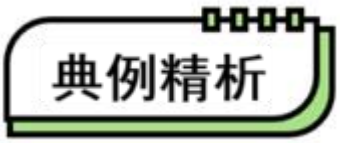
（2）任意性：参照系可以__任意选择__，可以是运动的物体，也可以是静止的物体。

（3）排己性：不能把__被研究的物体本身__作为参照系。因为以__被研究的物体本身__作为参照系，则其永远静止，这样就没有研究的意义了。

（4）方便性：为了更方便的研究物体，一般选取__地面__或__与地面相对静止__的物体为参照系。

（5）差异性：研究同一个物体的运动时，选取__不同__的参照系，其研究结果可能不同。

3. 参考系对观察结果的影响：选择不同的参考系观察同一个物体的运动，观察结果会有所__不同__。



例 1、下列哪些现象不是机械运动（　　）

A．月亮绕着地球转　　B．鱼在水中游

C．煤燃烧的过程　　D．“神舟十号”飞船绕着地球运转

【答案】C

【解析】一个物体相对于另一个物体位置的变化称作为机械运动，月亮绕着地球转、鱼在水中游、“神舟十号”飞船绕着地球运转，它们的位置都相对发生了变化，是机械运动；煤燃烧的过程是化学能转化为内能的过程，不涉及物体位置的变化，所以不是机械运动。

故选 C。

方法点拨

在判断是否为机械运动时，关键在于紧扣机械运动的本质特征 —— 物体位置的变化。具体可从以下方面着手：

1. 明确概念核心：牢记机械运动是指一个物体相对于另一个物体位置的改变。在分析选项时，将此作为判断依据，优先观察物体间相对位置是否变动。

2. 逐一分析选项：对每个选项中的物体运动情况进行细致分析，如月亮绕地球转、鱼在水中游、飞船绕地球运转，均能清晰看出物体间相对位置的变化，符合机械运动定义；而煤燃烧是化学变化，涉及物质内部能量转化，不存在物体间位置的相对改变，不属于机械运动。

3. 区分不同现象：学习中要注意区分物理运动（机械运动）和其他形式的变化，如化学变化、生物变化等。这些变化往往有着不同的本质和研究范畴，避免混淆。

4. 结合生活经验：机械运动在生活中随处可见，多结合日常现象思考，如汽车行驶、鸟儿飞翔等，加深对概念的理解和运用能力，遇到题目时就能快速判断。

5. 警惕易错陷阱：有些运动看似复杂，实则可依据位置变化来判断；有些变化虽有动态过程，但并非机械运动，如物质的溶解、扩散等，要仔细甄别，防止被表象迷惑。

例 2、卡塔尔世界杯比赛中，运动员踢出一记“香蕉球”，轨迹如图所示。下列情形中能将足球看成质点的是（　　）

A．观察足球被踢中的部位　　B．描述足球在空中的轨迹

C．研究足球在空中的旋转情况　　D．研究足球上各点的运动情况

【答案】B

【解析】A．观察足球被踢中的部位时足球的形状和大小不可忽略，故不能作为质点，故 A 错误；

B．描述足球在空中的轨迹时足球的形状和大小可忽略，故能作为质点，故 B 正确；

C．研究足球在空中的旋转情况时足球的形状和大小不可忽略，故不能作为质点，故 C 错误；

D．研究足球上各点的运动情况时足球的形状和大小不可忽略，故不能作为质点，故 D 错误。

故选 B。

方法点拨

假设法判断物体能否当作质点

1. 确定问题的性质，即研究目的、观察的重点是什么．

2. 假设物体的形状、大小被忽略，成了一个有质量的“点”．

3. 思考所要研究的问题，所进行的观察是否受影响．若受影响，物体不能被当作质点；若不受影响，物体就能被当作质点．

例 3、我校每周一都在中心广场举行升旗仪式。在升旗前，小刘、小蔡和其它国旗班的同学组成方队踏着整齐的正步从初中部一侧将国旗护送到高中部一侧的旗杆下交给升旗手。在护送国旗过程中下列说法正确的是（　　）

A．以小刘为参考系，小蔡是运动的

B．以小蔡为参考系，小刘是运动的

C．以小刘为参考系，参加升旗仪式的老师和同学们都是静止的

D．以小蔡为参考系，国旗是静止的

【答案】D

【解析】A．以小刘为参考系，小蔡与小刘的位置没有发生变化，故小蔡是静止的，故 A 错误；

B．以小蔡为参考系，小蔡与小刘的位置没有发生变化，故小刘是静止的，故 B 错误；

C．以小刘为参考系，参加升旗仪式的老师和同学们与小刘的位置发生变化，故参加升旗仪式的老师和同学们是运动的，故 C 错误；

D．以小蔡为参考系，小蔡与小国旗的位置没有发生变化，故国旗是静止的，故 D 正确。

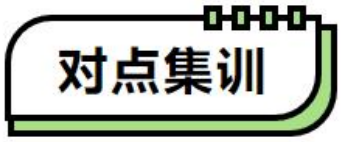
故选 D。

方法点拨

判定参考系的两种方法

1.静物法：明确观察到的现象中，什么物体是运动的，什么物体是静止的，静止的物体可能就是参考系。

2.假设法：假设以某物体为参考系，看对物体运动的描述是否与观察到的结果一致．若一致，该物体可能就是参考系。



1.以下运动不属于机械运动的是（　）

A．洋务运动　　B．马路上行驶的汽车

C．晨跑的同学　　D．水中游动的鱼

【答案】A

【解析】机械运动是指物体位置之间有变化，所以马路上行驶的汽车、晨跑的同学、水中游动的鱼都属于机械运动，洋务运动不属于机械运动。

故选 A。

2.下列所举的事例中，不属于机械运动的是（　　）

A．苹果从树枝上掉落　　B．小船在水面上滑行

C．生产技术革新运动　　D．月亮绕地球的运动

【答案】C

【解析】苹果从树枝上掉落，小船在水面上滑行，月亮绕地球的运动都属于机械运动，生产技术革新运动不属于机械运动。

故选 C。

3.雄鹰飞行时扇动翅膀，情境比较复杂，但是如果我们只关注雄鹰从哪里移动到了哪里，就不必关心它的飞行姿态，而是把它看成一个点来描述它的运动。这里体现的物理方法是（　　）

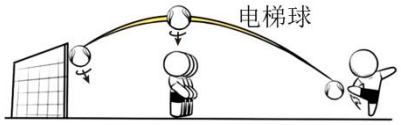
A．等效法　　B．假设法　　C．理想模型法　　D．转换法

【答案】C

【解析】只关注雄鹰从哪里移动到了哪里，就不必关心它的飞行姿态，而是把它看成一个点来描述它的运动。这里体现的物理方法是理想模型法。

故选 C。

4.如图所示，足球运动员踢出“电梯球”，下列研究中不能把足球看成质点的是（　　）



A．研究足球从踢出到进入球门的位移　　B．研究足球从踢出到进入球门的轨迹形状

C．研究足球从踢出到进入球门的轨迹长度　　D．运动员研究如何才能踢出“电梯球”

【答案】D

【解析】当物体的大小、形状对所研究的问题没有影响或者影响很小，可以忽略不计时，可将物体看成质点，所以研究从踢出到进入球门的位移、足球从踢出到进入球门的轨迹形状、足球从踢出到进入球门的轨迹长度均可以将足球看成质点，而研究如何才能踢出“电梯球”，不可以看成质点。

故选 D。

5.2024 年巴黎奥运会的以下比赛项目中，可将运动员视为质点的是（　　）

A． 裁判对蹦床运动员技巧评分　　B． 教练员记录马拉松运动员的轨迹

C． 滑板运动员完成 360°空翻　　D． 观众欣赏艺术体操运动员表演

【答案】B

【解析】A．当物体的大小、形状对所研究的问题没有影响或者影响很小，可以忽略不计时，可将物体看成质点，所以研究裁判对蹦床运动员技巧评分时，不能看成质点，故 A 错误；

B．教练员记录马拉松运动员的轨迹，可将物体看成质点，故 B 正确；

C．板运动员完成 360°空翻，不能看成质点，故 C 错误；

D．观众欣赏艺术体操运动员表演，不能看成质点，故 D 错误。

故选 B。

6.下列有关质点的描述正确的是（　　）

A．研究昼夜交替现象时，可以将地球看成质点

B．研究一辆公交车通过路旁公交站牌所用的时间时，可以把公交车看成质点

C．教练员训练运动员起跑动作时，可以将运动员看成质点

D．研究一辆动车从苍南站到乐清站所用时间时，可以把动车看成质点

【答案】D

【解析】A．当物体的大小、形状对所研究的问题没有影响或者影响很小，可以忽略不计时，可将物体看成质点，所以研究昼夜交替现象时，不可以将地球看成质点，故 A 错误；

B．研究一辆公交车通过路旁公交站牌所用的时间时，不可以把公交车看成质点，故 B 错误；

C．教练员训练运动员起跑动作时，不可以将运动员看成质点，故 C 错误；

D．研究一辆动车从苍南站到乐清站所用时间时，可以把动车看成质点，故 D 正确。

故选 D。

7.近期重庆七中第 65 届田径运动会顺利举行，如图所示为运动会中的四个比赛场景。在下列研究中可将运动员视为质点的是（　　）

甲：跳高

乙：跆拳道表演

丙：八百米赛跑

丁：足球表演

A．研究甲图运动员的起跳动作

B．研究乙图运动员的空中转体姿态

C．研究丙图运动员在长跑比赛中的运动轨迹

D．研究丁图运动员的颠球动作

【答案】C

【详解】A．当物体的大小、形状对所研究的问题没有影响或者影响很小时，可将物体看成质点，所以研究运动员的起跳动作时，不能看成质点，故 A 错误；

B．研究运动员的空中转体姿态时，不能看成质点，故 B 错误；

C．研究运动员在长跑比赛中的运动轨迹时，可将运动员看成质点，故 C 正确；

D．研究运动员的颠球动作时，不能看成质点，故 D 错误。

故选 C。

8.北京时间 2024 年 8 月 4 日，郑钦文在巴黎奥运会网球女单决赛中，以 2：0 击败了克罗地亚选手维基奇后夺冠，夺得中国网球首枚奥运女单金牌。下列说法正确的是（　　）

A．研究击球的动作时可以将郑钦文看作质点

B．研究网球的运动轨迹时可以将网球看作质点

C．研究网球在空中转动情况时可以将网球看作质点

D．研究网球在上方灯光照射下在地面的影子时，可以将网球看作质点

【答案】B

【解析】当物体的大小、形状对所研究的问题没有影响或者影响很小，可以忽略不计时，可将物体看成质点，所以研究击球的动作时、网球在空中转动情况时、网球在上方灯光照射下在地面的影子时，均不可以将网球看成质点，而研究网球的运动轨迹时可以将网球看作质点。

故选 B。

9.在镇江中学 65 届运动会入场仪式中，国旗班同学保持队形不变通过主席台前方，下列说法正确的（　　）

A．以方队中某同学为参考系，方队中其它同学是运动的

B．以方队中某同学为参考系，主席台是静止的

C．站立在主席台旁观看的老师，看到方队迎面而来，是选择旁边的其他老师为参考系的缘故

D．以上说法均错误，参考系必须是地面或固定在地面上的物体

【答案】C

【解析】AB．由于同学保持队形不变通过主席台前方，学生之间保持相对静止，以方队中某同学为参考系，方队中其它同学是静止的，主席台是运动的，故 AB 错误；

C．以站立在主席台旁观看的老师为参考系，方队是迎面而来的，故 C 正确；

D．参考系的选取是任意的，可以是静止的物体，也可以是运动的物体，故 D 错误。

故选 C。

10.关于参考系，下列说法中正确的是（　　）

A．研究物体的运动时，不需要参考系

B．参考系必须选取地面或相对于地面静止不动的其它物体

C．研究地面上物体的运动时只能选取地面为参考系

D．描述一个物体的运动情况时，参考系可以任意选取

【答案】D

【解析】A．研究物体的运动时，必须选择参考系，选择不同的参考系，物体的运动状态可能不同，A 错误；

B．参考系尽可能遵循方便，简单，不一定选取地面或相对于地面静止不动的其它物体为参考系，也可以选择相对地面运动的物体为参考系，B 错误；

C．研究地面上物体的运动时，可以选择其他相对地面运动的物体为参考系，C 错误；

D．描述一个物体的运动情况时，参考系可以任意选取，选择不同的参考系，物体的运动状态可能不同，D 正确。

故选 D。

11.（多选）下列关于参考系的说法中正确的是（　　）

A．坐在汽车上的乘客看到公路旁的树木迎面向他飞奔而来，乘客是以路面为参考系

B．“山不转那水在转，水不转那山也转”，都是以水为参考系的

C.《抱朴子・内篇・塞难》中写道“游云西行，而谓月之东驰”，其中“而谓月之东驰”是选择云为参考系

D.《浣溪沙》中写道：“满眼风光多闪烁，看山恰似走来迎。仔细看山山不动——是船行。”这里的“看山恰似走来迎”选的参考系是船

【答案】CD

【解析】A．坐在汽车上的乘客看到公路旁的树木迎面向他飞奔而来，乘客是以自己或者汽车为参考系，故 A 错误；

B．“山不转那水在转”是以山为参考系，“水不转那山也转”是以水为参考系，故 B 错误；

C.《抱朴子・内篇・塞难》中写道“游云西行，而谓月之东驰”，其中“而谓月之东驰”是选择云为参考系，故 C 正确；

D.《浣溪沙》中写道：“满眼风光多闪烁，看山恰似走来迎。仔细看山山不动——是船行。”这里的“看山恰似走来迎”选的参考系是船，故 D 正确。

故选 CD。

12.（多选）甲、乙、丙三个人各坐在一个热气球上，三个热气球或静止或沿竖直方向运动。已知甲乘坐的气球正在上升，乙看见甲静止不动，丙看见甲正在上升，则以下说法中正确的是（　　）

A．甲将会看见地面向他扑面而来　　B．甲将会看见地面正在离他而去

C．乙乘坐的气球正在空中静止不动　　D．丙乘坐的气球可能在空中静止不动

【答案】BD

【解析】AB．甲乘坐的气球正在上升，甲将会看见地面远他而去，故 A 错误，B 正确；

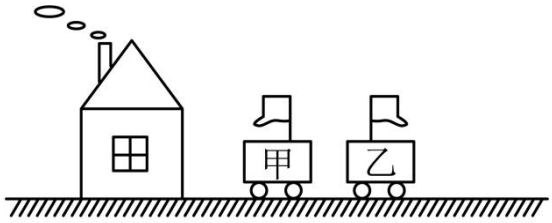
C．甲乘坐的气球正在上升，乙看见甲静止不动，甲与乙相对静止，乙与甲相同速度上升，故 C 错误；

D．甲乘坐的气球正在上升，丙看见甲正在上升，丙乘坐的气球可能在空中静止不动可能向下运动也可能向上运动但不如甲运动的速度大，故 D 正确。

故选 BD。

综合演练

13.观察图中屋顶的炊烟和车上的小旗，可知甲、乙两车相对于房子的运动情况，其中正确的是（　　）



A．甲、乙两车一定都向左运动

B．甲、乙两车一定都向右运动

C．甲车可能运动，乙车可能向右运动

D．甲车可能静止，乙车一定向左运动

【答案】D

【详解】从图上屋顶的炊烟方向可以判断风的方向是向左的，图中甲物体的小旗向左飘，我们可以判断甲物体可以静止，可以向右运动，也可以向左运动，向左的速度必须小于风速；图中乙物体的小旗向右飘，我们可以判断乙物体一定向左运动，且向左运动的速度大于风速。

选项 D 正确，ABC 错误。

故选 D。

14.热气球运动起源于 18 世纪的法国，随着球皮材料和致热燃料的普及，热气球已成为公众休闲观光和体育旅游项目。在一次观光游览中，甲、乙、丙三人各乘一个热气球，甲看到楼房匀速上升，乙看到甲匀速上升，甲看到丙匀速上升，丙看到乙匀速下降。从地面上看，甲、乙、丙的运动情况可能是（　　）

A．甲、乙匀速下降，$v_{乙}<v_{甲}$

B．甲、乙匀速下降，$v_{乙}>v_{甲}$，丙匀速下降，且$v_{丙}>v_{甲}$

C．甲、乙匀速下降，$v_{乙}>v_{甲}$，丙匀速上升

D．以上说法均不对

【答案】C

【解析】楼房和地面相当于同一参考系，所以，甲是匀速下降。乙看到甲匀速上升，说明乙也是匀速下降，且

v 乙＞v 甲

甲看到丙匀速上升，有三种可能：丙静止；丙匀速上升；丙匀速下降，且

v 丙＜v 甲

丙看到乙匀速下降，也有三种可能：丙静止；丙匀速上升；丙匀速下降，且

v 丙＜v 乙

故选 C。

15.甲、乙、丙三人各自乘一架直升机。甲看到楼房匀速上升；乙看到甲机匀速上升；丙看到乙机匀速下降；甲看到丙机匀速上升。那么甲、乙、丙相对于地面的运动情况不可能是（　　）

A．甲、乙匀速下降，且$v_{乙}>v_{甲}$，丙停在空中

B．甲、乙匀速下降，且$v_{乙}>v_{甲}$，丙匀速上升

C．甲、乙匀速下降，且$v_{乙}>v_{甲}$，丙匀速下降，且$v_{丙}<v_{甲}$

D．甲、乙匀速下降，且$v_{乙}>v_{甲}$，丙匀速下降，且$v_{丙}>v_{甲}$

【答案】D

【解析】甲看到楼房匀速上升，说明甲相对于地匀速下降，乙看到甲匀速上升，则说明乙只能匀速下降，而且$v_{乙}>v_{甲}$，丙看到乙匀速下降，则丙可能停在空中，也可能匀速上升，也可能匀速下降，但是$v_{乙}>v_{丙}$，甲看到丙机匀速上升，若丙匀速下降，则$v_{甲}>v_{丙}$，本题选不可能的，故选 D。

进阶检测

（考试时间：30 分钟　试卷满分：100 分）

一、单选题（6 分/题，共 60 分）

1．下列说法中正确的是（　）

A．运动是宇宙中的普遍现象，绝对不动的物体是没有的

B．研究物体运动时不一定要选择参考系

C．用 GNSS 定位系统确定在南极冰川考察的某科考队员的位置时，该队员不可以看做质点

D．选取不同的参考系，同一物体的运动速度可能不同，但运动轨迹不变

【答案】A

【解析】A．运动是绝对的，静止是相对的，绝对不动的物体是没有的，故 A 正确；

B．研究物体的运动一定要选择参考系，故 B 错误；

C．用 GNSS 定位系统确定在南极冰川考察的某科考队员的位置时，队员的大小和形状可以忽略，可以看成质点，故 C 错误；

D．选取不同的参考系，同一物体的运动速度可能不同，运动轨迹可能不同，有可能不变，故 D 错误。

故选 A。

2．2022 年中秋节恰逢教师节，十九年才逢一次的巧合。下列说法正确的是（　　）

A．中秋节晚上我们看到月亮在云中穿梭，这是以月亮为参考系来描述的

B．研究月亮绕地球公转周期时，不能把月亮当作质点

C．用望远镜观察月亮表面的环形山时，可以把月亮当作质点

D．月亮从东边升起到西边落下，这是以地面为参考系来描述的

【答案】D

【解析】A．中秋节晚上我们看到月亮在云中穿梭，这是以云为参考系来描述的，故 A 错误；

B．研究月亮绕地球公转周期时，可以忽略月亮的大小和形状，可以把月亮当作质点，故 B 错误；

C．用望远镜观察月亮表面的环形山时，不能忽略月亮的大小和形状，不能把月亮当作质点，故 C 错误；

D．月亮从东边升起到西边落下，是以地面为参考系来描述的，故 D 正确。

故选 D。

3．下列关于运动会中的活动和项目的叙述正确的是（　　）

A．开幕式中升国旗时，观察到国旗冉冉升起，观察者是以“国旗”为参考系的

B．以在空中运行的铅球为参考系，坐在观众席上的观众都是静止的

C．在乒乓球比赛中研究乒乓球的旋转时，可以将乒乓球视为质点

D．在马拉松比赛中确定运动员的位置时，可以将运动员视为质点

【答案】D

【解析】A．观察到国旗冉冉升起，观察者是以“旗杆”为参考系的，A 错误；

B．以在空中运行的铅球为参考系，坐在观众席上的观众都是运动的，B 错误；

C．由于研究的问题与乒乓球的形状和大小有关，因此不能将乒乓球视为质点，C 错误；

D．由于运动员的位置与运动员的形状和大小无关，因此可以将运动员视为质点，D 正确。

故选 D。

4．宋代诗人陈与义乘着小船在风和日丽的春日出游时，抬头望着春天的蓝天白云作诗：卧看满天云不动，不知云与我俱东。诗中艺术性的表达了物理学思想，下列选项中与诗中物理学思想一致的是（　　）

A．两岸猿声啼不住，轻舟已过万重山　　B．坐地日行八万里，巡天遥看一千河

C．飞流直下三千尺，疑是银河落九天　　D．十月里来秋风凉，中央红军远征忙

【答案】B

【解析】“卧看满天云不动”是指“云与我”保持相对静止，即“云与我”以相同的速度相对于地球向东运动，所以以船为参照物，诗人和云是静止的；“不知云与我俱东”是以地面为参照物，诗人和云是运动的；“坐地日行八万里，巡天遥看一千河”是指人与地球保持相对静止，但以太阳为参考系，二者又是运动的，与题干中物理学思想一致。

故选 B。

5．下列关于质点和参考系的说法不正确的是（　　）

A．计算地球公转在一年内走过的路程，可以把地球看作质点

B．分析“香蕉球”的运动原因，“香蕉球”可以视为质点

C．“一江春水向东流”的春水向东流是以江岸或相对江岸静止的物体为参考系的

D．太阳东升西落是以地球为参考系的

【答案】B

【解析】AB．当物体的大小、形状对所研究的问题没有影响或者影响很小，可以忽略不计时，可以将物体看成质点，所以计算地球公转在一年内走过的路程，可以把地球看作质点，分析“香蕉球”的运动原因，“香蕉球”不可以视为质点，故 A 正确，不符合题意，B 错误，符合题意；

C．“一江春水向东流”的春水向东流是以江岸或相对江岸静止的物体为参考系的，故 C 正确，不符合题意；

D．太阳东升西落是以地球为参考系的，故 D 正确，不符合题意。

故选 B。

6．2024 年 6 月 4 日 7 时 38 分，“打包”了月球样品的嫦娥六号上升器自月球背面起飞，进入预定环月飞行轨道，之后与轨道器和返回器交会对接，成功转移月球样品，轨道器和返回器组合体将环月飞行，等待合适的返回时机，我国成为世界首个月背采样和起飞的国家。以下说法正确的是（　　）

A．轨道器和返回器对接时，研究其技术动作，可以将二者看成质点

B．完成对接后，组合体是静止的

C．这里的“7 时 38 分”起飞，指的是时间间隔

D．通过北斗导航定位嫦娥六号的位置时，可以将其看成质点

【答案】D

【解析】A．轨道器和返回器对接时，研究其技术动作，不可以将二者看成质点，故 A 错误；

B．完成对接后，组合体一起绕地球做匀速圆周运动，故 B 错误；

C．这里的“7 时 38 分”起飞，指的是时刻，在时间轴上是一个点；故 C 错误；

D．通过北斗导航定位嫦娥六号的位置时，嫦娥六号的大小和形状可以忽略，则可以看成质点，故 D 正确。

故选 D。

7．甲、乙、丙 3 人各乘一个热气球，甲看到楼房匀速上升，乙看到甲匀速上升，甲看到丙匀速上升，丙看到甲匀速下降。那么，从地面上看，甲、乙、丙的运动情况可能是（　　）

A．甲、乙匀速下降，$v_{甲}>v_{乙}$，丙停在空中

B．甲、乙匀速下降，$v_{甲}<v_{乙}$，丙匀速上升

C．甲、乙匀速下降，$v_{甲}<v_{乙}$，丙匀速下降，且 $v_{丙}>v_{甲}$

D．以上说法均不对

【答案】B

【解析】甲看到楼房匀速上升，则可知甲匀速下降；乙看到甲匀速上升，说明乙在匀速下降，且有 v 甲<v 乙；甲看到丙匀速上升，有三种情况：①丙静止；②丙匀速上升；③丙匀速下降，且有 v 丙<v 甲；丙看到甲匀速下降，是以自身为参考系，结合以上分析可知，①丙静止；②丙匀速上升；③丙匀速下降，且有 v 丙<v 甲；综合分析可知，甲、乙、丙的运动情况有三种：①甲、乙匀速下降，v 甲<v 乙，丙停在空中；②甲、乙匀速下降，v 甲<v 乙，丙匀速上升；③甲、乙匀速下降，v 甲<v 乙，丙匀速下降，且 v 丙<v 甲。

故选 B。

8．关于物体、质点和参考系，以下说法正确的是（　）

A．质点是一个理想化模型，这个模型的建立突出问题的主要因素，忽略次要因素，只有体积小的物体可视为质点

B．选不同的物体做为参考系，对同一研究对象运动情况的描述没有影响

C．选不同的物体做为参考系，对同一研究对象运动情况的描述一定不同

D．物质由原子、分子等组成，我们所看到的物体是物质的集聚状态

【答案】D

【解析】A．质点是一个理想化模型，这个模型的建立突出问题的主要因素，忽略次要因素，但一个物体是否可以看成质点，不是取决于体积的大小，而是取决于物体的形状大小在研究的问题中是否可以忽略不计，A 错误；

B．选择不同的参考系研究物体的运动情况，其结果一般不同，B 错误；

C．选择不同的参考系，对同一研究对象运动情况的观察结果可能相同，也可能不同，C 错误；

D．物质由原子、分子等组成，我们所看到的物体是物质的集聚状态，D 正确。

故选 D。

9．在某次航展中，中国空军八一飞行表演队的表演机保持队形，直刺苍穹，做出了很多个高难度动作，如图所示，下列关于飞机运动情况的说法错误的是（　　）

A．地面上的人看到飞机飞过，是以地面为参考系

B．飞行员看到观礼台向后掠过，是以飞机为参考系

C．以编队中某一飞机为参考系，其他飞机是静止的

D．以编队中某一飞机为参考系，其他飞机是运动的

【答案】D

【解析】A．地面上的人看到飞机是相对于地面飞过，是以地面为参考系，故 A 正确，不符合题意；

B．飞行员看到观礼台向后掠过，是以飞机为参考系，故 B 正确，不符合题意；

CD．以编队中某一飞机为参考系，所有飞机的位置相对不变，其他飞机是静止的，故 C 正确，不符合题意，D 错误，符合题意。

故选 D。

10．某人划船逆流而上，当船经过一桥时，船上一小木块掉在河水里，但一直航行至上游某处时此人才发现，并立即返航追赶，当他返航经过 1h 追上小木块时，发现小木块距离桥有 5400m 远，若此人向上和向下航行时船在静水中前进速率相等，则河水的流速大小是（　　）

A．0.5m/s　　B．0.75m/s　　C．1.5m/s　　D．3m/s

【答案】B

【解析】以流动的河水为参考系，则小木块静止不动，船向上和向下航行时相对于水的速度大小相等，所以，从小木块掉到水里一直到船再次追上小木块所用时间为

$$t = 2\text{h} = 7200\text{s}$$

小木块与河水速度相等，故河水的流速为

$$v = \frac{x}{t} = \frac{5400}{7200}\text{m/s} = 0.75\text{m/s}$$

故选 B。

二、多选题（漏选得 5 分，全对得 8 分，错选得 0 分，共 24 分）

11．关于机械运动和参考系，以下说法不符合实际的是（　　）

A．一个物体相对于别的物体的位置变化，叫做机械运动

B．参考系必须是和地面连在一起，或者是静止的物体

C．列车启动，我看到站台上的她在匆匆后退，是以地面作为参考系观察的

D．任何物体都可以被选作参考系

【答案】BC

【解析】A．一个物体相对于别的物体的位置变化，叫做机械运动，A 正确，不符合题意；

BD．描述一个物体运动时，参考系的选择是任意的，即任何物体都可以被选作参考系，B 错误，符合题意，D 正确，不符合题意；

C．列车启动，我看到站台上的她在匆匆后退，是以行驶的列车作为参考系观察的，C 错误，符合题意。

故选 BC。

12．关于机械运动和参考系，以下说法正确的是（　　）

A．一个物体相对于别的物体的位置变化，叫机械运动

B．参考系必须是和地面连在一起的物体

C．参考系就是不动的物体

D．任何物体都可以被选作参考系

【答案】AD

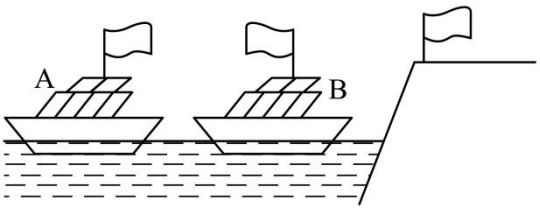
【解析】A．一个物体相对于别的物体的位置变化，叫机械运动，A 正确；

B．参考系可以是任意物体，不是必须是和地面连在一起的物体，B 错误，D 正确；

C．参考系的选择是任意的，可以是相对地面不动的物体，也可以是相对地面运动的物体，C 错误；

故选 AD。

13．如图所示，由于风的缘故，河岸上的旗帜向右飘，在河面上的两条船上的旗帜分别向右和向左飘，则两条船的运动状态是（　　）



A．A 船肯定是向左运动的　　B．A 船可能是静止的

C．B 船肯定是向右运动的　　D．B 船可能是静止的

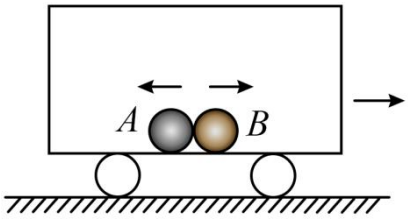
【答案】BC

【解析】由于岸上的旗帜向右飘，所以风是向右吹的。如果船只静止，旗帜会向右飘；船只如果向左行驶，旗帜也会向右飘：船只如果向右行驶，但是行驶的速度小于风的速度，旗帜仍然会向右飘；只有船只向右行驶，而且行驶的速度大于风速，旗帜才会向左飘。所以 A 船可能是静止的，也可能向左运动，也可能向右运动速度小于风速；B 船一定向右运动，速度大于风速。

故选 BC。

三、填空题（8 分/题，共 16 分）

14．如图，长为 L 的车厢正以速度 v 匀速向右运动，车厢底面光滑。现有两只完全相同的小球，从车厢中点以相同的速率 v_0 分别向前、向后匀速运动（相对于车厢），在车厢内的观察者看来，小球是否同时到达车的前后壁？____；在地上的观察者看来，小球是否同时到达车的前后壁？____。（两条横线上填“是”或者“否”）。



【答案】是　是

【解析】[1]在车上的观察者看来两小球相对于车都做速率为 v0 的匀速直线运动，到达车的前后壁的时间均为

$$t=\frac{L}{2v_0}$$

即两小球同时到达前后壁。

[2] 设向右为正方向，在地上的观察者看来，车行驶的速度为 v，小球 B 的速度为

$$v_{\mathrm{B}}=v+v_0$$

小球 A 的速度为

$$v_{\mathrm{A}}=v-v_0$$

A 球到达后车壁的时间满足

$$\frac{L}{2}=vt_{\mathrm{A}}-v_{\mathrm{A}}t_{\mathrm{A}}$$

B 球到达前车壁的时间满足

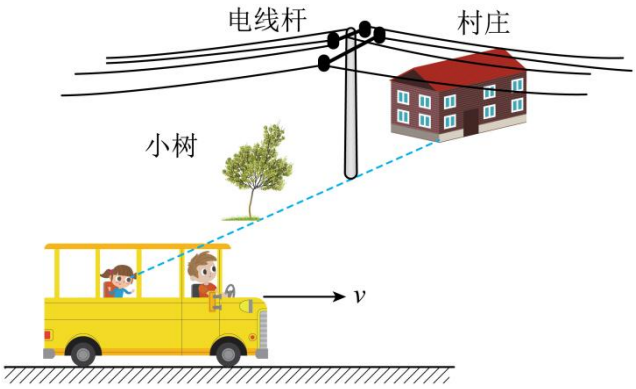
$$\frac{L}{2}=v_{\mathrm{B}}t_{\mathrm{B}}-vt_{\mathrm{B}}$$

联立解得

$$t_{\mathrm{A}}=t_{\mathrm{B}}$$

即两小球同时到达车的前后壁。

15．小梅乘汽车去姥姥家度假，汽车行驶在平直公路上，小梅透过车窗看去感觉电线杆周围的景物好像在绕电线杆转动似的，如图所示。这是因为，以电线杆为参照物，远处的村庄在向汽车前进的_____（选填“相同”或“相反”）方向运动，近处的小树在向汽车前进的_____（选填“相同”或“相反”）方向运动。



【答案】相同　相反

【解析】[1] 当汽车与小树、电线杆和村庄在一条直线上时，汽车再向右行驶，则人从车里往外看以电线杆为参照物时会看到村庄相对于电线杆向右运动，即以电线杆为参照物，远处的村庄在向汽车前进的相同方向运动。

[2] 同理，以电线杆为参照物，近处的小树在向汽车前进的相反方向运动。

衔接点 02 时间 位移

学习要求

初中阶段	高中阶段
旨在让学生掌握长度和时间基本物理量的单位及换算，理解测量工具原理；熟练规范使用刻度尺、停表等工具进行测量，能合理选择工具、通过多次测量减小误差并处理数据；同时在实践中养成严谨科学态度，增强团队合作意识，激发物理学习兴趣，提升知识应用能力。	聚焦深度理解与综合应用，学生需精准区分时刻与时间间隔的概念，掌握时间轴上的表示方法；理解位移矢量性，能结合坐标系计算直线及平面运动中的位移大小、方向，辨析位移与路程的差异；学会运用时间和位移知识分析匀变速直线运动等复杂情境问题，培养构建物理模型、运用数学工具处理物理量的能力，提升逻辑思维与科学探究素养 。
衔接指引	
初中阶段考查形式：以基础为主，题型丰富多样。多以选择题、填空题、实验题、简答题出现。 高中阶段考查形式：注重知识的深度理解与综合运用。常以选择题、填空题、计算题和综合分析题出现。。	

知识衔接

回顾初中知识

1．长度及其测量：长度的基本单位是 米 ，符号是 m ；常用的单位还有 km、 dm、 cm，其中 1 km＝ 1 000 m＝ 10 000 dm＝ 100 000 cm；常用的基本测量工具是刻度尺。

2.用刻度尺测量物体长度进行读数时，首先要根据刻度尺的最小分度值读出满足整数个刻度的 精确 值，然后再读出 估计 值，即估读到最小分度值的下一位。

3.时间及其测量：时间的基本单位是 秒 ，符号是 s ；常用的单位还有 h、 min，1 h＝ 60 min＝ 3 600 s；常用的基本测量工具是停表。

4.误差： 测量值 与 真实值 之间总会有差别，这个差别就是误差。

知新高中知识

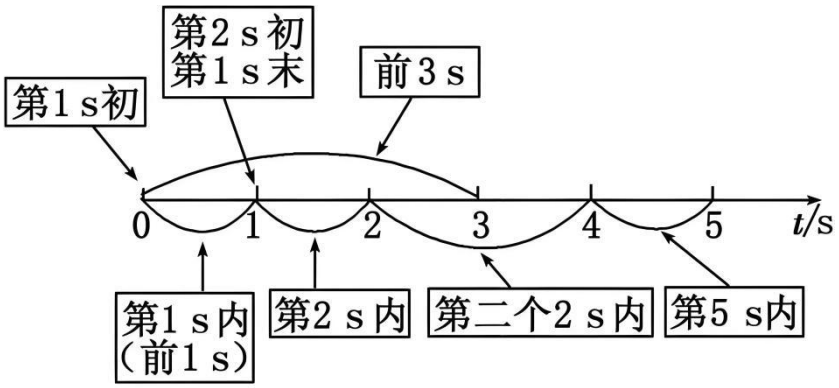
一、时刻和时间间隔

1．时刻：表示某一 瞬间 ，在表示时间的数轴上用点来表示。

2．时间间隔：表示某一 过程 ，在表示时间的数轴上用 线段 来表示。

3.时间间隔与时刻的区别和联系

		时间间隔	时刻
区别	物理意义	两时刻间的间隔	某一瞬时
	时间轴上的表示方法	时间轴上的一段线段表示一段时间	时间轴上的点表示一个时刻
	表述方法	“3 s 内”、“前 3 s 内”、“后 3 s 内”、“第 1 s 内”、“第 1 s 到第 3 s”等均指时间间隔	“3 s 末”、“第 3 s 末”、“第 4 s 初”、“八点半”等均指时刻
联系		两个时刻的间隔即为 时间间隔 ，即 $\Delta t = t_2 - t_1$	



二、位置和位移

1．坐标系

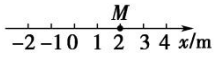
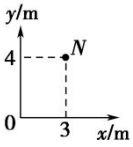
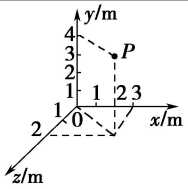
(1)建立坐标系的物理意义

①利用坐标可以定量描述物体的位置。

②利用坐标差可以定量描述物体的位置变化。

(2)三种坐标系的比较

	直线坐标系	平面坐标系	空间坐标系
适用运动	物体沿直线运动时	物体在某平面内做曲线运动时	物体在空间内做曲线运动时
建立方法	在直线上规定原点、正方向和标度，就建立了直线坐标系	在平面内画相互垂直的 x 轴与 y 轴，即可组成平面直角坐标系．物体的位置由一对坐标值确定	在空间画三个相互垂直的 x 轴、y 轴和 z 轴，即可组成三维坐标系．物体的位置由三个坐标值来确定

应用实例	 M点位置坐标： $x=2$ m	 N点位置坐标： $x=3$ m，$y=4$ m	 P点位置坐标： $x=3$m，$y=4$m，$z=2$m

2. 路程和位移

(1)路程：物体运动 轨迹 的长度。

(2)位移

①物理意义：表示物体(质点) 位置 变化的物理量。

②定义：从 初位置 指向 末位置 的一条有向线段。

③大小：初、末位置间有向线段的 长度 。

④方向：由初位置指向 末位置 。

（3）位移和路程的区别与联系

比较项目 \ 物理量		位移	路程
区别	物理意义	描述质点的位置变化，是从初位置指向末位置的有向线段	描述质点实际运动轨迹的长度
	矢标性	是矢量，有大小和方向	是标量，只有大小，没有方向
	制约因素	由质点的初、末位置决定，与质点的运动轨迹无关	与运动路径有关
联系		(1)都是描述质点运动的空间特征；(2)都是过程量；(3)位移的大小不大于相应的路程，只有质点做单向直线运动时，位移的大小才等于路程	

3．矢量和标量

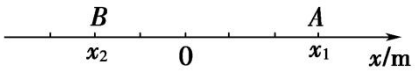
(1)矢量：既有 大小 又有 方向 的物理量．如位移、力等。

(2)标量：只有 大小 、没有方向的物理量．如质量、时间、路程等。

(3)运算法则：两个标量的加减遵从 算术加减法 ，而矢量相加的法则与此 B (A.相同　B.不同)，后面将学习到。

三、直线运动的位移

研究直线运动时，在物体运动的直线上建立 x 轴，如图所示。

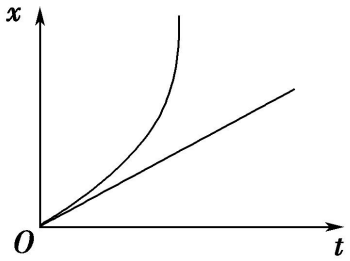


1．物体的初、末位置：可用位置坐标 x_1、x_2 表示。

2．物体的位移：Δ x＝ x_2-x_1 。

四、位移—时间图像

物体在每一时刻的位置或每一时间间隔的位移可以用图像直观地表示．如图所示：



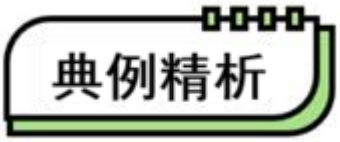
从 x- t 图像可以直观地看出物体在不同时间内的 位移 。

五、位移和时间的测量

1．记录物体的位置和时间的方法

可以用照相的方法记录物体的位置，用钟表记录物体运动的时刻，也可以用 频闪照相 的方法同时记录物体运动的 时刻 和 位置 ．学校实验中常用 打点计时器 来记录时间和位移．

2．电磁打点计时器是一种使用 交变电源 的计时仪器，工作电压为 4～6 V ，当电源频率是 50 Hz 时，每隔 0.02 s 打一次点．



例 1、中国高铁是中国呈现给世界的一张靓丽的“名片”。在南京旅游的小帅决定乘高铁回上海，于是查到了如图所示的列车时刻表。他起初觉得 *G*139 次列车蛮好的，18:21 出发，历时刚好一个半小时到达上海虹桥。但考虑到去南京南车站时间有点紧，遂选择了 *G*141 次列车。关于 *G*141 次列车的相关信息，下列说法正确的是（　　）

G139 ▾	过 南京南 终 上海虹桥	18:21 19:51	01:30 当日到达
G215 ▾	过 南京南 终 上海虹桥	18:31 20:02	01:31 当日到达
G575 ▾	过 南京南 终 上海虹桥	18:34 20:08	01:34 当日到达
G141 ▾	过 南京南 终 上海虹桥	18:41 20:13	01:32 当日到达

A．“18:41”指时间间隔　　B．“20:13”指时间间隔

C．“01:32”指时间间隔　　D．“01:32”指时刻

【答案】C

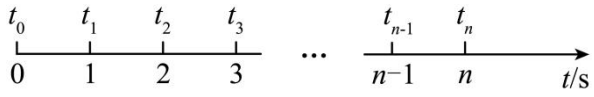
【解析】A．“18:41”指经过南京南的时间，描述的是一个状态，可知，“18:41”指时刻，故 A 错误；

B．“20:13”指经过终点站上海虹桥的时间，描述的是一个状态，可知，“20:13”指时刻，故 B 错误；

CD．“01:32”指从南京南到上海虹桥的时间，描述的是一个过程，可知，“01:32”指时间间隔，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

例 2、时间轴如图所示，下列关于时刻和时间间隔的说法正确的是（　　）



A．t_2 表示时刻，称为第 2s 末或第 3s 初，也可以称为 2s 内

B．$t_2 \sim t_3$ 表示时间间隔，称为第 3s 内

C．$t_0 \sim t_2$ 表示时间间隔，称为最初 2s 内或第 2s 内

D．$t_{n-1} \sim t_n$ 表示时间间隔，称为第 $(n-1)$s 内

【答案】B

【解析】A．t_2 表示时刻，称为第 2s 末或第 3s 初，但不可以称为 2s 内，因 2s 内表示时间，选项 A 错误；

B．$t_2 \sim t_3$ 表示时间间隔，称为第 3s 内，选项 B 正确；

C．$t_0 \sim t_2$ 表示时间间隔，称为最初 2s 内，但不是第 2s 内，选项 C 错误；

D．$t_{n-1} \sim t_n$ 表示时间间隔，称为第 ns 内，选项 D 错误。

故选 B。

方法点拨

1. 概念辨别

时刻对应时间轴上的点，是瞬间状态，如 “第 5 秒末”；时间间隔对应线段，是过程时长，像 “第 3 秒内”（2 秒末 - 3 秒末）。

2. 时间轴法

画时间轴，定原点与正方向，标注时刻和间隔，直观呈现运动先后顺序与各阶段时长。

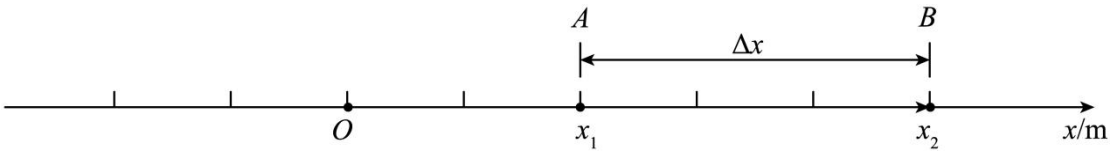
3. 关键词判断

含 “初”“末”“时” 等词多为时刻；带 “内”“经过”“历时” 等词常指时间间隔。

4. 情境结合

联系物体运动，明确时刻对应状态量（速度等），时间间隔对应过程量（位移、平均速度等），依此选公式求解。

例 3、做直线运动的物体由 A 运动到 B，下列说法正确的是（　）



A．x_1 是数轴上的一个点，表示初位移

B．x_2 是数轴上的一个点，表示末位移

C．物体由 A 运动到 B，$\Delta x = x_2 - x_1$ 为正，位移的方向指向 x 轴正方向

D．物体由 A 运动到 B，$\Delta x = x_1 - x_2$ 为负，位移的方向指向 x 轴负方向

【答案】C

【解析】AB．x_1 是数轴上的一个点，表示初位置的坐标；x_2 是数轴上的一个点，表示末位置的坐标，故 AB 错误；

CD．位移为初位置指向末位置的有向线段，则物体由 A 运动到 B，$\Delta x = x_2 - x_1$ 为正，位移的方向指向 x 轴正方向，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

例 4、要确定一辆行驶在北京长安街上汽车的位置，可以沿东西方向建立一维坐标系，x 轴的正方向指东，选取路上的某交通岗亭作为坐标原点 O，汽车的位置就可以用它的坐标准确地描述出来（　）

A．如果汽车的坐标是 30m，表示它在岗亭以西 30m 处

B．如果汽车的坐标是－20m，表示它在岗亭以东 20m 处

C．如果汽车的坐标由 30m 变为－20m，表示它由东向西运动了 10m

D．如果汽车的坐标由 30m 变为－20m，表示它由东向西运动了 50m

【答案】D

【解析】A．如果汽车的坐标是 30m，表示它在岗亭以东 30m 处，故 A 错误；

B．如果汽车的坐标是－20m，表示它在岗亭以西 20m 处，故 B 错误；

CD．如果汽车的坐标由 30m 变为－20m，则汽车的坐标变化量为

$$\Delta x = x_2 - x_1 = (-20-30)\text{m} = -50\text{m}$$

表示它由东向西运动了 50m，故 C 错误，D 正确。

故选 D。

例 5、某质点在 x 轴上运动，各个时刻的位置坐标如表所示：

t/s	0	1	2	3	4	5
x/m	0	5	–4	–1	–7	1

由表可以看出此质点开始运动后：

（1）最远时，离原点的距离是多少？

（2）第 2s 内质点的位移是多少？

（3）哪段时间间隔内质点的位移最大？最大值是多少？

（4）在第一个 2s 内质点的位移和通过的路程分别为多少？

【答案】（1）$x = 7\text{m}$；（2）$\Delta x = -9\text{m}$；（3）$1-4\text{s}$，$\Delta x_{\max} = -12\text{m}$；（4）$\Delta x_2 = -4\text{m}$，$s = 14\text{m}$

【解析】（1）位置正负号代表方向，由表可知，在 $t=4s$ 时离原点最远，距离是

$$x = 7\text{m}$$

（2）第 2s 内质点的位移

$$\Delta x = x_2 - x_1 = -9\text{m}$$

（3）由表可知 $1-4\text{s}$ 内的位移最大，最大为

$$\Delta x_{\max} = x_4 - x_1 = -7 - 5 = -12\text{m}$$

（4）在第一个 2s 内质点的位移

$$\Delta x_2 = x_2 - x_0 = -4 - 0 = -4\text{m}$$

通过的路程

$$s = 5 + 5 + 4 = 14\text{m}$$

方法点拨

1. 概念厘清

位置是物体在空间中的坐标点；位移是初位置指向末位置的有向线段，描述位置变化，与路径无关；路程是物体运动轨迹的实际长度。如物体沿圆周运动一圈，位移为 0，路程是圆周长。

2. 矢量标量运算

位移是矢量，计算时要考虑大小和方向，遵循平行四边形定则；路程是标量，只计长度，直接代数相加。如物体先向东走 3m，再向北走 4m，位移大小为\(\sqrt{3^{2} + 4^{2}} = 5\)m，方向东偏北 53°，路程是 3 + 4 = 7m。

3. 坐标系辅助

建立平面直角坐标系，用坐标\((x,y)\)确定位置，位移为末位置坐标与初位置坐标的矢量差，路程需分段计算轨迹长度。

4. 运动情境分析

根据物体实际运动轨迹，判断位移和路程。单向直线运动时，位移大小等于路程；曲线或往复运动，位移大小小于路程。

例 6、下列物理量都是矢量的是（　　）

A．加速度、位移　　B．速度、路程

C．时间、平均速度　　D．速度变化量、平均速率

【答案】A

【解析】A．位移、加速度是既有大小又有方向的矢量，故 A 正确；

B．速度是既有大小又有方向的矢量，路程是只有大小没有方向标量，故 B 错误；

C．平均速度是既有大小又有方向的矢量，时间是只有大小没有方向标量，故 C 错误；

D．速度变化量是既有大小又有方向的矢量，平均速率是只有大小没有方向标量，故 D 错误。

故选 A。

例 7、下列关于矢量和标量的说法正确的是（　　）

A．长度、时间、质量是标量，瞬时速度、加速度、重力是矢量

B．同一个物理量可以是矢量。也可以是标量

C．取定正方向，甲、乙发生的位移分别为 −20m 、10m，则 −20m 比 10m 的位移小

D．方向是区分矢量和标量的标准，有正、有负的物理量一定是矢量

【答案】A

【解析】A．长度、时间、质量只有大小无方向，是标量，瞬时速度、加速度、重力既有大小又有方向，是矢量，选项 A 正确；

B．同一个物理量或者是矢量或者是标量，选项 B 错误；

C．位移的符号只代表方向，不代表大小，取定正方向，甲、乙发生的位移分别为 –20m 、10m ，则 –20m 比 10m 的位移大，选项 C 错误；

D．有正、有负的物理量不一定是矢量，例如正功和负功，其符号只代表动力功和阻力功，不代表方向，选项 D 错误。

故选 A。

方法点拨

1. 概念速辨

矢量有大小和方向，如位移、速度；标量只有大小无方向，像路程、时间。看物理量是否需明确方向描述，是区分关键。

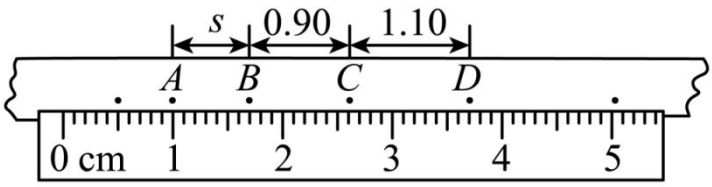
2. 方向判定

分析矢量方向，直线运动时用正负号表示方向（选定正方向）；曲线运动结合初末状态、受力方向等判断，确保运算中方向准确。

3. 实际应用

计算时先判断物理量属性，矢量问题画出示意图辅助分析方向与大小关系，标量按常规数学运算处理，避免混淆两类量的计算方法。

例 8、电磁打点计时器是一种使用__电源的计时仪器，其工作电压约为__V。若电源频率为 50Hz，则打点的时间间隔为__s。如果每打 5 个点取一个计数点，那么相邻两个计数点间的时间间隔为__s。如图 *A*、*B*、*C*、*D* 是打点计时器在纸带上打下的四个点，从图中读出 *A*、*B* 两点间距 *s*=__cm。



【答案】 交变 8 0.02 0.10 0.70

【解析】[1][2]电磁打点计时器是一种使用交变电源的计时仪器，其工作电压约为 8V；

[3]电磁打点计时器使用频率为 50Hz 的电源，打点周期即相邻两个计时点间的时间间隔为 0.02s，如果每打 5 个点取一个计数点，那么相邻两个计数点间的时间间隔为 0.10s；

[4]由图示刻度尺可知，其分度值为 1mm，A、B 两点间的距离为

$$s=1.70cm-1.00cm=0.70cm$$

方法点拨

打点计时器的使用

1. 原理速用

依据打点计时器频率（如 50Hz 对应 0.02s 间隔），通过数点确定时间间隔，t=0.02n（n 为间隔数）；相邻点间距反映位移大小。

2. 操作关键

安装时固定打点计时器，确保纸带平整；先接通电源，稳定后再释放纸带，避免起始点异常。

3. 数据处理

用刻度尺测纸带上点间距离求位移，注意估读；多段位移求平均速度时，用总位移除以总时间。

4. 误差规避

选用平整纸带、定期更换复写纸；测量位移时，尽量减小视线与刻度尺夹角，多次测量取平均值 。

对点集训

1．我国最大的豪华邮轮“爱达•魔都号”将于周四 16：30 从上海出发，预计 87 小时后于周一 07：30 返回上海。下列说法正确的是（　　）

A．“87 小时”表示时刻　　B．“16：30”表示时间间隔

C．“07：30”表示时刻　　D．“07：30”表示时间间隔

【答案】C

【解析】A.“87 小时”表示时间间隔，选项 A 错误；

B.“16：30”表示时刻，选项 B 错误；

CD.“07：30”表示时刻，选项 C 正确，D 错误。

故选 C。

2．2024 年 6 月 25 日 14 时 7 分，嫦娥六号返回器携带月背的月球样品安全降落在预定区域．下列说法正确的是（　　）

A．时间间隔是很长的时刻　　B．时刻是很短的时间间隔

C．“2024 年 6 月 25 日 14 时 7 分”是时间间隔　　D．“2024 年 6 月 25 日 14 时 7 分”是时刻

【答案】D

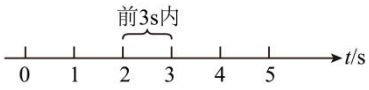
【解析】A．时间间隔是两个时刻的间隔，对应的是一个过程，并不是很长的时刻，故 A 错误；

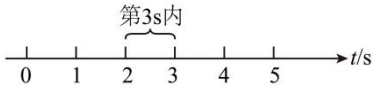
B．时刻是某一瞬间，不是很短的时间间隔，故 B 错误；

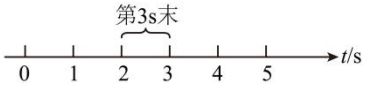
CD．“2024 年 6 月 25 日 14 时 7 分”指的是时刻，故 C 错误，D 正确。

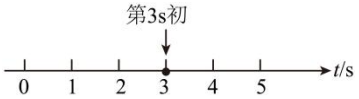
故选 D。

3．在表示时间的数轴上，时刻用点表示，时间用线段表示。下列关于时间或时刻的示意图正确的是（　　）

A． 

B． 

C． 

D． 

【答案】B

【解析】A．前 3s 内是指 $0\sim3\text{s}$ 内，故 A 错误；

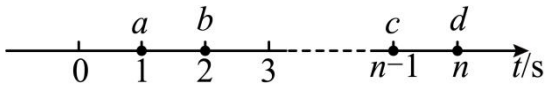
B．第 3s 内是指 $2\sim3\text{s}$ 内，故 B 正确；

C．第 3s 末是指 $t=3\text{s}$ 时刻，对应时间的数轴上的 3 位置，故 C 错误；

D．第 3s 初是指 $t=2\text{s}$ 时刻，对应时间的数轴上的 2 位置，故 D 错误。

故选 B。

4．如图所示，一同学画了一条表示时间的数轴，关于该时间轴下列说法正确的是（　　）



A．a 点表示第 1s 初这一时刻　　B．b 点表示第 2s 内这一段时间

C．a 点到 c 点表示（$n-1$）s 的时间间隔　　D．c 点到 d 点表示 1s 的时间间隔

【答案】D

【解析】A．a 点表示第 1s 末这一时刻；故 A 错误；

B．b 点表示第 2s 末这一时刻；故 B 错误；

C．a 点到 c 点表示$(n-2)$s 的时间间隔；故 C 错误；

D．c 点到 d 点表示 1s 的时间间隔。故 D 正确。

故选 D。

5．关于位移和路程，下列说法中不正确的是（　　）

A．物体沿直线向某一方向运动时，通过的路程就是位移

B．物体沿直线向某一方向运动时，通过的路程等于位移的大小

C．物体通过的路程不等，但位移可能相等

D．物体通过一段路程，但位移可能为零

【答案】A

【解析】A．路程是标量，位移是矢量，路程就是位移这种说法错误，符合题意，A 正确；

B．质点的位移是矢量，路程是标量；质点做直线运动且运动方向始终不变时，那么它通过的路程等于位移大小，但不符合题意，B 错误；

C．位移之和初末位置有关，物体通过的路程不等，但位移可能相等，但不符合题意，C 错误；

D．质点通过的路程不为零，但位移可能是零，如绕着圆周运动一圈，位移为零，路程不为零，但不符合题意，D 错误。

故选 A。

6.小球从 4m 高处落下，被地面竖直弹回，在 1m 高处被接住，则小球通过的路程和位移的大小分别是（　　）

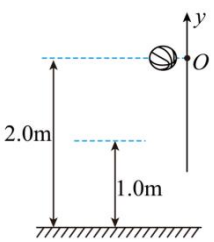
A．5m，3m　　B．5m，1m　　C．5m，5m　　D．3m，1m

【答案】A

【解析】小球从 4m 高处落下，被地面竖直弹回，在 1m 高处被接住，小球通过的路成为 5m，由位移的定义可知位移大小为初始位置指向末位置的有向线段的长度，即 3m，A 正确。

故选 A。

7．如图所示，一个篮球从距离地面 2.0m 高的位置竖直落下，被地面反向弹回，在距离地面 1.0m 高的位置被接住。以距离地面 2.0m 高的位置为坐标原点建立一维坐标系，以竖直向上为正方向。下列说法正确的是（　　）



A．篮球从落下到被接住通过的位移为$-1.0\mathrm{m}$　　B．篮球从落下到被接住通过的位移为$-3.0\mathrm{m}$

C．篮球从落下到被接住通过的路程为$1.0\mathrm{m}$　　D．篮球被接住时的位置坐标为$2.0\mathrm{m}$

【答案】A

【解析】AB．以距离地面 2.0m 高的位置为坐标原点建立一维坐标系，以竖直向上为正方向，篮球从落下到被接住通过的位移为

$$x=-1.0\mathrm{m}$$

故 A 正确，B 错误；

C．篮球从落下到被接住通过的路程为

$$s=2.0\mathrm{m}+1.0\mathrm{m}=3.0\mathrm{m}$$

故 C 错误；

D．篮球被接住时的位置坐标为$-1.0\mathrm{m}$，故 D 错误。

故选 A。

8．下列物理量属于标量的是（　　）

A．加速度　　B．平均速度　　C．位移　　D．时间

【答案】D

【解析】既有大小又有方向的物理量是矢量，如加速度、平均速度、位移；只有大小没有方向的物理量是标量，如时间、速率等，故 D 符合题意。

故选 D。

9．关于矢量和标量，下列正确的是（　　）

A．只有大小没有方向的物理量叫做标量

B．甲、乙两运动物体的位移大小均为 50 m，这两个物体的位移必定相同

C．做直线运动的甲、乙两物体的位移$x_{甲}=3\ \mathrm{m}$，$x_{乙}=-5\ \mathrm{m}$，因为甲的位移为正，乙的位移为负，所以$x_{甲}>x_{乙}$

D．温度的读数有正、负之分，所以温度是矢量

【答案】A

【解析】A．只有大小没有方向的物理量叫做标量，A 正确；

B．位移有大小和方向，甲、乙两运动物体的位移大小均为 50m，这两个物体的位移不一定相同，B 错误；

C．位移的正负号只代表方向而不代表大小，C 错误；

D．温度计读数的正、负号表示温度高低，不表示方向，温度是标量，D 错误。

故选 A。

10．（多选）关于矢量和标量，下列说法中正确的是（　　）

A．矢量是既有大小又有方向的物理量　　B．标量是既有大小又有方向的物理量

C．位移 –10m 比 5m 大　　D．–10℃ 比 5℃ 的温度高

【答案】AC

【解析】AB．矢量是既有大小又有方向的物理量，标量是只有大小没有方向的物理量，A 正确，B 错误；

CD．位移的符号表示方向，–10m 的大小为 10m，比 5m 大，C 正确；

–10℃ 比 5℃ 的温度低，D 错误。

故选 AC。

11．（多选）2023 年 10 月 3 日，全红蝉荣获杭州亚运会女子 10 米跳台金牌。比赛时全红婵向上跳起，在空中完成了一系列动作后完美入水，下列说法正确的是（　　）

A．评委给全红蝉打分时能把她看成质点　　B．评委给全红蝉打分时不能把她看成质点

C．全红蝉在空中运动过程中的路程等于位移大小　D．全红蝉在空中运动过程中的路程大于位移大小

【答案】BD

【解析】AB．评委给全红蝉打分时，其大小形状不能忽略，不能把她看成质点，选项 A 错误，B 正确；

CD．全红蝉在空中运动过程中不是单向的直线运动，则路程大于位移大小，选项 C 错误，D 正确。

故选 BD。

12．（多选）为了让同学们在紧张的学习之余放松身心，锻炼身体，高中部开展了跑操活动。每天下午 17：20 开始跑操，某天下午 1 班同学绕跑道跑了两圈用时大约 6 分钟。下列对这两个生活中的时间说法正确的是（　）

A．“17:20”指时间，“6 分钟”指时刻

B．“17:20”指时刻，“6 分钟”指时间

C．“17:20”、“6 分钟”在时间轴上分别用点和线段来表示

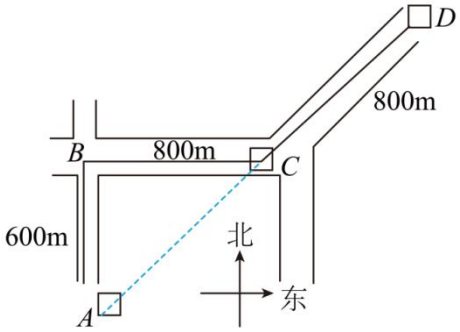
D．“17:20”，“6 分钟”在时间轴上均用线段来表示

【答案】BC

【解析】根据题意可知，“17:20”指时刻，“6 分钟”指时间；则“17:20”、“6 分钟”在时间轴上分别用点和线段来表示。

故选 BC。

13．如图所示，一辆汽车沿着马路由 D 地出发经 C、B 地到达 A 地，A、C、D 恰好在一条直线上，求：汽车的位移及路程。



【答案】1800m，方向由 D 指向 A；2200m

【解析】汽车的位移大小为

$$x = x_{DA} = 800\text{m} + \sqrt{800^2 + 600^2}\text{m} = 1800\text{m}$$

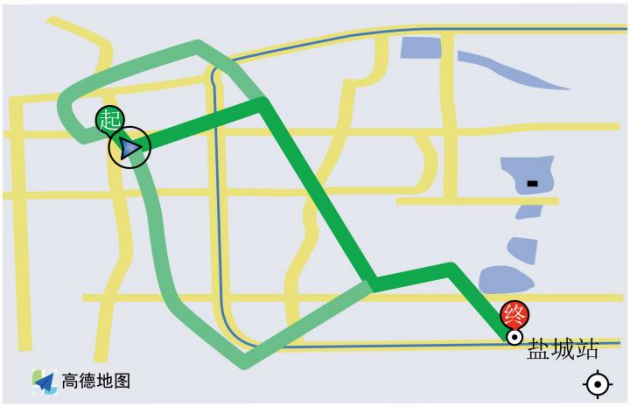
方向由 D 指向 A；汽车的路程为

$$s = 800\text{m} + 800\text{m} + 600\text{m} = 2200\text{m}$$

综合演练

14．小丽同学于 2025 年 1 月 1 日 11 时 45 分，乘坐出租车从家出发，目的地为盐城站，如图所示为某地图软件推荐的行车路线。下列说法正确的是（　　）

方案一：全程 9.2 公里，红路灯 6 个，全程 16 分钟，打车约 25 元
方案一：全程 9.4 公里，红路灯 5 个，全程 18 分钟，打车约 27 元
方案一：全程 9.8 公里，红路灯 6 个，全程 20 分钟，打车约 28 元



A．“11 时 45 分”指的是时间间隔

B．出租车是按车行驶的位移来计费的

C．地图推荐路线中显示的“9.2 公里”指的是路程

D．求出租车整个运动过程的平均速度时，不可以把它视为质点

【答案】C

【解析】A．“11 时 45 分”指的是乘车那一瞬间，是时刻，故 A 错误；

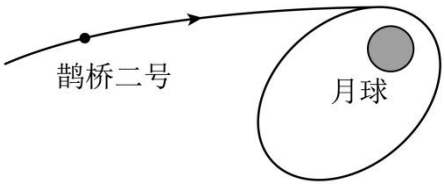
B．出租车是按车行驶的路程来计费的，故 B 错误；

C．地图推荐路线中显示的“9.2 公里”指的是路程，故 C 正确；

D．求出租车整个运动过程的平均速度时，出租车的大小、形状对研究的过程没有影响，可以看成质点，故 D 错误。

故选 C。

15．2024 年 3 月 20 日 8 时 31 分，探月工程四期鹊桥二号中继星成功发射升空，经过约 112 小时奔月飞行，在距月面约 440 公里处开始实施近月制动，之后顺利进入环月椭圆轨道飞行，其过程的示意图如图所示。下 列说法正确的是（　　）



A．“112 小时”指的是时刻

B．研究鹊桥二号沿环月椭圆轨道飞行时，可把鹊桥二号视为质点

C．鹊桥二号沿环月椭圆轨道飞行一周，位移大于路程

D．鹊桥二号沿环月椭圆轨道飞行时，以月球为参考系，鹊桥二号是静止的

【答案】B

【解析】A．时间间隔为时间段，时刻为时间点，所以“112 小时”指的是时间，故 A 错误；

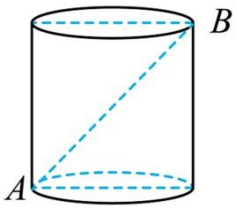
B．物体的形状和大小对于所研究的问题可忽略不计时可把物体看作质点，研究鹊桥二号沿环月椭圆轨道飞行时，“鹊桥二号”的形状大小可以忽略不计，可以把它视为质点，故 B 正确；

C．鹊桥二号沿环月椭圆轨道飞行一周，路程大于位移，故 C 错误；

D．鹊桥二号沿环月椭圆轨道飞行时，以月球为参考系，鹊桥二号是运动的，故 D 错误。

故选 B。

16．如图所示，今有一底面直径和高都为1m 的圆柱形纸筒（上下底面开口），在下底部边沿 A 点有一只小蚂蚁，小蚂蚁最终爬到上部边沿处的 B 点，试求：

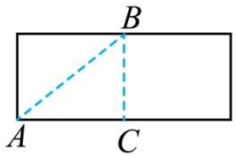


(1)小蚂蚁爬行的最短路程；

(2)整个过程中的位移。

【答案】(1)$\sqrt{1+0.25\pi^2}$m　(2)$\sqrt{2}$m，方向由 A 指向 B

【解析】（1）两点之间线段最短，为了找到在圆柱形纸筒的表面上 A、B 两点之间的最短路径，可以把纸筒沿侧壁剪开，如图所示



展开成平面后，连接 AB，则线段 AB 的长度即为小蚂蚁爬行的最短路程。由勾股定理可知

$$s=\sqrt{1^2+\left(0.5\pi\right)^2}\,\mathrm{m}=\sqrt{1+0.25\pi^2}\,\mathrm{m}$$

（2）整个过程中的位移大小等于题图 A、B 两点的连线的长度，由勾股定理可知

$$x=\sqrt{1^2+1^2}\,\mathrm{m}=\sqrt{2}\mathrm{m}$$

方向由 A 指向 B。

进阶检测

（考试时间：60 分钟　试卷满分：100 分）

一、单选题（4 分/题，共 40 分）

1．下列情景中涉及的物理量为矢量的是（　　）

A．小张的质量为 50kg　　B．海南州的气温为 10℃

C．小刘从家到学校所用的时间约为 30min　　D．某汽车以 54km/s 的速度朝东南方向行驶

【答案】D

【解析】A．质量只有大小没有方向，是标量，故 A 错误；

B．气温只有大小没有方向，是标量，故 B 错误；

C．时间只有大小没有方向，是标量，故 C 错误；

D．速度既有大小又有方向，是矢量，故 D 正确；

故选 D。

2．2024 年上合昆明马拉松（全程为 42.195 公里）于 12 月 29 日 8 点 30 分鸣枪开赛，吸引了来自全球的 26000 名选手参赛．下列说法正确的是（　　）

A．研究运动员跑步的技术动作时，可将运动员看成质点

B．题中的“8 点 30 分”为时间间隔

C．题中的“42.195 公里”为路程

D．正在比赛的运动员感觉路旁的树木向后移动，这是以地面为参考系

【答案】C

【解析】A．研究运动员跑步的技术动作时，运动员的形状大小不能忽略不计，不可将运动员看成质点，故 A 错误；

B．题中的“8 点 30 分”为时刻，故 B 错误；

C．题中的“42.195 公里”为路程，故 C 正确；

D．在比赛的运动员感觉路旁的树木向后移动，这是以运动员为参考系，故 D 错误。

故选 C。

3．下列说法中正确的是（　　）

A．在研究雄鹰翅膀扇动方式对飞行的影响时，雄鹰可看作质点

B．作息时间表上的“8:00”表示时间

C．选择不同的交通方式由北京去重庆，其位移的大小和路程都是相等的

D．诗句“卧看满天云不动，不知云与我俱东”中“云不动”是以船为参考系的

【答案】D

【解析】A．甲图中在研究雄鹰翅膀扇动方式对飞行的影响时，不能忽略雄鹰翅膀的形状和大小，不能把雄鹰看成质点，故 A 错误；

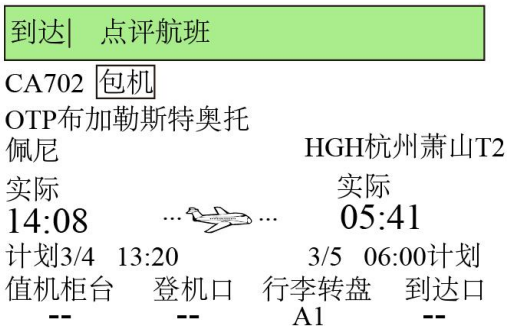
B．“8:00”是指时刻，故 B 错误；

C．选择不同的交通方式由北京去重庆，初末位置相同，则位移相同，但其路程不相等，故 C 错误；

D．诗句“卧看满天云不动，不知云与我俱东”，“云不动”是以船为参考系，故 D 正确。

故选 D。

4．某航班于北京时间 3 月 4 日 20：08（当地时间 14：08）从罗马尼亚布加勒斯特奥托佩尼机场起飞，于 3 月 5 日 5：41 分安全抵达杭州萧山机场，飞行航程8210km，机票信息如图所示。以下说法正确的是（ ）



A．“20：08”指的是时间　　B．“飞行航程8210km”指的是飞机的位移

C．研究飞机的飞行路线时可以把飞机看成质点　　D．飞机飞行的时间是 15 小时 33 分钟

【答案】C

【解析】A．“20：08”指的是起飞时刻，故 A 错误；

B．“飞行航程8210km”指的是飞机的路程，故 B 错误；

C．研究飞机的飞行路线时不需要考虑飞机的形状大小，可以把飞机看成质点，故 C 正确；

D．此次飞机飞行的时间应该统一用北京时间计算，是 9 小时 33 分钟，故 D 错误。

故选 C。

5．中国体育健儿们在第 19 届杭州亚运会上奋力拼搏，取得了 201 金 111 银 71 铜的优异成绩，各项比赛中包含了许多物理知识，下列说法正确的是（　　）

A．研究陈芋汐在女子 10 米台决赛中的姿态，陈芋汐可看作质点

B．男子 100 米飞人大战，谢震业以 9 秒 97 的成绩夺冠，这里提到的“9 秒 97”指的是时刻

C．张亮以 6 分 57 秒 06 的成绩获得赛艇男子单人双桨冠军，“6 分 57 秒 06”指时间间隔

D．巩立姣以 19 米 58 的成绩夺得女子铅球金牌，“19 米 58”指铅球在空中运动的路程

【答案】C

【解析】A．研究陈芋汐在女子 10 米台决赛中的姿态，陈芋汐不可看作质点，故 A 错误；

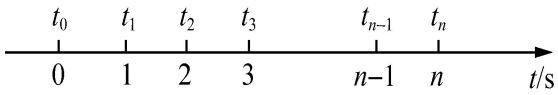
B．谢震业在男子 100 米决赛中以 9 秒 97 获得金牌，“9 秒 97”是指时间间隔，故 B 错误；

C．张亮以 6 分 57 秒 06 的成绩获得赛艇男子单人双桨冠军，“6 分 57 秒 06”指时间间隔，故 C 正确；

D．巩立姣以 19 米 58 的成绩夺得女子铅球金牌，“19 米 58”是比赛中铅球在水平方向的位移，不是铅球在空中运动的路程，故 D 错误。

故选 C。

6．如图所示的时间轴，下列关于时刻和时间的说法中正确的是（　　）



A．t_1～t_3 表示时间间隔，大小为 3s　　B．t_2 表示时刻，称为第 2s 末或第 3s 初

C．t_3 表示时刻，其含义是第 3s 初或第 4s 末　　D．t_4 表示时间，称为第 4s

【答案】B

【解析】A. t1～t3 表示时间间隔，大小为 2s，A 错误；

B. t2 表示时刻，称为第 2s 末或第 3s 初，B 正确；

C. t3 表示时刻，其含义是第 3s 末或第 4s 初，C 错误；

D. t4 表示时刻，称为第 4s 末或第 5s 初，D 错误。

故选 B。

7．下列关于时间间隔和时刻的说法中正确的是（　　）

A．时间间隔和时刻的区别在于长短不同，长的为时间间隔，短的为时刻

B．描述运动时，时间间隔对应的是某一位置，时刻对应的是一段位移

C．5s 内指的是 4s 末到 5s 末这 1s 的时间

D．第 3s 末和第 4s 初是同一时刻

【答案】D

【解析】A．时刻表示的时某一瞬时，在时间轴上对应的是某一个点，A 错误；

B．描述运动时，时间间隔对应的是某一段位移，时刻对应的是某一位置，B 错误；

C．5s 内指的是 0～5s 的时间，C 错误；

D．第 3s 末和第 4s 初是同一时刻，D 正确。

故选 D。

8．2024 年 9 月 25 日 8 时 44 分，中国人民解放军火箭军向太平洋相关公海海域，成功发射 1 发携载训练模拟弹头的洲际弹道导弹，如图所示。这款导弹从海南岛发射，落点在法属波利尼西亚群岛附近，射程已达 11700 公里。下列说法正确的是（　　）

A．升空过程中以导弹作为参考系，模拟弹头处于静止状态

B．研究导弹空中飞行姿态时，导弹可视为质点

C．11700 公里指的是路程

D．2024 年 9 月 25 日 8 时 44 分，指的是时间间隔

【答案】A

【解析】A．升空过程中，模拟弹头是固定在导弹上的，因此以导弹作为参考系时，模拟弹头的位置并没有发生变化，即处于静止状态，故 A 正确；

B．研究导弹的空中飞行姿态时，我们需要关注导弹的具体形状和大小，因为姿态的变化与导弹的形状和大小密切相关。所以，在这种情况下，导弹不能被视为质点（质点是忽略物体大小和形状的理想模型），故 B 错误；

C．11700 公里是导弹从发射点到落点的直线距离，这是一个有大小和方向的量，因此它指的是位移而不是路程（路程是物体运动轨迹的长度，是标量），故 C 错误；

D．2024 年 9 月 25 日 8 时 44 分是一个具体的时间点，它对应的是时间轴上的一个瞬间，因此它指的是时刻而不是时间间隔（时间间隔是两个时刻之间的间隔），故 D 错误。

故选 A。

9．北京时间 2024 年 10 月 30 日 4 时 27 分，搭载神舟十九号载人飞船的长征二号 F 遥十九运载火箭在酒泉卫星发射中心点火发射，约 10 分钟后，神舟十九号载人飞船与火箭成功分离，进入预定轨道，飞船入轨后，将按照预定程序与轨道高度约为 425 公里的空间站组合体进行自主快速交会对接，神舟十九号航天员乘组将与神舟十八号航天员乘组进行在轨轮换。下列关于运动的描述正确的是（　　）

A．题中的“425 公里”是指位移

B．题中的“10 分”是指时刻

C．若研究神舟十九号载人飞船与火箭成功分离过程，可以把神舟十九号载人飞船看作质点

D．若以空间站组合体为参考系，则地面观测员看神舟十八号航天员乘组是静止的

【答案】D

【解析】A．题中的“425 公里”是空间站距离地面的高度，故 A 错误；

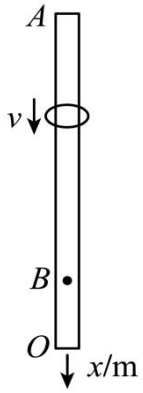
B．题中的“10 分”是指时间间隔，故 B 错误；

C．若研究神舟十九号载人飞船与火箭成功分离过程，神舟十九号飞船的大小、形状不能忽略，所以不可以把神舟十九号载人飞船看作质点，故 C 错误；

D．若以空间站组合体为参考系，则地面观测员看神舟十八号航天员乘组是静止的，故 D 正确。

故选 D。

10．如图所示，一根长 0.8m 的直杆 AO 竖直放置，现有一内径略大于杆直径的环，从杆的上端点 A 向下滑动，杆上 B 点到 A 的距离为 0.6m，取杆的下端点 O 为坐标原点，以竖直向下为正方向建立坐标系。则下列说法正确的是（　　）



A．A 点坐标为 0.8m　　B．B 点坐标为 0.2m

C．环从 B 点到 O 点的位移为 0.2m　　D．环从 A 点到 B 点的位移为 –0.6m

【答案】C

【解析】AB．直线坐标系，O 为坐标原点，竖直向下为正方向，故 A 点坐标为 –0.8m，B 点坐标为 –0.2m，AB 错误；

C．环从 B 点到 O 点的位移为

$$x_{BO}=x_O-x_B=0-\left(-0.2\text{m}\right)=0.2\text{m}$$

C 正确；

D．环从 A 点到 B 点的位移为

$$x_{AB}=x_B-x_A=-0.2\text{m}-\left(-0.8\text{m}\right)=0.6\text{m}$$

D 错误。

故选 C。

二、多选题（漏选得 3 分，全对得 5 分，错选得 0 分，共 15 分）

11．2024 年 4 月 25 日，我国神舟十八号载人飞船顺利进入预定圆形轨道，入轨后在轨道上运行的速度大小不变。2024 年 5 月 28 日 18 时 58 分，神舟十八号乘组航天员完成了约 8.5 h 的出舱活动。下列说法正确的是（　）

A．“2024 年 5 月 28 日 18 时 58 分”指的是时间间隔

B．“8.5h”指的是时间间隔

C．研究航天员出舱时的技术动作时，可以将航天员视为质点

D．若已知地球的半径、圆形轨道距地面的高度以及神舟十八号绕地球运行一周所需的时间，则可算出航天员出舱活动过程中对地的总路程

【答案】BD

【解析】A．“2024 年 5 月 28 日 18 时 58 分”指的是时刻，选项 A 错误；

B．“8.5h”指的是时间间隔，选项 B 正确；

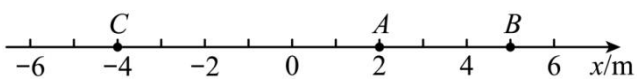
C．研究航天员出舱时的技术动作时，航天员的大小与形状不能忽略，不能将航天员视为质点，选项 C 错误；

D．在地球的半径 R、圆形轨道距地面的高度 h 以及神舟十八号绕地球运行一周所需的时间 T 均已知的情况下，根据 $\frac{L}{8.5\text{h}}=\frac{2\pi(R+h)}{T}$

可算出航天员出舱活动的总路程 L，选项 D 正确。

故选 BD。

12．物体做直线运动时可以用一维坐标系来描绘物体的运动情况，坐标轴上的坐标表示物体的位置。物体在 t_1 时刻处于位置 x_1，在 t_2 时刻运动到位置 x_2，那么用坐标的变化量 $\Delta x=x_2-x_1$ 表示物体的位移。如图所示，一个物体从 B 运动到 C，它的位移 $\Delta x_1=-4\text{m}-5\text{m}=-9\text{m}$；从 C 运动到 A，它的位移为 $\Delta x_2=2\text{m}-(-4\text{m})=6\text{m}$。下列说法中正确的是（　　）



A．C 到 A 的位移 Δx_2 大于 B 到 C 的位移，因为正数大于负数

B．B 到 C 的位移大于 C 到 A 的位移，因为符号只表示位移的方向，不表示大小

C．因为位移是矢量，所以这两个矢量的大小无法比较

D．物体由 B 到 A 的位移 $\Delta x=\Delta x_1+\Delta x_2$

【答案】BD

【解析】A．位移是矢量，“＋”“－”号表示位移的方向，而不表示位移的大小，C 到 A 的位移 Δx_2 大小小于 B 到 C 的位移大小，A 错误；

B．从 B 到 C 的位移大于从 C 到 A 的位移，B 正确；

C．位移可以比较大小，比较大小时不考虑正负号，只比较绝对值，C 错误；

D．从 B 到 A 的位移 $\Delta x=2\text{m}-5\text{m}=-3\text{m}$

即 $\Delta x=\Delta x_1+\Delta x_2$

D 正确。

故选 BD。

13．科技改变生活，创新引领未来。如图所示，是某位游客使用某导航软件时的一张截图。图中展示了选定起点和终点后，导航软件提供的三条路线和对应的三组数据。下列说法中正确的（　　）

A．图中 57 分钟、59 分钟、1 小时 26 分钟表示时刻

B．按图中方案二路线行驶时路程最长

C．图中三条路线的位移相同

D．研究汽车在导航图中的位置时，可以把汽车看作质点

【答案】BCD

【解析】A．图中 57 分钟、59 分钟、1 小时 26 分钟表示的均是时间间隔，不是时刻，故 A 错误；

B．图中的公里数表示路程，则按图中方案二路线行驶时路程最长，故 B 正确；

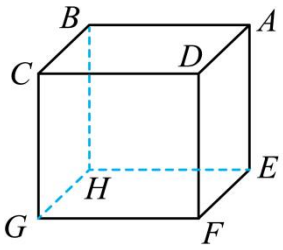
C．因为三条路线的起点与终点相同，所以三条路线的位移相同，故 C 正确；

D．在研究汽车在导航图中的位置时，汽车大小和形状可以忽略，可以把汽车看作质点，故 D 正确．

故选 BCD。

三、填空题（2 分/空，共 16 分）

14．如图所示，一边长为 20cm 的实心立方体木块，一只蚂蚁沿木块表面从 A 点爬到 G 点。则蚂蚁的位移大小为___cm；蚂蚁的爬行轨迹有若干种可能性，其中最短路程___cm。



【答案】$20\sqrt{3}$cm　$20\sqrt{5}$cm

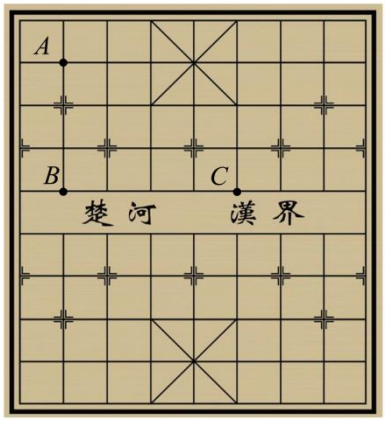
【解析】[1]蚂蚁沿木块表面从 A 点爬到 G 点的位移大小为

$$x=\sqrt{20^2+20^2+20^2}\,\text{cm}=20\sqrt{3}\,\text{cm}$$

[2]最短路程

$$s=\sqrt{40^2+20^2}\,\text{cm}=20\sqrt{5}\,\text{cm}$$

15．图所示，是中国象棋的棋盘。在某次对弈过程中，甲方的棋子“车”从 A 位置沿竖线移到 B 位置，下一步接着沿横线移到 C 位置。已知棋盘每个小方格都是边长为 3cm 的正方形，棋子“车”从 A 位置到 C 位置过程中，路程是___cm，位移的大小是___cm，位移的方向是___（选填“A 指向 C”或“C 指向 A”）。



【答案】21　15　A 指向 C

【解析】[1]从 A 位置到 C 位置过程中，路程是

$$x_{AB}+x_{BC}=3\times 3\text{cm}+3\times 4\text{cm}=21\text{cm}$$

[2]从 A 位置到 C 位置过程中，位移的大小

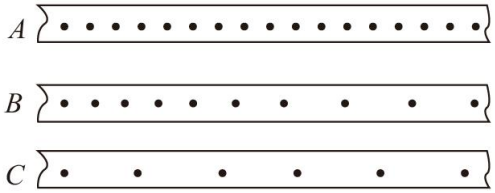
$$x=\sqrt{x_{AB}^2+x_{BC}^2}=15\text{cm}$$

[3]位移由从始位置到末位置的带箭头的线段描述，则位移的方向为 A 指向 C。

四、实验题（2 分/空，共 8 分）

16．(1)打点计时器是一种使用_____电源的仪器，若电源频率为 50Hz，则每隔_____打一个计时点；

(2)如图所示的三条相同长度的纸带，是某同学练习使用打点计时器得到的纸带，已知纸带的左端先通过打点计时器，从点迹的分布情况可以断定：



①纸带_____通过打点计时器所用的时间最长；

②三条纸带进行比较发现，*A* 和 *C* 两条纸带的点间距离_____（选填“均匀”或“不均匀”）。

【答案】 交流 0.02s A 均匀

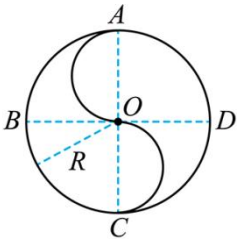
【解析】(1)[1][2]电磁打点计时器和电火花打点计时器都是使用交流电源的计时仪器，当电源的频率为 50Hz 时，每隔 0.02s 打一次点；

(2)[3]纸带上每相邻两点间的时间间隔相等，因此点迹数越多，表示所用的时间越多

[4]从图上可以知道，A 和 C 两条纸带上点迹间距是均匀的。

五、解答题（17 题 6 分，18 题 7 分，19 题 8 分，共计 21 分）

17．近几年来景德镇旅游市场火热，瓷宫以其新奇创意和靓丽外形吸引了许多游客前来打卡，成为新晋网红旅游景点。其由 6 万余件瓷器凝聚一起，瓷宫地面有一副由瓷片拼成的中国古代太极图，其可简化为半径为 *R* 的圆，中央 *S* 部分是两个直径为 *R* 的半圆，*BD*、*CA* 分别为西东、南北指向。若游客从 *A* 点出发沿曲线 *ABCOADC* 行进，则当他走到 *D* 点时，他的路程和位移大小分别是多少？位移的方向是什么？



【答案】$\frac{5}{2}$ πR，$\sqrt{2}$R，方向由 A 指向 D

【解析】路程是轨迹的长度

$$s=\overset{\frown}{AB}+\overset{\frown}{BC}+\overset{\frown}{CO}+\overset{\frown}{OA}+\overset{\frown}{AD}$$

则

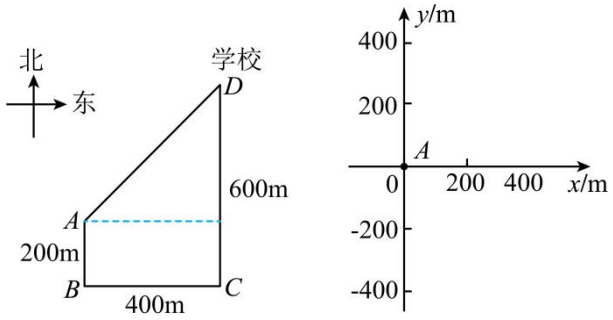
$$s=2\pi R+2\pi\frac{R}{2}-\frac{1}{4}\cdot 2\pi R=\frac{5}{2}\pi R$$

位移大小为 AD 线段的长度，由直角三角形知识得

$$x=AD=\sqrt{AO^2+OD^2}=\sqrt{2}R$$

方向由 A 指向 D。

18．如图甲所示，某同学从家出发步行到学校，先从 A 处（家）向南走 200m 到 B 处，然后再向东走 400m 到 C 处，在 C 处休息一下，最后再向北走 600m 才能到达 D 处（学校）。



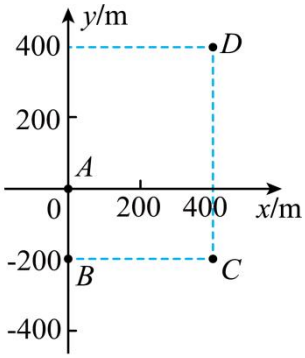
甲　　乙

(1)如图乙所示，选取 A 点为坐标原点，向东为 x 轴的正方向，向北为 y 轴的正方向，建立二维平面直角坐标系，请在图上标出 B、C、D 各点位置，并写出表示各点位置的坐标。

(2)求该同学的总路程和总位移。（计算结果可用根号表示）

【答案】(1)见解析　(2)1200m；$400\sqrt{2}$m，方向东偏北 45°。

【解析】（1）各点坐标如图所示：



各点位置坐标：$B(0,-200\text{m});C(400\text{m},-200\text{m});D(400\text{m},400\text{m})$。

（2）该同学的总路程 $s=200\text{m}+400\text{m}+600\text{m}=1200\text{m}$

总位移 $x=\sqrt{400^2+(600-200)^2}\text{m}=400\sqrt{2}\text{m}$

方向东偏北 45°。

19．一列队伍长 100m，正以某一恒定的速度前进，因有紧急情况通知排头战士，通讯员跑步从队尾赶到队头，又从队头跑至队队尾，在这一过程中队伍前进了 100m，设通讯员速率恒定，战士在队头耽搁的时间不计，求他往返过程中跑过的位移和路程的大小。（学有余力的同学可以挑战路程的计算）

【答案】100m，$(100+100\sqrt{2})$m

【解析】设通讯员的速度为v_1，队伍的速度为v_2，通讯员从队尾到队头的时间为t_1，从队头到队尾的时间为t_2，队伍前进用时间为 t，由通讯员往返总时间与队伍运动时间相等可得如下方程

$$t=t_1+t_2$$

即

$$\frac{100}{v_2}=\frac{100}{v_1-v_2}+\frac{100}{v_1+v_2}$$

整理上式得

$$v_1^2-2v_1v_2-v_2^2=0$$

解得

$$v_1=(\sqrt{2}+1)v_2$$

将上式等号两边同乘总时间 t，即

$v_1t=(\sqrt{2}+1)v_2t$ v_1t 即为通讯员走过的路程s_1，v_2t 即为队伍前进距离s_2，则有

$$s_1=(\sqrt{2}+1)s_2=(\sqrt{2}+1)\times100)\text{m}=(100+100\sqrt{2})\text{m}$$

通讯员从队尾出发最后又回到队尾，所以通讯员的位移大小等于队伍前进的距离，即为 100m。

衔接点 03 位置变化快慢的描述——速度

学习要求

初中阶段	高中阶段
掌握速度的概念、公式及单位，理解匀速直线运动与变速直线运动的区别。学会运用速度公式进行简单计算，能通过实验测量物体运动速度，还要联系生活实际，用速度知识分析常见运动现象，提升物理思维与应用能力。	理解速度的物理意义，区分速度与速率，掌握平均速度、瞬时速度的概念及计算方法；学会通过位移－时间图像分析速度变化，能运用速度知识解决实际问题，同时领会极限思想在瞬时速度推导中的应用，建立清晰的运动学概念体系，提升分析与计算能力。
衔接指引	
初中阶段考查形式：多以选择题、填空题呈现基本概念辨析，计算题侧重速度公式应用，涉及路程、速度、时间的相互求解；实验题常围绕测量物体运动速度，考查实验原理、步骤及数据处理；还会结合交通、体育等生活场景，以简答题形式要求分析速度相关现象或解决实际问题 。 高中阶段考查形式：选择题、填空题聚焦速度与速率概念辨析、平均速度和瞬时速度的区别；计算题常结合具体运动情境，要求运用速度公式求解复杂问题；图像分析题围绕位移－时间图像，考查获取速度信息、判断运动性质的能力；实验题则注重对瞬时速度测量实验的原理理解、操作步骤及数据处理的考查。	

知识衔接

回顾初中知识

1. 比较物体运动快慢的方法：①路程相同，比较 所用时间 的长短；②时间相同，比较 通过路程 的多少；③路程和时间都不相同，比较 单位 时间内通过的路程的多少，即速度.

2. 速度：在物理学中，把 路程 与 时间 之比叫做速度，公式为 $v=\frac{s}{t}$ ，基本单位是 m/s .

3. 直线运动：按照速度是否变化，可将直线运动分为 匀速 直线运动和 变速 直线运动.

知新高中知识

一、速度

1、定义：表示物体 运动快慢 的物理量，它等于 位移 Δx 跟发生这段位移所用 时间 Δt 的比值。

2、定义式：$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$。

由定义式变形可以计算位移：$\Delta x=v\Delta t$，计算时间：$\Delta t=\frac{\Delta x}{v}$

3、速度是 矢量 ，既有大小也有方向，其方向就是物体运动的方向。

4、在国际单位制中，速度的单位是 米/秒（m/s） 。常用单位还有千米/小时（km/h）。换算：1m/s＝ 3.6 km/h；1km/h＝ $\frac{1}{3.6}$ m/s。

二、平均速度和瞬时速度

1、平均速度

（1）定义：在某段时间内物体的位移Δx与发生这段位移所用时间Δt的比值。

（2）意义：粗略描述物体在 一段位移或一段时间内 （如视频）的运动 快慢 和 方向 ，平均速度只能 粗略 地反映物体运动的快慢。

（3）矢量性：平均速度的方向与Δt时间内发生的位移Δx的方向相同。

（4）公式计算：$\text{平均速度}(v)=\frac{\text{通过的位移}(\Delta x)}{\text{所有时间}(\Delta t)}$

2、瞬时速度

（1）定义：当Δt非常小时，物体在从t到t＋Δt的时间间隔内，运动快慢的差异也就非常小，就可以用$\frac{\Delta x}{\Delta t}$表示物体在t时刻的 瞬时速度 。

（2）意义：精确描述物体在 某一位置或某一时刻 （如照片）运动的快慢和方向。

（3）矢量性：瞬时速度的方向与物体所在位置的运动方向相同，瞬时速度的大小叫速率。

3、速率

（1）定义： 瞬时 速度的大小。

（2）速率是标量，只有大小也没有方向。

（3）应用：汽车的速度计显示的是速率。

（4）平均速率

①公式：$\text{平均速率}=\frac{\text{路程}}{\text{时间}}$

②注：平均速率不是平均速度的大小，其意义不同。

③只有在__单向直线运动__中平均速度大小才等于平均速率！

三、速度-时间图像

1、速度－时间图像(v－t 图像)：以__时间 t 为横轴__，__速度 v 为纵轴__，建立直角坐标系，根据测量数据在坐标系中描点，然后用平滑的曲线把这些点连接起来，即得到物体运动的 v－t 图像。

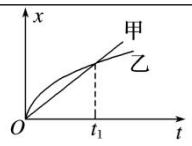
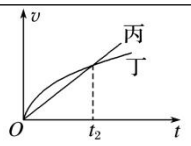
2、v-t 图像的物理意义：v－t 图像非常直观地反映了__速度随时间变化__的情况，但它不是物体运动的轨迹。

3、v-t 图像能获得的信息：

① 能够通过 v-t 图像直接确定__速度的大小__及__方向__。

② 速度—时间图像纵轴的截距表示__初速度__的大小和方向。

4．$x-t$ 图象与 $v-t$ 图象的比较

	$x-t$ 图象	$v-t$ 图象
图象举例		
意义	水平直线表示静止，倾斜直线表示匀速直线运动；曲线表示变速直线运动	水平直线表匀速直线运动，倾斜直线和曲线均表示变速直线运动
特别处	两条图线的交点表示相遇	图线与时间轴所围面积表示位移
运动情况	甲做匀速直线运动，乙做速度逐渐减小的直线运动	丙做速度均匀增加的加速直线运动，丁做速度不均匀变化的加速直线运动
位移	0～t_1 时间内甲、乙位移相等	0～t_2 时间内丁的位移大于丙的位移
平均速度	0～t_1 时间内甲、乙平均速度相等	0～t_2 时间内丁的平均速度大于丙的平均速度

5.三点说明

(1)$x-t$ 图象与 $v-t$ 图象都只能描述直线运动，且均不表示物体运动的轨迹；

(2)分析图象要充分利用图象与其所对应的物理量的函数关系；

(3)识图方法：一轴、二线、三斜率、四面积、五截距、六交点.

四、实验：用打点计时器测速度

（一）打点计时器

1、观察打点计时器并阅读教材，了解电磁打点计时器的结构、工作原理及使用方法。

电磁打点计时器的电源应是__交流__电源，通常的工作电压为__4-6__伏，当电源的频率为50Hz时，每隔__0.02__秒打一次点，通电前把纸带穿过限位孔，再把套在轴上的__复写纸__压在纸带的上面，接通电源后，在线圈和永久磁铁的作用下，振片便振动起来，带动其上的__振针__上下振动。如果纸带运动，振针就通过__复写纸__在纸带上留下一行小点。如果把纸带跟运动的物体连在一起，即由物体带动纸带一起运动，纸带上各点之间的距离就表示相应时间间隔中物体　　。

2、观察打点计时器并阅读说明书了解电火花打点计时器的结构、各部分的名称、工作原理及使用方法。

电火花计时器通常的工作电压为__220__伏，当电源的频率为50Hz时，振针每隔__0.02__s打一次点。

（二）练习使用打点计时器

1、实验步骤：

（1）把电磁打点计时器固定在桌子上，纸带穿过限位孔，把复写纸套在__轴__上，并且压在纸带上面。

（2）把电磁打点计时器的两个接线柱接到6 V的低压__交流__电源上。

（3）先接通__电__，后拉动纸带，使它在水平方向上运动，纸带上就打下一系列点。

(4)取下纸带，从能看得清的某个点开始，往后数出若干个点，如果共有n个点，那么n个点的时间间隔数__n－1__个，则纸带的运动时间Δt__＝0.02×（n-1）__s。

(5)用刻度尺测量出从开始计数的点到最后的点间的距离Δx.

(6)利用公式$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$计算出纸带在这段时间内的__平均__速度。

2、注意事项：

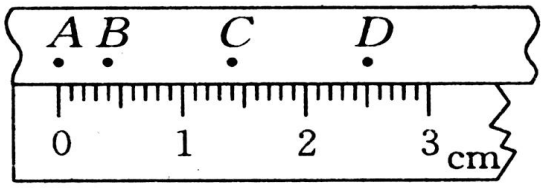
(1)使用计时器打点时，应先__接通电源__，待打点计时器打点稳定后，再拉动或释放__纸带__。

(3)打点计时器不能连续工作太长时间，打点之后应立即__断开__电源。

(4) 测量纸带时，不要分段测量各段位移，正确做法是__一次性测量出各计数点到起点的距离__，读数时应估读到__最小刻度__的下一位。

（三）数据处理：

如图所示，打点计时器所用电源的频率为50Hz，某次实验中得到的一条纸带，及毫米刻度尺测量情况如图所示，纸带在A、C间的平均速度__0.1__m/s，在A、D间的平均速度为__0.42__m/s，B点的瞬时速度更接近于__0.1__m/s 。



典例精析

例 1、关于速度的描述，下列说法正确的是（　）

A．速度只有大小　　B．速度只有方向

C．速度既有大小、又有方向　　D．位移越大速度越小

【答案】C

【解析】ABC．速度是矢量，既有大小，又有方向，故 AB 错误，C 正确；

D．位移越大速度不一定越小，故 D 错误。

故选 C。

例 2、四个物体沿竖直方向做直线运动，某时刻它们的速度分别为 $v_1=72\text{km/h}$，$v_2=10\text{m/s}$，$v_3=0$，$v_4=-30\text{m/s}$。它们当中的最大速度和最小速度分别是（　）

A．v_1 和 v_3　　B．v_4 和 v_3　　C．v_2 和 v_3　　D．v_1 和 v_4

【答案】B

【解析】速度是矢量，正负号表示速度的方向，速度绝对值表示速度的大小。$v_1=72\text{km/h}=20\text{m/s}$，则 $v_4>v_1>v_2>v_3$，速度最大的是 v_4，最小的是 v_3。

故选 B。

例 3、南海舰队正在进行一次海上护航演习，“深圳号”舰突然发现前方一艘正在逃跑的“海盗船”，于是“深圳号”舰立即以 $30\,\text{m/s}$ 的速度追击，假设在追击过程中两船始终在同一直线上。当“深圳号”舰与“海盗船”之间的距离为 $x=2000\text{m}$ 时，“深圳号”舰向“海盗船”发射了一枚演习用的鱼雷，鱼雷发射时的速度为 $v=60\text{m/s}$。经过 $t_1=50\text{s}$ 后“深圳号”舰上的指挥员发现“海盗船”被击中，同时仍在逃跑，于是

“深圳号”舰上的指挥员立即命令炮手再次攻击“海盗船”，结果又经$t_2=30\text{s}$，“深圳号”舰上发射的第二枚鱼雷将“海盗船”击沉。求“海盗船”第一次中弹前、后逃跑的速度。

【答案】$v_1=20\text{m/s}$，$v_2=10\text{m/s}$

【解析】设“海盗船”第一次中弹前逃跑的速度为v_1，第一次中弹后逃跑的速度为v_2，当“深圳号”舰与“海盗船”相距$x=2000\text{m}$时，“深圳号”舰发射第一枚鱼雷，经过$t_1=50\text{s}$击中“海盗船”，则有

$$(v-v_1)t_1=x$$

解得

$$v_1=20\text{m/s}$$

击中“海盗船”时，“深圳号”舰与“海盗船”的距离为

$$x-(30\text{m/s}-v_1)t_1=1500\text{m}$$

“深圳号”舰马上发射第二枚鱼雷，经$t_2=30\text{s}$，鱼鱼再次击中海盗船，则有

$$(v-v_2)t_2=1500\text{m}$$

解得

$$v_2=10\text{m/s}$$

方法点拨

1. 公式 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$是速度的定义式，用比值定义法定义，不能认为 v 与位移成正比、与时间间隔成反比.

2．矢量性：速度有大小、方向．比较两个速度是否相同时，既要比较其大小是否相等，又要比较其方向是否相同.

例 4、2024 年巴黎奥运会皮划艇静水女子 200 米单人划艇项目决赛中，三明市大田选手林文君以 45 秒 23 的成绩获得了第 7 名。林文君在比赛中（　　）

A．位移大于 200 米　　B．路程小于 200 米

C．平均速度约为$10\mathrm{m/s}$　　D．某时刻瞬时速度可能达到$5\mathrm{m/s}$

【答案】D

【解析】AB．200 米单人划艇项目决赛中，林文君做单向直线运动，则位移大小和路程都等于 200m，故 AB 错误；

C．平均速度大小为$\bar{v}=\frac{x}{t}=4.4\mathrm{m/s}$

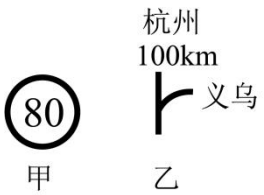
故 C 错误；

D．若林文君做的是初速为零的匀加速直线运动，由$x=\bar{v}t=\frac{v_{\mathrm{m}}}{2}t$

可知最大速度为 8.8m/s，故比赛中，林文君某时刻瞬时速度可能达到$5\mathrm{m/s}$，故 D 正确。

故选 D。

例 5、自驾游属于自助旅游的一种类型。自驾游在选择对象、参与程序和体验自由等方面，给旅游者提供了自由自在的空间。高速公路路旁有许多交通标志，图甲是限速标志，图乙是路线指示标志。80 km/h 和 100km 分别代表的是（　　）



A．平均速度、位移　　B．平均速度、路程

C．瞬时速度、位移　　D．瞬时速度、路程

【答案】D

【解析】公路路旁的限速标志中的 80 km/h 指最高速度，因此指瞬时速度，路线指示标志中的 100km 指到达目的地的轨迹的长度，指路程。

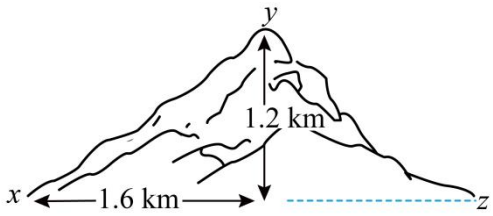
故选 D。

例 6、如图所示，登山运动中，小张用 0.8m/s 的速度由营地 x 爬到山顶 y。在山道上通过的路程是 2.4km，相对于 x 升高了 1.2km，随即小张以 1.2m/s 的速度返回营地，x、y 的水平距离为 1.6km。

（1）求小张由 x 运动到 y 的位移的大小。

（2）求小张整个往返过程中的平均速率。

（3）小张的朋友小李从 x 点爬山，他比小张晚 5min 出发，平均速率为 0.7m/s，结果两人同时到达山顶，问小李由 x 爬到 y 共通过了多少路程？



【答案】（1）2000m；（2）0.96m/s；（3）1890m

【解析】（1）由几何关系可知，小张由 x 运动到 y 的位移的大小

$$l=\sqrt{1600^2+1200^2}\,\mathrm{m}=2000\mathrm{m}$$

（2）求小张整个往返过程中的平均速率

$$\bar{v}=\frac{2s}{\frac{s}{v_1}+\frac{s}{v_2}}=\frac{2400\times2}{\frac{2400}{0.8}+\frac{2400}{1.2}}\mathrm{m/s}=0.96\mathrm{m/s}$$

（3）小张到达山顶时间

$$t_1=\frac{2400}{0.8}\mathrm{s}=3000\mathrm{s}$$

小李由 x 爬到 y 共通过了

$$s'=0.7\times(3000-5\times60)\mathrm{m}=1890\mathrm{m}$$

方法点拨

1. 平均速度和瞬时速度的区别与联系

		平均速度	瞬时速度
区别	对应关系	与某一过程中的一段位移或一段时间对应	与运动过程中的某一时刻或某一位置对应
	物理意义	粗略描述物体在一段位移或一段时间内的运动快慢和方向	精确描述物体在某一位置或某一时刻运动的快慢和方向

	矢量性	与对应时间内物体的位移方向相同	与物体所在位置的运动方向相同
联系		(1)在公式 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 中，当 $\Delta t \to 0$ 时，平均速度即瞬时速度 (2)在匀速直线运动中，各点的瞬时速度都相等，所以任意一段时间内的平均速度等于任一时刻的瞬时速度	

2. 平均速度和平均速率的区别与联系

项目	平均速度	平均速率
定义	位移与时间的比值	路程与时间的比值
意义	粗略描述质点运动的快慢和方向	仅表示质点运动快慢
标矢性	矢量	标量
联系	(1)都是描述物体运动快慢的物理量，单位相同 (2)平均速度的大小一般小于平均速率，仅单向直线运动时，两者的大小才相等	

例 7、(1)电火花计时器的示意图如图所示。电火花计时器和电磁打点计时器一样，工作时使用____（选填“交流”或“直流”）电源，当电源的频率是 50Hz 时，每隔____s 打一次点。其工作时的基本步骤如下：

A．当纸带完全通过电火花计时器后，立即关闭电源

B．将电火花计时器电源插头插入相应的电源插座

C．将纸带从墨粉纸盘下面穿过电火花计时器

D．接通开关，听到放电声，立即拖动纸带运动

上述步骤正确的顺序是____。（填写步骤编号）

(2)在“用打点计时器测速度”实验中，下列图中的仪器或器材需要用到的有____。（多选）

A

B

C

刻度尺外形图

D

(3)下列关于该实验的说法错误的是_____。（多选）

A．当纸带完全通过打点计时器后，立即关闭电源

B．电磁打点计时器和电火花计时器都要使用低压交流电源

C．为了安全，手开始拖动纸带时手离打点计时器要远些

D．先拖动纸带运动，再接通开关

【答案】(1)交流　　0.02　　CBDA　(2)CD 或 ABD　　(3)BCD

【解析】(1)[1][2]电火花计时器和电磁打点计时器一样，工作时使用交流电源，当电源的频率是 50Hz 时，根据

$$T=\frac{1}{f}=\frac{1}{50}\mathrm{s}=0.02\mathrm{s}$$

可知每隔 0.02s 打一次点。

[3]实验时，先将纸带从墨粉纸盘下面穿过电火花计时器，再将电火花计时器电源插头插入相应的电源插座，接通开关，听到放电声，立即拖动纸带运动，当纸带完全通过电火花计时器后，立即关闭电源。故正确的顺序是 CBDA。

（2）在“用打点计时器测速度”实验中，需要使用电磁打点计时器或电火花打点计时器，其中电磁打点计时器需要连接 8V 左右的学生交流电源，电火花打点计时器需要连接 220V 的交流电源；需要使用刻度尺测量纸带上计数点的时间间隔。

故图中的仪器或器材需要用到的有 CD 或 ABD。

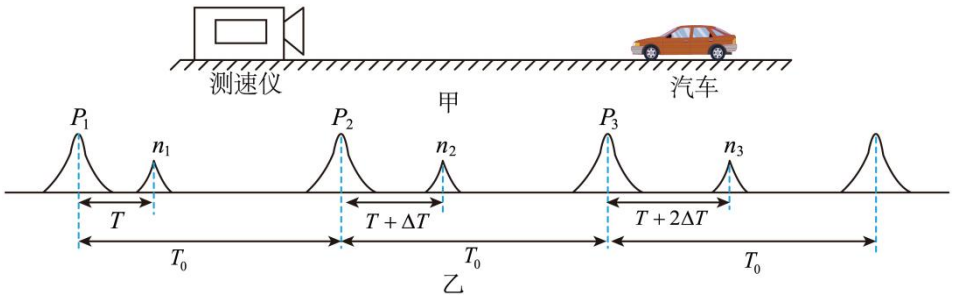
（3）A．当纸带完全通过打点计时器后，立即关闭电源，故 A 正确，不满足题意要求；

B．电磁打点计时器使用 8V 左右的低压交流电源，电火花打点计时器使用 220V 的交流电源，故 B 错误，满足题意要求；

CD．为了充分利用纸带，手开始拖动纸带时手离打点计时器要近些，先接通开关，再拖动纸带运动，故 CD 错误，满足题意要求。

故选 BCD。

例 8、图甲是超声波测速示意图，固定的测速仪每隔足够小的时间T_0发出脉冲信号，随后接收到所发出的脉冲信号。图乙中的P_1、P_2、P_3是测速仪发出的信号，n_1、n_2、n_3是P_1、P_2、P_3经汽车反射回来的信号，各信号之间的时间间隔如图乙所示。则（　　）



A．汽车正在靠近测速仪且速度保持不变 B．汽车正在靠近测速仪且速度逐渐变大

C．汽车正在远离测速仪且速度逐渐变大 D．汽车正在远离测速仪且速度保持不变

【答案】D

【解析】汽车接收脉冲信号P_1时距离测速仪的距离

$$x_1=\frac{v_{脉冲}T}{2}$$

汽车接收脉冲信号P_2时距离测速仪的距离

$$x_2=v_{脉冲}\frac{T+\Delta T}{2}$$

汽车接收脉冲信号P_3时距离测速仪的距离

$$x_3=v_{脉冲}\frac{T+2\Delta T}{2}$$

可知汽车距离测速仪越来越远，汽车接收到P_1、P_2两个信号之间的时间内前进的距离与接收到P_2、P_3两个信号之间的时间内前进的距离相等，均为

$$\Delta x_1=\frac{v_{脉冲}\Delta T}{2}$$

且汽车每次接收信号的时间间隔均为$T_0+\frac{\Delta T}{2}$，即相同时间通过的路程相同，则汽车正在远离测速仪且做匀速运动。

故选 D。

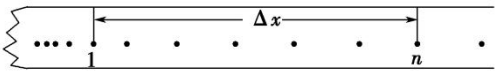
方法点拨

根据纸带求解物体的运动速度

1. 求解平均速度

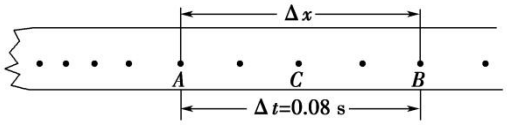
根据 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$，求出任意两点间的平均速度．两点间的位移 Δx 可以用刻度尺测量出，Δt

为两点间的间隔数与单个时间间隔 0.02 s 的乘积．如图所示，将打好点的纸带从能够看清的某个点开始，往后数出若干个点，比如共数出 n 个点，用刻度尺测出第一个点到第 n 个点的距离 Δx，并算出这 n 个点的时间间隔，则平均速度 $\overline{v}=\dfrac{\Delta x}{(n-1)T}(T=0.02\ \text{s})$．

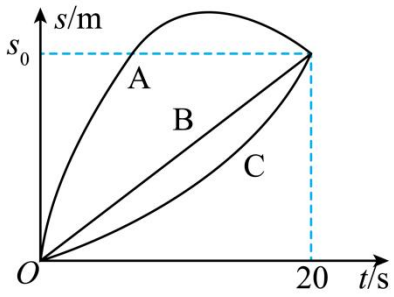


2. 粗略计算瞬时速度

当一段位移 Δx 对应的时间 Δt 很小时，我们可用这段时间内的平均速度来表示 Δt 中某一时刻的瞬时速度．如图所示，$\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$可以大致表示 C 点的瞬时速度，即 $v_C=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$，$A$、$B$ 两点离 C 点越近，算出的平均速度越接近于 C 点的瞬时速度．然而 A、B 两点距离过小时，测量误差会增大，所以应根据实际情况选取这两个点．



例 9、A、B、C 三物体同时出发做直线运动，它们的运动情况如图所示。在 20s 内，它们的平均速率的关系正确的是（　　）



A．$\overline{v}_A>\overline{v}_B=\overline{v}_C$　　B．$\overline{v}_A=\overline{v}_B=\overline{v}_C$

C．$\overline{v}_A>\overline{v}_C>\overline{v}_B$　　D．$\overline{v}_A=\overline{v}_B>\overline{v}_C$

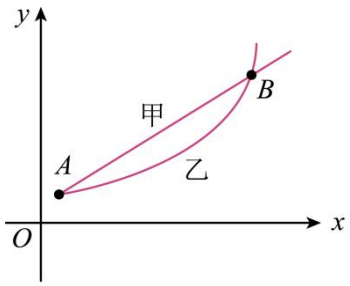
【答案】A

【解析】由图可知，A、B、C 三物体在 20s 内通过的路程关系为 $s_A>s_B=s_C$，根据平均速率公式 $\overline{v}=\dfrac{s}{t}$

可知，20s 内三物体的平均速率关系为 $\overline{v}_A>\overline{v}_B=\overline{v}_C$。

故选 A。

例 10、甲、乙两个质点在平面直角坐标系 Oxy 的坐标平面内运动，同时经过 A 点，然后同时到达 B 点，运动过程如图所示，则从 A 到 B 过程中，甲、乙两个质点（　　）



A．平均速度相同　　B．平均速率相同

C．经过 A 点时速度可能相同　　D．经过 B 点时，乙的速度比甲的速度大

【答案】A

【解析】A．从 A 到 B 位移相同，时间相同，平均速度相同，故 A 正确；

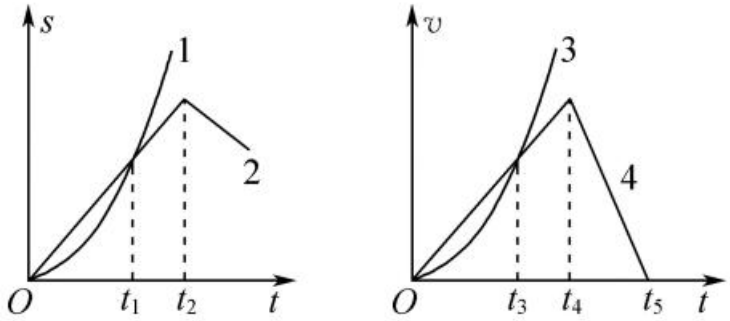
B．乙的路程大，乙的平均速率大，故 B 错误；

C．甲、乙经过 A 点时速度方向不同，故 C 错误；

D．无法比较经过 B 点时速度大小，故 D 错误。

故选 A。

例 11、如图所示，s-t 图像和 v-t 图像中，给出的四条图线 1、2、3、4 代表四个不同物体的运动情况，关于它们的物理意义，下列描述正确的是（　　）



A．$s-t$ 图像中图线 1 表示物体做曲线运动

B．$s-t$ 图像中 t_1 时刻物体 1 的速度小于物体 2 的速度

C．$v-t$ 图像中 $0\sim t_3$ 时间内物体 4 的平均速度大于物体 3 的平均速度

D．$v-t$ 图像中，t_4 时刻物体 4 开始反向运动

【答案】C

【解析】$s-t$ 图像只能描述直线运动中位移 s 与时间 t 的关系，不是实际的运动轨迹，不能描述曲线运动，故 A 错误；$s-t$ 图像中 t_1 时刻图线 1 的斜率大于图线 2 的斜率，则此时刻物体 1 的速度大于物体 2 的速度，故 B 错误；$v-t$ 图像中 $0\sim t_3$ 时间内，物体 4 的速度一直比物体 3 的大，故物体 4 的位移大于物体 3 的位移，时间相等，则物体 4 的平均速度大于物体 3 的平均速度，故 C 正确；$v-t$ 图像中，纵坐标的正，负表示速度方向，则由题图可知，t_4 时刻物体 4 的速度方向不变，故 D 错误。

方法点拨

1. x-t 图像（位移 - 时间图像）

（1）图像识别

静止状态：图像为平行于时间轴的直线，表明物体位置不随时间变化，位移不变，速度为 0 。

匀速直线运动：图像是倾斜直线，直线斜率恒定。斜率的绝对值越大，速度大小越大；斜率为正，物体沿正方向运动；斜率为负，物体沿负方向运动。

变速直线运动：图像为曲线，曲线上某点切线的斜率表示该时刻物体的瞬时速度。

（2）斜率运用

计算速度：直接根据斜率公式 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 计算，△x 为纵坐标位移变化量，△t 为横坐标时间变化量。

比较速度大小：通过观察直线倾斜程度或曲线切线倾斜程度，倾斜程度越大，速度越大。

（3）截距与交点

纵截距：表示初始时刻物体的位置坐标。

横截距：表示物体经过一段时间才开始有位移，即开始运动的时刻。

交点：不同物体的 x-t 图像相交，说明在该时刻它们处于同一位置，即相遇。

2. v-t 图像（速度 - 时间图像）

（1）图像识别

匀速直线运动：图像为平行于时间轴的直线，速度大小和方向不变。

变速直线运动：图像是倾斜直线，斜率恒定。斜率为正，物体做加速直线运动；斜率为负，物体做减速直线运动 。

（2）面积

面积求位移：图像与时间轴所围图形的面积表示物体在相应时间内的位移。时间轴上方的面积表示正方向位移，下方的面积表示负方向位移，总位移为正负面积的代数和。

（3）截距与交点

纵截距：表示初始时刻物体的速度。

横截距：表示物体速度为 0 的时刻，可能是速度方向改变的时刻。

交点：不同物体的 v-t 图像相交，说明在该时刻它们的速度相同，但不一定相遇；同一物体 v-t 图像与时间轴相交，表明速度方向发生改变。

3.通用解题步骤

（1）明确图像类型：拿到题目先判断是 x-t 图像还是 v-t 图像，确定分析方向。

（2）提取关键信息：观察图像的形状、截距、交点、斜率等，获取物体运动状态、初始条件、速度等关键信息。

（3）结合物理规律：根据图像信息，结合速度、位移等物理量的定义和公式，分析求解问题，如计算速度、时间、位移，判断物体运动情况等。

（4）检查合理性：将计算结果代入题目情境，检查是否符合实际物理意义和运动规律。

对点集训

1．2024 年 6 月 25 日，嫦娥六号返回器准确着陆于内蒙古四子王旗预定区域，实现世界首次月球背面采样返回．以下描述返回器的物理量属于矢量的是（　　）

A．质量　　B．速度　　C．温度　　D．直径

【答案】B

【解析】质量，温度，直径只有大小没有方向，属于标量；速度既有大小又有方向，属于矢量，故选 B。

2．如图所示，根据高速公路指示牌上的区间长度与限速标志，则不超速情况下，通过该区域的最短时间约为（　　）

A．3min　　B．6min　　C．10min　　D．20min

【答案】C

【解析】由指示牌，可知最大速度为$v=120\text{km/h}$，距离为 s=20km，则通过该区域的最短时间约为

$$t=\frac{s}{v}=\frac{1}{6}\text{h}=\frac{1}{6}\times 60\,\text{min}=10\,\text{min}$$

故选 C。

3．中国队在北京冬奥会短道速滑 2000 米混合团体接力决赛中以 2 分 37 秒 348 的成绩滑行 18 圈，夺得本届冬奥会中国体育代表团的首金。在此次比赛中（　　）

A．研究运动员接力过程的技术时，可以将他们看成质点

B．中国队的 2 分 37 秒 348 的成绩，指的是时刻

C．中国队的平均速度比同组其他国家队大

D．运动员的速度是矢量

【答案】D

【解析】A．研究运动员接力过程的技术时，要考虑他们的动作不可以将他们看成质点，故 A 错误；

B．中国队的 2 分 37 秒 348 的成绩，2 分 37 秒 348 是一段时间，指的是时间间隔，故 B 错误；

C．由于赛道是 18 个完整的圈数，则初、末位置相同，则位移为零、平均速度为 0，故 C 错误；

D．运动员的速度有大小和方向，是矢量，故 D 正确。

故选 D。

4．据报道，我国神舟十七号飞船于北京时间 2023 年 10 月 26 日 11 时 14 分在酒泉发射成功。一般空间站的轨道高度是 380～400km 左右，飞行速度约为 7800m/s，神舟十七号载人飞船全长约 8.86m，总质量达到 7.79t。对报道下列说法正确的是（　）

A．“飞行速度约为 7800m/s”中的速度指的是平均速度

B．“北京时间 2023 年 10 月 26 日 11 时 14 分”指的是时刻

C．在研究神舟十七号飞船与空间站组合体进行自主快速交会对接时，可以将神舟十七号飞船视为质点

D．长度、质量和速度这三个物理量都为标量

【答案】B

【解析】A．“飞行速度约为 7800m/s”中的速度指的是瞬时速度，故 A 错误；

B．“北京时间 2023 年 10 月 26 日 11 时 14 分”指的是时刻，故 B 正确；

C．在研究神舟十七号飞船与空间站组合体进行自主快速交会对接时，神舟十七号飞船大小不能忽略，不能视为质点，故 C 错误；

D．长度、质量这两个物理量都为标量，速度是矢量，故 D 错误。

故选 B。

5．2024 年 9 月 14 日，据央视新闻报道，国铁集团有关负责人表示，CR450 高速动车组目前已进入整车装配阶段，CR450 具有 450 公里实验运行时速和 400 公里的商业运行时速的高速动车组列车，是世界上最快的高铁，有可能将北京到上海之间（中国最繁忙的线路之一）的旅行时间从 4 个多小时缩短至 3 小时左右。北京到上海直线距离约 770 公里，高铁路程约 1325 公里，若乘坐 CR450，仅用 3.2 小时就从北京到了上海，则这一过程的平均速度大小约为（　　）

A．200km/h　　B．225km/h　　C．241km/h　　D．414km/h

【答案】C

【解析】这一过程的平均速度大小约为$\bar{v}=\frac{x}{t}=\frac{770\text{km}}{3.2\text{h}}\approx 241\text{km/h}$

故选 C。

6．2024 年通车运营的深中通道如图所示，它使得深圳与中山之间的通行时间从原来的 2 小时缩短至 30 分钟，大大提高了两地的交通便利性。深中通道全长约 24 公里，其中包括长约 6.8 公里的沉管隧道和多个桥梁及互通立交。主线设计速度为$100\text{km}/\text{h}$。若某辆汽车耗时 30min 通过此通道，下列说法中正确的是（　　）

A．汽车通过深中通道的位移为 24km　　B．汽车的平均速度为$48\text{km}/\text{h}$

C．限速$100\text{km}/\text{h}$是瞬时速度　　D．汽车可能做匀速运动

【答案】C

【解析】A．汽车在海中段的路程为 22.4km，由于海中段不是直线，所以位移大小小于 22.4km，故 A 错误；

B．由于位移大小未知，无法计算平均速度，故 B 错误；

C．100km/h 指瞬时速度的大小，故 C 正确；

D．汽车做曲线运动，速度一定改变，故 D 错误。

故选 C。

7．2024 年 7 月 31 日，在巴黎奥运会游泳项目男子 100 米自由泳决赛中，中国选手潘展乐以 46 秒 40 的成绩夺冠并打破世界纪录。已知 100 米自由泳比赛使用的泳池长度为 50 米，则下列说法正确的是（　　）

A．题中“100 米”指的是位移　　B．题中“46 秒 40”指的是时刻

C．潘展乐比赛全程的平均速率约为 $2.2\mathrm{m/s}$　　D．潘展乐比赛全程的平均速度大小约为 $2.2\mathrm{m/s}$

【答案】C

【解析】A．由题可知，运动员比赛时需要折返一次，故 100m 指的是路程，故 A 错误；

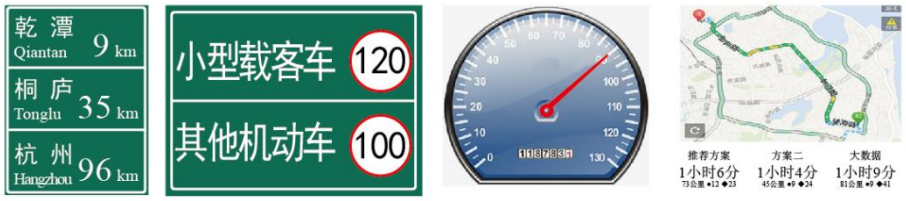
B．比赛用时 46 秒 40 指的是时间间隔，故 B 错误；

C．潘展乐比赛全程的平均速率 $\overline{v}=\frac{s}{t}=\frac{100}{46.4}\mathrm{m/s}\approx 2.2\mathrm{m/s}$，故 C 正确；

D．折返一次的总位移为 0，故平均速度大小为 0，故 D 错误。

故选 C。

8．下列说法正确的是（　　）



甲　　乙　　丙　　丁

A．甲图是高速上的指示牌，上面的“96km”“35km”“9km”指的是指位移

B．乙图是高速上的指示牌，上面的“120”“100”指的是平均速度的大小

C．丙图是汽车上的时速表，上面指针指示的“90”指 90 米/秒

D．丁图是导航中的信息，上面三个方案所示位移相同

【答案】D

【解析】A．甲图是高速上的指示牌，上面的“96km”“35km”“9km”指的是指路程，A 错误；

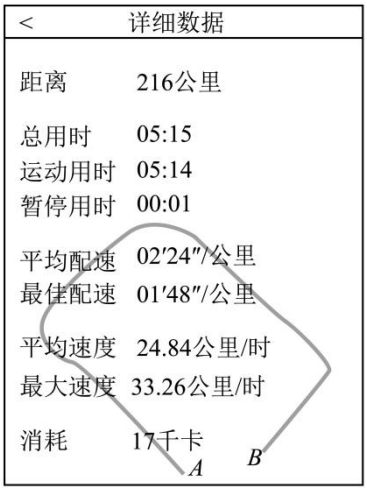
B．乙图是高速上的指示牌，上向的“120”“100”指的是瞬时速度的大小，B 错误；

C．丙图是汽车上的时速表，上面指针指示的“90”指 90 千米每小时，C 错误；

D．丁图是导航中的信息，上面三个方案中起点、终点一样，故位移相同，D 正确。

故选 D 。

9．骑行既可以强身健体、提升心肺功能、增强免疫力，又可以响应国家绿色出行倡议减少碳排放。一市民在某次骑行过程中由 A 点开始出发，经过一段时间后骑行了 2.16 公里到达 B 点，该市民通过手机运动软件记录的运动轨迹与信息如图所示。下列说法正确的是（　　）



A．图中“00：01”指的是时刻

B．图中“2.16 公里”为该次骑行的位移

C．图中“33.26 公里/时”指的是平均速率

D．研究骑行的路径时人和自行车组成的系统可以看成为质点

【答案】D

【解析】A．图中“00：01”指的是时间间隔，选项 A 错误；

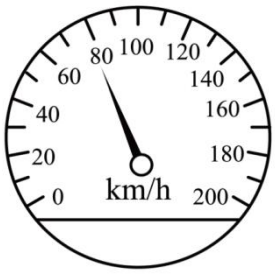
B．图中“2.16 公里”为该次骑行的路程，选项 B 错误；

C．图中“33.26 公里、时”指的是瞬时速率，选项 C 错误；

D．研究骑行的路径时，人和自行车组成的系统大小和形状可以忽略不计，可以看成为质点，选项 D 正确。

故选 D。

10．图为汽车速度计。当汽车变速运动时，某时刻表盘上的指针指向某一数值，该数值表示汽车的（　　）



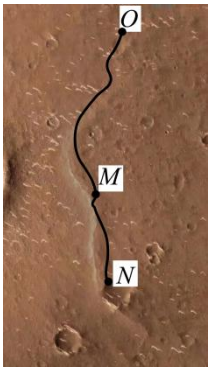
A．平均速度　　B．平均速率　　C．瞬时速度　　D．瞬时速率

【答案】D

【解析】数值代表某时刻的速度，为瞬时速率。

故选 D。

11．“祝融号”火星车沿如图所示路线行驶，在此过程中揭秘了火星乌托邦平原浅表分层结构，该研究成果被列为“2022 年度中国科学十大进展”之首。“祝融号”从着陆点O处出发，经过 46 天到达M处，行驶路程为 585 米；又经过 46 天，到达N处，行驶路程为 304 米。已知O、M间和M、N间的直线距离分别约为 463 米和 234 米，则火星车（　　）



A．从O处行驶到N处的路程为 697 米

B．从O处行驶到N处的位移大小为 889 米

C．从M处行驶到N处的平均速率约为 10 米/天

D．从O处行驶到M处的平均速度大小约为 10 米/天

【答案】D

【解析】A．路程为运动轨迹的长度，从O处行驶到N处的路程为$s=585\text{m}+304\text{m}=889\text{m}$

故 A 错误；

B．位移大小为始末位置的直线距离，由题意可知，从O处行驶到N处的位移大小一定小于 889 米，故 B 错误；

C．从M处行驶到N处的平均速率约为$\overline{v}_{MN}=\frac{s_{MN}}{t_{MN}}=\frac{304}{46}\text{米}/\text{天}\approx 6.6\text{米}/\text{天}$

故 C 错误；

D．从O处行驶到M处的平均速度大小约为$\overline{v}_{OM}=\frac{s_{OM}}{t_{OM}}=\frac{463}{46}\text{米}/\text{天}\approx 10\text{米}/\text{天}$

故 D 正确。

故选 D。

12．如图所示，为某地图 APP 软件的一张截图，显示了某次导航的具体路径，其“时间最短”路线中有“42 分钟”，“24 公里”两个数据，“距离最短”路线中有“59 分钟”“21 公里”两个数据，关于这两个方案，下列说法正确的是（　　）

A．“时间最短”路线中“42 分钟”表示的是某个时刻

B．“距离最短”路线中“21 公里”表示的是位移大小

C．根据“距离最短”路线中两个数据，可算出平均速度大小

D．根据“距离最短”路线中两个数据，可以算出平均速率

【答案】D

【解析】A．“42 分钟”、“59 分钟”表示时间间隔，故 A 错误；

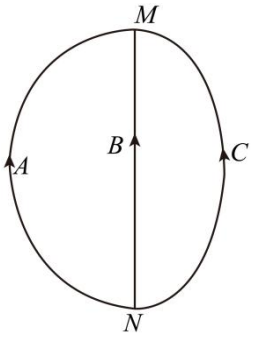
B．“24 公里”、“21 公里”表示路程，不表示位移，故 B 错误；

C．平均速度等于位移与时间的比值，由于位移未知，故平均速度计算不出来，故 C 错误；

D．平均速率等于路程与时间的比值，由于知道路程和时间，故可以算出平均速率，故 D 正确。

故选 D。

13．三个质点 A、B、C 的运动轨迹如图所示，三个质点同时从 N 点出发，同时到达 M 点，下列说法正确的是（　　）



A．三个质点任意时刻的速度方向都相同

B．三个质点从 N 点到 M 点的平均速度相同

C．三个质点从 N 点到 M 点的平均速率相同

D．三个质点从 N 点出发到任意时刻的平均速度都相同

【答案】B

【解析】A．由于质点 A、C 做曲线运动，速度方向时刻发生变化，所以三个质点任意时刻的速度方向并没有都相同，故 A 错误；

B．三个质点同时从 N 点出发，同时到达 M 点，可知三个质点的位移相同，时间相等，则三个质点从 N 点到 M 点的平均速度相同，故 B 正确；

C．三个质点从 N 到 M 的路程不相等，所用时间相等，所以三个质点从 N 到 M 的平均速率不相同，故 C 错误；

D．三个质点从 N 点出发到 M 点前的任意时刻的位移不相同，所以三个质点从 N 点出发到 M 点前任意时刻的平均速度不相同，故 D 错误。

故选 B。

14．下列关于实验的说法，理解正确的是（　　）

A．测量值跟被测物理量的真实值之间总会有差异，这种差异是实验中的错误，应绝对避免

B．通过改进仪器和谨慎操作，可以完全消灭误差

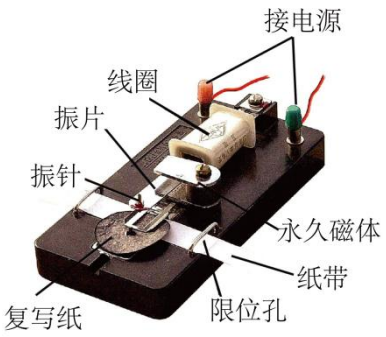
C．测物体质量时，由于天平两臂不完全等长会造成误差，这种误差叫做系统误差

D．0.920 是两位有效数字，最后一位 0 没有意义

【答案】C

【解析】试题分析：测量值的误差是允许的，但事实上是无法消除的，所以 AB 错．系统误差指的是仪器本身或者因为设计缺陷导致的误差，通常可以通过改进方案减小该误差，所以 C 答案正确．关于测量数据的估读，要估读到最小刻度下一位，所以 0.920 的最后一个 0，可能有意义，D 错

15．关于电磁打点计时器，下列说法正确的是（　）



A．是一种使用直流电源的计时仪器

B．工作电压约为 220V，能够按照相同的时间间隔，在纸带上连续打点

C．当电源频率是 50Hz 时，每隔 0.2s 打一次点

D．如果把纸带和运动的物体连在一起，纸带上各点之间的距离就表示相应时间间隔中物体的位移大小

【答案】D

【解析】A．电磁打点计时器是一种使用交流电源的计时仪器，故 A 错误；

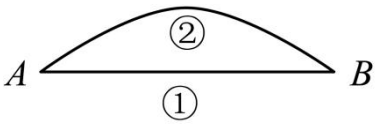
B．电磁打点计时器工作电压约为 8V，能够按照相同的时间间隔，在纸带上连续打点，故 B 错误；

C．当电源频率是 50Hz 时，每隔 0.02s 打一次点，故 C 错误；

D．如果把纸带和运动的物体连在一起，纸带上各点之间的距离就表示相应时间间隔中物体的位移大小，故 D 正确。

故选 D。

16．（多选）甲、乙两质点分别沿着直线①和曲线②从 A 运动到 B，两质点运动的时间相同。下列说法中正确的是（　　）



A．位移相同　　B．平均速率相同

C．平均速度相同　　D．到达 B 点时瞬时速度相同

【答案】AC

【解析】A．质点从 A 到 B，起始位置相同，位移相同，A 正确；

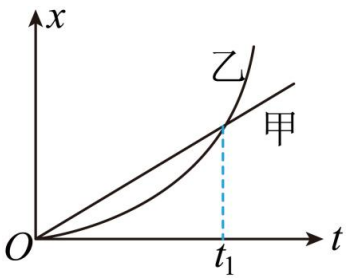
B．由于他们的路程不同，用的时间是相同的，所以平均速率不同，B 错误；

C．由平均速度等于位移除以时间，所以平均速度相同，C 正确;

D．在 B 点，甲、乙两质点的瞬时速度方向不同，所以瞬时速度不同，D 错误。

故选 AC。

17．（多选）甲、乙两人沿同一直线运动，其 $x-t$ 图像如图所示，下列说法正确的是（　）



A．t_1 时刻两人相遇　　B．t_1 时刻两人的速度相同

C．甲的运动速度一直增大　　D．乙的速度一直增大

【答案】AD

【解析】A．从图中可看出在 t_1 时刻两人在同一位置，所以两人相遇，A 正确；

BCD．$x-t$图像中图线的斜率表示物体的速度，从图中可以看出，甲速度不变，乙速度一直增大，在t_1时刻乙的速度大于甲的速度，D 正确，BC 错误。

故选 AD。

18．（多选）在“练习使用打点计时器”的实验中，下列操作正确的是（　　）

A．打点前小车应靠近打点计时器，要先接通电源，待计时器打点稳定后再释放小车

B．要舍去纸带上密集点，然后选取计数点

C．若每四个点取一个计数点，则计数点之间的时间间隔为 0.1s

D．实验中应使小车速度尽量小些

【答案】AB

【解析】A．为了充分利用纸带，打点前小车应靠近打点计时器，先接通电源，待计时器打点稳定后再释放小车，故 A 正确；

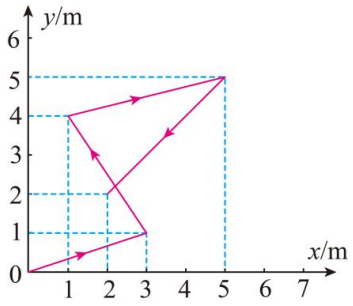
B．为了减小实验误差，要舍去纸带上密集点，然后选取计数点，故 B 正确；

C．若每四个点取一个计数点，则计数点之间的时间间隔为 0.08s，故 C 错误；

D．实验中若小车速度过小，纸带上打的点比较密集，不利于选点和测量，实验误差较大，故 D 错误．

故选 AB。

19．（多选）如图所示，在机器人大赛中，某机器人在平面内由点$(0,0)$出发，沿直线运动到点$(3,1)$，然后又由点$(3,1)$沿直线运动到点$(1,4)$，再然后又由点$(1,4)$沿直线运动到点$(5,5)$，最后又由点$(5,5)$沿直线运动到点$(2,2)$，平面坐标系横、纵坐标轴的单位长度均为1m。整个过程中机器人所用时间是$2\sqrt{2}\text{s}$，则（　　）



A．机器人的平均速度大小为$2\sqrt{2}\text{m/s}$

B．机器人不会两次通过同一点

C．整个过程中机器人的位移大小为$2\sqrt{2}\text{m}$

D．整个过程中机器人的平均速度大小为1m/s

【答案】CD

【解析】B．由图可知，机器人运动轨迹不是直线，图线的交点表示机器人两次通过同一点，B 错误；

C．整个过程中机器人的位移为从点$(0,0)$到点$(2,2)$的有向线段，大小为$2\sqrt{2}\mathrm{m}$，C 正确；

AD．平均速度大小为$v=\frac{s}{t}=\frac{2\sqrt{2}}{2\sqrt{2}}\mathrm{m/s}=1\mathrm{m/s}$

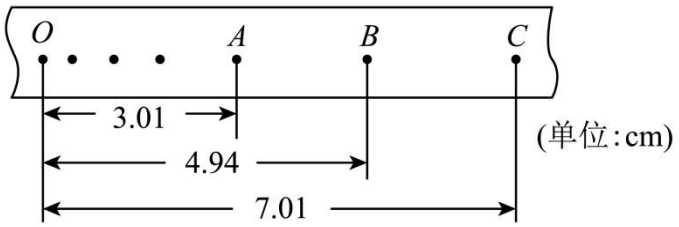
A 错误，D 正确。

故选 CD。

20．按要求完成下列各小题。

(1)目前实验室用的打点计时器有电磁打点计时器和电火花计时器两种，它们所接电源均为频率为_____Hz 的交变电流，所以都是每隔 0.02s 打一个点，但前者所接交流电压为_____V，后者所接交流电压为_____V。操作流程是先_____后_____。

(2)如图所示是一位同学用手拉动纸带通过电磁打点计时器打出的一条纸带，在纸带旁边附着一把毫米刻度尺，根据纸带上点的排列情况可判定，手拉动纸带时，手的运动速度怎样变化：_____；由 O 到 A 这段距离上手运动的平均速度为_____m/s，打 B 点时手拉动纸带的速度约为_____m/s。



【答案】(1)　50　6（或 4 或 4~6）　220　通电　释放　(2) 逐渐增大　0.38　1

【解析】（1）[1][2][3]目前实验室用的打点计时器有电磁打点计时器和电火花计时器两种，它们所接电源均为频率为 50Hz 的交变电流，但电磁打点计时器所接交流电压为 4~6V，电火花打点计时器所接交流电压为 220V；

[4][5]操作流程是先通电后释放纸带。

（2）[4]纸带在相等时间内的位移逐渐变大，可知手拉动纸带的速度逐渐增大；

[5]由 O 到 A 这段距离上手运动的平均速度为

$$\overline{v}_{OA}=\frac{OA}{4T}=\frac{3.01\times10^{-2}}{4\times0.02}\mathrm{m/s}=0.38\mathrm{m/s}$$

[6]打 B 点时手拉动纸带的速度约为

$$v_B=\frac{AC}{2T}=\frac{(7.01-3.01)\times10^{-2}}{0.04}\mathrm{m/s}=1\mathrm{m/s}$$

21．打点计时器是高中物理实验中常用的实验器材，请你完成下列有关问题：

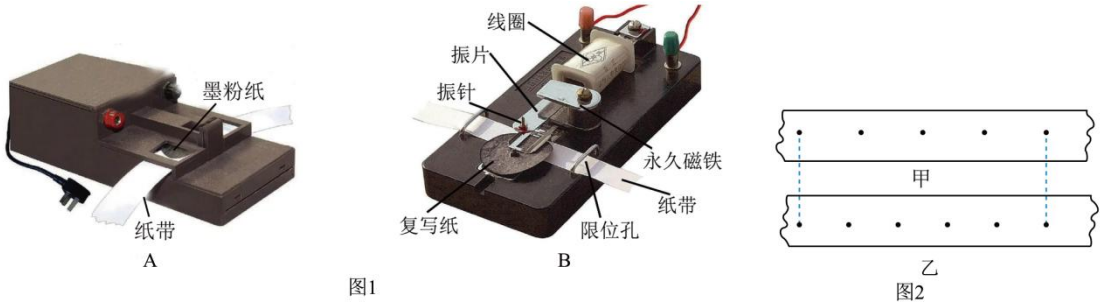


图1　　图2

(1)图 1 中__（选填“A”或“B”）是电火花打点计时器，它使用的电源为__（选填“交流”或“直流”）电源。

(2)电磁打点计时器的工作电压___，电火花打点计时器的工作电压___（前两空选填“为 220V”或“约为 8V”）。已知电源频率为50Hz，则打点计时器每隔___s 打一次点。

(3)图 2 为同一打点计时器打出的两条纸带，记录了甲、乙两辆小车的运动情况。由两纸带可知___（选填“甲”或“乙”）小车运动的速度较大。

【答案】(1) A　交流　(2) 约为 8V　为 220V　0.02　(3)甲

【解析】（1）[1]电火花打点计时器有墨粉盒，故 A 是电火花打点计时器；

[2]电火花打点计时器使用 220V 交流电源。

（2）[1][2]电磁打点计时器的工作电压约为 8V，电火花打点计时器的工作电压为 220V；

[3]已知电源频率为 50Hz，则打点周期为

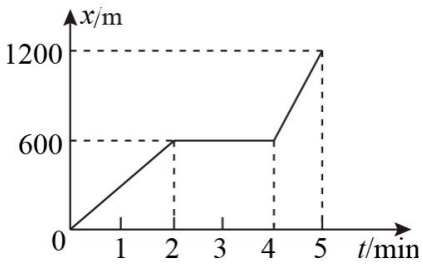
$$T=\frac{1}{f}=0.02\text{s}$$

（3）由图可知，两相同长度的纸带上，甲打的点少，即通过相同的位移，甲所用时间短。根据$v=\frac{x}{t}$可知，甲小车的速度大。

22．小明同学某日骑自行车从家去学校的位移一时间关系如图所示，求：

（1）0～2min 时间内的速率；

（2）0～5min 时间内的平均速度大小。



【答案】（1）5m/s；（2）4m/s

【解析】（1）由图可知 0～2min 内，小明做匀速直线运动，位移大小 x1=600m，时间 t1=2min=120s，所以速率

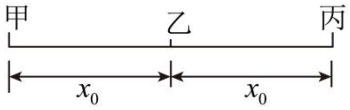
$$v=\frac{x_1}{t_1}=\frac{600\text{m}}{120\text{s}}=5\text{m/s}$$

（2）0-5min 内的总位移 x=1200m，运动的总时间 t=5min=300s，所以平均速度

$$\bar{v}=\frac{x}{t}=\frac{1200\text{m}}{300\text{s}}=4\text{m/s}$$

综合演练

23．一物体以10m/s的速度从甲地运动到乙地，又以20m/s的速度从乙地运动到丙地。已知甲、乙两地之间的距离与乙、丙两地之间的距离相等，如图所示，则该物体从甲地到乙地与乙地到丙地的时间之比为（　）



A．1:2　　B．2:1　　C．1:3　　D．3:2

【答案】B

【解析】设两段位移内的速度分别为v_1、v_2。由速度公式可知，前半程的运动时间为

$$t_1=\frac{x_0}{v_1}$$

后半程的运动时间为

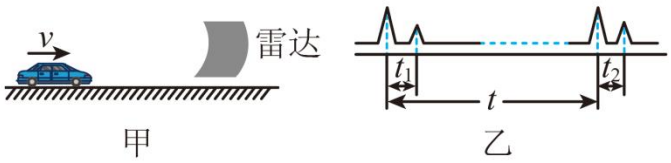
$$t_2=\frac{x_0}{v_2}$$

则该物体从甲地到乙地与乙地到丙地的时间之比为

$$\frac{t_1}{t_2}=\frac{v_2}{v_1}=\frac{2}{1}$$

故选 B。

24．某高速公路自动测速装置如图甲所示，雷达向汽车驶来的方向发射脉冲电磁波，相邻两次发射时间间隔为t。当雷达向汽车发射电磁波时，在显示屏上呈现出一个尖形波；在接收到反射回来的无线电波时，在显示屏上呈现出第二个尖形波。根据两个波在显示屏上的距离，可以计算出汽车至雷达的距离。显示屏如图乙所示，根据图中t_1、t、t_2的意义，结合光速c，则汽车车速为（　　）



甲　　乙

A．$v=\dfrac{c(t_1-t_2)}{2t+t_2-t_1}$　B．$v=\dfrac{c(t_1+t_2)}{2t+t_2-t_1}$　C．$v=\dfrac{c(t_1-t_2)}{2t+t_2+t_1}$　D．$v=\dfrac{2c(t_1-t_2)}{2t+t_2-t_1}$

【答案】A

【解析】汽车行驶的位移等于两次发射电磁波时汽车距离雷达的路程差，则有

$$x=s_1-s_2=c\cdot\frac{t_1}{2}-c\cdot\frac{t_2}{2}=\frac{c}{2}(t_1-t_2)$$

对应的时间为

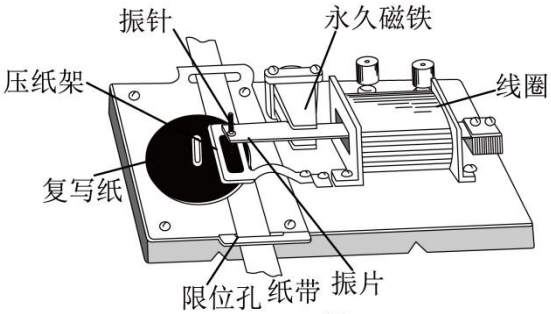
$$\Delta t=t+\frac{t_2}{2}-\frac{t_1}{2}$$

则汽车的速度

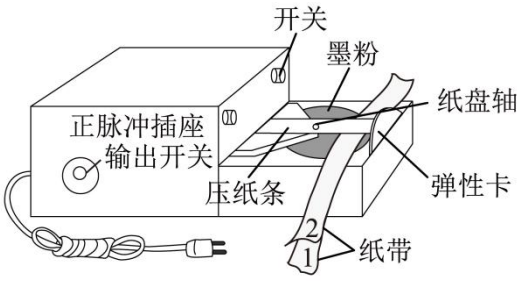
$$v=\frac{x}{\Delta t}=\frac{c(t_1-t_2)}{2t+t_2-t_1}$$

故选 A。

25．打点计时器是高中物理中重要的实验仪器，如图中的甲、乙两种打点计时器是高中物理实验中常用的，请回答下面的问题：



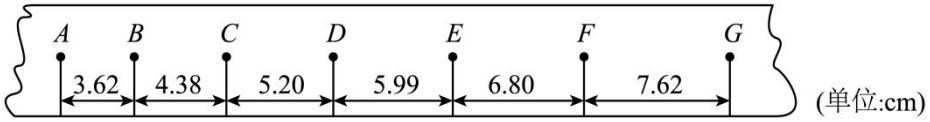
甲



乙

(1)图甲是_____（填“电磁”或“电火花”）打点计时器，电源采用的是_____（填“交流 8V”、“交流 220V”、四节干电池）。

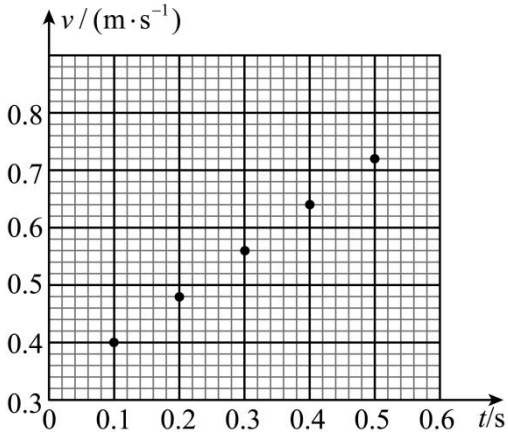
(2)某同学用打点计时器记录了被小车拖动的纸带的运动情况，在纸带上确定出 A、B、C、D、E、F、G 共 7 个计数点，其相邻点间的距离如图所示，每两个相邻的计数点之间还有 4 个点未画出。



①小车向_____运动（相对图中方位填“左”或“右”）

②试根据纸带上合适的计数点间的距离，计算 B 点的瞬时速度_____m/s（保留 3 位有效数字）。

③以打下 A 点的在直角坐标系中描出 B 点的瞬时速度，并画出小车的瞬时速度随时间变化的关系图线



④如果当时交变电流的频率是 f=60Hz，而计算时仍按 f=50Hz，那么速度的测量值比真实值

___（选填：偏大、偏小、相等）

【答案】(1)　电磁　交流8V

(2)　向左　0.400　见解析　偏小

【解析】（1）[1][2]图甲是电磁打点计时器，电源采用的是交流 8V。

（2）①[1]小车做加速直线运动，相同时间间隔的位移越来越大，所以应是小车向左运动。

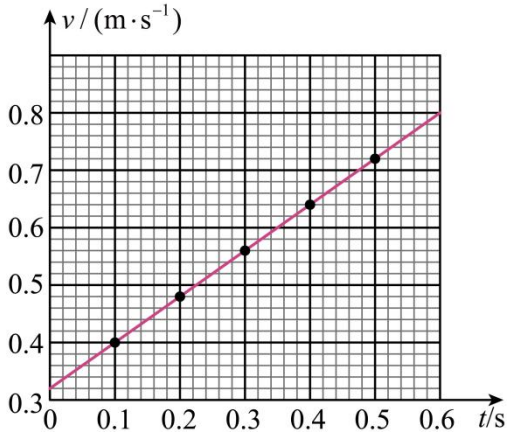
②[2]每两个相邻的计数点之间还有 4 个点未画出，即相邻的两计数点间的时间间隔为

$$T = 0.10\text{s}$$

B 点的瞬时速度等于 AC 这段位移的平均速度

$$v_B = \frac{(3.62+4.38)\times10^{-2}}{2\times0.10}\text{m/s} = 0.400\text{m/s}$$

③[3]同样的方法算出其它点的速度，做出小车的瞬时速度随时间变化的关系图线如下



④[4]如果当时交变电流的频率是 f=60Hz，时间间隔应变小，但是而计算时仍按 f=50Hz，那么速度的测量值比真实值偏小。

进阶检测

（考试时间：60 分钟 试卷满分：100 分）

一、单选题（5 分/题，共 35 分）

1．关于误差和有效数字，下列说法正确的是（　）

A．测出一个物体长为 123.6cm，采用的测量工具的分度值是 1cm

B．0.92cm 与 0.920cm 含义是一样的

C．多测几次求平均值可减小系统误差

D．0.082cm 有三位有效数字

【答案】A

【解析】A. 一个物体长为 123.6cm，最后的一位 0.6cm 是估读的，所以采用的测量工具的分度值是 1cm，A 正确；

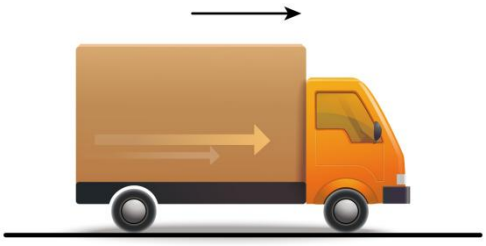
B．0.92cm 有两位有效数字，而 0.920cm 有三位有效数字，它们的含义是不同的，B 错误；

C．多次测量求平均值可以减小偶然误差，不能减小系统误差，C 错误；

D．有效数字是从左边数第一个不为 0 的数字开始的，0.082cm 有两位有效数字，D 错误。

故选 A。

2．如图所示，一辆卡车在雨中以速度v匀速行驶，雨滴竖直匀速下落且均匀分布。将卡车前脸看成竖直放置的矩形挡板，卡车行驶一段距离前脸接收到雨水的质量为m，若卡车以速度$2v$匀速行驶相同的距离，前脸接收到雨水的质量为（　　）



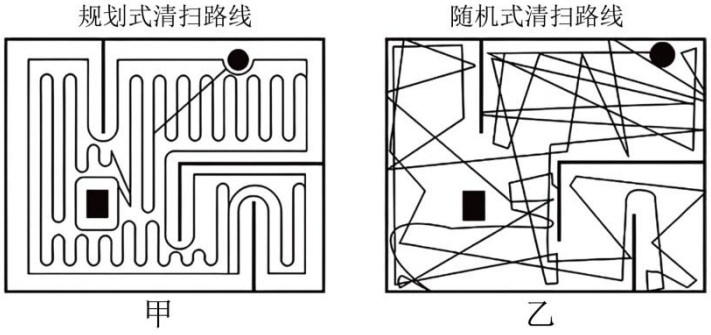
A．$2m$　　B．m　　C．$\frac{1}{2}m$　　D．$\frac{1}{4}m$

【答案】B

【解析】若卡车以速度$2v$匀速行驶，则在相等的时间内前脸接收到雨水的质量为原来的 2 倍，但行驶相同的距离所用时间变为原来的一半，故卡车以速度$2v$匀速行驶相同的距离前脸接收到雨水的质量仍为 m。

故选 B。

3．人工智能时代的到来，扫地机器人已进入千家万户．扫地机器人可以预约工作时间并定时完成工作．小明同学预约机器人早上9:00开始工作，一个小时完成清扫，图甲、图乙为机器人采用的两种寻路方式的运动轨迹，扫地机器人均从家中的某位置出发，扫地完成后再回到初始位置．下列说法正确的是（　　）



A．9:00指的是时间间隔　　B．两种寻路方式位移大小相等

C．甲图所示的寻路方式平均速度更大　　D．扫地机器人在躲避障碍的过程中，可以将其看成质点

【答案】B

【解析】A．9:00指的是时刻，A 错误；

BC．两种方式，扫地机器人均从家中的某位置出发，扫地完成后再回到初始位置，位移均为零，平均速度的大小等于位移与时间的比值，由于位移为零，平均速度大小也都为零，B 正确，C 错误；

D．扫地机器人在躲避障碍的过程中，不能忽略其大小，因此不能将其看成质点，D 错误。

故选 B。

4．北京时间 2024 年 8 月 4 日凌晨，中国选手郑钦文击败克罗地亚选手维基奇获得首枚女网奥运金牌。图中郑钦文挥拍打出一个强烈的上旋球，网球划过一条优美的弧线直飞对方的底线。下列说法正确的是（　）

A．研究击打出上旋球时可以把网球看作质点

B．研究网球的飞行轨迹时可以把网球看作质点

C．该网球的飞行轨迹长度就是它的位移的大小

D．某次郑钦文的发球速度达到了170 km / h，这里170 km / h是指平均速度

【答案】B

【解析】AB．研究击打出上旋球时，网球各部分运动情况不同，不能将其看成质点，而研究网球飞行轨迹时，可以忽略网球的大小和各部分的旋转情况，将其看成质点，A 错误，B 正确；

C．该网球的飞行轨迹长度就是它的路程的大小，位移大小是指从起始位置到终止位置有向线段的长度，C 错误；

D．某次郑钦文的发球速度达到了170 km / h，这里170 km / h是指瞬时速度，D 错误。

故选 B。

5．用打点计时器时应注意的事项错误的是（　　）

A．使用电磁打点计时器应该把纸带穿过限位孔，再把套在轴上的复写纸片压在纸带的上面

B．使用打点计时器时应先拉动纸带，再接电源

C．使用打点计时器在拉动纸带时，拉动的方向应与限位孔平行

D．电磁打点计时器应使用低压交流电源

【答案】B

【解析】A．使用电磁打点计时器应该把纸带穿过限位孔，再把套在轴上的复写纸片压在纸带的上面，故 A 正确；

B．实验时应先接通电源，再拉动纸带，可在纸带上打出更多的点，纸带的利用率更高，故 B 错误；

C．拉动纸带的方向与限位孔平行可减小摩擦，故 C 正确；

D．电磁打点计时器使用的是低压交流电源，故 D 正确。

本题选择错误的，故选 B。

6．泰山景区的机器狗驮着重物在陡峭山路上“健步如飞”，从山脚的红门到山顶的路程约为 10 公里，机器狗仅用了两个小时，比普通人登山所用时间缩短了一半，如图所示，在搬运重物过程中（　　）

A．在研究机器狗的爬行动作时，可以将它视为质点

B．以机器狗为参考系，重物是运动的

C．机器狗的平均速度大小约为5km/h

D．机器狗的平均速度大小是普通人的两倍

【答案】D

【解析】A．在研究机器狗的爬行动作时，要考虑大小和形状，则不能将它视为质点，故 A 错误；

B．机器狗驮着重物运动，以机器狗为参考系，重物是静止的，故 B 错误；

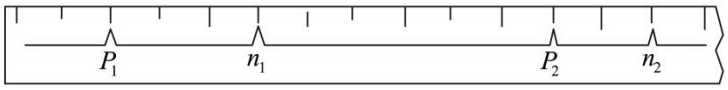
C．从山脚的红门到山顶的路程约为 10 公里，用了两个小时，由 $\overline{v_{率}}=\frac{s}{t}=5\text{km/h}$，则机器狗的平均速率大小约为 5km/h，因位移的大小未知，则无法求出平均速度的大小，故 C 错误；

D．机器狗用了两个小时比普通人登山所用时间缩短了一半，由 $\bar{v}=\frac{x}{t}$ 可知机器狗的平均速度大小是普通人的两倍，故 D 正确。

故选 D。

7．如图（a）是停在高速公路上的超声波测速仪测量车速的示意图，测速仪发出并接收超声波信号，根据发出和接收到信号间的时间差，测出汽车的速度；图（b）中 P_1、P_2 是测速仪先后发出的两个超声波信号，n_1、n_2 分别是测速仪检测到的 P_1、P_2 由汽车反射回来的信号。设测速仪匀速扫描 P_1、P_2 之间的时间间隔 $\Delta t=1.8\text{s}$，超声波在空气中传播的速度是 $v=340\text{m/s}$，若汽车是匀速直线行驶，则根据图（b）可知，下列说法正确的是（　　）

图(a)



图(b)

A．图（b）中每小格表示的时间是 0.18s

B．P_1 信号传播到被测汽车时，汽车距测速仪的距离是 102m

C．汽车正在向远离测速仪的方向行驶

D．汽车的匀速时的速度大小是 10m/s

【答案】B

【解析】A．如图所示，P1、P2 之间一共有 9 格，共 1.8s，则每一小格表示

$$t_0=\frac{1.8\text{s}}{9}=0.2\text{s}$$

故 A 错误；

B．如图所示，测速仪第一次发出信号到接受到信号所用的时间为

$$t_1=3t_0=0.6\text{s}$$

在 t1 时间内，超声波从发出到与汽车相遇，再从第一次相遇的位置反射回去，所以第一次相遇的位置到测速仪的距离为

$$x_1 = \frac{vt_1}{2} = 102\text{m}$$

故 B 正确；

C．如图所示，测速仪第二次发出信号到接受到信号所用的时间为

$$t_2 = 2t_0 = 0.4\text{s}$$

在 t2 时间内，超声波从发出到与汽车相遇，再从第二次相遇的位置反射回去，所以第二次相遇的位置到测速仪的距离为

$$x_2 = \frac{vt_2}{2} = 68\text{m}$$

因为

$$x_2 < x_1$$

所以汽车正在向靠近测速仪的方向行驶，故 C 错误；

D．汽车与超声波第一次相遇到第二次相遇所用的时间为

$$t_3 = \Delta t - \frac{1}{2}t_1 + \frac{1}{2}t_2 = 1.7\text{s}$$

汽车与超声波第一次相遇的位置到到第二次相遇的位置的距离为

$$x_3 = x_1 - x_2 = 34\text{m}$$

则汽车的速度为

$$v' = \frac{x_3}{t_3} = 20\text{m/s}$$

故 D 错误。

故选 B。

二、多选题（漏选得 3 分，全对得 5 分，错选得 0 分，共 15 分）

8．国庆假期，小明同学跟家人进行了一次愉快的自驾游，行车途中小明注意到以下数据，如图甲、乙、丙、丁所示，下列说法正确的是（　　）

甲

乙

丙

丁

A．图甲是导航中的信息，“4.5 公里”表示位移大小，“7 分钟”表示时间

B．图乙是某路段上的指示牌，牌上的“60”指的是瞬时速度

C．图丙是高速路上的指示牌，牌上的“120”指的是瞬时速度的最大值

D．图丁中的“55km”指的是路程

【答案】CD

【解析】A．题图甲是导航中的信息，“4.5 公里”表示路程，“7 分钟”表示时间，故 A 错误；

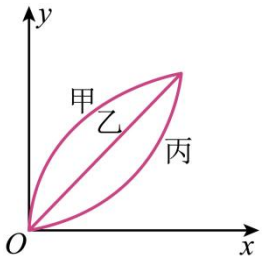
B．题图乙是某路段上的指示牌，牌上的“60”指的是这段距离内的平均速率，故 B 错误；

C．题图丙是高速路上的指示牌，牌上的“120”指的是全路段瞬时速度不能超过其大小，故 C 正确；

D．题图丁中的“55km”指的是路程，故 D 正确。

故选 CD。

9．如图为甲、乙、丙三个军事小分队进行军事行动的运动图像，下列说法正确的是（　　）



A．甲、丙两个分队的运动路线为曲线，乙分队的运动路线为直线

B．甲、乙、丙三个分队运动的路程相等

C．甲、乙、丙三个分队的位移相等

D．甲、乙、丙三个分队的运动快慢相同

【答案】AC

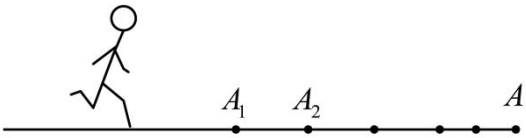
【解析】AC．由图可知，甲、乙、丙三个小分队的运动轨迹不同，甲、丙两个分队的运动路线为曲线，乙分队的运动路线为直线，但三个分队的首末位置相同，则位移相等，故 AC 正确；

B．甲、乙、丙运动轨迹的长度不同，则路程不同，故 B 错误；

D．三个分队的位移相等，但是运动时间未知，则无法比较运动快慢，故 D 错误。

故选 AC。

10．如图所示，短跑运动员在 A 点冲刺。为了计算冲刺速度，沿着运动方向依次取点 A_1、A_2……A_n，测得 $A_1A=\Delta x_1$，$A_2A=\Delta x_2$ L $A_nA=\Delta x_n$，运动员从 A_1 点到 A 点所用时间为 Δt_1，从 A_2 点到 A 点所用时间为 Δt_2……，从 A_n 点到 A 点所用时间为 Δt_n。下列说法正确的是（　　）



A．$\frac{\Delta x_1}{\Delta t_1}$ 与 $\frac{\Delta x_2}{\Delta t_2}$ 相比，$\frac{\Delta x_1}{\Delta t_1}$ 更接近 A 点的冲刺速度

B．$\frac{\Delta x_1}{\Delta t_1}$ 与 $\frac{\Delta x_2}{\Delta t_2}$ 相比，$\frac{\Delta x_2}{\Delta t_2}$ 更接近 A 点的冲刺速度

C．Δx_n 趋近于 0，则运动员在 Δt_n 内的平均速度就等于冲刺速度

D．这种测量冲刺速度的方法叫做归纳法

【答案】BC

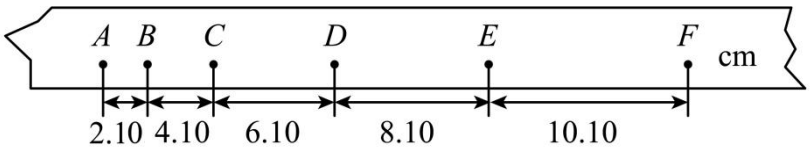
【解析】AB．短跑运动员在 A 点冲刺，距离 A 点时间或距离越小的平均速度越接近 A 点的冲刺速度，所以，$\frac{\Delta x_2}{\Delta t_2}$ 更接近 A 点的冲刺速度，故 A 错误，B 正确；

CD．Δx_n 趋近于 0，则运动员在 Δt_n 内的平均速度就等于冲刺速度，这种测量冲刺速度的方法叫做极限法，故 C 正确，D 错误。

故选 BC。

三、实验题（2 分/空，共 18 分）

11．在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中，得到的记录纸带如图所示。



(1)电火花计时器应接在频率为 50Hz 的___电源上（填“直流”或“交流”），工作电压为___V。

(2)图中的点为计数点，在每两个相邻的计数点间还有 4 个点没有画出，则从打下 A 点到打下 E 点共历时__s，打下 C 点时小车的瞬时速度为___m/s。

(3)纸带的___端（选填“左”或“右”）与小车相连做___运动（选填“减速”或“加速”）。

【答案】(1) 交流　220　(2) 0.4　0.51　(3) 左　加速

【解析】（1）[1][2] 电火花计时器应接在交流电源上，工作电压为 220V。

（2）[1][2] 在每两个相邻的记数点间还有 4 个点没有画出，则相邻计数点间的时间间隔为

$$T = 5 \times 0.02\,\mathrm{s} = 0.1\,\mathrm{s}$$

从打下 A 点到打下 E 点共历时为

$$t_{AE}=4\times0.1\text{s}=0.4\text{s}$$

C 点时小车的瞬时速度为

$$v_C=\frac{x_{BD}}{2T}=\frac{(4.10+6.10)\times10^{-2}}{2\times0.1}\text{m/s}=0.51\text{m/s}$$

（3）[1][2] 因为小车做加速运动，相等时间内的位移越来越大，可知纸带的左端与小车相连。

12．在“用电磁打点计时器测速度”实验中，已知交流电源的频率为 50Hz。

(1)下列说法正确的是_。

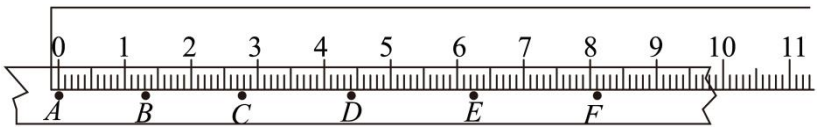
A．拖动纸带的同时，闭合电源开关

B．先闭合电源开关，让打点计时器正常工作时，拖动纸带

C．纸带上的打点密集，说明纸带运动速度较大

D．此次实验所用电源为 220V 交流电源

(2)某同学拖动纸带运动，打点计时器在纸带上打出一系列点，处理时每隔 1 个点取一个计数点，标上字母 *A*、*B*、*C*、*D*、*E*、*F*（中间的点未画出）。



如图所示，某同学用 mm 刻度尺进行测量，填到下表中：

计数点	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
位置（cm）	1.32	2.75	4.44	6.22	8.12

由读出数据可计算出打下 *AF* 段纸带时小车的平均速度为_____m/s（保留 3 位有效数字）。

(3)打点计时器打下 *C* 点时小车的速度 v_C=_____m/s（保留 3 位有效数字）。

【答案】(1)B　(2)0.406　(3)0.390

【解析】（1）AB．为了提高纸带的利用率，同时为了使打点更稳定，减小误差，要先接通电源，待计时器开始打点再释放小车。故 A 错误；B 正确；

C．纸带上打的点密集，在相等的时间内位移较小，说明纸带运动速度较小。故 C 错误；

D．电磁打点计时器使用 8V 的交流电源。故 D 错误。

故选 B。

（2）纸带上每隔 1 个点取一个计数点，所以相邻计数点之间的时间间隔

T＝0.04s

打下 AF 段纸带时小车的平均速度为

$$\overline{v}=\frac{x_{AF}}{5T}=\frac{8.12\times10^{-2}}{5\times0.04}\text{m/s}=0.406\text{m/s}$$

（3）打点计时器打下 C 点时小车的速度近似等于 BD 两点间的平均速度，即

$$v_C=\frac{x_{BD}}{2T}=\frac{(4.44-1.32)\times10^{-2}}{2\times0.04}\text{m/s}=0.390\text{m/s}$$

四、解答题（17 题 8 分，18 题 10 分，19 题 14 分，共计 32 分）

13．一质点由位置 A 向北运动了 6m 用时 3s 到达 B 点，然后 B 点向东运动了 8m 用时 7s 到达 C 点。（质点在 B 点停顿）

（1）求整个运动过程的平均速率；

（2）求整个运动过程的平均速度大小。

【答案】（1）1.4m/s；（2）1m/s

【解析】（1）整个运动过程的平均速率为

$$v=\frac{s}{t}=\frac{6+8}{3+7}\text{m/s}=1.4\text{m/s}$$

（2）整个运动过程的位移大小为

$$x=\sqrt{6^2+8^2}\text{m}=10\text{m}$$

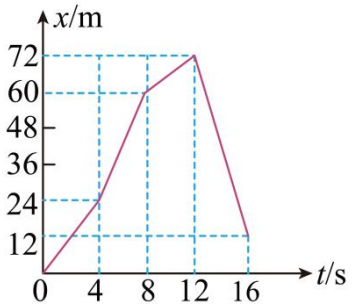
整个运动过程的平均速度大小

$$\overline{v}=\frac{x}{t}=\frac{10}{3+7}\text{m/s}=1\text{m/s}$$

14．一物体沿平直的轨道运动，通过位移传感器记录了不同时刻物体所处的位置，得到位置随时间变化的关系如图所示。求：

（1）比较物体在第 2 个 4s 内与第 4 个 4s 内的平均速度的大小；

（2）物体在整个过程的平均速度大小和平均速率。



【答案】（1）$\overline{v_1}<\overline{v_2}$；（2）$v'=8.25\text{m/s}$

【解析】（1）由题图可知，$t_1=4\text{s}$时物体的位置为$x_1=24\text{m}$，$t_2=8\text{s}$时物体的位置为$x_2=60\text{m}$，则第 2 个 4s 内的位移为

$$\Delta x_1=x_2-x_1=36\text{m}$$

所以第 2 个 4s 内的平均速度为

$$\overline{v_1}=\frac{\Delta x_1}{t}=9\text{m/s}$$

又$t_3=12\text{s}$时物体的位置为$x_3=72\text{m}$，$t_4=16\text{s}$时物体的位置为$x_4=12\text{m}$

则第 4 个 4s 内的位移为

$$\Delta x_2=x_4-x_3=-60\text{m}$$

所以第 4 个 4s 内的平均速度为

$$\overline{v_2}=\frac{\Delta x_2}{t}=-15\text{m/s}$$

由于速度是矢量，正负号只表示物体的运动方向，所以可得

$$\overline{v_1}<\overline{v_2}$$

（2）由题图可知，整个过程物体的位移为$x=12\text{m}$，则整个过程物体的平均速度为

$$\overline{v}=\frac{x}{t}$$

解得

$$\overline{v}=0.75\text{m/s}$$

物体在 16s 时间内的路程为

$$x'=(72+72-12)\text{m}=132\text{m}$$

则整个过程物体的平均速率为

$$v'=\frac{x'}{t}$$

解得

$$v'=8.25\text{m/s}$$

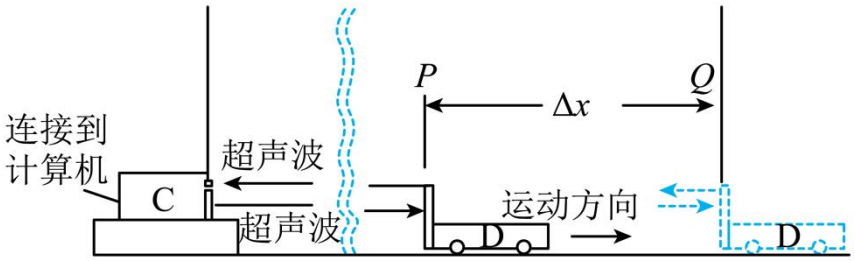
15．某同学准备用超声波测速仪测量物体运动的速度，如图所示，工作时固定在水平地面上的小盒 C（视为质点）向匀速运动的被测物体 D 发出短暂的超声波脉冲，超声波脉冲被物体 D 反射后又被小盒 C 接收。小盒 C 发射超声波脉冲的时间间隔$\Delta t=0.5\text{s}$，第一次发射的超声波脉冲在 P 点被物体 D 反射，从发射到接

收超声波脉冲的时间$\Delta t_1=0.2\text{s}$；第二次发射的超声波脉冲在Q点被物体D反射，从发射到接收超声波脉冲的时间$\Delta t_2=0.3\text{s}$。已知超声波在空气中的传播速度$v_0=340\text{m/s}$，求：

（1）图中P、Q两点间的距离Δx；

（2）物体从P点到Q点经历的时间$\Delta t'$；

（3）小车的运动速度v。



【答案】（1）$\Delta x=17\text{m}$；（2）$\Delta t'=0.55\text{s}$；（3）$v=30.9\text{m/s}$

【解析】（1）由题意知超声波第一次往返用时

$$\Delta t_1=0.2\text{s}$$

单程运动的时间

$$\frac{1}{2}\Delta t_1=0.1\text{s}$$

单程运动的位移

$$x_1=\frac{1}{2}v_0\Delta t_1$$

超声波第二次往返用时

$$\Delta t_2=0.3\text{s}$$

单程运动的时间

$$\frac{1}{2}\Delta t_2=0.15\text{s}$$

单程运动的位移

$$x_2=\frac{1}{2}v_0\Delta t_2$$

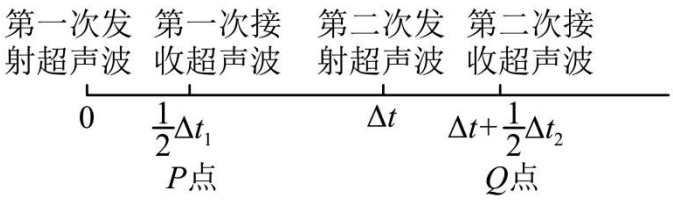
所以P、Q两点间的距离

$$\Delta x=x_2-x_1$$

解得

$$x_1=34\text{m}，\ x_2=51\text{m}，\ \Delta x=17\text{m}$$

（2）由题意知从第一次发射超声波时作为 0 时刻，超声波经过$\frac{1}{2}\Delta t_1$到达P处。经过$\Delta t=0.5\text{s}$第二次发射超声波，超声波又经过$\frac{1}{2}\Delta t_2$到才达Q处。整个过程如图所示：



由题可知物体 D 第一次接收超声波在P点，第二次接收超声波在Q点，两次的时间间隔

$$\Delta t'=\Delta t+\frac{1}{2}\Delta t_2-\frac{1}{2}\Delta t_1$$

解得

$$\Delta t'=0.55\text{s}$$

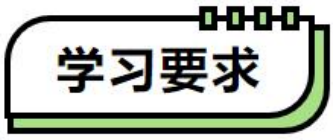
（3）根据匀速运动的位移—时间关系有

$$\Delta x=v\Delta t'$$

解得

$$v=30.9\text{m/s}$$

衔接点 04 速度变化快慢的描述——加速度



初中阶段	高中阶段
未正式引入加速度概念，但在速度学习中，学生需掌握匀速直线运动和变速直线运动的基本特征，能通过路程与时间的关系计算平均速度，初步感知物体运动状态的变化。依据路程和时间，计算平均速度，判断运动快慢，为高中理解加速度奠定对运动变化的感性认知基础 。	深刻理解加速度是描述速度变化快慢的物理量，掌握加速度的定义、公式、单位及矢量性，能准确区分速度、速度变化量与加速度的概念。学会根据物体的速度 - 时间图像分析加速度，结合匀变速直线运动规律进行加速度相关计算，通过实验测量加速度，培养科学思维与实验探究能力，将加速度知识应用于复杂运动情境分析 。
衔接指引	
初中阶段考查形式：多以选择题、填空题和简单计算题呈现。选择题常围绕速度概念、平均速度计算设置，填空题要求填写路程、时间或速度数值；计算题给出路程和时间，让学生计算平均速度，或根据平均速度和路程求时间，重点考查基础知识掌握与简单运算能力 。 高中阶段考查形式：题型丰富且难度显著提升，选择题常设置易混淆选项，考查加速度与速度、速度变化量概念的辨析；填空题需根据运动情境填写加速度数值、方向；计算题结合匀变速直线运动规律，要求学生综合运用多个公式求解加速度及其他物理量；实验题考查打点计时器测加速度的实验原理、操作步骤、数据处理与误差分析，全面考查知识运用、实验操作与逻辑推理能力 。	

知新高中知识

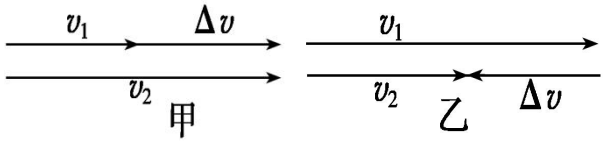
一、加速度

1、速度的变化量：

(1)速度变化量 Δv：等于变化后的末速度 v_2 减变化前的初速度 v_1，即 $\Delta v=$ v_2-v_1 。

(2)同一直线的速度运算要先选定 正方向 ，然后把矢量运算转变成代数运算。

(3)速度的变化量也是矢量，选初速度方向为正方向，Δv 为正值，表示速度 增加 ；Δv 为负值，表示速度 减少 。



(4)直线运动中的速度、速度变化的矢量图如图 1 甲、乙所示：其中甲表示速度 增加 ，Δv 与 v_1 方向相同 ；乙表示速度 减少 ，Δv 与 v_1 方向相反 。

2. 加速度

（1）定义： 速度的变化量 与发生这一变化所用时间的比值，即 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$。

（2）单位：国际单位制中，加速度的单位是 米每二次方秒 ，符号是 m/s^2或 $m\cdot s^{-2}$ 。

（3）物理意义：加速度 a 是表示物体速度变化快慢的物理量，也叫速度对时间的 变化率 。

（4）$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$是用比值定义法定义的物理量，a 的大小与 Δv、Δt 无关 ！

二、加速度的方向

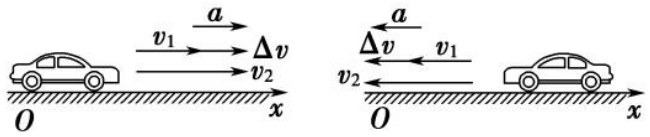
1、加速度的方向：加速度 a 的方向与 速度的变化量 Δv 的方向 相同 ，与 速度 v 的方向 无关 。

2、加速度对运动的影响

（1）加速度的大小决定物体 速度变化的快慢 。

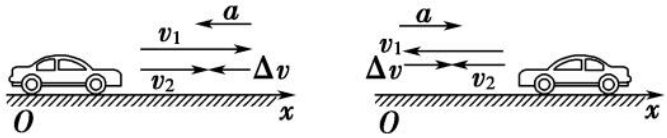
（2）加速度的方向与速度方向的关系决定物体是加速还是减速。

①如图甲所示，加速度方向与速度方向相同时，物体做 加速 运动；



甲

②如图乙所示，加速度方向与速度方向相反时，物体做 减速 运动。



乙

③在直线运动中，当 a=0 时，v 不随时间的增加而发生变化，物体做 匀速 直线运动。

3. 速度、速度变化量和加速度的对比

比较 项目	速度	速度变化量	加速度
物理意义	描述物体运动的快慢和方向，是状态量	描述物体速度的变化，是过程量	描述物体速度变化快慢，是状态量
定义	位移与所用时间的比值	某段时间内末速度与初速度的差值	速度变化量与时间的比值
定义式	$v=\frac{x}{t}$	$\Delta v=v-v_0$	$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{v-v_0}{\Delta t}$
单位	m/s	m/s	m/s^2
方向	物体运动的方向	由$v-v_0$或a的方向决定	与Δv的方向一致，由F的方向决定，而与v_0、v方向无关
大小关系	没有必然联系，其中一个物理量较大时，另一个物理量不一定较大		

4、易错提醒

（1）忽略位移、速度、加速度的矢量性，只考虑大小，不注意方向。

（2）错误理解平均速度，随意使用。

（3）混淆速度、速度的增量和加速度之间的关系。

（4）速度的大小与加速度的大小没有必然联系。

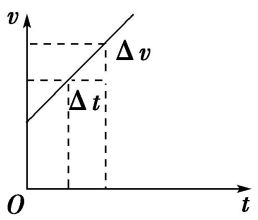
（5）速度变化量的大小由加速度和速度变化的时间共同决定。

（6）速度增大或减小是由速度与加速度的方向关系决定的。

三、从速度—时间图像看加速度

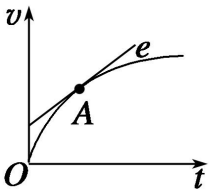
1、利用 v-t 图像分析加速度

（1）v-t 图像的斜率表示加速度。如图所示的 v-t 图像中，图线的倾斜程度(斜率)$k=\frac{\Delta v}{\Delta t}=a$，表示物体的加速度。 斜率越大，加速度越大；斜率越小，加速度越小；斜率为零，加速度为零 ，即速度保持不变。



（2）__斜率的正负__表示加速度的方向。斜率为正，表示加速度的方向与正方向相同；斜率为负，表示加速度的方向与正方向相反。

（3）v－t 图线为倾斜直线时，表示物体的加速度不变；图线为曲线时表示物体的加速度变化，图线__切线__的斜率表示这一时刻的瞬时加速度，如图中 A 点的切线 e 的斜率等于该时刻的瞬时加速度，整个运动过程中物体的加速度在减小.



2、从速度—时间(v-t)图像可以得到的信息

（1）物体运动的初速度，即图像中的__纵轴截距__。

（2）根据 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$计算出加速度，即图像的斜率。

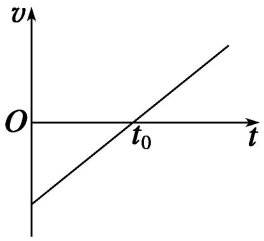
（3）物体是加速运动，还是减速运动；图线随时间逐渐远离 t 轴，速度增加，图线随时间逐渐靠近 t 轴，速度减少。

（4）物体在某一时刻的速度，即该时刻的纵坐标；物体达到某一速度所需要的时间，即该速度的横坐标。

（5）物体在某一段时间内的位移，即图线与 t 轴所围的面积，在 t 轴上方为正，在 t 轴下方为负。

3、由 v－t 图象判断速度的变化

通过 v－t 图象可直观判断速度的变化与加速度的正负无关，如图所示。



(1)在 0～t0 时间内，v＜0，a＞0，物体做__减速__运动；

(2)在 t>t0 时间内，v＞0，a＞0，物体做__加速__运动。

典例精析

例 1、关于速度 v、速度变化量 Δv、加速度 a 的说法错误的是（　　）

A．v、Δv、a 三者都是矢量　　B．加速度 a 越大表示速度变化越快

C．速度变化量 Δv 增大，则加速度 a 一定增大　　D．加速度 a 的方向与速度变化量 Δv 的方向相同

【答案】C

【解析】A．v、Δv、a 三者都是矢量，故 A 正确，不符合题意；

B．加速度是描述速度变化快慢的物理量，加速度 a 越大表示速度变化越快，故 B 正确，不符合题意；

C．速度变化量 Δv 增大，由 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可知，加速度 a 不一定增大，故 C 错误，符合题意；

D．加速度 a 的方向与速度变化量 Δv 的方向相同，故 D 正确，不符合题意。

故选 C。

例 2、关于速度和加速度，下列说法正确的是（　　）

A．某物体的加速度为 $-2\,m/s^2$，物体做减速运动

B．某物体的加速度为 $2m/s^2$，则该秒末速度比前 1 秒初速度大 $2m/s$

C．若物体的加速度越大，则其速度变化量越大

D．做直线运动的物体加速度方向与运动方向相同，当物体加速度减小时，它的速度仍然变大

【答案】D

【解析】A．加速度是矢量，负号表示加速度的方向，若初速度与加速度同向，物体做加速运动，故 A 错误；

B．某物体加速度为 2m/s2，指该秒末速度比这 1 秒初速度变化了 2m/s，速度不一定增大，故 B 错误；

C．加速度是描述速度变化快慢的物理量，则物体的加速度越大，则其速度变化一定越快，但其速度变化量不一定越大，故 C 错误；

D．当做直线运动的物体加速度方向与运动方向相同，物体做加速度减小的加速运动，它的速度仍然变大，故 D 正确。

故选 D。

例 3、下表所示为一些生活中运动物体的加速度（近似值）。关于这些运动物体的加速度、速度、速度变化量的说法正确的是（　　）

运动物体	a/（m·s^{-2}）	运动物体	a/（m·s^{-2}）
子弹在枪筒中	5×10^4	赛车起步	4.5
伞兵着陆	-25	汽车起步	3
汽车急刹车	-5	高铁起步	0.35

A．子弹的加速度最大，所以子弹在任何时刻的速度均大于表中其他物体的速度

B．伞兵着陆过程的加速度为-25m/s^2，是表中加速度最小的

C．高铁起步的加速度为0.35m/s^2，表示此过程中每经过1s高铁的速度增加量为0.35m/s

D．汽车刹车的加速度为-5m/s^2，故任何运动物体只要做减速运动，其加速度一定为负值

【答案】C

【解析】A．子弹的加速度虽然最大，但子弹在任何时刻的速度不一定大于表中其他物体的速度，故A错误；

B．加速度的正负表示方向，不表示大小；伞兵着陆过程的加速度为-25m/s2，比高铁起步的加速度$0.35\,\mathrm{m/s^2}$大，故B错误；

C．高铁起步的加速度为0.35m/s2，由$\Delta v = a\Delta t$可知此过程中每经过1s高铁的速度增加量为0.35m/s，故C正确；

D．汽车刹车的加速度为-5m/s2，表示加速度方向与速度方向相反；若规定速度方向为负方向，则做减速运动的物体，其加速度为正值，故D错误。

故选C。

方法点拨

关于速度、速度的变化量、加速度的五点提醒

(1)速度大，速度的变化量、加速度不一定大.

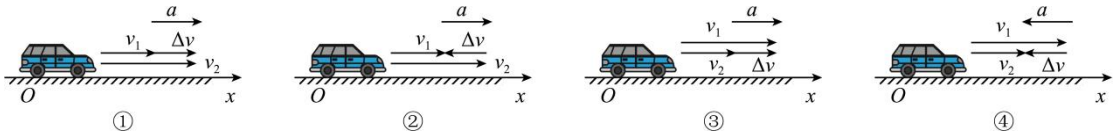
(2)速度的变化量大，加速度、速度不一定大，它们之间无直接关系.

(3)加速度大，速度不一定大.

(4)加速度的方向与速度变化量的方向一定相同.

(5)加速度的大小等于速度的变化率，但与Δv和Δt其中的任一个因素均无关.

例 4、汽车沿平直的道路运动，速度从 v_1 变为 v_2，如图所示。下列关于汽车速度的变化、加速度方向，表示正确的是（　　）



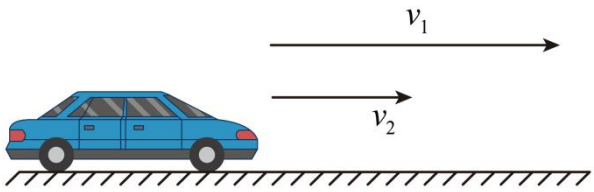
A．①②　　B．②③　　C．①④　　D．③④

【答案】C

【解析】根据加速度的定义 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$，速度的变化方向与加速度方向一致。表示初速度和末速度的有向线段箭尾重合，从初速度的箭头指向末速度的箭头的有向线段表示速度的变化量。①④图示速度的变化量方向与加速度标识正确且方向一致。②③图示速度的变化量标识错误，加速度方向标识错误。

故选 C。

例 5、如图所示，汽车向右沿直线运动，原来的速度为 v_1，经过一小段时间之后，速度变为 v_2，且 $v_1>v_2$，则这一过程中汽车（　　）



A．位移 x 的方向与 v_1 的方向相反　　B．速度变化量 Δv 的方向与 v_2 相同

C．加速度 a 的方向与 v_1 的方向相反　　D．加速度 a 的方向与速度变化量 Δv 的方向相反

【答案】C

【解析】A．物体的速度方向没变，则位移 x 的方向与 v_1 的方向相同，选项 A 错误；

B．速度变化量 $\Delta v=v_2-v_1<0$ 方向与 v_2 相反，选项 B 错误；

CD．加速度 a 的方向与速度变化量 Δv 的方向相同，则与 v_1 的方向相反，选项 C 正确，D 错误。

故选 C。

例 6、对于速度和加速度的理解，下列说法正确的是（　　）

A．物体的加速度越大，速度改变得越快　　B．加速度方向为正，速度方向一定为正

C．速度的方向就是加速度的方向　　D．物体的速度越小，加速度一定越小

【答案】A

【解析】A．加速度是描述速度变化快慢的物理量，物体的加速度越大，速度改变得越快，故 A 正确；

BC．加速度方向与速度变化量方向相同，与速度方向不一定相同，故 BC 错误；

D．物体的速度小，但速度变化可能比较快，加速度不一定小，故 D 错误。

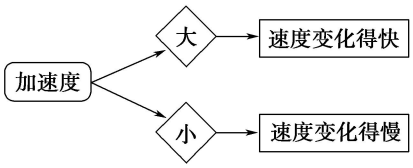
故选 A。

方法点拨

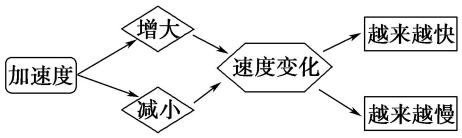
1.加速度的大小决定了速度变化的快慢

加速度大，其速度变化一定快；加速度小，其速度变化一定慢．加速度增大，则速度变化得越来越快；加速度减小，则速度变化得越来越慢．如图所示：

(1)



(2)

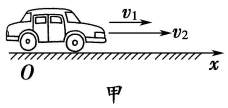


2．加速度的方向影响速度的增减

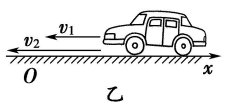
在直线运动中，加速度与速度方向相同，则速度增大；加速度与速度方向相反，则速度减小．

3.物体运动性质的四种情况

(1)a、v 都为正或都为负时，物体做加速直线运动．

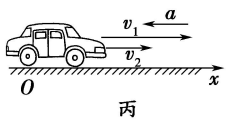


甲

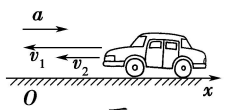


乙

(2)a、v 一正一负时，物体做减速直线运动．

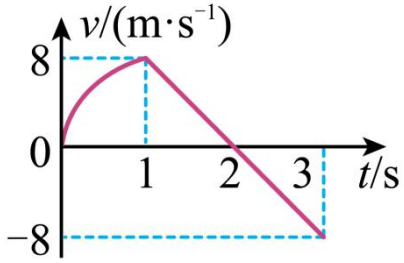


丙



丁

例 7、某质点在 0～3 s 内运动的 *v-t* 图像如图所示.关于质点的运动,下列说法中正确的是



A．质点在第 1 s 内的平均速度大于第 2 s 内的平均速度

B．*t*=3 s 时,质点的位移最大

C．质点在第 2 s 内的加速度与第 3 s 内的加速度大小相等,方向相反

D．质点在第 2 s 内的位移与第 3 s 内的位移相同

【答案】A

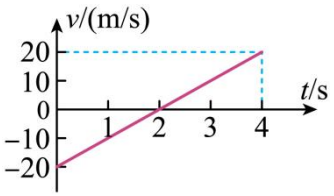
【解析】A. v-t 图象与时间轴围成的面积表示物体在该段时间内发生的位移大小，故第 1s 位移大于第 2s 位移，故第 1s 内的平均速度大于第 2s 内的平均速度，故 A 正确；

B. 0-2s 沿着正方向运动，第 3s 沿着负方向运动，故 t＝2s 时，质点的位移最大，故 B 错误；

C. v-t 图象的斜率表示加速度，故质点在第 2 s 内的加速度与第 3 s 内的加速度大小相等，方向相同，故 D 错误；

D. 图象与时间轴围成的面积等于物体在该段时间内发生的位移，则第 2s 内的位移与第 3s 内的位移大小相等，方向相反，故 D 错误.

例 8、如图所示为一物体做直线运动的 *v-t* 图象，根据图象做出的以下判断中，正确的是（　　）



A．物体始终沿正方向运动

B．物体先沿负方向运动，在 t=2s 后沿正方向运动

C．在 t=2s 前物体位于出发点负方向上，在 t=2s 后位于出发点正方向上

D．在 0＜t＜2s 的时间内，物体的加速度方向和速度方向相同

【答案】B

【分析】速度图象与时间轴围成的面积等于物体通过的位移，位移的正负表示物体是在出发点正方向上还是在出发点的负方向上，速度的正负表示物体是沿正方向运动还是沿负方向运动；

【解析】AB、速度是矢量，速度的正负表示物体运动的方向，由于$0\sim2s$内物体的速度$v<0$，故物体沿负方向运动，而$2\sim4s$内物体的速度$v>0$，表示物体沿正方向运动，故A错误，B正确；

C、速度图象与时间轴围成的面积等于通过的位移，故t=2s时，物体位于出发点负方向上距离出发点$x=\frac{-20\times2}{2}m=-20m$处，t=2s后物体沿正方向运动，在t=4s时物体回到出发点，故C错误；

D、速度图象的斜率等于加速度，则知$0-2s$内加速度沿正方向，而速度沿负方向，两者方向相反，故D错误.

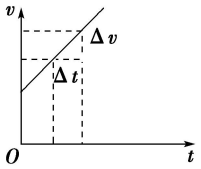
【点睛】理解速度、位移的正负的含义，理解速度图象与时间轴围成面积的含义是解决此题的关键.

方法点拨

1．利用 v-t 图像分析加速度

(1) v-t 图像的斜率表示加速度．如图所示的 v-t 图像中，图线的倾斜程度(斜率) $k=\frac{\Delta v}{\Delta t}=a$，表示物体的加速度．斜率越大，加速度越大；斜率越小，加速度越小；斜率为零，加速度为零，即速度保持不变．

(2)斜率的正负表示加速度的方向．斜率为正，表示加速度的方向与正方向相同；斜率为负，表示加速度的方向与正方向相反．

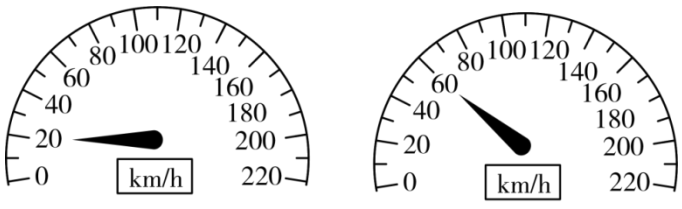


2.分析 v-t 图像时应注意的两点

(1)只要直线的斜率相同，则加速度的大小和方向都相同．

(2)图线不是物体运动的轨迹，分析时要把图像与物体的实际运动结合起来．

例 9、小天同学想通过观察速度计指针位置的变化测量汽车在加速过程的加速度。如图，他从图甲所示位置开始计时，到图乙所示的位置时测得经过时间约 5.5s。若汽车做匀加速直线运动，则汽车本次加速的加速度大小最接近（　　）



A．$2.0\mathrm{m/s^2}$　　B．$3.0\mathrm{m/s^2}$　　C．$7.3\mathrm{m/s^2}$　　D．$10.9\mathrm{m/s^2}$

【答案】A

【解析】汽车的加速度大小为

$$a=\frac{v_2-v_1}{t}=\frac{\frac{60-20}{3.6}}{5.5}\mathrm{m/s^2}\approx 2.0\mathrm{m/s^2}$$

故选 A。

例 10、（多选）一物体做匀变速直线运动，某时刻速度的大小为 $4\mathrm{m/s}$，$1\mathrm{s}$ 后速度大小变为 $6\mathrm{m/s}$，下列说法正确的是（　　）

A．物体加速度的大小可能大于 $2\mathrm{m/s^2}$　　B．物体加速度的大小可能大于 $12\mathrm{m/s^2}$

C．这 $1\mathrm{s}$ 内物体速度变化量大小可能小于 $2\mathrm{m/s}$　　D．这 $1\mathrm{s}$ 内物体平均速度的大小可能是 $1\mathrm{m/s}$

【答案】AD

【解析】AB．若速度方向不变，则加速度大小为

$$a=\left|\frac{v_2-v_1}{\Delta t}\right|=\frac{6-4}{1}\mathrm{m/s^2}=2\mathrm{m/s^2}$$

若速度方向改变，则加速度大小为

$$a=\left|\frac{v_2+v_1}{\Delta t}\right|=\frac{6+4}{1}\mathrm{m/s^2}=10\mathrm{m/s^2}$$

故 A 正确，B 错误；

C．若速度方向不变，则这 1s 内物体速度变化量大小为

$$\Delta v=|v_2-v_1|=|6-4|\mathrm{m/s}=2\mathrm{m/s}$$

若速度方向改变，则这 1s 内物体速度变化量大小为

$$\Delta v=|v_2-v_1|=|6+4|\mathrm{m/s}=10\mathrm{m/s}$$

故 C 错误；

D．若速度方向不变，则这 1s 内物体平均速度的大小为

$$\overline{v}=\left|\frac{v_2+v_1}{2}\right|=\frac{4+6}{2}\mathrm{m/s}=5\mathrm{m/s}$$

若速度方向改变，则这 1s 内物体平均速度的大小为

$$\overline{v}=\left|\frac{v_2-v_1}{2}\right|=\left|\frac{6-4}{2}\right|\mathrm{m/s}=1\mathrm{m/s}$$

故 D 正确。

故选 AD。

方法点拨

1. **加速度计算：**根据 $a=\frac{v-v_0}{t}$，考虑速度方向的两种情况，速度方向不变和速度方向改变，分别代入初末速度值计算加速度。

2. **速度变化量计算：**用 $\Delta v=v-v_0$，同样分速度方向不变和改变两种情形，确定速度变化量大小。

对点集训

1．下列说法正确的是（　　）

A．研究学生做广播操的动作时可以把该学生看作质点

B．小明从家到学校用了 30min，“30min”是时刻

C．汽车仪表盘上显示 100km/h，“100km/h”是汽车瞬时速度的大小

D．加速度是表示速度变化大小的物理量

【答案】C

【解析】A．研究学生做广播操的动作时，学生的形状不能忽略，不可以把该学生看作质点，故 A 错误；

B．小明从家到学校用了 30min，“30min”是时间间隔，故 B 错误；

C．汽车仪表盘上显示 100km/h，“100km/h”是汽车瞬时速度的大小，故 C 正确；

D．加速度是表示速度变化快慢的物理量，故 D 错误。

故选 C。

2．下列关于加速度的说法中，正确的是（　）

A．高铁最高时速可达 350km/h，说明高铁的加速度比普通列车的加速度大

B．我国的歼-20 战斗机在飞行表演中，做出各种高难度机动动作时速度变化很快，说明歼-20 战斗机的加速度较大

C．新开通的高速公路，使汽车从贵阳到瓮安的行驶时间大幅缩短，说明汽车的加速度变大

D．小明在 100 米短跑比赛中荣获第一名，说明小明的加速度较大

【答案】B

【解析】A．加速度是描述速度变化快慢的物理量，速度大的物体加速度不一定大，故 A 错误；

B．加速度代表速度变化的快慢，歼-20 战斗机做出高难度机动动作时速度变化很快，加速度较大，故 B 正确；

C．汽车行驶时间缩短是因为路程缩短或者速度变大了，加速度不一定变大，故 C 错误；

D．100 米短跑比赛中荣获第一名，只能说明平均速度大，加速度不一定大，故 D 错误。

故选 B。

3．伽利略是第一个提出并研究加速度概念的科学家，哲学家罗素给予了极高的评价：“加速度的重要性，也许是伽利略所有发现中最具有永久价值和最有效果的一个发现”。下列描述中不是指加速度的是（　　）

A．专业赛车比一般的小轿车起步要“快”　　B．高速磁悬浮拥有“快起快停”的技术优点

C．到了终点，赛车突然停住，感叹赛车“真快”　　D．看到赛车一闪而过，感叹赛车“真快”

【答案】D

【解析】A．专业赛车比一般的小轿车起步要“快”，说明专业赛车比一般的小轿车起步的加速度大，故 A 错误；

B．高速磁悬浮拥有“快起快停”的技术优点，描述的高速磁悬浮的速度变化得快，加速度大，故 B 错误；

C．到了终点，赛车突然停住，感叹赛车“真快”，描述的是赛车的速度减小的快，即加速度大，故 C 错误；

D．看到赛车一闪而过，感叹赛车“真快”，描述的赛车的速度大，不是描述加速度，故 D 正确。

故选 D。

4．在物理学的重大发现中科学家创造出了许多物理学研究方法，如比值法、理想实验法、控制变量法、极限思想法、类比法和科学假说法、建立物理模型法、微元法等。以下关于所用物理学研究方法的叙述，正确的是（　　）

A．“理想化模型”是研究的问题中实际存在的

B．根据速度定义式$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$，当$\Delta t$非常非常小时，$v$表示物体在$t$时刻的瞬时速度，该定义应用了极限思想法

C．在不需要考虑物体的大小和形状时，用质点来代替实际物体，采用了等效替代法

D．定义加速度$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$用了比值法，加速度与$\Delta v$成正比

【答案】B

【解析】A.“理想化模型”是为了使研究的问题得以简化或研究问题方便而进行的一种科学的抽象，实际中不存在，A 错误；

B. 根据速度定义式 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$，当 Δt 非常非常小时，v 表示物体在 t 时刻的瞬时速度，该定义应用了极限思想法，B 正确；

C. 在不需要考虑物体本身的大小和形状时，用质点来代替物体的方法叫建立理想化的物理模型的方法，C 错误；

D. 定义加速度 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 用了比值法，加速度与 Δv 无关，D 错误。

故选 B。

5. 小明暑假和爸爸妈妈一起去北京旅行，乘坐的复兴号 G2522 高铁列车，早上 08：03 从“张家口”出发，行驶 209 公里后，于上午 09：14 到达“北京北”，总耗时 1 时零 11 分，下列说法正确的是（　　）

A. 209 公里表示位移

B. 1 时零 11 分表示时刻

C. G2522 列车离开张家口站台过程加速度方向与速度方向相同

D. G2522 列车进入北京北站台过程加速度方向与速度方向相同

【答案】C

【解析】A. 209 公里表示列车行驶的轨迹长度，表示路程，故 A 错误；

B. 1 时零 11 分表示行驶的时间，是时间间隔，故 B 错误；

C. 当 G2522 列车出站时要做加速运动，此时列车加速度方向与速度方向相同，故 C 正确；

D. 当 G2522 列车进站时要做减速运动，此时列车加速度方向与速度方向相反，故 D 错误。

故选 C。

6. 关于描述物体运动的物理量中，下列说法正确的是（　　）

A. 平均速度的大小就是平均速率　　B. 如果物体的瞬时速度为零，则其加速度一定为零

C. 物体有加速度时，速度就一定增大　　D. 在相同时间内，速度变化量越大，物体加速度一定越大

【答案】D

【解析】A. 平均速率是路程与时间的比值，只有物体在做单向直线运动时，平均速度的大小才等于平均速率，A 错误；

B．如果物体的瞬时速度为零，其加速度不一定为零，例如竖直上抛到最高点处瞬时速度为零，加速度为自由落体加速度 g，B 错误；

C．物体有加速度时，若加速度方向与速度方向相反，速度将减小，C 错误；

D．根据 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$，在相同时间内，速度变化量越大，物体加速度一定越大，D 正确。

故选 D。

7．2024 年 11 月 14 日，央视新闻联播关注了金义东市域轨道交通。该线路目前运营总里程达 99km，列车最高运行速度 120km/h。下列说法正确的是（　　）

A．题目中“99km”指的是位移　　B．计算列车经过站台的时间时可以将列车看成质点

C．“120km/h”指的是瞬时速率　　D．列车启动瞬间，速度为 0，加速度也为 0

【答案】C

【解析】A．题目中“99km”指的是路程，故 A 错误；

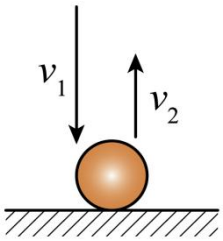
B．计算列车经过站台的时间时，列车的大小不能忽略，不能将其看成质点，故 B 错误；

C．“120km/h”指的是瞬时速率，故 C 正确；

D．列车启动瞬间，速度为 0，加速度不为 0，故 D 错误。

故选 C。

8．如图，一小球以竖直向下的速度 v_1 与水平地面相碰，反弹后以速度 v_2 竖直向上运动，已知 v_1 的大小为 $5\mathrm{m/s}$，v_2 的大小为 $3\mathrm{m/s}$，若取竖直向下为正方向，则该过程中速度变化量（　　）



A．$\Delta v=2\mathrm{m/s}$　　B．$\Delta v=-2\mathrm{m/s}$　　C．$\Delta v=8\mathrm{m/s}$　　D．$\Delta v=-8\mathrm{m/s}$

【答案】D

【解析】取竖直向下为正方向，则该过程中速度变化量 $\Delta v=-v_2-v_1=-8\mathrm{m/s}$

故选 D。

9．北京时间 2024 年 10 月 30 日 4 时 27 分，搭载神舟十九号载人飞船的长征二号 F 遥十九运载火箭在酒泉卫星发射中心发射成功，并且神舟十九号载人飞船与空间站组合体完美交会对接，使蔡旭哲、宋令东、王浩泽 3 名航天员顺利进驻中国空间站天和核心舱。下列相关说法正确的是（　　）

A．材料中“2024 年 10 月 30 日 4 时 27 分”指的是时间间隔

B．航天员进入天和核心舱的过程中，航天员可以看作质点

C．中国空间站天和核心舱绕地球运动时，天和核心舱可以看作质点

D．长征二号 F 遥十九运载火箭点火瞬间，航天员的速度和加速度都为零

【答案】C

【解析】A．材料中“2024 年 10 月 30 日 4 时 27 分”指的是时刻，故 A 错误；

B．航天员进入天和核心舱的过程中，航天员的大小、形状不能忽略，航天员不可以看作质点，故 B 错误；

C．中国空间站天和核心舱绕地球运动时，天和核心舱的大小、形状可以忽略不计，核心舱可以看作质点，故 C 正确；

D．长征二号 F 遥十九运载火箭点火瞬间，航天员的速度为零，而加速度不为零，故 D 错误。

故选 C。

10．在某次乒乓球比赛中，运动员用球拍垂直接住速度为 11m/s 的球，并以 19m/s 的速度反向弹回，球与球拍接触的时间约为 20ms，则该撞击过程中球的加速度为（　　）

A．$0.4\mathrm{m/s^2}$　　B．$1.5\mathrm{m/s^2}$　　C．$400\mathrm{m/s^2}$　　D．$1500\mathrm{m/s^2}$

【答案】D

【解析】设反弹的速度方向为正方向，则乒乓球的末速度为 19m/s，初速度为 $-11\mathrm{m/s}$，根据加速度的定义式有 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{19-(-11)}{20\times10^{-3}}\mathrm{m/s^2}=1500\mathrm{m/s^2}$，D 正确.

11．普通的小型轿车和旅客列车，速度都能达到$100\mathrm{km/h}$．但是，它们起步后达到这样的速度所需的时间是不同的．例如某小型轿车需用约$20\mathrm{s}$，某旅客列车需用约$500\mathrm{s}$．下列说法正确的是（　　）

A．列车和轿车的速度变化量相同　　B．轿车的速度变化率较小

C．列车的加速度大小约为$0.2\mathrm{m/s^2}$　　D．轿车的加速度大小约为$5\mathrm{m/s^2}$

【答案】A

【解析】速度都是从零增大到$100\mathrm{km/h}$，速度变化量相同，A 正确；根据$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$知，速度的变化量相同，小型轿车所用的时间短，则小型轿车的加速度大，即速度变化率大，B 错误；代入数据得，列车的加速度约为$0.056\mathrm{m/s^2}$，轿车的加速度约为$1.39\mathrm{m/s^2}$，C、D 错误．

12．2023 年 10 月 26 日，搭载神舟十七号载人飞船的长征二号 F 遥十七运载火箭，在酒泉卫星发射中心成功发射。火箭在某段时间内的运动可视为匀加速直线运动，经过时间 t，速度由 v 增加到 $3v$，在这段时间内火箭的加速度大小为（　　）

A．$\frac{4v}{t}$　　B．$\frac{3v}{t}$　　C．$\frac{2v}{t}$　　D．$\frac{v}{t}$

【答案】C

【解析】这段时间内火箭的加速度大小为$a=\frac{\Delta v}{t}=\frac{2v}{t}$

故选 C。

13．某同学为测试某款手机的防摔性能，将该手机从离水平地面一定高度处由静止释放，手机平摔到地面前瞬间速度大小为$8.2\mathrm{m/s}$，与地面碰撞后以大小为$1.8\mathrm{m/s}$、方向竖直向上的速度弹离地面。若手机与地面的碰撞时间为 $0.02\mathrm{s}$，则手机与地面碰撞过程中的平均加速度大小为（　　）

A．$300\mathrm{m/s^2}$　　B．$400\mathrm{m/s^2}$　　C．$500\mathrm{m/s^2}$　　D．$600\mathrm{m/s^2}$

【答案】C

【解析】设竖直向上为正方向，由加速度定义式$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$

可得$a=\frac{v_2-v_1}{\Delta t}=\frac{1.8-(-8.2)}{0.02}\mathrm{m/s^2}=500\mathrm{m/s^2}$

故选 C。

14．在一次蹦床比赛中，运动员从高处自由落下，以大小为 $8\mathrm{m/s}$ 的竖直速度着网，与网作用后，沿着竖直方向以大小为 $10\mathrm{m/s}$ 的速度弹回，已知运动员与网接触的时间$\Delta t=1.0\mathrm{s}$，那么运动员在与网接触的这段时间内加速度的大小和方向分别为（　　）

A．$2.0\mathrm{m/s^2}$，竖直向下　　B．$8.0\mathrm{m/s^2}$，竖直向上

C．$10.0\mathrm{m/s^2}$，竖直向下　　D．$18.0\mathrm{m/s^2}$，竖直向上

【答案】D

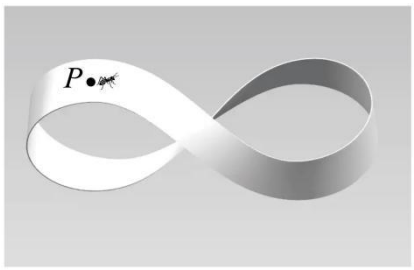
【解析】若取竖直向下为正方向，根据加速度的定义式可得

$$a=\frac{v-v_0}{\Delta t}=\frac{-10-8}{1.0}\mathrm{m/s^2}=-18.0\mathrm{m/s^2}$$

即加速度的大小为 18.0m/s2，方向竖直向上。

故选 D。

15．将一条长为L的纸带扭转 180°后连接两端就构成了一个莫比乌斯环，不考虑连接纸带时的长度损失。一只蚂蚁以恒定的速率v从P点沿纸带中线向前爬行，当其再一次来到P点的整个过程中，蚂蚁的（　　）



A．路程为L　　B．位移的大小为L

C．加速度始终不为零　　D．平均速度不为零

【答案】C

【解析】A．路程指运动轨迹的长度，可知，蚂蚁的路程为 2L，故 A 错误；

B．位移指由始位置指向末位置的有向线段，题中始末位置相同，则蚂蚁的位移为 0，故 B 错误；

C．图中蚂蚁速度大小一定，方向在变化，可知速度在变化，根据加速度定义式可知，蚂蚁的加速度始终不为零，故 C 正确；

D．平均加速度等于总位移与总时间的比值，结合上述可知，蚂蚁的位移为零，则蚂蚁的平均速度为零，故 D 错误。

故选 C。

16．如图所示，一辆小汽车在平直公路上从静止开始启动，启动阶段加速度先增大后减小。在小汽车启动过程中，下列判断正确的是（　　）

A．小汽车的速度先增大后减小

B．在连续相等的时间内，小汽车的速度变化量增大

C．在连续相等的时间内，小汽车的速度变化量减小

D．通过连续相等的位移，小汽车所用时间变短

【答案】D

【解析】A．汽车启动阶段加速度与速度同向，可知速度一直在增大，故 A 错误；

BC．小汽车的速度变化量

$$\Delta v = a\Delta t$$

在连续相等的时间内，加速度先增大后减小，速度变化量先增大后减小，故 BC 错误；

D．汽车启动阶段速度一直在增大，通过连续相等的位移，小汽车所用时间变短，故 D 正确。

故选 D。

17．一辆小汽车在 10s 内速度从 0 达到 100km/h，一列火车在 300s 内速度也从 0 达到 100km/h，二者都做匀加速直线运动。关于二者的加速度大小说法正确的是（　　）

A．小汽车加速度较大　　B．火车加速度较大

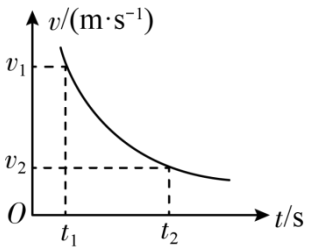
C．小汽车加速度为零　　D．火车加速度为零

【答案】A

【解析】由加速度定义式 $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$，两车速度的变化量不为 0，所以加速度都不为 0。它们速度变化量相同，小汽车所用的时间较少，故其速度变化得快，加速度大。

故选 A。

18．如图所示是物体在某段运动过程中的 v-t 图象,在 t_1 和 t_2 时刻的瞬时速度分别为 v_1 和 v_2,则时间由 t_1 到 t_2 的过程中



A．加速度不断减小　　B．加速度不断增大

C．平均速度$\bar{v}=\frac{v_1+v_2}{2}$　　D．平均速度$\bar{v}>\frac{v_1+v_2}{2}$

【答案】A

【解析】v-t 图象的斜率值表示加速度，若为曲线则曲线的切线的斜率值反应加速度的大小，t1 到 t2 斜率值变小，故加速度不断变小，故 B 错误，A 正确；当物体做匀变速直线运动时，在 t1 到 t2 的过程中的平均速度为：$\bar{v}=\frac{v_1+v_2}{2}$，根据面积表示位移大小可知在 t1 到 t2 的过程中的平均速度$\bar{v}<\frac{v_1+v_2}{2}$，故 CD 错误.所以 A 正确，BCD 错误.

19.（多选）一个做变速直线运动的物体，其加速度方向不变而大小逐渐减小到零，那么该物体的运动情况可能是（　　）

A．速度不断增大，到加速度减小到零之后，速度开始减小

B．速度不断增大，物体一直做加速直线运动

C．速度不断减小，到加速度减小到零时运动停止

D．速度不断减小到零后，又反向做加速运动，最后做匀速运动

【答案】CD

【解析】AB．当加速度方向与速度方向相同时，物体速度不断增大，到加速度减小到零时速度达到最大，而后做匀速直线运动，故 AB 错误；

C．当加速度方向与速度方向相反时，物体的速度不断减小，如果加速度和速度同时减小到零，则物体停止运动，故 C 正确；

D．当加速度方向与速度方向相反时，物体的速度不断减小，如果速度先减小到零，则物体又反向做加速运动，加速度减小到零时，物体向反方向做匀速直线运动，故 D 正确。

故选 CD。

20.（多选）有没有符合下列说法的实例？若有，请选出来（　）

A．物体运动的加速度等于 0，而速度却不等于 0

B．两物体相比，一个物体的速度变化量比较大，而加速度却比较小

C．物体具有向东的加速度，而速度的方向却向西

D．物体的加速度不为 0，但速度却不变化

【答案】ABC

【解析】A．若物体做匀速直线运动，其加速度等于 0，而速度却不等于 0，故 A 正确；

B．若甲物体速度变化量大小为$10\mathrm{m/s}$，用时$5\mathrm{s}$，其加速度大小为$2\mathrm{m/s^2}$，若乙物体速度变化量大小为$8\mathrm{m/s}$，用时$2\mathrm{s}$，其加速度大小为$4\mathrm{m/s^2}$，则甲物体的速度变化量比较大，加速度却比较小，故 B 正确；

C．若物体向西做减速运动，则速度方向向西，加速度向东，故 C 正确；

D．若物体的加速度不为 0，速度一定发生变化，故 D 错误。

故选 ABC。

21．（多选）一做变速直线运动的物体，加速度逐渐减小，直到为零，则该物体的运动情况可能是（　　）

A．速度逐渐增大，加速度为零时速度最大　　B．速度方向可能改变

C．速度逐渐减小，加速度为零时速度最小　　D．速度逐渐增大，方向可能改变

【答案】ABC

【解析】AD．若加速度与速度同向，物体做加速运动，速度逐渐增大，当加速度减小到零时，速度最大，做匀速运动，所以物体先做加速运动，后做匀速运动，物体的运动方向不会改变，A 正确，D 错误；

B．若加速度与速度反向，物体做减速运动，若速度先减小到零，则物体先减速到静止，再反向加速，B 正确；

C．若加速度与速度反向，物体做减速运动，若加速度先减小到零，则物体先做减速运动再做匀速运动，此时速度最小，C 正确。

故选 ABC。

22．（多选）一质点做直线运动，在零时刻的位置坐标 $x>0$，速度 $v>0$，加速度 $a>0$，此后 a 逐渐减小到零，则该过程质点的（　　）

A．位移一定越来越大，速度一定越来越大　　B．位移一定越来越大，速度一定越来越小

C．位置的变化越来越快，速度的变化越来越慢　　D．位置的变化越来越快，速度的变化越来越快

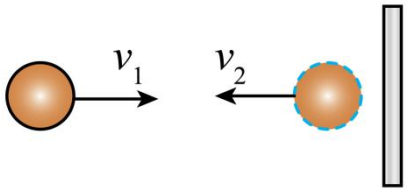
【答案】AC

【解析】AB．在零时刻的位置坐标 x>0，速度 v>0，说明质点的运动方向沿正方向，所以位移一定越来越大；速度 v>0，加速度 a>0，说明速度方向和加速度方向相同，所以质点做加速运动，则速度越来越大，故 A 正确，B 错误；

CD．速度是描述质点位置变化快慢的物理量，由上面的分析可知质点的速度越来越大，所以质点位置的变化越来越快；而加速度是描述速度变化快慢的物理量，由题可知，加速度 a 逐渐减小到零，所以质点速度的变化越来越慢，故 C 正确，D 错误。

故选 AC。

23．小球以$v_1=3\text{m/s}$的速度水平向右运动，碰一墙壁经$\Delta t=0.01\text{s}$后以$v_2=2\text{m/s}$的速度沿同一直线反向弹回（如图所示），小球在这 0.01s 内的平均加速度大小为____m/s^2，方向水平____（填“向左”或“向右”）



【答案】 500　　向左

【解析】[1]以水平向左为正方向，小球在这 0.01s 内的平均加速度大小为

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{v_2-(-v_1)}{\Delta t}=\frac{2-(-3)}{0.01}\text{m/s}^2=500\text{m/s}^2$$

[2]小球在这 0.01s 内的平均加速度为正值，方向水平向左。

24．在一次蹦床比赛中，运动员从高处自由落下，沿着竖直方向以大小为 8.0m/s 的速度着网，与网作用后，沿着竖直方向以大小为 10.0m/s 的速度弹回，已知运动员与网接触的时间$\Delta t=1.0\text{s}$，则运动员在与网接触的这段时间内平均加速度的大小为____m/s^2，方向_____。

【答案】 18　　竖直向上

【解析】[1][2]规定竖直向下为正方向，v1 方向与正方向相同，v2 方向与正方向相反，根据加速度定义式得

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{-10-8}{1.0}\text{m/s}^2=-18\text{m/s}^2$$

负号表示与正方向相反，即加速度大小为 18m/s2，方向竖直向上。

25．足球以5m/s的速度水平向右飞来，球员用头顶它，使它以4m/s的速度反向飞回，设头顶球的时间是0.1s，则球在这段时间内的平均加速度大小为_____m/s^2，方向_____。（填水平向右或水平向左）

【答案】 90　　水平向左

【解析】[1][2]设向左为正方向，则

$$a=\frac{v-v_0}{t}=\frac{4-(-5)}{0.1}\text{m/s}^2=90\text{m/s}^2$$

方向向左。

26．足球以8 m/s的速度飞来，运动员在0.2 s内将足球以16 m/s的速度反向踢出。求：

(1)足球被踢出过程中的速度变化Δv；

(2)足球的平均加速度大小a。

【答案】(1) 24m/s，方向与足球的初速度方向相反　　(2) $a=120\text{m/s}^2$

【解析】（1）足球的末速度$v=-16\text{ m/s}$，根据

$$\Delta v=v-v_0$$

解得

$$\Delta v=-24\text{ m/s}$$

速度的变化量大小为24 m/s，方向与足球的初速度方向相反

（2）根据

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

解得

$$a=120\text{ m/s}^2$$

综合演练

27．F_1是英文Formula One的缩写，即一级方程式赛车，是仅次于奥运会和世界杯足球赛的世界第三大赛事。F_1赛车的变速系统非常强劲，从时速0加速到100km/h仅需2.3s，从0加速到200km/h再急停到0只需12s。假定F1赛车加速时的加速度随时间的增大而均匀减小，急停时的加速度大小恒为9.2m/s²，而且运动的最大速度超过200km/h。上海F1赛道全长5.451km，比赛要求选手跑完56圈决出胜负。若某车手平均时速为210km/h，则跑完全程用时_____h；该车手的F1赛车的最大加速度为_____m/s²。（结果均保留2位小数）

【答案】1.45　　13.74

【解析】[1]由平均速率公式$\bar{v}=\frac{s}{t}$，解得车手跑完全程用时

$$t=\frac{s}{\bar{v}}=\frac{5.451\times56}{210}\text{h}\approx1.45\text{h}$$

[2] F1 赛车加速时的加速度随时间的增大而均匀减小，

$$v_t=\int_0^t(a_{\mathrm{m}}-kt)dt=a_{\mathrm{m}}t-\frac{kt^2}{2}$$

当 t=2.3s 时

$$\frac{100}{3.6}=2.3\times a_{\mathrm{m}}-\frac{1}{2}k(2.3)^2$$

车从 200km/h 降到 0 用时为 t0 秒，则有

$$t_0=\frac{v-v_0}{t}=\frac{0-\frac{210}{3.6}}{9.2}\mathrm{s}$$

则车加速到 200km/h 用时

$$t_1=12\mathrm{s}-t_0$$

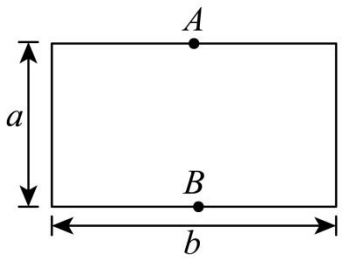
当 $t=t_1$ 时

$$\frac{200}{3.6}=t_1\times a_{\mathrm{m}}-\frac{1}{2}k(t_1)^2$$

解得该车手的 F1 赛车的最大加速度是

$$a_{\mathrm{m}}\approx13.74\,\mathrm{m/s^2}$$

28．如图，在一个短边长为 a，长边长为 b 的矩形场地上，运动员（可视为质点）从 A 点出发以恒定速率 v 沿场地边缘顺时针到达 B 点（A、B 为两边的中点），求整个过程中：



(1)跑步者运动的平均速度大小 $\overline{v}$；

(2)跑步者运动的平均加速度大小 $\overline{a}$。

【答案】(1) $\frac{a}{a+b}v$　　(2) $\frac{2v^2}{a+b}$

【解析】（1）位移为初位置指向末位置的有向线段，根据题意，由图可知，跑步者总位移大小为

$$x=a$$

根据题意，由公式 $x=vt$ 可得，跑步者在长边上跑动的时间为

$$t_1=\frac{b}{v}$$

跑步者在短边上跑动的时间为

$$t_2=\frac{a}{v}$$

则跑步者运动的平均速度大小

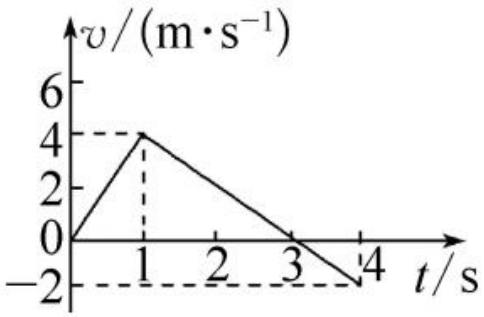
$$\overline{v}=\frac{x}{t}=\frac{a}{\frac{a}{v}+\frac{b}{v}}=\frac{a}{a+b}v$$

（2）根据题意，以初速度方向为正方向，则初速度为v，末速度为$-v$，由加速度定义式$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$可得，跑步者运动的平均加速度大小为

$$\overline{a}=\frac{-v-v}{\frac{a}{v}+\frac{b}{v}}=-\frac{2v^2}{a+b}$$

即跑步者运动的平均加速度大小为$\frac{2v^2}{a+b}$。

29．如图所示为某物体做直线运动的 *v*-*t* 图像。试分析物体在各段时间内的运动情况，并计算：



(1)物体在 0~1s 内加速度的大小和方向；

(2)物体在 1~3s 内加速度的大小和方向；

(3)物体在 3~4s 内加速度的大小和方向。

【答案】(1) $a_1=4\text{m/s}^2$，方向与速度方向相同　(2) $a_2=-2\text{m/s}^2$，方向与速度方向相反

(3) $a_3=-2\text{m/s}^2$，方向与速度方向相同

【解析】（1）物体在 0~1s 内做加速直线运动，速度变化量$\Delta v_1=4\text{m/s}$，

加速度$a_1=\frac{\Delta v_1}{\Delta t_1}=4\text{m/s}^2$，方向与速度方向相同.

（2）物体在 1~3s 内做减速直线运动，速度变化量 $\Delta v_2=-4\mathrm{m/s}$，

加速度 $a_2=\frac{\Delta v_2}{\Delta t_2}=\frac{-4}{3-1}\mathrm{m/s^2}=-2\mathrm{m/s^2}$，方向与速度方向相反.

（3）物体在 3~4s 内做加速直线运动，速度变化量 $\Delta v_3=-2\mathrm{m/s}$，

加速度 $a_3=\frac{\Delta v_3}{\Delta t_3}=\frac{-2}{4-3}\mathrm{m/s^2}=-2\mathrm{m/s^2}$，方向与速度方向相同.

（考试时间：60 分钟 试卷满分：100 分）

一、单选题（4 分/题，共 32 分）

1．关于物体的运动，下列说法正确的是（　　）

A．速度是对物体位移变化快慢的描述　　B．物体的速度为零，其加速度一定为零

C．物体的加速度增大，其速度一定增大　　D．物体的速度随位移均匀增加，其加速度一定增大

【答案】D

【解析】A．速度是描述物体运动快慢的物理量，即描述物体位置变化快慢的物理量，故 A 错误；

B．物体的速度为零，其加速度不一定为零，如火箭发射的瞬间，故 B 错误；

C．物体的加速度增大，其速度不一定增大，如加速度方向与速度方向相反时，故 C 错误；

D．$v-x$ 图像的斜率为

$$k=\frac{\Delta v}{\Delta x}=\frac{\Delta v}{\Delta t}\cdot\frac{\Delta t}{\Delta x}=\frac{a}{v}$$

若物体的速度随位移均匀增加，即斜率恒定，而速度增大，则其加速度一定增大，故 D 正确。

故选 D。

2．盐城到南通的盐通高速铁路，是中国“八纵八横”高速铁路网主通道之一“沿海通道”的重要组成部分，于 2020 年 12 月 30 日正式开通运营。该铁路由盐城站至南通西站，全线长度 157km。下列说法正确的是（　）

A．高铁进站过程中可以把高铁看做质点

B．从盐城站到南通西站高铁的位移为 157km

C．若高铁出站速度从零加速到 216km/h 用时 5min，高铁启动加速度约为 $0.2\mathrm{m/s^2}$

D．高铁车进站减速过程中，高铁的加速度与速度可能同向

【答案】C

【解析】A．高铁进站过程中，高铁的形状不能忽略，不能把高铁看做质点，故 A 错误；

B．全线长度157km是指轨迹长度，则从盐城站到南通西站高铁的路程为157km，故 B 错误；

C．根据加速度的计算公式有

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=0.2\text{m/s}^2$$

故 C 正确；

D．高铁车进站减速过程中，高铁的加速度与速度一定反向，故 D 错误；

故选 C。

3．关于加速度的理解，下列说法正确的是（　　）

A．速度为零时，加速度也一定为零　　B．速度变化越快，加速度就越大

C．若加速度不断减小，则速度一定不断减小　　D．若加速度方向与速度的方向相反，则速度可能增大

【答案】B

【解析】A．速度与加速度是两个描述物体运动状态的物理量，物体的速度为零，其加速度不一定为零，比如竖直上抛运动中，物体在最高点时，其速度为零，但其重力加速度为 g，故 A 错误；

B．加速度是反映速度变化快慢的的物理量，速度变化越快，加速度就越大，故 B 正确；

C．若加速度不断减小，并与速度方向相同时，速度不断增大，故 C 错误；

D．若加速度方向与速度的方向相反，则速度一定减小，故 D 错误。

故选 B。

4．关于物体的速度和加速度之间的关系，下列说法正确的是（　　）

A．速度变化量很大，加速度一定很大

B．加速度保持不变，速度可能越来越小

C．速度变化越来越快，加速度可能越来越小

D．物体加速度方向和速度方向相同，当加速度逐渐减小时，物体的速度也逐渐减小

【答案】B

【解析】A．根据加速度的定义式$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$，可知速度变化量$\Delta v$很大，加速度不一定很大，还跟时间$\Delta t$有关，故 A 错误；

B．当加速度的方向与速度的方向相反时，加速度保持不变，速度越来越小，故 B 正确；

C．加速度是反应速度变化快慢的物理量，故速度变化越来越快，加速度越来越大，故 C 错误；

D．当物体加速度方向和速度方向相同，当加速度逐渐减小时，物体的速度逐渐增加，故 D 错误。

故选 B。

5．关于加速度的理解，下列说法正确的是（　　）

A．汽车启动的一瞬间，速度为零，加速度也为零

B．汽车的加速度为$-5m/s^2$，表明汽车在做减速运动

C．汽车速度变化越大，加速度越大

D．汽车速度变化越快，加速度越大

【答案】D

【解析】A．汽车启动的一瞬间，汽车的速度为零，加速度一定不为零。故 A 错误；

B．汽车的加速度为－5m/s2，也可能做加速运动，当汽车倒车时，速度方向与加速度方向相同，则汽车做加速运动。故 B 错误；

C．根据加速度的定义式

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

可知加速度 a 由速度的变化量Δv 和速度发生改变所需要的时间Δt 共同决定，虽然Δv 大，但Δt 更大时，a 可以很小。故 C 错误；

D．加速度表示速度变化的快慢，汽车速度变化越快，则加速度越大。故 D 正确。

故选 D。

6．晓宇和小芳同学从网上找到几幅照片，根据照片所示情景请判断下列说法正确的是（　　）

大炮水平发射炮弹

轿车紧急刹车

高速行驶的磁悬浮列车

13秒15刘翔完成复出之战

A．在炮弹即将发生运动瞬间，炮弹的速度为零，所以其加速度为零

B．轿车紧急刹车时速度变化很快，所以加速度很大

C．高速行驶的磁悬浮列车的速度很大，所以其加速度很大

D．在研究刘翔跨栏动作时可以把刘翔看成质点

【答案】B

【解析】A．加速度是描述速度变化快慢的物理量，在炮弹即将发生运动瞬间，虽然速度为零，但炮弹受到了很大的力，即将产生速度的变化，所以加速度不为零，故 A 错误；

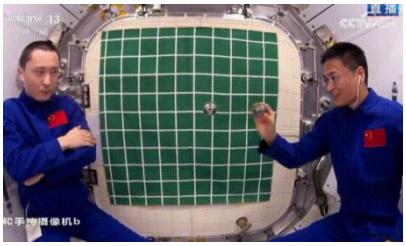
B．加速度等于速度的变化量与发生这一变化所用时间的比值，轿车紧急刹车时速度变化很快，也就是在较短时间内速度变化量较大，所以加速度很大，故 B 正确；

C．磁悬浮列车速度很大，但如果它是做匀速直线运动，速度没有变化，加速度就为零，加速度大小与速度大小没有必然联系，故 C 错误；

D．在研究刘翔跨栏动作时，需要关注他身体各部分的具体动作，如果把他看成质点，就无法研究其动作细节了，故 D 错误。

故选 B。

7．在第四次“天宫课堂上”，神舟十六号航天员景海鹏、朱杨柱、桂海潮三位博士在梦天实验舱完成了碰撞实验。如图，桂海潮将一质量为m的小钢球扔出去之后，与相对于太空舱处于静止状态的质量为M的大钢球发生碰撞，碰撞时间为Δt。碰撞前小钢球的速度为v_0，碰撞后的速度为大小为v_1，方向与v_0的方向相反。碰撞后大钢球的速度为v_2，方向与v_0的方向相同。若规定v_0的方向为正方向，则在碰撞过程中，下列说法正确的是（　　）



A．小钢球速度的变化为v_1-v_0　　B．大钢球速度的变化为v_2-v_0

C．小钢球的平均加速度的大小为$\frac{v_1+v_0}{\Delta t}$　　D．大钢球的平均加速度的大小为$\frac{v_0+v_2}{\Delta t}$

【答案】C

【解析】A．小钢球速度的变化为$-v_1-v_0$，故 A 错误；

B．大钢球速度的变化为v_2，故 B 错误；

C．小钢球的平均加速度大小为$a=\frac{v_1+v_0}{\Delta t}$，故 C 正确；

D．大钢球的平均加速度大小为$a=\frac{v_2}{\Delta t}$，故 D 错误。

故选 C。

8．下表中记录了三种交通工具在某段时间中做直线运动的情况，根据表中数据可知（　　）

交通工具	初速度/（m·s^{-1}）	末速度/（m·s^{-1}）	经过时间/s
自行车下坡	2	6	2
火车出站	0	20	100
飞机飞行	200	200	10

A．飞机的加速度最大　　B．火车的速度变化最快

C．火车的加速度最大　　D．自行车的加速度最大

【答案】D

【解析】由加速公式

$$a=\frac{v_{末}-v_{初}}{t}$$

可知飞机的加速度为零，火牛的加速度为

$$a_2=\frac{\Delta v_2}{\Delta t_2}=0.2\mathrm{m/s^2}$$

自行车的加速度为

$$a_1=\frac{\Delta v_1}{\Delta t_1}=2\mathrm{m/s^2}$$

加速度是表示物体速度变化快慢的物理量，故选 D。

二、多选题（漏选得 3 分，全对得 5 分，错选得 0 分，共 20 分）

9．自然界中某量 D 的变化可记为 ΔD，发生这个变化所用的时间间隔可以记为 Δt，两者之比 $\frac{\Delta D}{\Delta t}$ 就是这个量对时间的变化率，简称变化率。下列说法正确的是（　　）

A．变化率是描述相关量变化快慢的物理量

B．某量 D 越大，则其变化率 $\frac{\Delta D}{\Delta t}$ 也越大

C．由 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 可知，位移 Δx 越大，则速度 v 越大

D．由 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可知，加速度即为速度变化率，故加速度越大，速度变化越快

【答案】AD

【解析】A．变化率是描述相关量变化快慢的物理量，A 正确；

B．某量 D 越大，则其变化率 $\frac{\Delta D}{\Delta t}$ 与 D 无关，$\frac{\Delta D}{\Delta t}$ 不一定越大，B 错误；

C．由 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 可知，位移Δx越大，速度v与Δx无关，v不一定越大，C错误

D．由 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可知，加速度即为速度变化率，故加速度越大，速度变化越快，D正确。

故选AD。

10．一篮球运动员在标准的场地进行投篮练习，某次扣篮时，篮球以$3\mathrm{m/s}$的竖直向下的速度穿过篮筐，经过一段时间篮球与地面发生碰撞，碰后沿竖直向上的方向弹起，在距离地面$1.55\mathrm{m}$高处的速度大小为$5\mathrm{m/s}$，已知篮筐距离地面的高度为$3.05\mathrm{m}$，上述过程所用的时间为$t=0.5\mathrm{s}$，篮球可视为质点，规定竖直向下的方向为正方向，该过程中篮球的路程、速度的变化量、平均速度以及平均加速度分别用s、$\Delta v,\overline{v},\overline{a}$表示，则下列说法正确的是（　　）

A．$s=-4.6\mathrm{m}$　　B．$\Delta v=2\mathrm{m/s}$　　C．$\overline{v}=3\mathrm{m/s}$　　D．$\overline{a}=-16\mathrm{m/s^2}$

【答案】CD

【解析】根据题意，该过程中篮球的路程为$s=4.6\mathrm{m}$，但路程为标量，没有方向，A错误；该过程中篮球速度的变化量为$\Delta v=(-5-3)\mathrm{m/s}=-8\mathrm{m/s}$，B错误；该过程中篮球的位移为$\Delta x=(3.05-1.55)\mathrm{m}=1.5\mathrm{m}$，则该过程中篮球的平均速度为$\overline{v}=\frac{\Delta x}{t}=3\mathrm{m/s}$，C正确；该过程中篮球的平均加速度为$\overline{a}=\frac{\Delta v}{t}=-16\mathrm{m/s^2}$，D正确．

11．一物体做匀变速直线运动，某时刻速度大小为$4\mathrm{m/s}$，$1\mathrm{s}$后速度大小变为$10\mathrm{m/s}$，则有关物体在这个过程中的说法正确的是（　　）

A．物体一定向一个方向运动　　B．物体的运动方向可能发生改变

C．加速度大小可能是$6\mathrm{m/s^2}$　　D．加速度大小大可能$14\mathrm{m/s^2}$

【答案】BCD

【解析】AB．物体做匀变速直线运动，物体的运动方向可能不变，也可能发生改变，故A错误，B正确；

C．取初速度为方向为正方向，初速度$v_0=4\mathrm{m/s}$

若末速度方向与初速度方向相同，则末速度$v=10\mathrm{m/s}$

加速度为$a=\frac{v^2-v_0}{t}=\frac{10-4}{1}\mathrm{m/s^2}=6\mathrm{m/s^2}$

故C正确；

D．若末速度方向与初速度方向相反，则末速度$v=-10\mathrm{m/s}$

加速度为 $a=\frac{v-v_0}{t}=\frac{-10-4}{1}\mathrm{m/s^2}=-14\mathrm{m/s^2}$

加速度大小为 14m/s2，故 D 正确。

故选 BCD。

12．以下说法正确的是（　）

A．加速度数值很大的物体，速度的变化量必然很大

B．加速度数值很大的物体，速度变化得很快

C．一个质点做直线运动，开始时位移、加速度、速度三者方向相同，某时刻开始加速度大小逐渐减小直至为零,在此过程中，位移逐渐减小，当加速度减小到零时，位移将不再减小

D．一个质点做直线运动，开始时位移、加速度、速度三者方向相同，某时刻开始加速度大小逐渐减小直至为零,在此过程中，速度逐渐增大，当加速度减小到零时，速度达到最大值

【答案】BD

【解析】A．加速度很大的物体，速度变化快，速度变化量不一定大，故 A 错误．

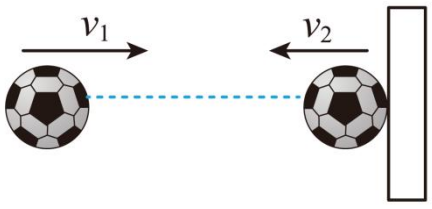
B．加速度很大的物体，速度变化快，故 B 正确．

CD．加速度方向与速度方向相同，加速度减小，速度增大，加速度减小到零，速度达到最大，由于速度的方向不变，则位移逐渐增大，故 D 正确，C 错误．

故选 BD．

三、填空题（2 分/空，共 20 分）

13．如图，足球的初速度大小为$v_1=10\mathrm{m/s}$，方向水平向右。设它与木板碰撞的时间$t=0.1\mathrm{s}$，足球与木板碰撞后反弹的速度大小为$v_2=7\mathrm{m/s}$，则足球碰撞木板的过程中加速度大小为____$\mathrm{m/s^2}$，方向____（填“水平向左”或“水平向右”）。



【答案】 170　　水平向左

【解析】[1][2]以水平向右为正方向，足球碰撞木板的过程中的加速度为

$a=\frac{\Delta v}{t}=\frac{-v_2-v_1}{t}=\frac{-7-10}{0.1}\mathrm{m/s^2}=-170\mathrm{m/s^2}$

可知加速度大小为$170\mathrm{m/s^2}$，方向水平向左。

14．一个小球以 6m/s 的速度垂直撞到墙壁上，又以 4m/s 的速度垂直墙壁反弹，若以初速度的方向为正方向，小球与墙壁接触的时间为 0.2s，在这一过程中小球的速度变化量为___m/s，小球的加速度为___$\mathrm{m/s^2}$。

【答案】 −10　　−50

【解析】[1]以初速度的方向为正方向，则在这一过程中小球的速度变化量为

$$\Delta v = v - v_0 = -4\mathrm{m/s} - 6\mathrm{m/s} = -10\mathrm{m/s}$$

[2]小球的加速度为

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-10}{0.2}\mathrm{m/s^2} = -50\mathrm{m/s^2}$$

15．一质点沿直线 Ox 方向做变速运动，它离开 O 点的距离随时间变化的关系为$x = 5 + 2t^3(\mathrm{m})$，它的速度随时间t变化的关系为$v = 6t^2(\mathrm{m/s})$。该质点在前 2 秒内的平均速度为___m/s，第 2 秒内的平均加速度为___$\mathrm{m/s^2}$。

【答案】8　　18

【解析】[1][2]质点在前 2 秒内的位移

$$x_2 = (5 + 2\times 2^3) - 5 = 16\mathrm{m}$$

平均速度为

$$\bar{v} = \frac{x_2}{t_2} = \frac{16}{2}\mathrm{m/s} = 8\mathrm{m/s}$$

根据$v = 6t^2(\mathrm{m/s})$可知，第 1s 末的速度 v1=6m/s，第 2s 末的速度 v2=24m/s，可知第 2 秒内的平均加速度为

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{24 - 6}{1}\mathrm{m/s^2} = 18\mathrm{m/s^2}$$

16．研究体操运动员在平衡木上的动作时___（选填“可以”或“不可以”）把运动员看成质点。运动员在起跳离开平衡木，上升的过程中加速度方向___（选填“向上”或“向下”）。运动员向上起跳离开平衡木时的速度大小为 3m/s，此速度为___（选填“平均速度”或“瞬时速度”），若向下落回平衡木时的速度大小不变，此过程中速度的变化量大小Δv=___m/s。

【答案】　不可以　　向下　　瞬时速度　　6

【解析】[1]研究体操运动员在平衡木上的动作时，不能忽略运动员的形状和大小，不可以把运动员看成质点。

[2]运动员在起跳离开平衡木，上升的过程中所受合外力方向向下，加速度方向向下。

[3]运动员向上起跳离开平衡木时的速度大小为 3m/s，此速度为瞬时速度。

[4]若向下落回平衡木时的速度大小不变，此过程中速度的变化量大小

$$\Delta v = 3\text{m/s} + 3\text{m/s} = 6\text{m/s}$$

四、解答题（17 题 7 分，18 题 7 分，19 题 7 分，20 题 7 分，共计 28 分）

17.足球运动员在罚点球时，用脚踢球使球获得 30m/s 的速度并做匀速直线运动。设脚与球作用时间为 0.1s，球又在空中飞行 1s 后被守门员挡住，守门员双手与球接触时间为 0.2s，且球被挡出后以 10m/s 的速度沿原方向反弹，忽略空气阻力，求：

(1)罚球瞬间，球的加速度大小；

(2)守门员接球瞬间，球的加速度。

【答案】(1) 300m/s^2　　(2) -200m/s^2，负号表示方向与踢出方向相反

【解析】（1）设球被踢出的方向为正方向，则罚点球时的速度由 $v_0 = 0$ 变到 $v_1 = 30\text{m/s}$，用时 $t_1 = 0.1\text{s}$，由 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 得罚点球时有 $a_1 = \frac{v_1 - v_0}{t_1} = \frac{30 - 0}{0.1}\text{m/s}^2 = 300\text{m/s}^2$。

（2）接球时速度由 v_1 变到 $v_2 = -10\text{m/s}$，用时 $t_2 = 0.2\text{s}$，接球时有 $a_2 = \frac{v_2 - v_1}{t_2} = -200\text{m/s}^2$，负号表示方向与踢出方向相反。

18．如图，小李和小王在游乐场玩碰碰车游戏，小李启动碰碰车甲从静止开始以恒定的加速度在 1.0s 内将碰碰车甲加速到 4m/s，然后以 4m/s 的速度向右行驶 3s，与迎面而来的小王驾驶的碰碰车乙发生碰撞，碰撞的时间为 0.5s，碰后碰碰车甲反方向弹回的速度大小为 2m/s，求：

(1)碰碰车甲从启动到刚好与乙相碰这一过程的平均速度；

(2)碰碰车甲碰撞过程中的平均加速度。

【答案】(1) 3.5m/s，方向与初速度方向相同　　(2) 12m/s^2，方向与初速度方向相反

【解析】（1）碰碰车甲加速的位移

$$x_1 = \frac{v}{2}t_1 = 2\text{m}$$

碰碰车甲匀速的位移

$$x_2 = vt_2 = 12\text{m}$$

碰碰车甲从启动到刚好与乙相碰这一过程的平均速度

$$\overline{v}=\frac{x_1+x_2}{t_1+t_2}=3.5\mathrm{m/s}$$

方向与初速方向相同。

（2）碰碰车甲碰撞过程中的平均加速度

$$a=\frac{-v_2-v}{t_3}=-12\mathrm{m/s^2}$$

平均加速度大小为$12\mathrm{m/s^2}$，方向与初速度方向相反。

19．在某次车辆检测中，小车东西方向公路上以 10m/s 的速度向东做匀速直线运动。

(1)若小车从某时刻起开足马力加速，经 2s 钟速度变为 16m/s，求小车加速过程中加速度大小和方向；

(2)若小车撞墙，撞击时间为 0.1s，如果墙很牢固，车与它碰撞后的一瞬间，以 5m/s 的速度被弹回来，求这一碰撞过程中的加速度大小及方向。

【答案】(1) $3\mathrm{m/s^2}$，方向向东　　(2) $150\mathrm{m/s^2}$，方向向西

【解析】（1）小车东西方向公路上以 10m/s 的速度向东做匀速直线运动，从某时刻起开足马力加速，经 2s 钟速度变为 16m/s，则小车加速过程中加速度大小为

$$a=\frac{v-v_0}{t}=\frac{16-10}{2}\mathrm{m/s^2}=3\mathrm{m/s^2}$$

方向向东。

（2）若小车撞墙，撞击时间为 0.1s，如果墙很牢固，车与它碰撞后的一瞬间，以 5m/s 的速度被弹回来，以向东为正方向，则有

$$a=\frac{v'-v_0}{t'}=\frac{-5-10}{0.1}\mathrm{m/s^2}=-150\mathrm{m/s^2}$$

可知这一碰撞过程中的加速度大小为$150\mathrm{m/s^2}$，方向向西。

20．如图所示为测试飞机滑跑阶段动力性能的监控屏幕截图。飞机前端装有 d=6mm 的挡光片，跑道上隔一段距离有一个感光装置。图中飞机上方的两个时间表示挡光片经过感光装置的挡光时间，图中秒表表示飞机到达感光装置所在位置的时刻。请根据图中提供的信息，求：

(1)最右侧是飞机起飞前的瞬间，则飞机起飞的瞬时速度；

(2)在这个过程中飞机的平均加速度大小。

【答案】(1) $60\mathrm{m/s}$　　(2) $2\mathrm{m/s^2}$

【解析】（1）飞机经过左边挡光片的速度为

$$v_1=\frac{d}{t_1}=\frac{0.006}{1.5\times10^{-4}}\mathrm{m/s}=40\mathrm{m/s}$$

飞机经过右边挡光片的速度为

$$v_2=\frac{d}{t_2}=\frac{0.006}{1.0\times10^{-4}}\mathrm{m/s}=60\mathrm{m/s}$$

最右侧是飞机起飞前的瞬间，则飞机起飞的瞬时速度 $60\mathrm{m/s}$ 。

（2）飞机经过两挡光片所用时间为

$$\Delta t=30\mathrm{s}-20\mathrm{s}=10\mathrm{s}$$

由加速度公式可得

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{v_2-v_1}{\Delta t}=2\mathrm{m/s^2}$$

衔接点 05 实验：探究小车速度随时间变化的规律

学习要求

初中阶段	高中阶段
侧重于为该实验奠定基础认知。学生需掌握基本的测量知识，能正确使用刻度尺测量长度，用停表测量时间，会记录实验数据并进行简单的计算，如计算平均速度 。同时，要具备初步的实验操作能力，了解实验的基本步骤和安全规范，能够根据实验现象进行简单的分析和总结，形成基本的科学探究意识，为高中深入学习实验探究做好准备。	深入理解实验原理，能够熟练组装实验器材，包括正确使用打点计时器、合理布置小车运动轨道等 。学会对实验数据进行处理，如利用逐差法计算加速度，通过描点法绘制小车速度 - 时间图像，并根据图像分析小车速度随时间的变化规律 。此外，还需具备对实验误差进行分析和评估的能力，能够提出改进实验的方法和措施，培养严谨的科学态度和较强的实验探究能力，提升科学思维素养。

衔接指引

初中阶段考查形式：多以简单实验题和基础理论题为主。实验题常呈现一个类似测量物体运动相关的小实验情境，要求学生判断实验器材的选择是否正确、实验步骤是否合理，或补充完整实验记录表格中的数据 。理论题则围绕测量工具的使用方法、实验数据的简单计算设置选择题或填空题，重点考查学生对基础知识和基本技能的掌握程度，难度相对较低。

高中阶段考查形式：灵活多样且难度加大。实验题会完整呈现实验过程，要求学生分析实验原理、指出实验操作中的错误并改正，对实验数据进行处理和分析，如计算加速度、绘制速度 - 时间图像并根据图像得出结论 。还可能以创新实验的形式出现，改变实验条件或实验器材，要求学生设计实验方案、预测实验结果 。此外，在综合计算题和选择题中，也会融入实验相关的知识点，考查学生对实验的综合理解和运用能力，注重对科学思维和探究能力的考查。

知识衔接

回顾初中知识

测量小车在斜面上的平均速度时，用 刻度尺 测量出小车在斜面上通过的路程，用 停表 测量出小车通过对应路程所用的时间，最后通过公式 $v=\frac{s}{t}$ 求出平均速度.

知新高中知识

1、实验目的：探究小车速度随时间变化的规律。

2、实验器材：打点计时器、一端附有定滑轮的长木板、小车、纸带、细绳、钩码、刻度尺、导线、交流电源。

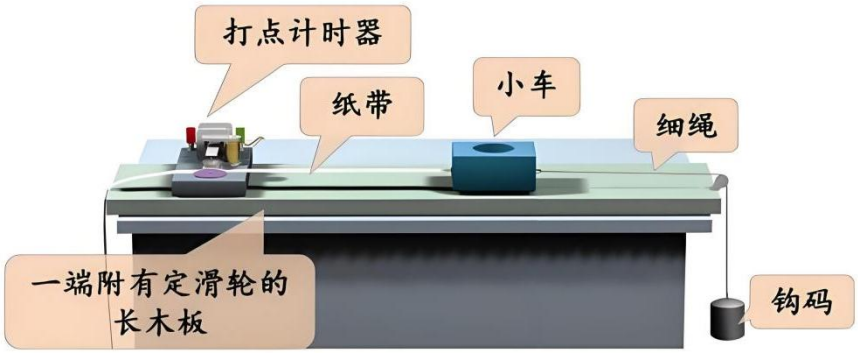
3、实验原理和方法

（1）利用纸带计算瞬时速度：以纸带上某点 n 为 中间时刻 取一小段位移，用这段位移的平均速度 $v_n=\frac{xn+xn+1}{2T}$ 表示这点的瞬时速度。

（2）用 v－t 图像表示小车的运动情况：以速度 v 为纵轴、时间 t 为横轴建立直角坐标系，用描点法画出小车的 v－t 图像，根据图像的形状判断小车的运动性质，，如果 v－t 图像是一条倾斜的直线，说明小车的速度是 均匀 变化的，图线的 倾斜程度 表示加速度的大小。

4、实验步骤

（1）如图所示，把一端附有滑轮的长木板放在实验桌上，并使滑轮伸出桌面，把打点计时器固定在长木板上没有滑轮的一端，连接好电路。



（2）把一条细绳拴在小车上，使 细绳跨过滑轮 ，下边挂上钩码，把纸带穿过打点计时器，并把纸带的一端 固定在小车的后面 。

（3）把小车停在靠近打点计时器处，接通电源后，释放小车，让小车拖着纸带运动，打点计时器就在纸带上打下一列小点。

（4）换上新的纸带， 重复 实验两次。

（5） 增减所挂钩码 ，按以上步骤再做两次实验。

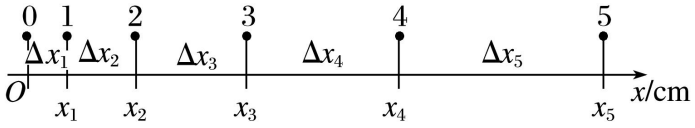
5、实验数据

（1）采集数据

舍掉纸带开头一些过于密集的点，找一个适当的点作为计时起点，可选择相隔 0.1 s(或更短)的若干计

数点进行测量。

如图所示，先测量出各个计数点到计时起点的距离：x_1、x_2、x_3、x_4、x_5…，再计算出相邻的两个计数点间的距离：$\Delta x_1=x_1$，$\Delta x_2=x_2-x_1$，$\Delta x_3=x_3-x_2$，$\Delta x_4=x_4-x_3$，$\Delta x_5=x_5-x_4$，…，填入自己设计的表中。



位置	1	2	3	4	5	6
长度	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
各段长度	$\triangle x_1$	$\triangle x_2$	$\triangle x_3$	$\triangle x_4$	$\triangle x_5$	$\triangle x_6$

（2）求各计数点的瞬时速度

①各计数点对应的瞬时速度用平均速度来代替，即 $v_1=\dfrac{\Delta x_1+\Delta x_2}{2T}$，$v_2=\dfrac{\Delta x_2+\Delta x_3}{2T}$，…

T 为相邻两个计数点间的时间间隔，若交流电源频率为 50 Hz，每 5 个点取一个计数点(中间隔 4 个点)，则 T＝0.1 s。

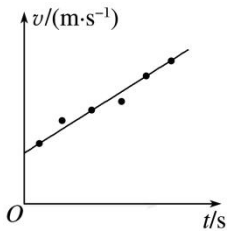
②设计表格并记录相关数据

位置编号	1	2	3	4	5	6	…
时间 t/s	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	
$v_1/(m\cdot s^{-1})$							
$v_2/(m\cdot s^{-1})$							
$v_3/(m\cdot s^{-1)}$							
…							

6、实验数据分析

（1）在坐标纸上建立直角坐标系，横轴表示时间，纵轴表示速度，并根据表格中的数据在坐标系中描点。

（2）画一条直线，让这条直线通过尽可能多的点，不在直线上的点 均匀分布在直线的两侧 ，偏差比较大的点忽略不计，如图所示：



（3）观察所得到的直线，分析物体的速度随时间的变化规律。

（4）根据所画 v－t 图像求出小车运动的加速度 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$。

①作图时，要用平滑曲线将这些点连起来，要让尽可能多的点分布在线上，不在线上的点均匀分布在直线两侧，__离线较远的点删去__，注意不可用折线连接。

②利用 v-t 图像求加速度时，应选用直线上__相距较远的两个点__来求直线的斜率，即加速度。不能采用量出直线的倾斜角，然后求出其正切值的方法来计算加速度，因为该倾斜角还与坐标轴的标度有关。

7. 误差分析

（1）木板的粗糙程度不同，摩擦不均匀.

（2）根据纸带测量的位移有误差，从而计算出的瞬时速度有误差.

（3）作 v-t 图像时单位选择不合适或人为作图不准确带来误差.

※注意事项

（1）开始放开小车时，应使小车__靠近__打点计时器。

（2）先__启动打点计时器__，等打点稳定后，再__释放小车__。

（3）要防止钩码落地，避免小车跟滑轮相碰，当小车到达滑轮前及时用手__按住__。

（4）打点完毕，立即__关闭电源__。

（5）选取一条点迹清晰的纸带，舍掉开头点迹__密集__部分，选取适当的计数点(注意计数点与计时点的区别)，弄清楚所选的时间间隔 T 等于多少。

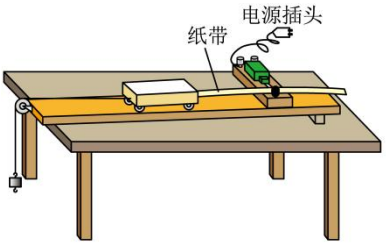
（6）要区分打点计时器打出的计时点和人为选取的计数点，一般在纸带上每隔 4 个点取一个计数点，即时间间隔为 t＝__0.1__s.

（7）不要分段测量各段距离，应尽可能地一次测量完毕(可统一量出各计数点到计时起点的距离。

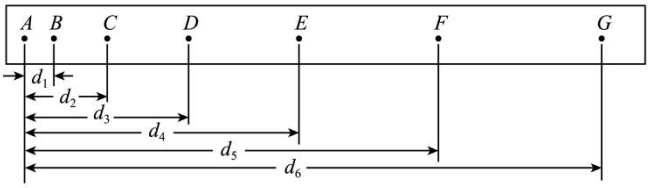
（8）在坐标纸上画 v-t 图像时，注意坐标轴单位长度的选取，应使图像尽量分布在较大的坐标平面内。

典例精析

例 1、某同学用如图甲所示的装置探究匀变速直线运动的规律，得到一条纸带如图乙所示，并在其上取了 A、B、C、D、E、F、G 共 7 个计数点，每相邻两个计数点间还有 4 个点没有画出。



图甲



图乙

（1）实验过程中，下列做法正确的是

A．先释放小车，再接通电源

B．先接通电源，再释放小车

C．释放小车前将接好纸带的小车停在靠近滑轮处

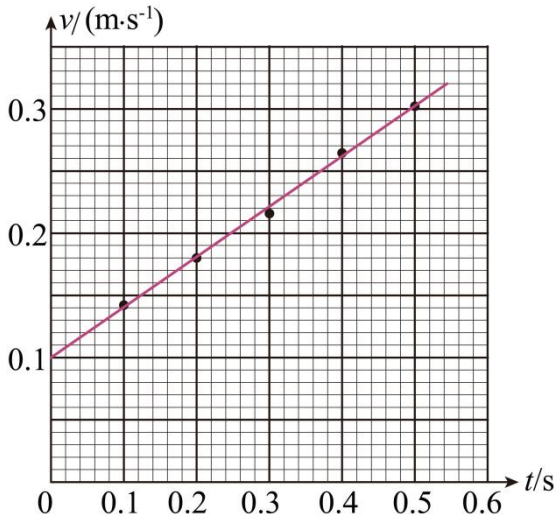
D．释放小车前将接好纸带的小车停在靠近打点计时器处

（2）经过测量并计算得到打下 B、C、D、E、F 各点时小车的瞬时速度，如表所示：

对应点	B	C	D	E	F
速度 /$(\mathrm{m\cdot s^{-1}})$	0.141	0.180	0.218	0.262	0.301

（3）根据（2）中得到的数据，以打下 A 点时对应的时刻为 $t=0$ 时刻，在下图所示坐标系中作出 $v-t$ 图像，利用如图求得小车的加速度 $a=$____$\mathrm{m/s^2}$。（结果保留两位有效数字）

（4）若该同学处理数据时每隔 3 个点取一个计数点，但计算速度时却把相邻计数点时间间隔用 0.1 秒代入计算，则因此算出的速度数值与真实的速度数值相比____（选填“偏大”或“偏小”）。求得的加速度 a 数值与真实的加速度数值相比____（选填“偏大”、“偏小”或“相等”）



【答案】BD　　0.40　　偏小　　偏小

【解析】（1）[1]A．先释放小车，再接通电源，这样在纸带会记录很少的数据，计算会产生较大的误差，A 错误；

B．先接通电源，待打点计时器打点稳定后再释放小车，这样纸带会得到充分利用，纸带上会记录更多的数据，计算时会产生较小的误差，B 正确；

C．释放小车前将接好纸带的小车停在靠近滑轮处，这样释放小车后，小车会运动很小的距离，纸带上会打出很少的计数点，计算会产生较大的误差，C 错误；

D．释放小车前将接好纸带的小车停在靠近打点计时器处，纸带上会记录更多的数据，计算时会产生较小的误差，D 正确。

故选 BD。

（3）[2]由 $v-t$ 图像的斜率表示加速度可得，小车的加速度为

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{0.301-0.1}{0.5-0}\mathrm{m/s^2}=0.40\mathrm{m/s^2}$$

（4）[3]若该同学处理数据时每隔 3 个点取一个计数点，可知相邻两计数点间的时间间隔是 0.08s，但计算速度时却把相邻计数点时间间隔用 0.1 秒代入计算，由 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 可知，则算出的速度数值与真实的速度数值相比偏小。

[4] 由 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 或 $a=\frac{\Delta x}{T^2}$ 计算加速度，由于时间变大，则求得的加速度 a 数值与真实的加速度数值相比偏小。

例 2、(1)在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中：要用到打点计时器，打点计时器是一种计时仪器，其电源频率为 50Hz，常用的电磁打点计时器和电火花计时器使用的是_____（直流电，交流电），它们是每隔_____s 打一个点。

(2)在“用打点计时器测速度”的实验中：除电磁打点计时器（含纸带、复写纸）、小车、一端附有滑轮的长木板、细绳、钩码、导线及开关外，在下面仪器和器材中，必须使用的有_（填选项代号）

A．电压合适的 50Hz 交流电源　　B．电压可调的直流电源

C．刻度尺　　D．秒表

E．天平

(3)实验过程中，下列做法正确的是

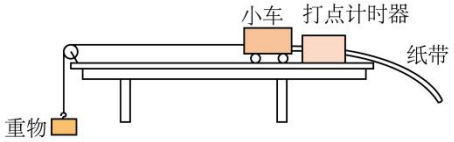
A．先释放小车，再接通电源　　B．先接通电源，再释放小车

C．将接好纸带的小车停在靠近滑轮处　　D．将接好纸带的小车停在靠近打点计时器处

(4)某同学用如图 1 所示的装置，打出的一条纸带如图 2 所示，其中 *ABCDE* 为计数点，相邻两个计数点之间还有 4 个点未画出。

①打点计时器打下 *C* 点时小车的瞬时速度大小为_____m/s；

②由纸带上所示数据可算得小车运动的加速度大小为_____m/s^2。



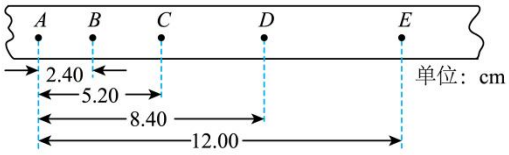


图2

【答案】(1) 交流电　　0.02　　(2)AC　　(3)BD　　(4)　　0.30　　0.40

【解析】(1) [1]常用的电磁打点计时器和电火花打点计时器使用的是交流电。

[2]电源频率为 50Hz，则每隔

$$T=\frac{1}{f}=\frac{1}{50}\text{s}=0.02\text{s}$$

打一个点。

(2) AB．电压合适的 50Hz 交流电源，A 正确，B 错误；

C．刻度尺用来测纸带上计数点间的距离，C 正确；

D．打点计时器就是计时仪器，不需要秒表，D 错误；

E．实验是“探究小车速度随时间变化的规律”的，因此不需要天平测小车和钩码的质量，E 错误。

故选 AC。

(3) A．先释放小车，再接通电源，这样纸带利用率很低，纸带上会得到很少的数据，会产生较大的实验误差，A 错误；

B．先接通电源，待打点计时器打点稳定后再释放小车，纸带会得到充分利用，纸带上会得到更多的数据，会减小实验误差，B 正确；

CD．将接好纸带的小车停在靠近打点计时器处，小车会在长木板上运动更长的距离，纸带上会打出更多的计数点，从而得到更多的数据，C 错误，D 正确。

故选 BD。

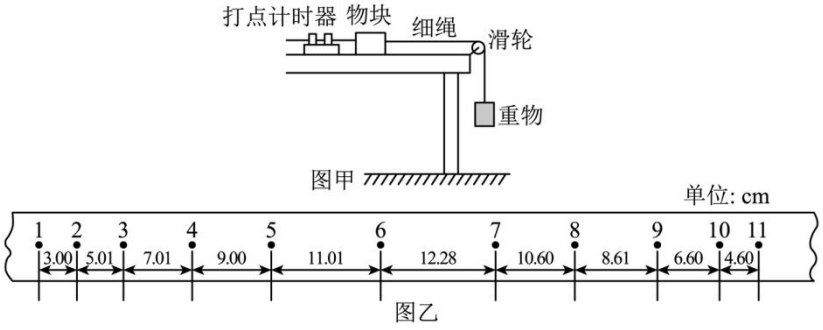
(4) ①[1]纸带上相邻两个计数点之间还有 4 个点未画出，由在某段时间内中间时刻的瞬时速度等于这段时间内的平均速度可得，打点计时器打下 C 点时小车的速度大小为

$$v_C=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{x_{BD}}{2\times5T}=\frac{(8.40-2.40)\times10^{-2}}{2\times5\times0.02}\text{m/s}=0.30\text{m/s}$$

②[2]由匀变速直线运动的推论和纸带所示数据算出小车的加速度大小为

$$a=\frac{x_{CE}-x_{AC}}{4\times(5T)^2}=\frac{(12.00-5.20-5.20)\times10^{-2}}{4\times(5\times0.02)^2}\text{m/s}^2=0.40\text{m/s}^2$$

例 3、某同学利用图甲所示的实验装置，探究物体在水平桌面上的运动规律，物块在重物的牵引下开始运动，重物落地后，物块再运动一段距离后停在桌面上（尚未到达滑轮处）。从纸带上便于测量的点开始，每 5 个点取 1 个计数点相邻计数点间的距离如图乙所示，打点计时器电源的频率为50Hz 。（不计空气阻力，$g=10.0\text{m/s}^2$ ）



（1）所用实验器材除电磁打点计时器（含纸带、复写纸）、小车、一端带有滑轮的长木板、绳、钩码、导线及开关外，在下面的器材中，必须使用的还有_____（填选项代号）

A．电压合适的交流电源　B．电压合适的直流电源　C．刻度尺 D．秒表　E.天平

（2）计数点 4 对应的速度大小$v_4=$_____m/s（保留两位有效数字）。

（3）物块减速运动过程中加速度的大小为$a=$_____m/s^2（保留三位有效数字）。

（4）重物落地瞬间，物块的速度为$v=$_____m/s（保留三位有效数字）。

【答案】　AC　0.80　2.00　1.28

【解析】解：（1）[1]AB．电磁打点计时器要打点，需要电压合适的交流电源，A 正确，B 错误；

C．打出的纸带需要测量点间的长度，需要刻度尺，C 正确；

D．打点计时器就可以计时，不需要秒表，D 错误；

E．可由打出的纸带来计算速度和加速度，所以不需要天平测量物体的质量，E 错误。

故选 AC。

（2）[2]由题意可知打点周期是

T=0.02×5s=0.1s

计数点 4 对应的速度大小

$$v_4=\frac{x_{35}}{2T}=\frac{(7.01+9.00)\times10^{-2}}{2\times0.1}\text{m/s}=0.80\text{m/s}$$

（3）[3]由匀变速直线运动的推论，可得物块做减速运动时的加速度大小为

$$a=\frac{\Delta x}{T^2}=\frac{(10.60+8.61-6.60-4.60)\times10^{-2}}{4\times0.1^2}\text{m/s}^2=2.00\text{m/s}^2$$

（4）[4]物块加速时有

$$a'=\frac{(9.00+7.01-5.01-3.00)\times10^{-2}}{4\times0.1^2}\text{m/s}^2=2.00\text{m/s}^2$$

已知 v4=0.80m/s，计数点 9 对应的速度大小

$$v_9=\frac{x_{8.10}}{2T}=\frac{(8.61+6.60)\times10^{-2}}{2\times0.1}\text{m/s}=0.76\text{m/s}$$

设物块加速时间为 t_1，减速时间为 t_2，则有

$$t_1+t_2=0.5\text{s}$$

由匀变速直线运动速度时间公式可有

$$v=v_4+a't_1$$

$$v=v_9+at_2$$

解得

$$v=1.28\text{m/s}$$

例 4、在“研究匀变速直线运动”实验中：

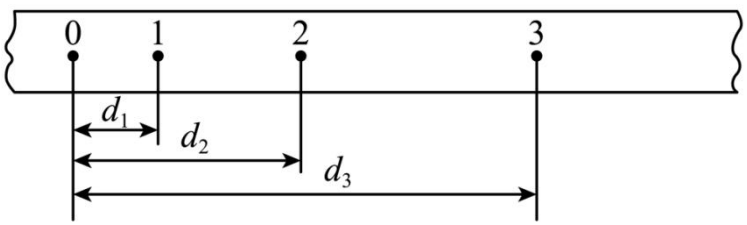
(1)用打点计时器测速度的实验中，使用的打点计时器有两种，一种是电火花计时器，另一种是电磁打点计时器，其中电火花计时器工作电压是___V 交流电压，当电源的频率是 50Hz 时，每隔___s 打一个点。

(2)接通电源与让纸带（随物体）开始运动，这两个操作的时间关系应当是(　)

A．先接通电源，再释放纸带　　B．先释放纸带，再接通电源

C．释放纸带的同时接通电源　　D．不同的实验要求不同

(3)某校学习兴趣小组在研究“探索小车速度随时间变化的规律”的实验，图是某次实验得出的纸带，所用电源的频率为 50HZ，舍去前面比较密集的点，从 0 点开始，每 5 个连续点取 1 个计数点，标以 1、2、3……。各计数点与 0 计数点之间的距离依次为 d_1=3cm，d_2=7.5cm，d_3=13.5cm，则物体通过 1 计数点的速度 v_1=___m/s；物体运动的加速度为 a=_____m/s2。



【答案】 220　　0.02　　A　　0.375　　1.5

【解析】(1)[1][2]电火花计时器工作电压是220V交流电压，当电源的频率是50Hz时，每隔0.02s打一个点。

(2)[3]接通电源与让纸带（随物体）开始运动，两个操作的时间关系应当是：先接通电源，再释放纸带。如果先放开纸带，再接通电源，由于重物运动较快，不利于数据的采集和处理，会对实验产生较大误差，故BCD错误，A正确，故选A。

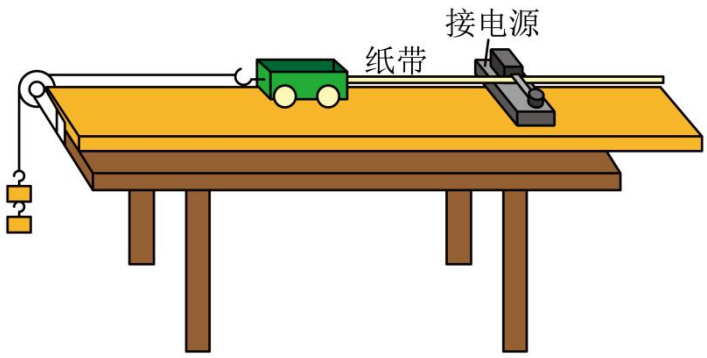
(3)[4]由匀变速直线运动推论：物体在再某段时间中点的瞬时速度等于该段时间内的平均速度。可得物体通过1计数点的速度

$$v_1=\frac{d_2}{2T}=\frac{(7.5\times10^{-2})\text{m}}{(2\times0.1)\text{s}}=0.375\text{m/s}$$

[5]根据匀变速直线运动推论$\Delta s=aT^2$，可得物体运动的加速度为

$$a=\frac{\Delta s}{T^2}=\frac{(d_3-d_2)-(d_2-d_1)}{T^2}=\frac{[(13.5-7.5)-(7.5-3)]\times10^{-2}}{0.1^2}\text{m/s}^2=1.5\text{m/s}^2$$

例5、某一学习小组的同学想通过打点计时器在纸带上打出的点迹来探究小车速度随时间变化的规律，实验装置如图所示。



(1)常见的打点计时器使用的都是_____电源（填“直流”或“交流”），当电源频率为50Hz时，每隔____s打一个点。

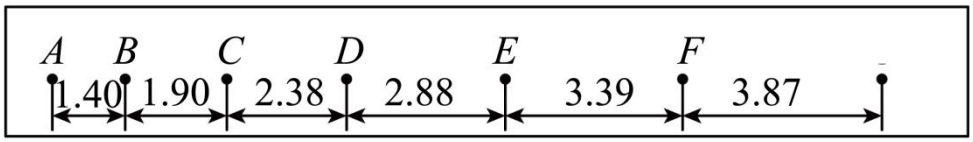
(2)关于本实验，下列说法正确的是_____。

A．释放纸带的同时，接通电源　　B．先接通电源打点，后释放纸带运动

C．先释放纸带运动，后接通电源打点　　D．纸带上的点迹越密集，说明纸带运动的速度越小

(3)要测量小车的速度。除打点计时器（含所用电源、纸带、墨粉纸盘）外还必须使用的测量工具是____。

(4)该小组在规范操作下得到一条点迹清晰的纸带如图所示，在纸带上依次选出7个计数点，分别标上A、B、C、D、E、F和G，每相邻的两个计数点间还有四个点未画出，打点计时器所用电源的频率是50Hz。（以下结果均保留两位小数）



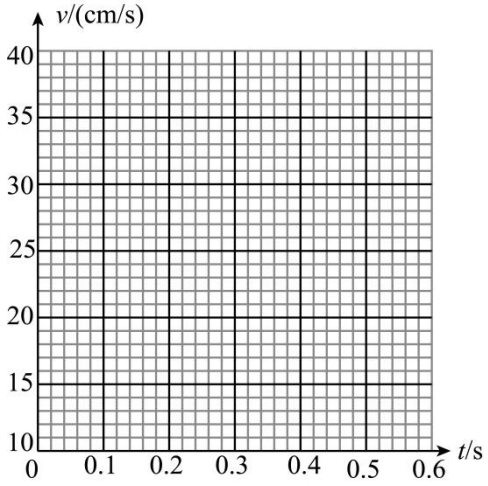
单位：cm

①每相邻两计数点的时间间隔为____s，打 D 点时小车的速度 $v_D=$_____ $\mathrm{cm/s}$ 。

②分别算出其他各点的速度：

$v_B=16.50\mathrm{cm/s}$，$v_C=21.40\mathrm{cm/s}$，$v_E=31.35\mathrm{cm/s}$，$v_F=36.30\mathrm{cm/s}$

，请在如图所示的坐标系中作出小车运动的 $v-t$ 图像（以打 A 点时开始计时）(　　)。并说明小车速度变化的规律_____。

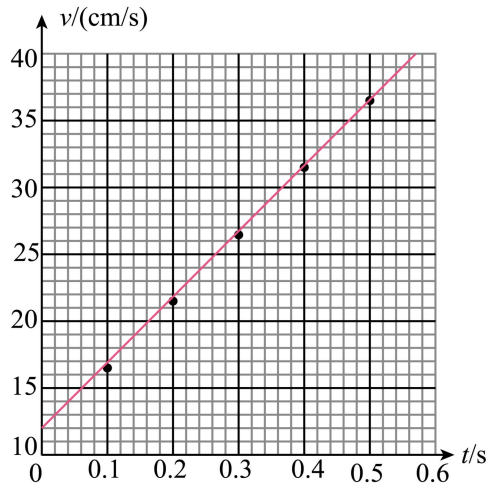


③根据图线求出小车运动的加速度 $a=$_____ $\mathrm{m/s^2}$；

④将图线延长与纵轴相交，交点的纵坐标是____ $\mathrm{cm/s}$，此速度的物理意义是_____。

(5)实验完毕后，某同学发现实验时电源的实际频率小于 50 赫兹，那么速度的测量值比实际值___（选填“偏大”、“偏小”或“不变”）。

【答案】(1)交流　　0.02　　(2)BD　　(3)刻度尺　　(4)　　0.10　　26.30



小车速度随时间均匀增大　　0.50　　12.00　　打 A 点时小车的速度　　(5)偏大

【解析】(1)[1]常见的打点计时器使用的都是交流电源。

[2]当电源频率为 50Hz 时，每隔

$$\Delta t=\frac{1}{f}=\frac{1}{50}\text{s}=0.02\text{s}$$

打一个点。

(2)ABC. 应先接通电源打点，待打点稳定后，再释放纸带运动，这样纸带可以得到充分利用，记录更多的数据，以减小实验误差，AC 错误，B 正确；

D. 纸带上相邻两计数点间的时间间隔相同，纸带上的点迹越密集，说明在相同时间内纸带通过的距离越小，因此说明纸带运动的速度越小，D 正确。

故选 BD。

(3)要测量小车的速度。除打点计时器（含所用电源、纸带、墨粉纸盘）外还必须使用的测量工具是刻度尺，刻度尺用来测量纸带上计数点间距离。

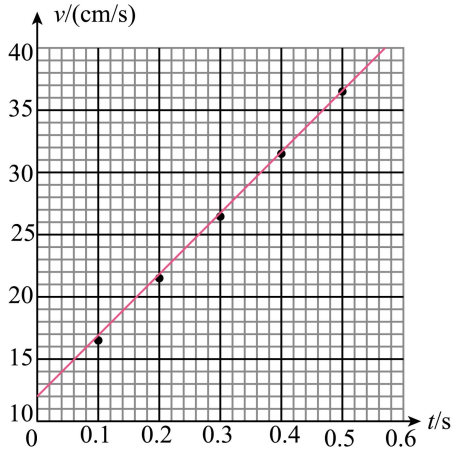
(4)①[1]纸带上每相邻的两个计数点间还有四个点未画出，打点计时器所用电源的频率是 50Hz 。可知两计数点间的时间间隔为

$$T=5\times\frac{1}{f}=5\times\frac{1}{50}\text{s}=0.10\text{s}$$

[2]在某段时间内中间时刻的瞬时速度等于这段时间内的平均速度，可得打 D 点时小车的速度为

$$v_D=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{x_{CE}}{2T}=\frac{2.38+2.88}{2\times0.1}\text{cm/s}=26.30\,\text{m/s}$$

②[3]由 $v_B=16.50\text{cm/s}$，$v_C=21.40\text{cm/s}$，$v_D=26.30\text{m/s}$，$v_E=31.35\text{cm/s}$，$v_F=36.30\text{cm/s}$，在坐标系中作出小车运动的 $v-t$ 图像（以打 A 点时开始计时）如图所示。



[4]由 $v-t$ 图像可知，在误差允许的范围内，小车速度随时间均匀增大，即小车做匀加速直线运动。

③[5]根据图线可得小车运动的加速度为

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{v_F-v_B}{t_F-t_B}=\frac{36.30-16.5}{0.5-0.1}\times 10^{-2}\,\text{m/s}^2=0.50\,\text{m/s}^2$$

④[6]将图线延长与纵轴相交，交点的纵坐标是 $12.00\,\text{cm/s}$。

[7]此速度的物理意义是打 A 点时小车的速度。

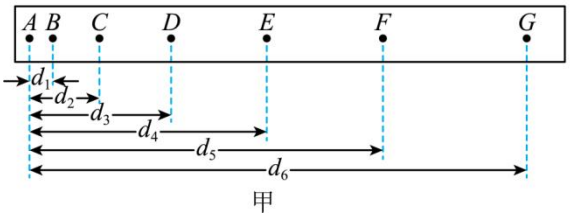
（5）实验时电源的实际频率小于 50 赫兹，则有

$$\Delta t=\frac{1}{f}>0.02\text{s}$$

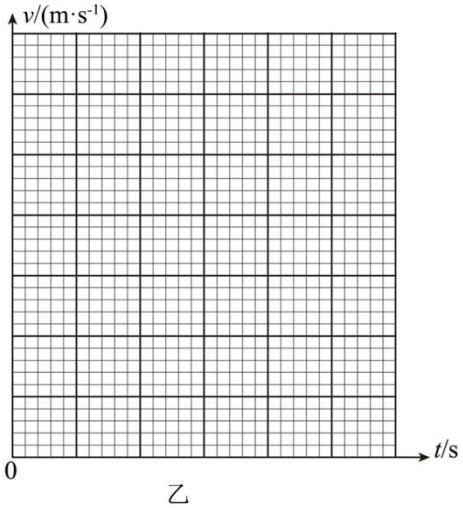
即打点周期实际大于 0.02s，若仍按 0.02s 计算，由 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 可知，那么速度的测量值比实际值偏大。

例 6、在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中，某同学得到一条用电火花计时器打下的纸带如图甲所示，并在其上取了 A、B、C、D、E、F、G 共 7 个计数点（每相邻两个计数点间还有 4 个点没有画出），电火花计时器接 220 V、50 Hz 交变电源。他经过测量并计算得到电火花计时器在打 B、C、D、E、F 各点时小车的瞬时速度如下表：

对应点	B	C	D	E	F
速度（m/s）	0.141	0.185	0.220	0.254	0.301



甲



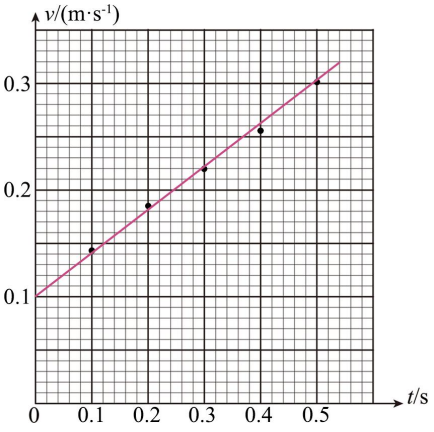
乙

（1）设电火花计时器的打点周期为 T，计算 v_F 的公式为 v_F＝___；

（2）根据表中的数据，以 A 点对应的时刻为 t＝0，在图乙所示坐标系中合理地选择标度，作出 v－t 图像___；

（3）利用该图像求得小车的加速度 a＝___$\mathrm{m/s^2}$；（结果保留 2 位有效数字）

（4）如果当时电网中交变电流的电压变成 210 V，而做实验的同学并不知道，那么加速度的测量值与实际值相比___（选填“偏大”“偏小”或“不变”）。如果当时电网中交变电流的频率是 f＝51 Hz，而做实验的同学并不知道，那么加速度的测量值与实际值相比___（选填“偏大”“偏小”或“不变”）。

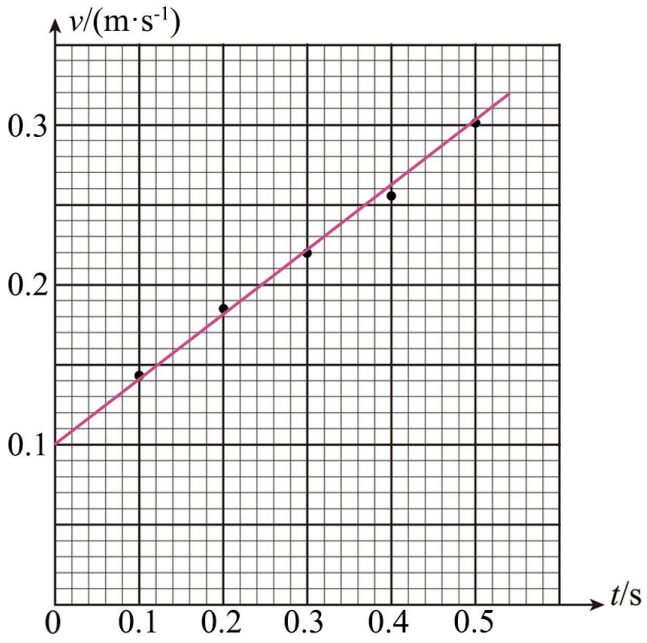


【答案】 $\dfrac{d_6-d_4}{10T}$ 0.40 不变 偏小

【解析】（1）[1]电火花计时器接 220 V、50 Hz 交变电源。则有打点周期 T=0.02s，每相邻两个计数点间还有 4 个点没有画出，则相邻两计数点的时间间隔为 5T，由中间时刻的瞬时速度等于平均速度，可得打 F 点时的速度公式为

$$v_F=\frac{d_6-d_4}{2\times 5T}=\frac{d_6-d_4}{10T}$$

（2）[2]由题表中的数据在图乙所示坐标系中描点画图。如图所示。



（3）[3]由 v-t 图像的斜率表示加速度，可得小车的加速度为

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{0.301-0.1}{5\times5\times0.02}\mathrm{m/s^2}=0.40\mathrm{m/s^2}$$

（4）[4] 当电网中交变电流的电压变成 210 V，可交流电的频率没变，打点周期不变，则不会影响加速度的测量值，因此加速度的测量值与实际值相比不变。

[5]电网中交变电流的频率是 f＝51 Hz 时，由

$$T=\frac{1}{f}=\frac{1}{51}\mathrm{s}<0.02\mathrm{s}$$

可知打点周期变小，测量时仍按 T=0.02s 计算，则测量值与实际值相比偏小。

方法点拨

1. 实验原理和数据处理

（1）原理：利用打点计时器记录时间，通过纸带上点间距计算速度；瞬时速度用相邻位移平均速度表示。

（2）数据处理：列表记录数据；图像法描点连线求斜率得加速度。

2. 实验步骤和误差分析

（1）步骤：先组装器材（打点计时器接电源、纸带连小车），操作时先通电再放车，实验后选清晰纸带重复测量。

（2）误差：系统误差来自未平衡摩擦、限位孔摩擦；偶然误差源于读数、描点偏差；可通过平衡摩擦、规范操作、多次测量减小误差。

对点集训

1.（多选）关于“探究小车速度随时间变化的规律”的实验操作，下列说法正确的是（　　）

A．长木板放在桌面上，带滑轮的一端要伸出桌边

B．实验时，要控制小车的加速度尽量小些

C．应先接通电源，待打点计时器打点稳定后再释放小车

D．纸带穿过限位孔后应置于复写纸下面

【答案】ACD

【解析】A．长木板放在桌面上，带滑轮的一端要伸出桌边，细线一端连着小车，另一端跨过定滑轮，连着重物.所以 A 正确；

B．实验时为了减小误差，小车的加速度应该适当大一些，故 B 错误.

C．实验中为了在纸带上打出更多的点，为了打点的稳定，具体操作中要求先启动打点计时器然后释放小车，所以 C 正确；

D．纸带穿过限位孔后应置于复写纸下面才能打出点，所以 D 正确.

2.（多选）在“探究小车速度随时间变化的规律”实验中，关于计数点间时间间隔的下列说法中正确的是（　　）

A．每隔四个点取一个计数点，则计数点间的时间间隔为 0.10 s

B．每隔四个点取一个计数点，则计数点间的时间间隔为 0.08 s

C．每隔五个点取一个计数点，则计数点间的时间间隔为 0.10 s

D．每隔五个点取一个计数点，则计数点间的时间间隔为 0.08 s

E．每五个点取一个计数点，则计数点间的时间间隔为 0.10 s

【答案】AE

【解析】AB.本实验用的电源为 50 Hz 的交流电，则相邻计时点间的时间间隔为

$T=\frac{1}{50}$ s＝0.02 s

所以每隔 4 个点取一个计数点时，计数点间的时间间隔为 0.10 s，故 A 正确，B 错误；

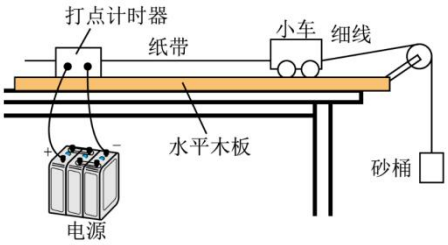
CD.每隔 5 个点取一个计数点则有 6 个时间间隔，总间隔为 0.02×6 s＝0.12 s，故 CD 错误；

E.每五个点取一个计数点，则相邻计数点间有五个时间间隔，时间为 0.02×5 s＝0.10 s，故 E 正确.

3.（多选）用打点计时器、平板、小车等器材做研究匀变速直线运动的实验。

甲

乙



(1)穿入打点计时器限位孔的纸带，正确的是___（填“甲”或“乙”）

(2)如图是学生即将释放小车之前的装置图及操作，以下存在错误的是（　　）

A．细线与木板不平行

B．打点计时器接的是直流电源

C．小车释放的位置离计时器较远

D．无论什么计时器，使用时均要先接通电源，后释放纸带

【答案】(1)甲　　(2)ABC

【解析】（1）穿入打点计时器限位孔的纸带，对于电火花计时器，应该墨粉纸盘在上，纸带在下，对于电磁打点计时器，应该复写纸在上，纸带在下。

故选甲。

（2）A．为给小车提供一个恒定的拉力，细线应与木板平行，故 A 错误；

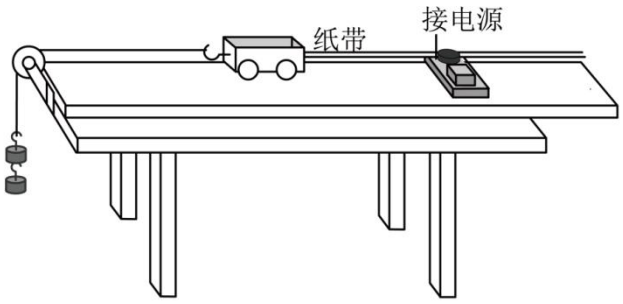
B．打点计时器应使用交流电源，故 B 错误；

C．小车释放前应靠近打点计时器，故 C 错误；

D．无论什么计时器，使用时均要先接通电源，后释放纸带，故 D 正确。

故选 ABC。

4．某一学习小组的同学想通过打点计时器在纸带上打出的点迹来探究小车速度随时间变化的规律，实验装置如图所示。



（1）常见的打点计时器有两种：____和_____，它们使用的都是__电源（填“直流”或“交流”），当电源频率为 50Hz 时，每隔___s 打一个点。

（2）关于本实验，下列说法正确的是____。

A．释放纸带的同时，接通电源

B．先接通电源打点，后释放纸带运动

C．先释放纸带运动，后接通电源打点

D．纸带上的点迹越密集，说明纸带运动的速度越大

（3）要测量小车的速度。除打点计时器（含所用电源、纸带、墨粉纸盘）外还必须使用的测量工具是___。

【答案】 电磁打点计时器　　电火花打点计时器　　交流　　0.02　　B　　刻度尺

【解析】（1）[1][2][3]常见的打点计时器有两种：电磁打点计时器和电火花打点计时器，它们使用的都是交流电源。

[4]当电源频率为 50Hz 时，每隔 0.02s 打一个点。

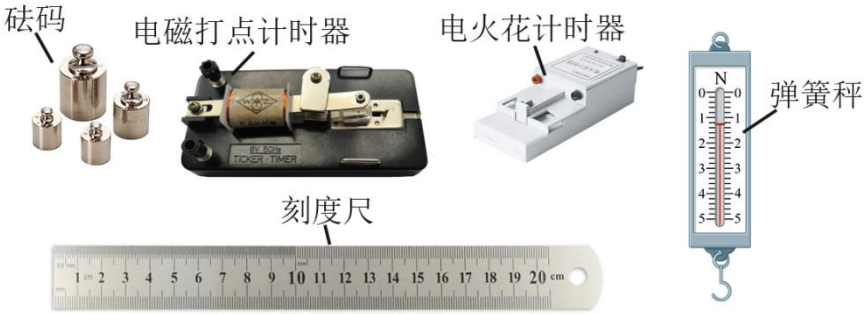
（2）[5]ABC．由于小车速度较快，且运动距离有限，打出的纸带长度也有限，为了能在长度有限的纸带上尽可能多地获取间距适当的数据点，实验时应先接通电源，后释放纸带，故 AC 错误，B 正确；

D．纸带上的点迹越密集，说明纸带运动的速度越小，故 D 错误。

故选 B。

（3）[6]除打点计时器（含所用电源、纸带、墨粉纸盘）外还必须使用的测量工具是刻度尺，用于测量纸带上的点间距离。

5．两实验小组的同学分别做“探究小车的速度随时间变化的规律”的实验。



（1）甲组同学从实验室已经领取了以下器材：一端装有定滑轮的长木板、小车、纸带、钩码、轻细绳、6V 交流电源。为了完成本实验，还须从图中选取部分实验器材，其名称分别为_____、_____。

（2）乙组同学另外从实验室领取了一套器材他们所选用的计时器为电火花计时器，使用电火花计时器时的基本步骤如下：

A．当纸带完全通过电火花计时器后，及时关闭电火花计时器；

B．将电火花计时器插头插入相应的电源插座；

C．把计时器固定在长木板上，将纸带从墨粉纸盘下面穿过打点计时器；

D．接通开关，听到放电声，立即拖动纸带。

上述步骤正确的顺序是_____（按顺序填写步骤前的字母）。

【答案】 电磁打点计时器　　刻度尺　　CBDA

【解析】（1）[1][2]电火花计时器使用的是220V的交流电，电磁打点计时器使用的是4~6V的交流电，所以应选择电磁打点计时器，实验中还需要刻度尺测量计数点间的距离；

（2）[3]实验时，应先安装装置，然后接通电源，释放纸带，实验完毕整理器材，所以顺序为CBDA。

6．某同学利用如图1所示装置“探究小车速度随时间变化的规律”。

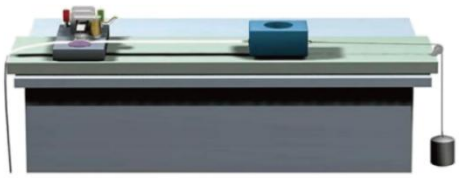


图1

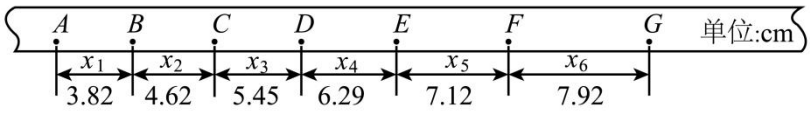


图2

（1）图1所示的计时器所用的电压为___（选填“交流220 V”或“直流220 V”）；

（2）该同学开始实验时，先释放小车再接通电源，该同学实验操作中不恰当的地方是___；

（3）该同学在实验中使用频率为50 Hz的打点计时器，获得的纸带如图2所示，其中相邻两个计数点之间还有4个点没有画出，根据纸带可以求得打点计时器在打下C点时小车的速度为___m/s，小车的加速度大小为___m/s^2（均保留两位有效数字）。

【答案】 交流 220 V　　应该先接通电源再释放小车　　0.50　　0.83

【解析】（1）[1]电火花打点计时器使用电压为 220 V 交流电源。

（2）[2]为了充分利用纸带，应该先接通电源，再释放小车。

（3）[3]实验中使用频率为50 Hz的打点计时器，纸带上相邻两个计数点之间还有4个点没有画出，则相邻两计数点间的时间间隔为

$$T=\frac{1}{f}\times 5=\frac{5}{50}\text{s}=0.1\text{s}$$

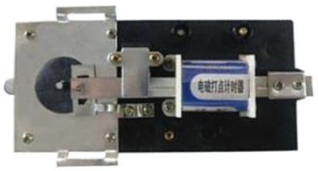
根据匀变速运动中间时刻的瞬时速度等于这段时间内的平均速度，因此打C点的瞬时速度

$$v_C=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{x_2+x_3}{2T}=\frac{4.62+5.45}{2\times 0.1}\times 10^{-2}\,\text{m/s}=0.50\,\text{m/s}$$

[4]根据“逐差法”，小车加速度

$$a=\frac{\left(x_4+x_5+x_6\right)-\left(x_1+x_2+x_3\right)}{9T^2}=\frac{6.29+7.12+7.92-3.82-4.62-5.45}{9\times 0.1^2}\times 10^{-2}\,\text{m/s}^2=0.83\,\text{m/s}^2$$

7．在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中：



甲

乙

（1）图中打点计时器乙的工作电压为_（填“交流”或“直流”）__V。若提供的实验器材中同时有甲、乙两个打点计时器，优先选用__（填“甲”或“乙”）。

（2）下列操作中正确的有__。

A．在释放小车前，小车要靠近打点计时器　　B．打点计时器应放在长木板有滑轮的一端

C．应先接通电源，后释放小车　　D．跨过滑轮所吊重物越重越好，可以减小阻力的影响

【答案】交流　　220　　乙　　AC/CA

【解析】（1）[1][2]题中乙是电火花计时器，工作电压是交流 220V。

[3]甲是电磁打点计时器，在打点的过程中振针和纸带间的摩擦力较大，误差较大，乙是电火花计时器，没有振针，利用火花放电产生点迹，摩擦力较小，误差较小，故优先使用乙。

（2）[4]AB．为了能在纸带上打更多的点，在释放小车前，小车要靠近打点计时器，并且打点计时器应放在长木板上没有滑轮一端，故 B 错误，A 正确；

C．应先接通电源，待打点稳定后释放小车，故 C 正确；

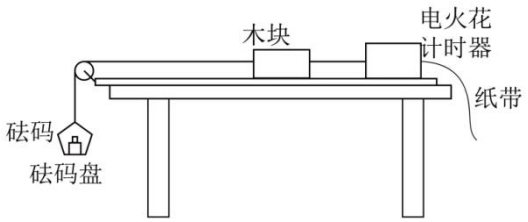
D．探究小车速度随时间变化的规律，不需要减小阻力，故 D 错误。

故选 AC。

8．（1）使用电磁打点计时器时，应将计时器接到

A．直流电源上　　B．交流电源上　　C．直流、交流电源均可

（2）如图，使用电火花打点计时器来分析木块拖动纸带运动情况，如下基本步骤中，正确的排列顺序为：



A．安装好纸带　　B．把电火花打点计时器固定在桌子上

C．松开纸带让小车带着纸带运动开始打点　　D．接通 220V 电源

E．关闭电源，取下纸带

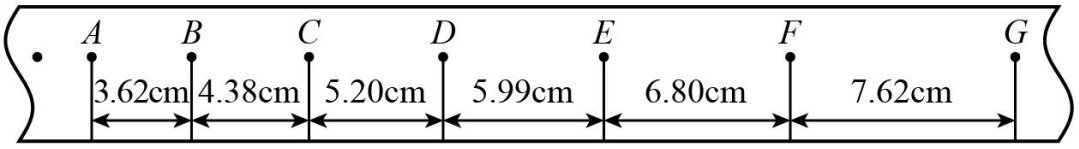
【答案】　　B　　BADCE

【解析】（1）[1]使用电磁打点计时器时，应将计时器接到交流电源上，故选 B。

（2）[2]先把电火花打点计时器固定在桌子上并安装好纸带，之后接通 220V 电源，松开纸带让小车带着纸带运动开始打点，待小车运动适当距离后，关闭电源，取下纸带，故正确的排列顺序为 BADCE。

综合演练

9．某同学在“用打点计时器测速度”的实验中，用打点计时器记录了被小车拖动的纸带的运动情况（交流电频率是 50Hz），在纸带上确定出 A、B、C、D、E、F、G 共 7 个计数点。其相邻点间的距离如图所示，每两个相邻的计数点之间有四个点未画出。（以下计算结果保留 3 位有效数字）。



（1）电磁打点计时器是一种使用交流电源的计时仪器，根据打点计时器打出的纸带，下列选项中：

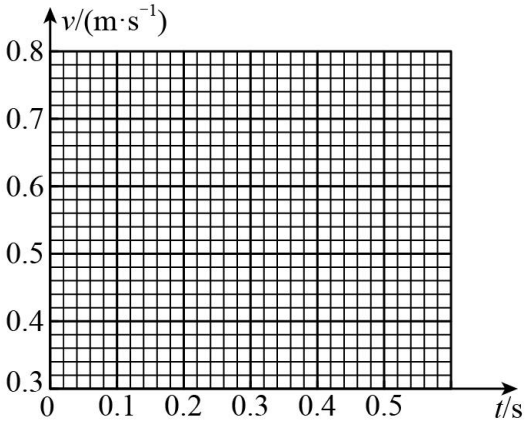
A．时间间隔　　B．位移　　C．平均速度　　D．瞬时速度

我们可以从纸带上直接得到的物理量是___，测量得到的物理量是___，通过计算能得到的物理量是___（填选项前的字母）。

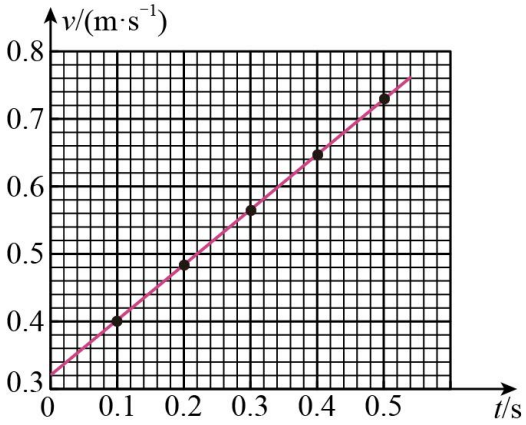
（2）根据纸带上各个计数点间的距离，计算出打下 B、C、D、E、F 五个点时小车的瞬时速度，各个速度值如下表。计算出 B 点速度的大小___。

	v_B	v_C	v_D	v_E	v_F
数值/(m·s^{-1})		0.479	0.560	0.640	0.721

将 B、C、D、E、F 各个时刻的瞬时速度标在直角坐标系中，并画出小车的瞬时速度随时间变化的关系图线___。



（3）根据图像求出小车的加速度 a=___ 。



【答案】A　　B　　CD/DC　　0.400　　0.803m/s^2

【解析】（1）[1]因为打点计时器的频率为 50Hz ，则从纸带上直接得到的物理量是时间间隔，相邻的点迹（计时点）之间的时间间隔为 0.02s ，故选 A；

[2]可以用刻度尺测量出小车的位移大小，故选 B；

[3]平均速度和瞬时速度的大小可以通过位移大小与对应的时间间隔计算出来。故选 CD。

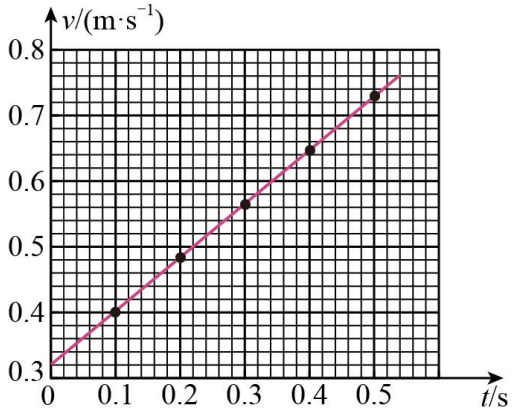
（2）[4]每两个相邻的计数点之间有四个点未画，则相邻的计数点之间的时间间隔为

$$T = 5\times 0.02\text{s} = 0.1\text{s}$$

根据速度公式可知，B 点的瞬时速度

$$v_B = \frac{x_{AB}+x_{BC}}{2T} = \frac{(3.62+4.38)\times 10^{-2}\ \text{m}}{2\times 0.1\text{s}} = 0.400\text{m/s}$$

[5]根据计算的 B 点速度及表中其他各点的速度在坐标系中描点连线，如图所示



（3）[6]选用图像中距离较远的两点求解加速度误差更小，根据图像可知小车的加速度

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{0.721\text{m/s}-0.400\text{m/s}}{4\times 0.1\text{s}}=0.803\text{m/s}^2$$

10．某同学用图 1 所示的装置研究小车做匀变速直线运动的特点。

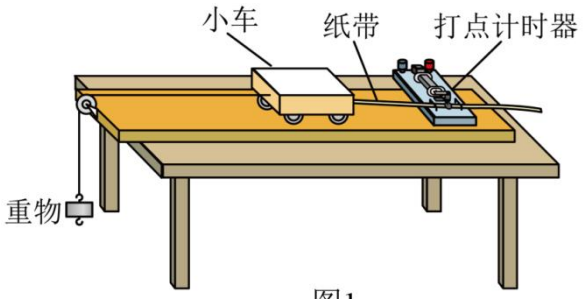


图1

（1）实验中，除打点计时器（含交流电源、纸带、复写纸）、小车、平板和重物外，在下面的器材中，必须使用的是___（选填选项前的字母）。

A．刻度尺　B．秒表　C．天平　D．弹簧测力计

（2）下列实验步骤的正确顺序是___（用字母填写）。

A．关闭电源，取下纸带

B．将小车停靠在打点计时器附近，小车尾部与纸带相连

C．把打点计时器固定在平板上，让纸带穿过限位孔

D．接通电源后，放开小车

（3）实验中获得的一条纸带如图 2 所示，在纸带上依次取O、A、B、C、D……若干个计数点，利用实验数据计算出打点时小车的速度v，以v为纵坐标，t为横坐标，做出如图 3 所示的$v-t$图象。根据图象求出小车的加速度a=___m/s^2（保留 3 位有效数字）。

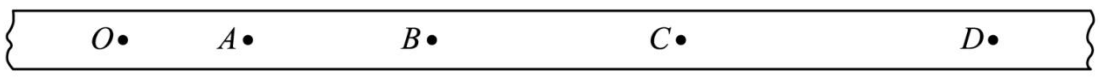


图2

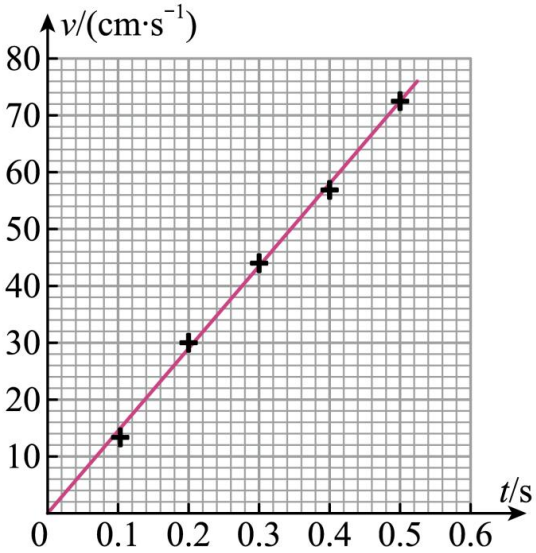


图3

【答案】 A　　CBDA　　1.44

【解析】（1）[1]A．需要用刻度尺测量计数点之间的距离处理数据，故 A 需要；

B．打点计时器有计时功能，所以不需要秒表，故 B 不需要；

C．本实验是研究匀变直线运动的特点，只让小车做匀加速即可，不需要测量质量，所以天平不需要，故 C 不需要；

D．本实验是研究匀变直线运动的特点，只让小车做匀加速即可，不需要测量力，所以弹簧测力计不需要，故 D 不需要。

故选 A。

（2）[2]根据实验原理以及实验过程，先安装仪器，然后接通电源放开小车进行实验，最后关闭电源，取下纸带数据处理，则下列实验步骤的正确顺序是 DCBA。

（3）[3]根据图像可得

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{0.720}{0.50}\text{m/s}^2=1.44\text{m/s}^2$$

进阶检测

（考试时间：40 分钟 试卷满分：100 分）

一、单选题（5 分/题，共 10 分）

1．在“探究小车速度随时间变化的规律”实验中，下列做法不能减小实验误差的是（　　）

A．选取计数点，把每打五个点的时间间隔作为一个时间单位

B．使小车运动的速度尽量小些

C．舍去纸带上密集的点，只利用点迹清晰、点间间隔适当的一部分进行测量、计算

D．选用各处平整程度相同的长木板做实验

【答案】B

【解析】A．选取计数点可以使用于测量和计算的相邻点间的间隔增大，在用直尺测量这些点间的距离时，在一次测量绝对误差基本相同的情况下，相对误差较小，故 A 正确，不符合题意；

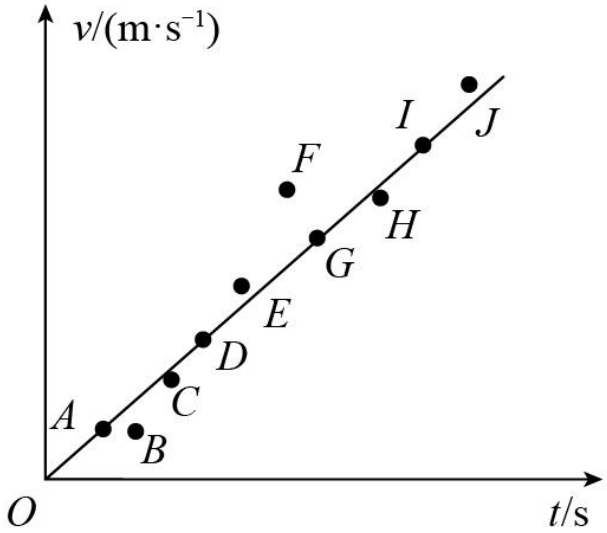
B．在实验中，如果小车运动的速度过小，打出的点很密，长度测量的相对误差较大，测量准确度会降低，因此小车的速度略大一些较好，故 B 错误，符合题意；

C．为了减小长度测量的相对误差，应舍去纸带上过于密集的点，故 C 正确，不符合题意；

D．如果实验中所用长木板各部分的平整程度不同，小车的速度变化会不均匀，从而导致实验误差增大，故 D 正确，不符合题意。

故选 B。

2．在实验中，利用纸带上的数据得出各计数点的瞬时速度后，以速度 v 为纵轴，以时间 t 为横轴建立直角坐标系。某次实验中某同学描出的点如图所示。在直角坐标系上一共描出了 10 个点。



下列思考有道理的是（　　）

①这 10 个点无论如何也不在一条直线上，因此小车运动的 v-t 图线不可能为一条直线，而应为一条光滑的曲线

②这 10 个点中有 6 个点虽然不在一条直线上，但它们在一条直线附近，只有 F 和 B 两点离这条直线太远

③在 8 个点当中只有 4 个点能画在一条直线上（A、D、G、I），有 6 个点不在该直线上，这条直线肯定不能表示小车运动的规律

④与直线偏差较小的点（*C*、*E*、*H*、J）可能是实验误差造成的，而与直线偏离较大的点（*B*、*F*）则可能是实验中出现错误造成的

A．①③　　B．②④　　C．①②　　D．③④

【答案】B

【解析】①②③由于实验存在误差或错误，所以这 10 个点中有 8 个点不可能完全在一条直线上，但紧挨在一条直线附近，只有 F 和 B 两个点离这条直线远，用倾斜直线进行连接，这条直线通过大部分的点，不在直线上的点两侧分布均匀，此条直线可表示小车运动的规律，①③错误②正确。

④在直线通过大多数的点，与直线偏差较小的点（C、E、H、J）可能是实验误差造成的，而与直线偏离较大的点（B、F）则可能是实验中出现错误造成的，④正确。

故选 B。

二、多选题（漏选得 3 分，全对得 6 分，错选得 0 分，共 24 分）

3．下列关于“探究小车速度随时间变化的规律”的实验操作中，正确的是（　　）

A．在释放小车前，小车要紧靠打点计时器

B．打点计时器应放在长木板有滑轮的一端

C．应先接通电源，在打点计时器打点稳定后再释放小车

D．小车停止运动后，应立即关闭电源，再取下纸带

【答案】ACD

【解析】A．在释放小车前，小车要紧靠打点计时器，这样纸带会得到充分利用，会得到更多的数据，减小实验误差，A 正确；

B．打点计时器应放在长木板没有滑轮的一端，B 错误；

C．应先接通电源，在打点计时器打点稳定后再释放小车，这样对减小实验误差有利，C 正确；

D．小车停止运动后，应立即关闭电源，再取下纸带，D 正确。

故选 ACD。

4．在“探究小车速度随时间变化规律”的实验中，下列操作中正确的有（　）

A．在释放小车前，小车要靠近打点计时器

B．打点计时器应放在长木板的有滑轮一端

C．应先接通电源，后释放小车

D．电火花计时器应使用低压交流电源

【答案】AC

【解析】AC．由于小车速度较快，且运动距离有限，打出的纸带长度也有限，为了尽可能增加纸带长度，且在纸带上尽可能多地获取间距适当的数据点，在释放小车前，小车要靠近打点计时器，且应先接通电源，后释放小车，故 AC 正确；

B．打点计时器应放在长木板的没有滑轮一端，故 B 错误；

D．电火花计时器应使用 220V 交流电源，故 D 错误。

故选 AC。

5．关于打点计时器，下列描述正确的是（　　）

A．打点计时器是可以直接测量时间的仪器

B．电磁打点计时器也可以使用干电池供电

C．我们实验中的打点计时器只有接在50Hz交流电下，才能实现相邻的两点间隔 0.02s

D．6V 以下的交流电可以保证电火花打点计时器正常工作

【答案】AC

【解析】A．打点计时器是在纸带上直接测量时间的仪器，A 正确；

B．电磁打点计时器是利用交变电流产生交变的磁场使簧片振动打点的，所以只能使用交流电，不可以使用干电池供电，B 错误；

C．打点计时器接在 50Hz 交流电下，由交流电的周期与频率的关系可知

$$T=\frac{1}{f}=\frac{1}{50}\text{s}=0.02\text{s}$$

实现打点计时器相邻的两点时间间隔是 0.02s，C 正确；

D．220V 交流电可以保证电火花打点计时器正常工作，D 错误。

故选 AC。

6．在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中，下列说法正确的是（　）

A．通过调节滑轮的高度，使小车、纸带、细绳和定滑轮上边缘在一条水平线上

B．坐标轴的单位长度越小越好

C．开始打点前要先接通电源后释放小车，打完点后要先断开电源后取纸带

D．槽码的质量越大越好

【答案】AC

【解析】A．实验中调节滑轮的高度使小车、纸带、细绳和定滑轮上边缘在一条水平线上，可以减小误差，A 正确；

B．要适当地选取坐标轴的单位长度，使图像尽量分布在坐标平面中央，B 错误；

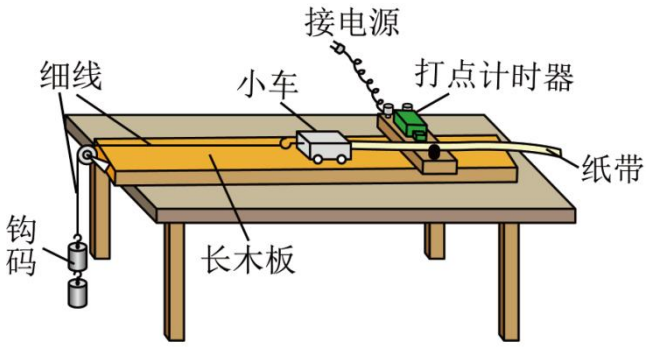
C．开始打点前要先接通电源后释放小车，打完点后要先断开电源后取纸带，C 正确；

D．槽码的质量要适中，不要太大也不要太小，D 错误。

故选 AC。

三、实验题（3 分/空，共 66 分）

7．某同学利用图示装置研究小车的匀变速直线运动。

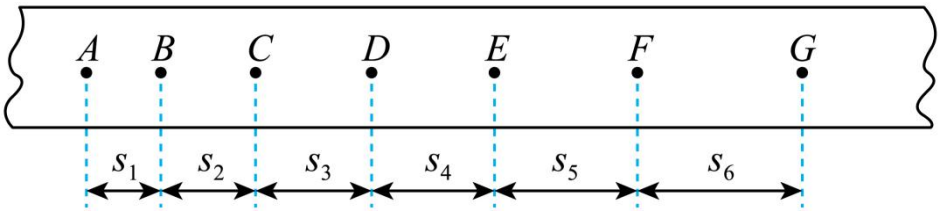


（1）实验中，必要的措施是_____。

A．先释放小车再接通电源　　B．先接通电源再释放小车

C．将小车放在靠近打点计时器的一端　　D．将小车放在远离打点计时器的一端

（2）他实验时将打点计时器接到频率为 100Hz 的电源上，得到一条纸带，打出的部分计数点如下图所示（每相邻两个计数点间还有 9 个点，图中未画出）。



$s_1=3.59\text{cm}$，$s_2=4.41\text{cm}$，$s_3=5.19\text{cm}$，$s_4=5.97\text{cm}$，$s_5=6.78\text{cm}$，$s_6=7.64\text{cm}$，则小车的加速度 a=_____m/s^2（充分利用测量的数据），打点计时器在打 B 点时小车的速度 v_B =_____m/s。（结果均保留两位有效数字）

【答案】 BC/CB　　0.80　　0.40

【解析】（1）[1] AB．实验时应先接通电源，待打点计时器打点稳定后再释放小车，A 错误，B 正确；

CD．为了充分利用纸带获取多的数据，应将小车放在靠近打点计时器的一端，C 正确，D 错误。

故选 BC。

（2）[2]电源频率为 100Hz，则打点计时器每隔 0.01s 打一个点，纸带上每相邻两个计数点间还有 9 个点，图中未画出，则知纸带上每相邻两个计数点间的时间间隔为

T=0.01×10s=0.1s

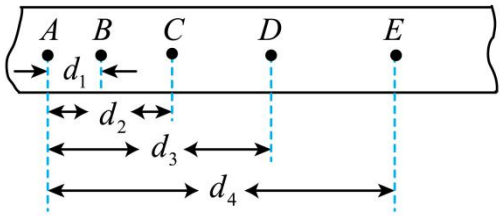
由运动学公式$\Delta x = aT^2$，可得小车的加速度

$$a = \frac{\Delta x}{T^2} = \frac{(s_4 + s_5 + s_6) - (s_1 + s_2 + s_3)}{9T^2} = 0.80\,\mathrm{m/s^2}$$

[3]由中间时刻的瞬时速度等于平均速度，可得打点计时器在打 B 点时小车的速度

$$v_B = \frac{s_1 + s_2}{2T} = \frac{3.59 + 4.41}{2 \times 0.1} \times 10^{-2}\,\mathrm{m/s} = 0.40\,\mathrm{m/s}$$

8．某同学在用电火花打点计时器和纸带做“研究匀变速直线运动规律”的实验时，得到一条打下的纸带如图所示，并在上面取了 A、B、C、D、E 五个计数点，相邻两个计数点间还有 4 个点（图中没有画出），打点计时器所用电源为频率 50Hz 的交流电源，即打点周期为 T=0.02s。



(1)电火花打点计时器的工作电压为____V；

(2)计算打下 D 点的瞬时速度 v 的公式为 v=___（选用题中所给的物理量 T、d_1、d_2、d_3、d_4 等字母表示）；

(3)实验测得 $d_1 = 1.20\mathrm{cm}$、$d_2 = 3.15\mathrm{cm}$、$d_3 = 5.85\mathrm{cm}$、$d_4 = 9.30\mathrm{cm}$，则物体的加速度大小为 a=___$\mathrm{m/s^2}$（结果保留两位有效数字）。

【答案】(1) 220　　(2) $\frac{d_4 - d_2}{10T}$　　(3) 0.75

【解析】（1）电火花打点计时器的工作电压为220V 。

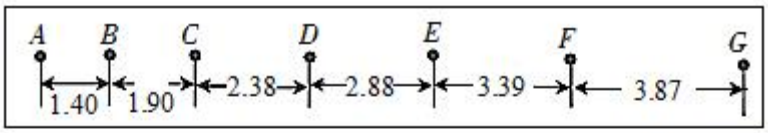
（2）打下某点时的瞬时速度用这点前后两点间的平均速度来代替，所以计算打下 D 点的瞬时速度 v 的公式为

$$v = \frac{d_4 - d_2}{10T}$$

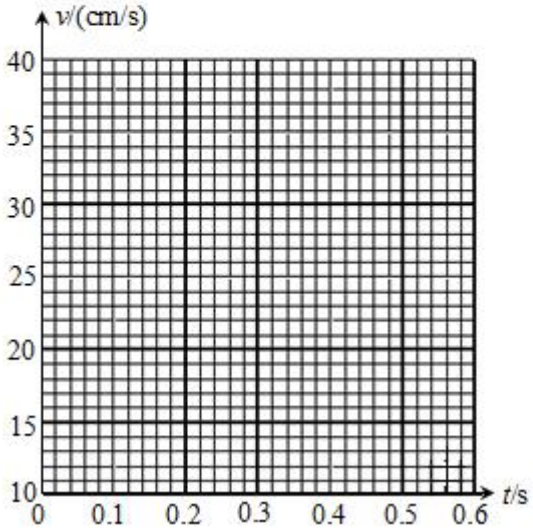
（3）利用逐差法计算物体的加速度大小

$$a = \frac{x_{CE} - x_{AC}}{(10T)^2} = \frac{(d_4 - d_2) - d_2}{(10T)^2} = \frac{[(9.30 - 3.15) - 3.15] \times 10^{-2}}{(10 \times 0.02)^2}\,\mathrm{m/s^2} = 0.75\,\mathrm{m/s^2}$$

9．用电磁打点计时器“研究匀变速直线运动”的实验中，打点计时器的工作频率为 50Hz，如图所示的是一次记录小车运动情况的纸带，图中 A、B、C、D、E、F、G 为相邻的计数点，相邻计数点间还有四个点未画出。



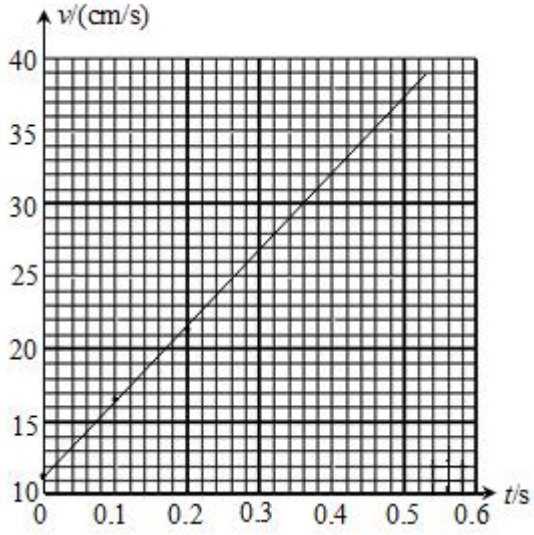
单位：cm



(1)根据运动学有关公式可求得 vB=16.50cm/s，vC=__cm/s，vD=26.30cm/s；

(2)利用求得的数值在如图所示的坐标系中做出小车的 v—t 图线（以打 A 点时开始计时）(　　)，并根据图线求出小车运动的加速度 a=__m/s²；（结果保留 2 位有效数字）

(3)将图线延长与纵轴相交，交点的纵坐标是__cm/s，此速度的物理意义是___。



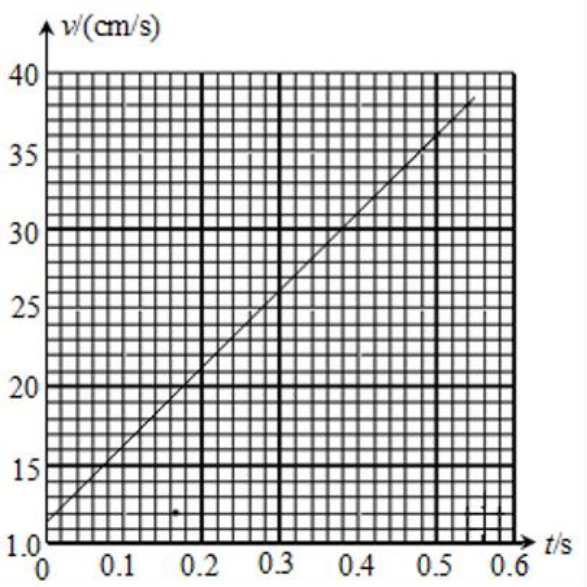
【答案】 21.40　　0.49　　11.60　　开始计时时小车的速度（即表示小车在 A 点的瞬时速度）

【解析】(1)[1]电磁打点计时器频率是 50Hz 时，它们每隔 0.02s 打一次点，根据题意可知：每相邻两个计数点间还有 4 个点没有画出，因此计数点之间的时间间隔为

$$T = 5 \times 0.02\text{s} = 0.1\text{s}$$

根据匀变速直线运动中时间中点的速度等于该过程中的平均速度，因此有

$$v_C=\frac{x_{BD}}{t_{BD}}=\frac{1.90+2.38}{2\times0.1}\text{cm/s}=21.4\text{cm/s}$$



(2)[2]描点作图，用平滑曲线连接，如图所示

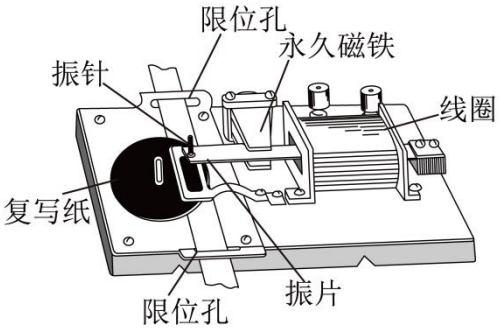
[3]速度图象中斜率即加速度，所以

$$a=k=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{0.360-0.163}{0.5-0.1}\text{m/s}^2=0.49\text{m/s}^2$$

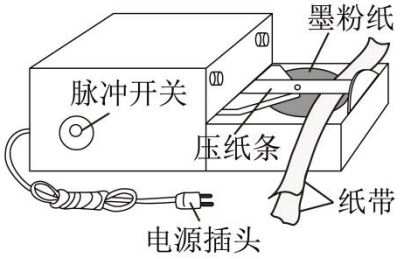
(3)[4]将图线延长与纵轴相交，交点的纵坐标是 11.60cm/s；

[5]此速度的物理意义是：开始计时时小车的速度（即表示小车在 A 点的瞬时速度）。

10．图中的甲、乙两种打点计时器是高中物理实验中常用的，请回答下面的问题：



甲

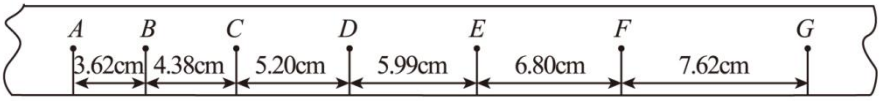


乙

（1）图乙是____（填“电磁”或“电火花”）打点计时器，电源采用的是___（填“交流 8V”“交流 220V”或“四节干电池”）。

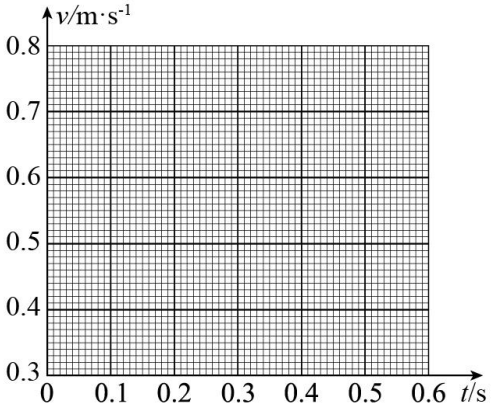
（2）某同学在“探究小车速度随时间变化的规律”的实验中，用打点计时器记录了被小车拖动的纸带的运动情况，在纸带上确定出 A、B、C、D、E、F、G 共 7 个计数点，其相邻点间的距离如图所示，每两个相邻的计数点之间还有 4 个点未画出。

①根据纸带上各个计数点间的距离，计算出打下 B、C、D、E、F 五个点时小车的瞬时速度，请将 B、F 的速度值填入下表。（结果保留 3 位小数）



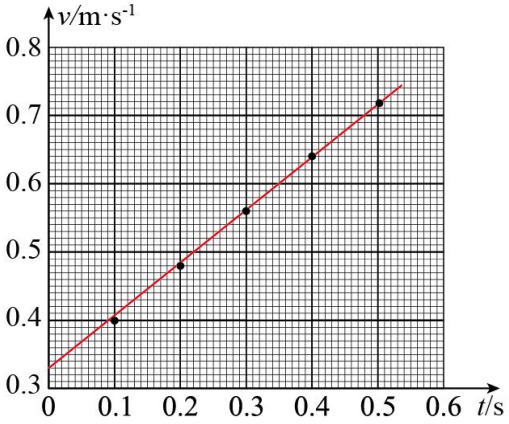
速度	v_B	v_C	v_D	v_E	v_F
数值（m/s）		0.479	0.560	0.640	

②以 A 点为计时起点，将 B、C、D、E、F 各个时刻的瞬时速度标在直角坐标系中，并画出小车的瞬时速度随时间变化的关系图线___。



③由所画速度一时间图像求出小车加速度为___m/s^2（结果保留 2 位小数）

（3）根据速度一时间图像判断，在打 A 计数点时，小车的速度 v_A =___m/s。（结果保留 2 位小数）



【答案】 电火花　　220　　0.400　　0.721　　0.78　　0.33

【解析】（1）[1]图乙是电火花打点计时器。

[2]电源采用的是交流220V 。

（2）①[3]在纸带上确定出 A、B、C、D、E、F、G 共 7 个计数点，每两个相邻的计数点之间还有 4 个点未画出，可知纸带上相邻两个计数点间的时间间隔是

$$T = 0.02 \times 5\text{s} = 0.1\text{s}$$

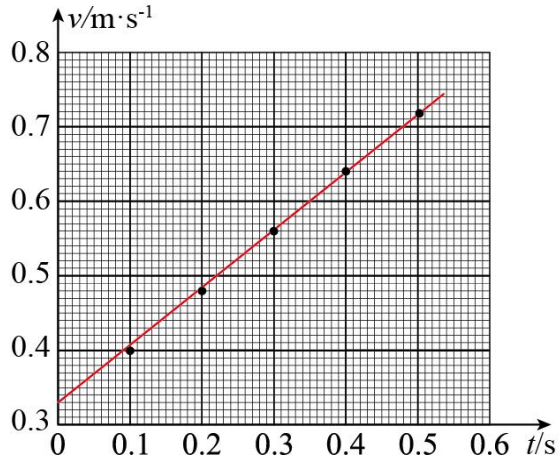
匀变速直线运动在某段时间内中间时刻的瞬时速度等于这段时间内的平均速度，可得 B 点的速度为

$$v_B = \frac{x_{AC}}{2T} = \frac{3.62 + 4.38}{2 \times 0.1} \times 10^{-2}\ \text{m/s} = 0.400\ \text{m/s}$$

[4]可得 F 点的速度为

$$v_F = \frac{x_{EG}}{2T} = \frac{6.80 + 7.62}{2 \times 0.1} \times 10^{-2}\ \text{m/s} = 0.721\ \text{m/s}$$

②[5]以 A 点为计时起点，将 B、C、D、E、F 各个时刻的瞬时速度标在直角坐标系中，画出小车的瞬时速度随时间变化的关系图线，如图所示。



③[6]由速度一时间图像求出小车加速度为

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0.721 - 0.330}{0.5}\ \text{m/s}^2 = 0.78\ \text{m/s}^2$$

（3）[7]由速度一时间图像判断，在打 A 计数点时，小车的速度

$$v_A = 0.33\ \text{m/s}$$

11．在“探究小车速度随时间变化的规律”实验中，实验装置如图 1 所示。

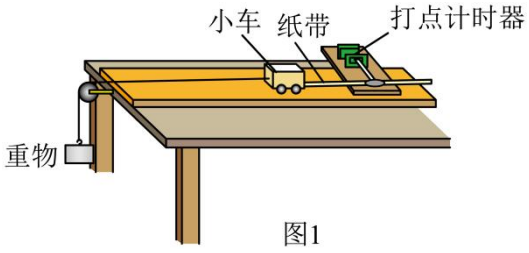


图1

（1）下列说法中正确的是____(填字母)。

A．连接重物和小车的细线应与长木板保持平行

B．长木板的一端必须垫高，使小车在不挂重物时能在木板上做匀速运动

C．小车应靠近打点计时器，先接通电源，后释放小车

D．选择计数点时，必须从纸带上第一个点开始

（2）已知打点计时器所用交流电源的频率为 50Hz，图 2 是实验中打下的一段纸带。算出计数点 3 的速度大小为____m/s，(保留两位有效数字)并在图 3 中标出，其余计数点 1、2、4、5 对应的小车瞬时速度大小在图 3 中已标出。

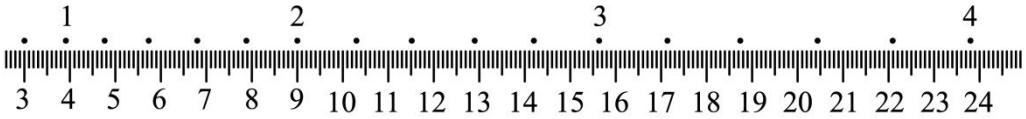
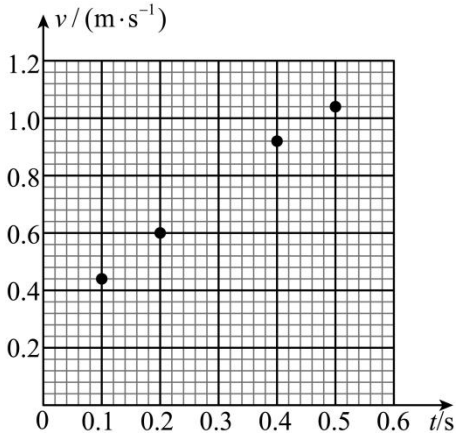
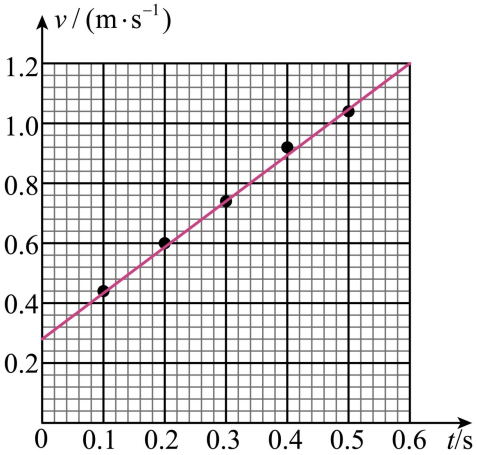


图2

（3）作图___并求得小车的加速度大小为_____m/s²(保留三位有效数字)。





【答案】 AC/CA　　0.74　　1.53

【解析】（1）[1]A．为使小车受到的合力不变，连接重物和小车的细线应与长木板保持平行，A 正确；

B．长木板的一端不需要垫高来平衡摩擦力，只要小车做加速直线运动即可，B 错误；

C．小车应靠近打点计时器，先接通电源，带打点计时器打点稳定后，再释放小车，纸带会得到充分利用，记录较多的数据，减小实验误差，C 正确；

D．选择计数点时，要从第一个比较清晰的点开始选择计数点，可以不从纸带上第一个点开始，D 错误。

故选 AC。

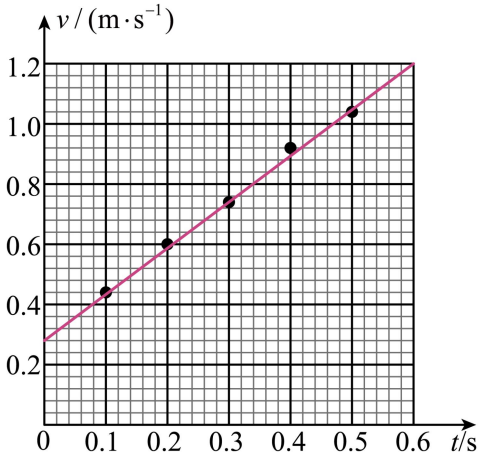
（2）[2]已知打点计时器所用交流电源的频率为 50Hz，可得打点周期为

$$T=\frac{1}{f}=\frac{1}{50}\mathrm{s}=0.02\mathrm{s}$$

由中间时刻的瞬时速度等于平均速度，可得打计数点 3 的速度大小为

$$v_3=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{x_{24}}{2\times 5T}=\frac{23.8-9}{2\times 5\times 0.02}\times 10^{-2}\,\mathrm{m/s}=0.74\,\mathrm{m/s}$$

（3）[3]在图 3 中标出 v3，作图如图所示。



[4]由速度时间图像的斜率表示加速度，可得小车的加速度大小为

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{1.2-0.28}{0.6-0}\mathrm{m/s^2}=1.53\,\mathrm{m/s^2}$$

衔接点 06 匀变速直线运动速度与时间的关系

学习要求

初中阶段	高中阶段
主要聚焦运动的基础认知，学生需掌握匀速直线运动的概念，理解速度的定义式$v=\frac{s}{t}$，能够通过路程和时间计算平均速度，并能区分匀速直线运动与变速直线运动 。同时，能对简单的运动情境进行分析，为高中学习更复杂的运动规律奠定初步的知识与思维基础。	深入理解匀变速直线运动的本质特征，即加速度恒定不变。熟练掌握速度与时间的关系公式 v＝v_0＋at)，能够运用该公式进行定量计算，结合速度－时间图像分析匀变速直线运动的速度变化规律，包括速度大小、方向的变化情况以及加速度在图像中的体现 。此外，还需具备将实际问题转化为物理模型的能力，通过建立合适的坐标系，运用数学工具解决匀变速直线运动中的速度、时间等问题，培养逻辑推理和科学思维能力。
衔接指引	
初中阶段考查形式：多采用选择题、填空题和简单计算题。 高中阶段考查形式：选择题、填空题、计算题和图像分析题。	

知识衔接

回顾初中知识

1. 匀速直线运动

（1）概念：物体沿直线且__速度不变__的运动。

（2）速度：做匀速直线运动的物体，其速度可以用公式__$v=\frac{s}{t}$__来计算，但速度的大小与时间和路程无关。

2. 变速直线运动

（1）定义：物体做直线运动时，其速度的大小通常是__变化__的，即在相等的时间内通过的路

程　不相等，这种运动叫变速直线运动。

（2）计算公式：$v=\frac{s}{t}$，公式中的“s”是指通过的路程，“t”是指通过这段路程所用的时间，“v”即是这段路程（时间）的平均速度。

知新高中知识

一、匀变速直线运动

1、定义：沿着一条直线，且__加速度不变__的运动。

2、特点：

（1）加速度 a 恒定不变；　　（2）v－t 图象是一条倾斜直线。

3、分类：

（1）匀加速直线运动：速度随时间__均匀增加__的直线运动；

（2）匀减速直线运动：速度随时间__均匀减少__的直线运动。

二、匀变速直线运动速度与时间的关系

1. 速度公式：__$v=v_0+at$__。

2. 意义：做匀变速直线运动的物体，在 t 时刻的速度 v 等于物体在开始时刻的速度 v_0 加上在整个过程中速度的变化量 at。

3、公式的矢量性

（1）公式中的 v_0、v、a 均为矢量，应用公式解题时，首先要规定正方向，一般取 v_0 的方向为正方向，a、v 与 v_0 的方向相同时取正值，与 v_0 的方向相反时取负值。计算时将各量的__数值和正负号__一并代入计算。

（2）a 与 v_0__同向时__物体做匀__加速直线运动__，a 与 v_0 方向__相反时__，物体做__匀减速直线运动__。

4、公式的适用条件：只适用于匀__变速直线运动__。

5、公式的特殊形式

（1）当 a＝0 时，$v=v_0$(匀速直线运动)。

（2）当 v_0＝0 时，v＝at(由静止开始的匀加速直线运动)。

6、应用 $v=v_0+at$ 解题步骤：

（1）规定一个方向为__正方向__(一般以初速度的方向为正方向)。

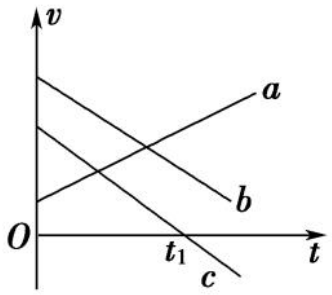
（2）根据规定的正方向确定已知量的正、负，并用带有正、负号的数值表示。

（3）根据速度与时间的关系式列式、求解。

（4）根据计算结果说明所求物理量的大小、方向。

三、匀变速直线运动的 v-t 图像

1、v－t 图象：如图所示，匀变速直线运动的 v－t 图象是一条倾斜的直线。



（1）直线 a 反映了速度随着时间是 均匀增加 的，为 匀加速直线运动 的图像。

（2）直线 b 反映了速度随着时间是 均匀减小 的，为 匀减速直线运动 的图像。

（3）直线 c 反映了速度随着时间 先均匀减小 ， 后均匀增加 ，由于加速度不变，整个运动过程也是 匀变速直线运动 。

2、分析 v-t 图像时应注意的两点

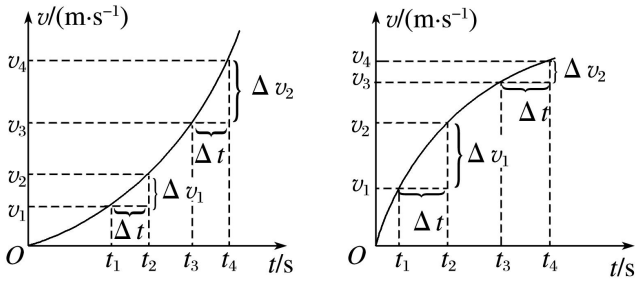
（1）加速度是否变化看有无拐点（转折点）： 在拐点位置 ，图线的倾斜程度改变，表示此时刻物体的 加速度改变 ，v-t 图像为曲线，可认为曲线上处处是折点，加速度时刻在改变。

（2）速度方向是否改变看与时间轴有无交点： 在与时间轴的交点 位置前后，纵坐标的符号改变，表示物体的 速度方向改变 。

3、变加速直线运动的 v-t 图像

（1）非匀变速直线运动的 v－t 图象是一条曲线，曲线上某点 切线的斜率 等于该时刻物体的加速度。

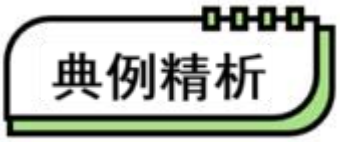
（2）图甲中，在相等的时间 Δt 内 $\Delta v_2 > \Delta v_1$，加速度增大；图乙中，在相等的时间 Δt 内 $\Delta v_2 < \Delta v_1$，加速度减小.



（3）运动特点：沿正方向的变加速直线运动。

4、v-t 图像的应用

图线上某点的纵坐标	正负号	表示瞬时速度的方向
	绝对值	表示瞬时速度的大小
图线的斜率	正负号	表示加速度的方向
	绝对值	表示加速度的大小
图线与坐标轴的交点	纵截距	表示初速度
	横截距	表示开始运动或速度为零的时刻
图线的拐点	表示加速度改变	
两图线的交点	表示速度相等	
图线与横轴所围图形的面积	表示位移，面积在横轴上方时位移为正值，在横轴下方时位移为负值	



例 1、下列关于速度和加速度关系的说法中正确的是（　　）

A．做匀速直线运动的物体加速度为零

B．在直线运动中物体的速度越大，则加速度也一定越大

C．做匀变速直线运动的物体，加速度的方向一定和速度方向相同

D．做匀变速直线运动的物体，若速度增大，则加速度也一定增大

【答案】A

【解析】A．做匀速直线运动的物体速度保持不变，则加速度为零，故 A 正确；

B．在直线运动中物体的速度越大，则加速度也可能很小，故 B 错误；

C．做匀变速直线运动的物体，若加速度的方向和速度方向相同，物体做匀加速直线运动，若二者方向相反，物体做匀减速直线运动，故 C 错误；

D．做匀变速直线运动的物体，若速度增大，说明加速度与速度方向相同，但加速度不变，故 D 错误。

故选 A。

例 2、关于某个确定的匀变速直线运动，下列说法正确的是（　）

A．该匀变速直线运动的加速度大小不变，方向可以是变化的

B．该匀变速直线运动的加速度方向和速度方向可以都变化

C．该匀变速直线运动的加速度方向和速度方向可以都不变化

D．该匀变速直线运动的速度大小一定变化，方向一定不变化

【答案】C

【解析】该匀变速直线运动的加速度大小和方向都不变，速度的大小一定变化，方向可以变化也可以不变。

故选 C。

方法点拨

1. 抓定义核心：紧扣 “加速度恒定”，即速度均匀变化，速度变化量△v 与时间△t 比值不变，公式$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$为定值。

2. 辨运动特征：速度 - 时间图像是倾斜直线，斜率表示加速度；速度方向与加速度方向相同时加速，相反时减速 。

3. 避易错陷阱：区分 “匀变速” 与 “匀速”，勿将速度变化误解为速度大小变化；加速度恒定不代表速度大小、方向不变，关注矢量性 。

例 3、我国在西昌卫星发射中心用“长征三号丙”运载火箭，将第三颗北斗导航卫星送入预定轨道，这标志着北斗卫星导航系统工程建设又迈出了重要一步，卫星组网正按计划稳步推进。假定发射过程中某段时间内火箭速度的变化规律为$v=(2t+4)\mathrm{m/s}$，由此可知这段时间内（　）

A．火箭的初速度为 2m/s　　B．火箭的加速度为$4\mathrm{m/s^2}$

C．在 3s 末，火箭的瞬时速度为$12\mathrm{m/s}$　　D．火箭做匀加速直线运动

【答案】D

【解析】AB．根据匀变速直线运动速度时间关系

$$v=v_0+at$$

根据题中关系式

$$v=(2t+4)\mathrm{m/s}$$

对比可知，初速度$v_0=4\mathrm{m/s}$，加速度$a=2\mathrm{m/s^2}$，故 AB 错误；

C．当$t=3\mathrm{s}$ s 时，火箭的瞬时速度为

$$v_3=(2\times3+4)\mathrm{m/s}=10\mathrm{m/s}$$

故 C 错误；

D．由 A 选项分析可知，火箭的加速度为 2m/s^2，火箭做匀加速直线运动，故 D 正确。

故选 D。

例 4、（多选）一质点做匀加速直线运动，加速度为 $2\text{m}/\text{s}^2$，质点在（　）

A．第 3s 内，末速度是初速度的 2 倍　　B．第 3s 内，末速度比初速度大 $2\text{m}/\text{s}$

C．第 3s 末的速度比第 2s 初的速度大 $4\text{m}/\text{s}$　　D．第 3s 初的速度比第 2s 末的速度大 $2\text{m}/\text{s}$

【答案】BC

【解析】AB．根据加速度的定义可知 $v=v_0+a\cdot\Delta t$

匀加速直线运动的加速度为 $2\text{m}/\text{s}^2$，可得 $v=v_0+2\cdot\Delta t$

则有第 3s 内，末速度为 $v_3=v_2+2$

即末速度不是初速度的 2 倍，而末速度比初速度大 $2\text{m}/\text{s}$，故 A 错误，B 正确；

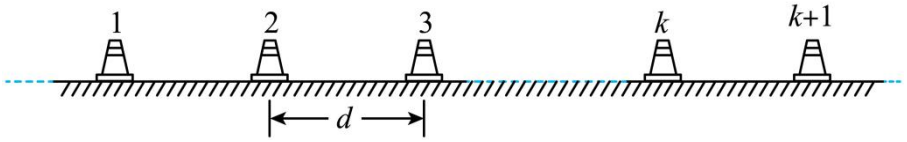
C．第 3s 末与第 2s 初相差 2s 的时间，由 $\Delta v=a\cdot\Delta t=2\times 2\text{m/s}=4\text{m/s}$

可知第 3s 末的速度比第 2s 初的速度大 $4\text{m}/\text{s}$，故 C 正确；

D．第 3s 初与第 2s 末是同一个时刻，则第 3s 初的速度与第 2s 末的速度相同，故 D 错误。

故选 BC。

例 5、如图所示，轮滑训练场沿直线等间距地摆放着若干个定位锥筒，锥筒间距 d=0.9m，某同学穿着轮滑鞋向右匀减速滑行。现测出他从 1 号锥筒运动到 2 号锥筒用时 t_1=0.4s，从 2 号锥筒运动到 3 号锥筒用时 t_2=0.5s，问：



(1)t_1、t_2这两段时间内的平均速度分别为多大？

(2)该同学滑行的加速度大小；

(3)最远能经过几号锥筒？

【答案】(1)2.25m/s、1.8m/s　　(2) 1m/s^2　　(3)4 号

【解析】（1）根据平均速度的计算公式可知，t1、t2 这两段时间内的平均速度分别为 $v_1=\frac{d}{t_1}=2.25\text{m/s}$、$v_2=\frac{d}{t_2}=1.8\text{m/s}$

（2）根据匀变速运动规律某段内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度，可知在 1、2 间中间时刻的速度为 2.25m/s、1.8m/s，根据加速度定义式有 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{v_1-v_2}{\frac{t_1}{2}+\frac{t_2}{2}}=1\text{m/s}^2$

（3）设到达 1 号锥筒时的速度为 v_0，根据匀变速直线运动规律得 $d=v_0t_1-\frac{1}{2}at_1^2$

代入数值解得 $v_0=2.45\text{m/s}$

从 1 号开始到停止时通过的位移大小为 $x=\frac{v_0^2}{2a}=3.00125\text{m}\approx 3.33d$

故可知最远能经过 4 号锥筒。

方法点拨

1. 公式精准运用：牢记 v＝v_0＋at，明确各量矢量性，代入数据时注意方向（常以初速度方向为正）；已知三量可求第四量，灵活变形公式求解。

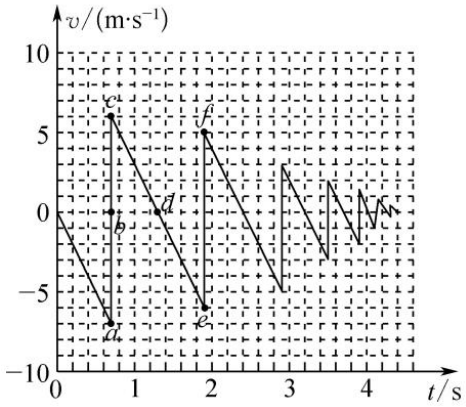
2. 图像快速破题：v-t 图像纵坐标读速度，倾斜直线对应匀变速，斜率定加速度，截距为初速度，利用图像直观分析速度变化过程。

3. 多过程问题拆解：复杂运动分段分析，确定每段初速度、加速度和时间，注意相邻过程衔接点速度关系，逐段用公式求解。

4. 陷阱规避要点：警惕加速度与速度方向关系，减速运动时\(a\)取负值；避免混淆速度、加速度概念，勿将加速度大小等同于速度变化量大小。

.

例 6、篮球比赛前，工作人员常通过观察篮球从一定高度由静止下落后的反弹情况判断篮球的弹性．某同学拍摄了该过程，得出篮球运动的 *v-t* 图像如图所示 *v-t*（为方便标度，将横轴移至方格纸最下方），则（　　）



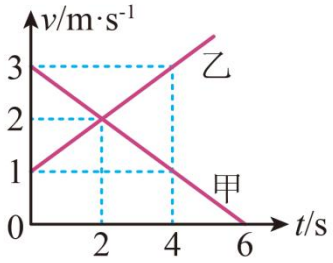
A．篮球在 a、d 两点高度相同　　B．篮球在 c、e 两点的速度相等

C．篮球在 c、e 两点间的加速度保持不变　　D．每次反弹前后瞬间篮球的速度大小相等

【答案】C

【解析】由题图分析可知，b 点篮球为与地面接触点，d 点速度为零，为篮球弹起的最高点，故 A 错误；c 点为第一次与地面接触后速度方向向上的点，e 点为第二次与地面接触前速度方向向下的点，速度方向不同，故 B 错误；篮球在 c、e 两点间只受重力，篮球的加速度为重力加速度，保持不变，故 C 正确；由题图可知，每次反弹后瞬间篮球的速度大小会变小，故 D 错误．

例 7、甲、乙两物体在同一直线上做匀变速直线运动的速度一时间图像如图所示。由此可知（　　）



A．甲、乙两物体的运动方向相反

B．甲、乙两物体的初速度相同

C．甲、乙两物体的加速度方向相同，大小之比为 3：1

D．甲、乙两物体的加速度方向相反，大小之比为 1：1

【答案】D

【解析】A．甲、乙图像都在 t 轴上方，速度方向都为正，故 A 错误

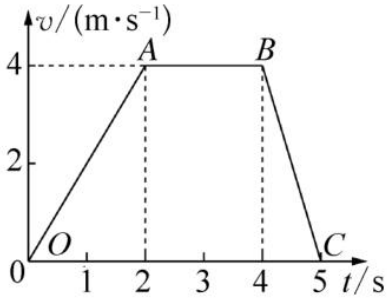
B．由图可知甲的初速度为 3m/s，乙的初速度为 1m/s，故 B 错误；

CD．由图像斜率代表加速度可知，甲、乙物体的加速度相反，由斜率可知 $a_{甲}=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{3}{6}\text{m/s}^2=0.5\text{m/s}^2$、$a_{乙}=\dfrac{\Delta v'}{\Delta t'}=\dfrac{3-1}{4}\text{m/s}^2=0.5\text{m/s}^2$

则加速度之比为 1:1，故 C 错误，D 正确；

故选 D。

例 8、（多选）一个质点做变速直线运动的 $v-t$ 图像如图所示，下列说法中正确的是（　　）



A．第 1s 内与第 5s 内的速度方向相反

B．第 1s 内的加速度大于第 5s 内的加速度

C．OA、AB、BC 段的加速度大小关系是 $a_{BC}>a_{OA}>a_{AB}$

D．OA 段的加速度与速度方向相同，BC 段的加速度与速度方向相反

【答案】CD

【解析】第 1s 内与第 5s 内的速度均为正值，方向相同，A 错误；第 1s 内和第 5s 内的加速度分别为 $a_1=a_{OA}=\frac{4}{2}\mathrm{m/s^2}=2\mathrm{m/s^2}, a_5=a_{BC}=\frac{0-4}{1}\mathrm{m/s^2}=-4\mathrm{m/s^2}$，第 1s 内的加速度小于第 5s 内的加速度，$a_1$、$a_5$ 的符号相反，表示它们的方向相反，B 错误，D 正确；由于 AB 段的加速度为零，故三段的加速度的大小关系为 $a_{BC}>a_{OA}>a_{AB}$，C 正确.

方法点拨

1. 图像基础判读：横轴为时间 t，纵轴为速度 v，倾斜直线对应匀变速运动，水平线表示匀速运动，曲线为变加速运动。

2. 斜率与截距：斜率代表加速度，斜率正负对应加速或减速；纵截距为初速度 v_0，横截距为速度方向改变时刻。

3. 面积妙用：图像与坐标轴围成的面积表示位移，时间轴上方为正位移，下方为负位移，通过几何法快速求解位移大小。

4. 交点与转折点：交点表示速度相等；转折点意味着加速度方向或大小改变，是运动状态变化的关键节点。

对点集训

1．2024 年 11 月 4 日凌晨，神舟 18 号载人飞船成功返回了地球，返回舱在匀减速下降阶段（　　）

A．速度减小的越来越快　　B．速度减小的越来越慢

C．速度方向与加速度方向相同　　D．速度方向与加速度方向相反

【答案】D

【解析】返回舱在匀减速下降阶段，速度方向与加速度方向相反，加速度不变，则速度均匀减小。故选 D。

2．下列关于物理概念和物理量的说法正确的有（　　）

A．研究自行车运动时，因为车轮在不停地转动，所以在任何情况下都不能把自行车看作质点

B．物体运动时，若任意时间内平均速度相同，则物体的运动状态是不变的

C．相等时间内速度变化量不同的直线运动也可能是匀变速直线运动

D．与时刻对应的物理量有位置、平均速度、加速度

【答案】B

【解析】A．当研究自行车从某一位置到达较远的另一个位置时的时间时，可以不考虑自行车的形状的，可以把自行车看作质点，故 A 错误；

B．物体运动时，若任意时间内平均速度相同，则任意时间内通过的位移相同，物体做匀速直线运动，物体的运动状态是不变的，故 B 正确；

C．根据 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可知，相等时间内速度变化量不同的直线运动，加速度变化，不可能是匀变速直线运动，故 C 错误；

D．与时刻对应的物理量有位置、瞬时速度、加速度；平均速度对应时间间隔，故 D 错误。

故选 B。

3．关于直线运动，下列说法中正确的是（　　）

A．若物体的速度不断增加，则物体做匀加速直线运动

B．若物体的加速度和速度方向相反，则物体一定做减速直线运动

C．若物体的速度先减小再增大，则物体一定做匀变速直线运动

D．若物体在相等时间内通过的位移相等，则物体做匀速直线运动

【答案】B

【解析】A．根据加速度的定义式有 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$

可知，若物体的速度不断增加，但加速度可能在变化，此时物体的运动并不是匀加速直线运动，故 A 错误；

B．根据加速度的定义式有 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$

可知，若物体的加速度和速度方向相反，则物体一定做减速直线运动，故 B 正确；

C．根据加速度的定义式有 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$

可知，若物体的速度先减小再增大，但加速度可能在变化，此时物体不一定做匀变速直线运动，故 C 错误；

D．若物体在相等时间内通过的位移相等，物体不一定做匀速直线运动，只有当物体在任意相等时间内通过的位移相等，物体才一定做匀速直线运动，故 D 错误。

故选 B。

4．如图所示，一汽车装备了具有“全力自动刹车”功能的安全系统．当车速 $v \le 10\mathrm{m/s}$ 且与前方静止的障碍物之间的距离接近安全距离时，如果司机未采取制动措施，系统就会立即启动“全力自动刹车”，使汽车避免与障碍物相撞．在上述条件下，若该车在不同路况下的“全力自动刹车”系统产生的加速度取 $4\sim6\mathrm{m/s^2}$ 之间的某一值，则“全力自动刹车”系统作用的最长时间为（　　）

A．$\frac{5}{3}\mathrm{s}$　　B．$\frac{25}{3}\mathrm{s}$　　C．2.5s　　D．12.5s

【答案】C

【解析】刹车的加速度最小时，刹车时间最长，最长刹车时间 $t=\frac{v}{a}=2.5\mathrm{s}$，故 C 正确．

5．物体做匀加速直线运动，已知第 1s 末的速度是 6m/s，第 2s 末的速度是 8m/s，则下列说法正确的是（　　）

A．物体初始时刻的速度是 3m/s　　B．物体的加速度是 $4\mathrm{m/s^2}$

C．任何 1s 内的速度变化量都是 2m/s　　D．物体在第 5s 末的速度是 15m/s

【答案】C

【解析】规定初速度方向为正方向，根据加速度定义式得物体的加速度 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{8-6}{1}\mathrm{m/s^2}=2\mathrm{m/s^2}$，根据 $v=v_0+at$ 得 $v_0=v-at=(6-2\times1)\mathrm{m/s}=4\mathrm{m/s}$，A、B 错误；物体的加速度是 $2\mathrm{m/s^2}$，则任何 1s 内的速度变化量都是 $\Delta v=at=2\mathrm{m/s}$，C 正确；根据 $v=v_0+at$ 得 $v_5=(4+2\times5)\mathrm{m/s}=14\mathrm{m/s}$，D 错误.

6．在运载火箭将卫星送入预定轨道的过程中，某段时间内火箭速度的变化规律为 $v=(2t+4)\mathrm{m/s}$，由此可知这段时间内（　　）

A．火箭的初速度为 $6\mathrm{m/s}$　　B．火箭的加速度为 $2\mathrm{m/s^2}$

C．在 3s 末，火箭的瞬时速度为 $12\mathrm{m/s}$　　D．火箭做匀减速直线运动

【答案】B

【解析】ABD．某段时间内火箭速度的变化规律为 $v=(2t+4)\mathrm{m/s}$，解得匀变速直线运动速度时间公式 $v=v_0+at$

可知火箭做匀加速直线运动，火箭的初速度为 $v_0=4\mathrm{m/s}$

火箭的加速度为 $a=2\mathrm{m/s^2}$

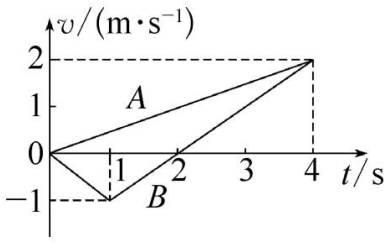
故 AD 错误，B 正确；

C．在 3s 末，火箭的瞬时速度为 $v=(2\times3+4)\mathrm{m/s}=10\mathrm{m/s}$

故 C 错误。

故选 B。

7．两质点 A、B 从同一地点开始运动的速度—时间图像如图所示，下列说法不正确的是（　　）



A．质点 A 的加速度大小为 $0.5\mathrm{m/s^2}$

B．$t=1\mathrm{s}$ 时，质点 B 的运动方向发生改变

C．$t=2\text{s}$时，质点 B 的加速度方向不变

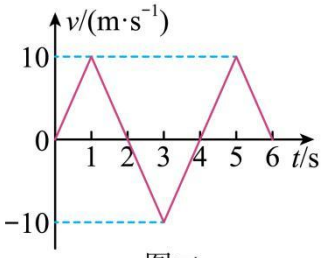
D．B 的加速度大小始终为$1\text{m}/\text{s}^2$

【答案】B

【解析】质点 A 的加速度大小为 $\dfrac{2-0}{4}\text{m}/\text{s}^2=0.5\text{m}/\text{s}^2$，A 正确；$t=1\text{s}$时，质点 B 的运动方向没有改变，B 错误；$t=2\text{s}$时，质点 B 的速度方向改变但加速度方向不变，C 正确；在 0~1s 内，B 的加速度为 $\dfrac{-1-0}{1}\text{m}/\text{s}^2=-1\text{m}/\text{s}^2$，在 1~4s 内，B 的加速度为 $\dfrac{2-(-1)}{4-1}\text{m}/\text{s}^2=1\text{m}/\text{s}^2$，D 正确．

8．如图一所示，2025 蛇年春晚，国产宇树科技机器人集体扭秧歌引人注目，动作丝滑堪比人类。图二记录其中一台机器人在一段时间内运动的速度-时间图像，如图所示，在 0~6s 内，下列说法正确的是（　　）

图一



图二

A．机器人可能做曲线运动　　B．机器人第 1s 内和第 2s 内的速度方向相反

C．机器人第 1s 内和第 2s 内的加速度方向相反　　D．机器人第 3s 内的速度方向和加速度方向相反

【答案】C

【解析】A．机器人做直线运动，A 错误；

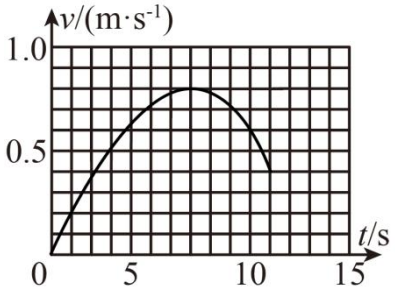
B．机器人第 1s 内和第 2s 内的速度方向相同，均向正方向运动，B 错误；

C．机器人第 1s 内加速度向正方向，第 2s 内加速度向负方向，机器人第 1s 内和第 2s 内的加速度方向相反，C 正确；

D．机器人第 3s 内的速度方向和加速度方向相同，均向负方向，D 错误。

故选 C。

9．利用速度传感器与计算机结合，可以自动绘制出物体运动的图像，某同学在某一次实验中得到的运动小车的$v-t$图像如图所示，下列说法正确的是（　　）



A．小车一直做加速运动　　B．小车运动的最大速度为0.8m/s

C．小车速度方向发生变化　　D．小车做曲线运动

【答案】B

【解析】AB．由题图可知，小车先加速运动，后减速运动，且小车运动的最大速度为0.8m/s，故A错误，B正确；

CD．$v-t$图像只能描述物体做直线运动，由题图可知，小车一直沿正方向做直线运动，故CD错误。

故选B。

10．（多选）下列关于匀变速直线运动的说法正确的是（　　）

A．加速度大小不变的直线运动一定是匀变速直线运动

B．匀减速直线运动就是加速度为负值的运动

C．匀变速直线运动的速度随时间均匀变化

D．速度先减小再增大的运动可能是匀变速直线运动

【答案】CD

【解析】A．加速度大小、方向均不变的直线运动一定是匀变速直线运动。故A错误；

B．当物体做匀减速直线运动时，其加速度与速度方向相反，不一定为负值。故B错误；

C．由

$$v=v_0+at$$

可知匀变速直线运动的速度随时间均匀变化。故C正确；

D．加速度恒定，初速度与加速度方向相反的匀变速直线运动中，速度就是先减小再增大的。故D正确。

故选CD。

11．（多选）质点做匀加速直线运动，加速度大小为3m/s^2，下列说法正确的是（　）

A．质点在第n秒的初速度与第$(n-1)$秒的末速度相等

B．质点在第3秒末的速度比第2s初的速度大3m/s

C．质点在第n秒的初速度比第$(n-1)$秒的初速度大3m/s

D．质点在任何一秒的末速度都比前一秒的末速度大 3 倍

【答案】AC

【解析】A．第 ns 初与第（n-1）s 末是同一时刻，速度相等，故 A 正确；

B．质点在第 3 秒末的速度比第 2s 初的速度大 6m/s，故 B 错误；

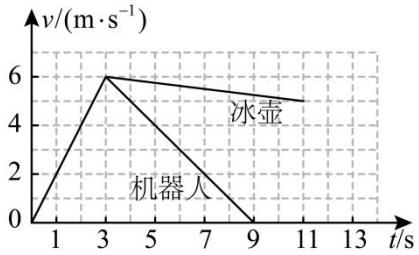
C．质点在第 n 秒的初速度比第（n-1）秒的初速度大 3m/s，故 C 正确；

D.质点做匀加速直线运动,加速度大小为 3m/s2,质点在任何一秒的末速度都比前一秒的末速度大 3m/s，故 D 错误。

故选 AC。

12.（多选）哈尔滨工业大学计算学部设计了一款能够与人协作、共同完成冰壶比赛的机器人。当机器人与冰壶之间的距离保持在 8m 之内时，机器人可以实时追踪冰壶的运动信息。如图甲所示，在某次投掷练习中机器人夹取冰壶，由静止开始做匀加速直线运动，之后释放冰壶，二者均做匀减速直线运动，冰壶准确命中目标，二者在整个运动过程中的$v-t$图像如图乙所示。此次比赛中，下列说法正确的是（　　）

甲



乙

A．机器人减速运动的加速度大小为0.125m/s^2

B．9s 末，冰壶的速度大小为5.25m/s

C．7s 末，冰壶与机器人二者间距为 7m

D．机器人能够一直准确获取冰壶的运动信息

【答案】BC

【解析】A．根据加速度的定义可知，机器人减速运动的加速度$a_{机}=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{0-6}{9-3}\text{m/s}^2=-1\text{m/s}^2$

加速度大小为1m/s^2，A 错误；

B．由图线可知，冰壶的加速度为$a_{冰}=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{5-6}{11-3}\text{m/s}^2=-0.125\text{m/s}^2$

由速度时间公式可得，9s 末，冰壶的速度大小$v=v_0+at=6\text{m/s}-0.125\times 6\text{m/s}=5.25\text{m/s}$，B 正确；

C．7s 末冰壶的位移为$x_{冰}=v_0t+\frac{1}{2}a_{冰}t^2=23\text{m}$

机器人的位移为$x_{机}=v_0t+\frac{1}{2}a_{机}t^2=16\text{m}$

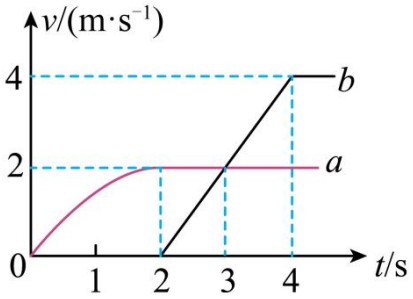
则 7s 末冰壶、机器人二者间距为 7m，C 正确；

D．由于机器人停止运动时，其位移为 18m，而此时冰壶的位移为 $x_{冰}=v_0t+\frac{1}{2}a_{冰}t^2=33.75\text{m}$

可知，机器人不能一直准确获取冰壶的运动信息，D 错误。

故选 BC。

13．（多选）a、b 两车沿同一直线运动，两车运动过程的 $v-t$ 图像如图所示，2 s~4 s 内 a 车的图线平行于 t 轴。两车均可看作质点，下列说法正确的是（　　）



A．第 1s 末 a 车的速度小于第 3s 末 b 车的速度　　B．第 3s 末 a 车的加速度大于 b 车的加速度

C．2s~4s 内两车的位移大小相等　　D．0~2s 内 a 车的平均速度大小为 1m/s

【答案】AC

【解析】A．由题图可知，第 1s 末 a 车的速度小于第 3s 末 b 车的速度，故 A 正确；

B．根据 $v-t$ 图像的斜率表示加速度，由题图可知，第 3s 末 a 车的加速度小于 b 车的加速度，故 B 错误；

C．根据 $v-t$ 图像与横轴围成的面积表示位移，由题图可知，2s~4s 内两图线与横轴围成的面积相等，则两车的位移大小相等，故 C 正确；

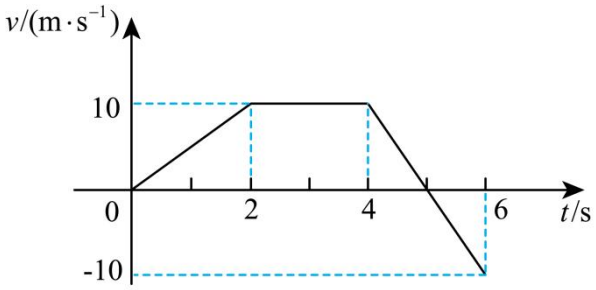
D．根据 $v-t$ 图像与横轴围成的面积表示位移，可知 0~2s 内 a 车的位移满足 $x>\frac{1}{2}\times2\times2\text{m}=2\text{m}$

则平均速度大小满足 $\bar{v}=\frac{x}{t}>\frac{2}{2}\text{m/s}=1\text{m/s}$

故 D 错误。

故选 AC。

14．下图是某质点做直线运动的 v-t 图像，利用该图像分析并求解以下问题：



(1)描述质点在 0~2s 内，2~4s 内，4~5s，5~6s 分别是什么性质的运动。

(2)0~2s 与 4~5s 内的加速度各是多少？

(3)求质点在 0~6s 内的位移。

【答案】(1)质点在 0~2s 内做匀加速直线运动，2~4s 内做匀速直线运动，4~5s 做匀减速直线运动，5~6s 做反方向的匀加速直线运动

(2) 5m/s^2，-10m/s^2（“-”代表方向为负方向）

(3)30m

【解析】（1）由图可知，质点在 0~2s 内做匀加速直线运动，2~4s 内做匀速直线运动，4~5s 做匀减速直线运动，5~6s 做反方向的匀加速直线运动。

（2）v-t 图像的斜率代表加速度，可知 0~2s 的加速度为

$$a_1=\frac{\Delta v}{\Delta t}=5\text{m/s}^2$$

4~5s 的加速度为

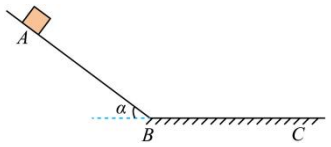
$$a_2=\frac{\Delta v'}{\Delta t'}=-10\text{m/s}^2$$

“-”代表方向为负方向。

（3）图像与坐标轴围成的面积代表位移，则有

$$x=\frac{1}{2}\times(2+5)\times10\text{m}-\frac{1}{2}\times1\times10\text{m}=30\text{m}$$

15．如图所示，物体从光滑斜面上的 A 点由静止开始下滑，经过 B 点后进入水平面（设物体经过 B 点时速度的大小不变），最后停在 C 点。每隔 0.2 s 通过速度传感器测量并记录物体的瞬时速度，下表给出了部分测量数据。重力加速度 g 取 10 m/s^2，求：



t/s	0.0	0.2	0.4	…	1.2	1.4	1.6	…

v/m/s 0.0	1.0	2.0	…	1.1	0.7	0.3	…

(1)物体在斜面上运动的加速度和在水平面上运动的加速度

(2)物体运动到 C 点的时刻

(3)物体运动到 B 的速度大小 v_B

【答案】(1)5m/s^2，-2m/s^2　(2)C 点时刻为 1.75s　　(3)2.5m/s

【解析】（1）由表格中的前三列数据可知，物体在斜面上的加速度

$$a_1=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{2-1}{0.4-0.2}\text{m/s}^2=5\text{m/s}^2$$

在水平面上运动的加速度

$$a_2=\frac{\Delta v}{\Delta t}=-2\text{m/s}^2$$

（2）从 1.4s 到 C 点的过程中

根据

$$v=v_0+at$$

即

$$0=0.7-2t$$

得到

$$t=0.35\text{s}$$

所以物体运动到 C 点时刻为

$$t'=0.35\text{s}+1.4\text{s}=1.75\text{s}$$

（3）设物体在斜面上运动的时间为 t1，物体在 B 点时的速度

$$v_B=a_1t_1$$

在 1.2 s 时的速度

$$v=v_B+a_2(1.2-t_1)$$

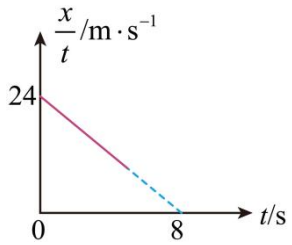
联立解得

$$t_1=0.5\text{s}$$

$$v_B=2.5\ \text{m/s}$$

综合演练

16．某汽车制造公司生产的新汽车在平直的高速公路上试行，新汽车在紧急刹车的情况下（做匀减速直线运动），其位移与时间的比值$\frac{x}{t}$随时间t变化的关系如图所示，则新汽车（　　）



A．刹车过程的位移大小为192m　　B．在0~6s内的位移大小为36m

C．在0~8s内的平均速度大小为6m/s　D．在4s末的速度大小为12m/s

【答案】C

【解析】A．由匀变速直线运动规律得

$$x=v_0t-\frac{1}{2}at^2$$

整理得

$$\frac{x}{t}=v_0-\frac{a}{2}t$$

结合图像可知新汽车在紧急刹车时的初速度

v_0=24m/s，$\frac{1}{2}a=\frac{24}{8}\mathrm{m/s^2}=3\mathrm{m/s^2}$

解得加速度

$a=6\mathrm{m/s^2}$

刹车过程的位移大小为

$$x=\frac{v_0^2}{2a}=48\mathrm{m}$$

故A错误；

B．新汽车刹车过程所用时间为

$$t=\frac{v_0}{a}=4\mathrm{s}$$

则4~6s内的位移为零，所以在0~6s内的位移大小为48m，故B错误；

C．在0~8s内的平均速度大小为

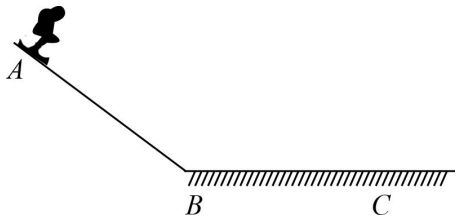
$$\bar{v}=\frac{48}{8}\mathrm{m/s}=6\mathrm{m/s}$$

故C正确；

D．新汽车在4s末的速度大小为零，故D错误。

故选 C。

17．2018 年 2 月 24 日，平昌冬奥会上单板滑雪女子平行大回转上演，共有三位中国队选手参赛。如图，滑雪轨道由光滑的倾斜直轨道 AB 和粗糙的水平轨道 BC 组成。$t=0$ 时运动员从 A 点由静止开始匀加速下滑，经过 B 点前后速度大小不变，之后在 BC 上做匀减速直线运动，最后停在 C 点。若第 2s 末和第 6s 末速度大小均为 8m/s，第 4s 末速度大小为 12m/s，则（　　）



A．运动员在第 4s 末恰好经过 B 点　　B．运动员在运动过程中的最大速度为 15m/s

C．运动员在第 10s 末恰好停在 C 点　　D．运动员在第 8s 末恰好停在 C 点

【答案】C

【解析】A．0~2s 末运动员在斜直轨道上下滑，其加速度

$$a_1=\frac{8\text{-}0}{2}\text{m/s}^2=4\text{m/s}^2$$

如果第 4s 末运动员还在斜直轨道上，则速度应为

$$v_4=a_1t=16\text{m/s}>12\text{m/s}$$

可判断出第 4s 末运动员已经过 B 点，故 A 错误；

B．运动员是在 2s 到 4s 之间经过 B 点，则根据第 4s 末~第 6s 末的速度可求得运动员在水平轨道上的加速度

$$a_2=\frac{8\text{-}12}{2}\text{m/s}^2=-2\text{m/s}^2$$

根据运动学公式有

$$8\text{m/s}+a_1t_1+a_2t_2=12\text{m/s}$$

又

$$t_1+t_2=2\text{s}$$

解出

$$t_1=\frac{4}{3}\text{s}$$

所以运动员开始下滑后到达 B 点经过的时间

$$t=\frac{4}{3}\text{s}+2\text{s}=\frac{10}{3}\text{s}$$

到达 B 点时速度

$$v=a_1t=\frac{40}{3}\text{m/s}$$

所以最大速度不是 15m/s，故 B 错误；

CD．第 6s 末的速度是 8m/s，到停下来还需时间

$$t=\frac{0-v_8}{a_2}=\frac{0-8}{-2}\text{s}=4\text{s}$$

所以到 C 点的时间是第 10s 末，故 C 正确，D 错误。

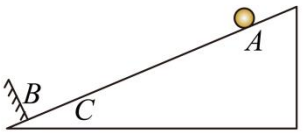
故选 C。

18．如图甲所示，小球从固定斜面上的 A 点由静止开始做加速度大小为 a_1 的匀加速直线运动，规定沿斜面向下为正方向，小球在 $t_1=1\text{s}$ 时刻运动到 B 点与挡板发生碰撞（碰撞时间忽略不计），然后沿着斜面向上做加速度大小为 a_2 的匀减速直线运动，在 $t_2=1.25\text{s}$ 时刻到达 C 点，此时速度正好为 0，接着从 C 点向下运动到 B 点，到达 B 点的时刻为 t_3，以上过程的 $v-t$ 图像如图乙所示，已知 $0\sim t_1$ 与 $t_2\sim t_3$ 时间的 $v-t$ 图像平行，a_2 与 a_1 大小的差值为 4m/s^2。计算结果可保留根式，求：

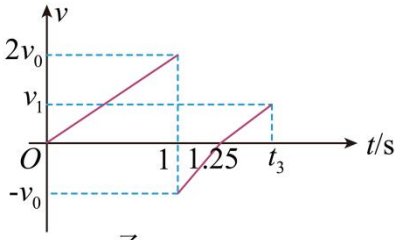
（1）小球与挡板碰撞过程的速度变化量大小；

（2）t_3 时刻小球的速度大小；

（3）$0\sim t_3$ 时间内小球的平均速度大小。



甲



乙

【答案】（1）6m/s；（2）$\sqrt{2}\text{m/s}$；（3）$\frac{8\left(5-\sqrt{2}\right)}{23}\text{m/s}$

【解析】（1）由加速度的定义可得

$$a_1=\frac{2v_0}{t_1},\quad a_2=\frac{0-\left(-v_0\right)}{t_2-t_1}$$

由题意可知

$$a_2-a_1=4\text{m/s}^2$$

解得

$$v_0=2\mathrm{m/s},a_1=4\mathrm{m/s^2},a_2=8\mathrm{m/s^2}$$

小球与挡板碰撞过程的速度变化量

$$\Delta v=-v_0-2v_0$$

解得

$$\Delta v=-6\mathrm{m/s}$$

即小球与挡板碰撞过程的速度变化量大小为$6\mathrm{m/s}$。

（2）设$t_2\sim t_3$时间内，小球的加速度大小为a_3，又$0\sim t_1$与$t_2\sim t_3$时间内的$v-t$图像平行，则有

$a_3=a_1=4\mathrm{m/s^2}$

由加速度的定义有

$$a_3=\frac{v_1}{t_3-t_2}$$

分析可知$t_1\sim t_3$时间内，小球由B点运动到C点再回到B点，则此过程小球的位移为0

$v-t$图像与时间轴围成的面积表示小球的位移，则有

$$\frac{1}{2}(-v_0)(t_2-t_1)+\frac{1}{2}v_1(t_3-t_2)=0$$

解得

$$v_1=\sqrt{2}\mathrm{m/s}，\quad t_3=\frac{5+\sqrt{2}}{4}\mathrm{s}$$

（3）$t_1\sim t_3$时间内小球的位移为0，则$0\sim t_3$时间内小球的位移等于$0\sim t_1$时间内小球的位移，则有

$$x=\frac{1}{2}\times 2v_0t_1$$

$0\sim t_3$时间内，小球的平均速度大小

$$\bar{v}=\frac{x}{t_3}$$

解得

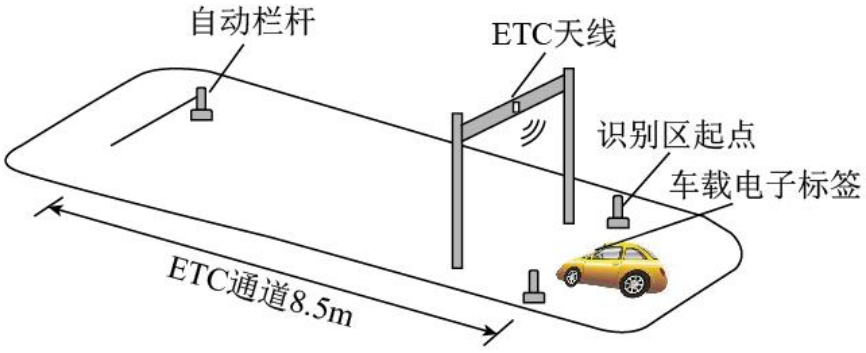
$$\bar{v}=\frac{8\left(5-\sqrt{2}\right)}{23}\mathrm{m/s}$$

19．高速公路的ETC是利用车辆自动识别技术完成车辆与收费站之间的无线数据通讯，进行车辆自动识别和有关收费数据的交换，通过计算机网路进行收费数据的处理，实现不停车自动收费的全电子收费系统。高速公路的ETC通道长度是指从识别区起点到自动栏杆的水平距离。某高速公路的ETC通道长度为

$L=8.5\text{m}$，如图所示，某汽车以$v_0=18\text{km/h}$的速度匀速进入该 ETC 通道的识别区，当车载电子标签进入识别区（即到达识别区起点）开始，ETC 天线用了$t_1=0.2\text{s}$的时间识别车载电子标签，识别完成后发出“滴”的一声，司机发现由于 ETC 系统故障，自动栏杆没有抬起，司机快速反应采取制动刹车，汽车没有撞到杆，停止时汽车前车牌恰好在自动栏杆下，与自动栏杆上下相齐，已知车载电子标签到汽车前车牌的水平距离为$d=1\text{m}$，从车载电子标签进入识别区开始到汽车停止一共用的时间为$t=1.9\text{s}$。求：

（1）司机的反应时间t_0；

（2）汽车刹车的加速度a。



【答案】（1）0.9s；（2）6.25m/s^2

【解析】（1）汽车识别时间和反应时间内做匀速直线运动，运动的时间为

$$t_2=t_1+t_0$$

匀速直线运动位移为

$$x_1=v_0t_2$$

汽车刹车过程做匀减速直线运动，末速度为零，减速运动时间为

$$t_3=t-t_2$$

则减速运动的位移为

$$x_2=\frac{v_2}{2}t_3$$

ETC 通道的长度为

$$L=8.5\text{m}$$

车载电子标签到汽车前车牌的水平距离为

$$d=1\text{m}$$

汽车实际走的位移为

$$x = L - d = 8.5\text{m} - 1\text{m} = 7.5\text{m}$$

则汽车实际走的位移

$$x = x_1 + x_2$$

以上各式联立解得司机的反应时间

$$t_0 = 0.9\text{s}$$

（2）汽车的速度

$$v_0 = 18\,\text{km/h} = 5\,\text{m/s}$$

汽车做匀减速直线运动，减速到零的时间为

$$t_3 = 0.8\text{s}$$

解得减速过程运动加速度为

$$a = \frac{v_0}{t_3} = 6.25\,\text{m/s}^2$$

进阶检测

（考试时间：60 分钟 试卷满分：100 分）

一、单选题（5 分/题，共 35 分）

1．关于加速度，下列说法正确的是（　　）

A．加速度与速度同向，物体可能做减速运动　　B．速度的变化量越大，加速度越大

C．匀变速直线运动的加速度恒定　　D．加速度是描述位置变化快慢的物理量

【答案】C

【解析】A．加速度与速度同向，物体一定做加速运动，A 错误；

B．根据加速度的定义式

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

可知，加速度由速度的变化量和时间共同决定，B 错误；

C．匀变速直线运动的速度是均匀变化的，加速度是恒定的，C 正确；

D．加速度是描述速度变化快慢的物理量，D 错误；

故选 C。

2．某品牌的汽车在性能测试中，$t=0$ 时刻沿直线由静止启动，借助传感器绘制的位移—时间图像为抛物线。已知 $0\sim t_0$ 时间内，其位移大小为 x_0，下列说法正确的是（　　）

A．汽车的加速度大小为 $\frac{x_0}{t_0^2}$

B．汽车在 t_0 时刻的速度大小为 $\frac{x_0}{t_0}$

C．汽车在 $t_0\sim nt_0$ 时间内 $(n>1)$ 的位移大小为 $\left(n^2-1\right)x_0$

D．汽车在 $(n-1)t_0\sim nt_0$ 时间内 $(n>1)$ 的平均速度大小为 $\frac{2nx_0}{t_0}$

【答案】C

【解析】AB．汽车运动的位移—时间图像为抛物线，且汽车的初速度为零，可知汽车做匀加速直线运动，由 $x_0=\frac{1}{2}at_0^2$

解得加速度大小为 $a=\frac{2x_0}{t_0^2}$

则汽车在t_0时刻的速度大小为$v=at_0=\frac{2x_0}{t_0}$

故AB错误；

C．汽车在$t_0\sim nt_0$时间内的位移大小为$\Delta x=\frac{1}{2}a(nt_0)^2-\frac{1}{2}at_0^2=(n^2-1)x_0$

故C正确；

D．汽车在$(n-1)t_0$时刻的速度大小为$v_1=a(n-1)t_0=\frac{2(n-1)x_0}{t_0}$

在nt_0时刻的速度大小为$v_2=ant_0=\frac{2nx_0}{t_0}$

则汽车在$(n-1)t_0\sim nt_0$时间内的平均速度大小为$v=\frac{v_1+v_2}{2}=\frac{(2n-1)x_0}{t_0}$

故D错误。

故选C。

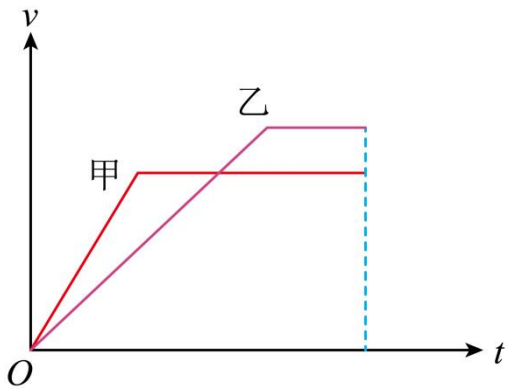
3．甲、乙两位同学进行百米赛跑。他们同时从静止出发，先做匀加速直线运动达到各自的最大速度，然后保持各自的最大速度做匀速直线运动，最终同时到达终点。若甲先达到他的最大速度，设甲、乙的最大速度分别是$v_{甲}$、$v_{乙}$，加速阶段的加速度分别是$a_{甲}$、$a_{乙}$，则下列判断正确的是（　　）

A．$v_{甲}<v_{乙}$，$a_{甲}>a_{乙}$　　B．$v_{甲}<v_{乙}$，$a_{甲}<a_{乙}$

C．$v_{甲}>v_{乙}$，$a_{甲}<a_{乙}$　　D．$v_{甲}>v_{乙}$，$a_{甲}>a_{乙}$

【答案】A

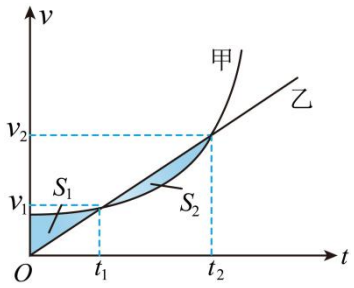
【解析】由题知，甲、乙发生的位移相同，运动的时间也相同，而$v-t$图像中图线与坐标轴所围的面积表示位移，且甲速度先达到最大，可作出甲、乙的$v-t$图像如图所示



由图知，甲的加速度较大，乙的最大速度较大，即$v_{甲}<v_{乙}$，$a_{甲}>a_{乙}$。

故选 A。

4．近年来，我国新能源汽车产业取得了举世瞩目的成就。某公司对新款车型进行了道路测试，甲、乙两辆汽车在平直公路上同向行驶，两车的速度v随时间t的变化关系如图所示，$t=0$时刻两车位于同一地点，图中两个阴影部分的面积相等$(S_1=S_2)$，则（　　）



A．甲车做加速运动、乙车做匀速运动　　B．在t_1时刻，甲、乙两车第一次相遇

C．在t_2时刻，甲、乙两车相距最远　　D．在$t_1\sim t_2$时间内有某一时刻，甲、乙两车的加速度相等

【答案】D

【解析】A．图像可知甲乙两车速度均在增大，甲乙两车均做加速运动，故 A 错误；

B．$t=0$时刻两车位于同一地点，$0\sim t_1$时间内甲的速度一直大于乙的速度，甲车一直在乙车前面，故在t_1时刻，甲、乙两车没相遇，故 B 错误；

C．$v-t$图像面积表示位移，从图像可知$0\sim t_2$时间内，甲乙两车距离先增大后减小，由于$S_1=S_2$，所以在t_2时刻两车相遇，之后甲的速度一直大于乙的速度，甲乙两车距离一直在增大，故在t_2时刻，甲、乙两车不是相距最远的时刻，故 C 错误；

D．$v-t$图像斜率表示加速度，图像可知甲的斜率一直在增大，且t_1时刻乙的斜率大于甲的斜率，t_2时刻甲的斜率大于乙的斜率，故在$t_1\sim t_2$时间内有某一时刻，甲乙图线斜率有相等的时刻，即在$t_1\sim t_2$时间内有某一时刻，甲、乙两车的加速度相等，故 D 正确。

故选 D。

5．一物体做匀变速直线运动，从M点运动到N点所用的时间为t，前一半时间的平均速度为v，后一半时间的平均速度为$3v$，则物体从M运动到N的过程中，下列说法正确的是（　　）

A．物体的平均速度大小为$2v$　　B．物体的位移大小为$4vt$

C．物体的初速度大小为$0.5v$　　D．物体的加速度大小为$\frac{2v}{t}$

【答案】A

【解析】AB．物体从M点到N点的平均速度为

$$\overline{v}=\frac{v\cdot\frac{t}{2}+3v\cdot\frac{t}{2}}{t}=2v$$

物体的位移为

$$x=\overline{v}t=2vt$$

故A正确；B错误；

C．物体在一段时间内的平均速度等于该段时间内中间时刻的瞬时速度，可知，$\frac{t}{4}$时刻的速度为$v_1=v\frac{3t}{4}$时刻的速度为

$$v_2=3v$$

有

$$v_2-v_1=a\frac{t}{2}=3v-v=2v,\quad v_1-v_M=a\frac{t}{4}=v$$

得物体的初速度

$$v_M=0$$

故C错误；

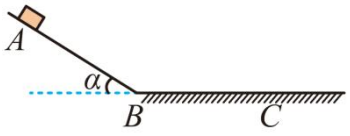
D．物体运动的加速度

$$a=\frac{3v-v}{\frac{t}{2}}=\frac{4v}{t}$$

故D错误。

故选A。

6．如图所示，物体从光滑斜面上的A点由静止开始下滑，经过B点后进入水平面（设经过B点前后速度大小不变），最后停在C点。每隔0.2秒钟通过速度传感器测量物体的瞬时速度，表中给出了部分测量数据，g=10m/s²。则物体在0.6s时的速度为（　　）



t（s）	0.0	0.2	0.4	…	1.2	1.4	…
v（m/s）	0.0	1.0	2.0	…	1.1	0.7	…

A．2.3m/s　　B．2.5m/s　　C．2.7m/s　　D．3.0m/s

【答案】A

【解析】设匀加速的加速度为 a1，匀减速的加速度为 a2

$$a_1=\frac{2.0-1.0}{0.2-0.4}\text{m/s}^2=5\text{m/s}^2$$

$$a_2=\frac{1.1-0.7}{1.4-1.2}\text{m/s}^2=2\text{m/s}^2$$

设从 2m/s 加速到 B 点的时间为 t1，从 B 点减速到 1.1m/s 的时间为 t2

$$v_B=2.0+a_1t_1$$

$$v_B=1.1+a_2t_2$$

$$t_1+t_2=0.8$$

解得

$$t_1=0.1\text{s}$$

$$t_2=0.7\text{s}$$

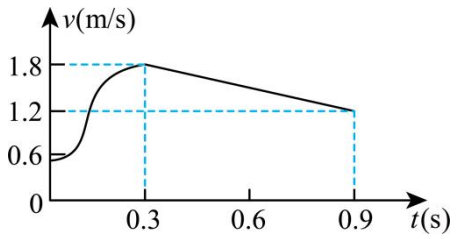
$$v_B=2.5\text{m/s}$$

在斜面上运动时间为 0.5s，0.6s 是物体运动到水平面的 t3=0.1s，此时的速度为

$$v=v_B-a_2t_3=2.5\text{m/s}-2\times0.1\text{m/s}=2.3\text{m/s}$$

故选 A。

7．蛙泳是一种模仿青蛙游泳动作的游泳姿势，是竞技游泳的比赛项目之一。某运动员练习蛙泳的过程可简化为水平方向上的直线运动，其 *v-t* 图像如图所示。已知 0~0.3s 内运动员的位移为 0.36m，下列说法正确的是（　　）



A．0~0.3s 内运动员平均速度为 0.9m/s　　B．0~0.9s 内运动员平均速度为 1.4m/s

C．0.3s 时运动员运动方向发生变化　　D．0.3~0.9s 内运动员的加速度为 1m/s^2

【答案】B

【解析】A．0~0.3s 内运动员的位移为 0.36m，则

$$\overline{v}=\frac{x_1}{t_1}=\frac{0.36}{0.3}\text{m/s}=1.2\text{m/s}$$

故 A 错误；

B．0.3s~0.9s 内运动员的位移为

$$x_2=\frac{1.8+1.2}{2}\times 0.6\text{m}=0.9\text{m}$$

所以 0~0.9s 内运动员的平均速度为

$$\overline{v}'=\frac{x_1+x_2}{t_1+t_2}=\frac{0.36+0.9}{0.9}\text{m/s}=1.4\text{m/s}$$

故 B 正确；

C．整个过程中运动员的速度始终为正值，即运动员的运动方向没有改变，故 C 错误；

D．图线的斜率表示加速度，则

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{1.2-1.8}{0.6}\text{m/s}^2=-1\text{m/s}^2$$

故 D 错误。

故选 B。

二、多选题（漏选得 3 分，全对得 5 分，错选得 0 分，共 20 分）

8．汽车从静止开始先匀加速直线运动，当速度达 20m/s，立即匀减速直线运动直至停止。从静止到停止共经历时间 10s，由此可以求出（　　）

A．汽车加速运动的时间　　B．汽车的平均速度

C．汽车减速运动的距离　　D．汽车运动的总距离

【答案】BD

【解析】已知匀加速运动的初速度为 0，末速度为 20m/s，则匀加速过程的平均速度为

$$\overline{v}_1=\frac{0+20}{2}\text{m/s}=10\text{m/s}$$

在匀减速直线运动时，由于初速度为 10m/s，末速度为 0，故匀减速过程的平均速度为

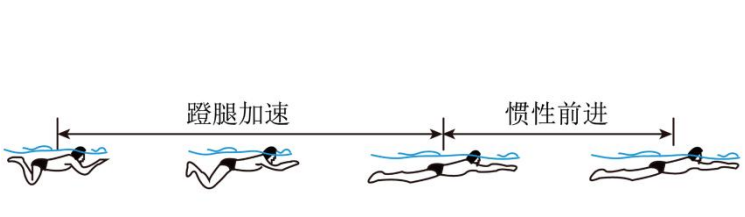
$$\overline{v}_2=\frac{20+0}{2}\text{m/s}=10\text{m/s}$$

即汽车在匀加速和匀减速过程中的平均速度相等，可知汽车全程的平均速度为 10m/s；已知整个过程的时间，所以汽车运动的总距离为 $x=\overline{v}t=10\times 10\text{m}=100\text{m}$

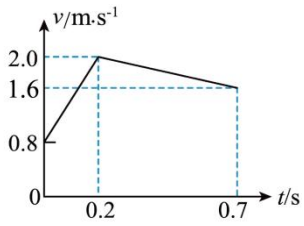
由于加速时的加速度未知，故无法求汽车加速运动的时间，同理也无法求减速运动的距离。

故选 BD。

9．图甲为某运动员蛙泳时蹬腿加速及惯性前进的示意图，这两个过程简化为水平方向的匀变速运动，其速度 v 随时间 t 的变化关系如图乙所示，则（　　）



甲



乙

A．运动员在惯性前进过程做匀减速直线运动　　B．运动员在蹬腿加速过程中的加速度为 $10\mathrm{m/s^2}$

C．运动员惯性前进的时间比蹬腿加速时间长 0.5s　D．运动员完成一次动作周期，能够前进 1.18m

【答案】AD

【解析】A．$v-t$ 图像斜率表示加速度，由图乙可知，运动员在惯性前进过程做匀减速直线运动，故 A 正确；

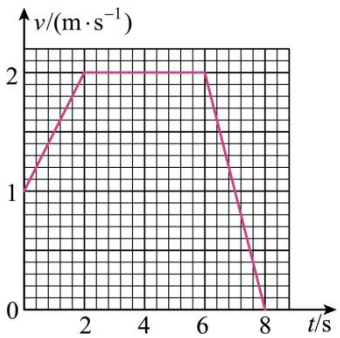
B．$v-t$ 图像斜率表示加速度，由图乙可知，运动员在蹬腿加速过程中的加速度为 $a_1=\dfrac{2-0.8}{0.2}\mathrm{m/s^2}=6\mathrm{m/s^2}$，故 B 错误；

C．由图可知，运动员惯性前进的时间比蹬腿加速时间长 0.3s，故 C 错误；

D．$v-t$ 图像与时间轴围成的面积表示位移，由图可知，运动员完成一次动作周期，能够前进 $x=\dfrac{0.8+2.0}{2}\times0.2\mathrm{m}+\dfrac{1.6+2.0}{2}\times0.5\mathrm{m}=1.18\mathrm{m}$，故 D 正确。

故选 AD 。

10．一个物体沿着直线运动，其 v-t 图像如图所示。则物体在 1s 末、4s 末、7s 末三个时刻的运动情况描述正确的是（　　）



A．1s 末的速度大小为 1.5m/s　　B．1s 末和 7s 末的速度方向相反

C．4s 末的加速度大小为 $1m/s^2$　　D．1s 末和 7s 末的加速度方向相反

【答案】AD

【解析】A．设 1s 末速度为 v，根据图像，由数学关系有

$$\frac{2\mathrm{m/s}-1\mathrm{m/s}}{2\mathrm{m/s}-0}=\frac{v-1\mathrm{m/s}}{1\mathrm{m/s}-0}$$

解得

$$v=1.5\mathrm{m/s}$$

故 A 正确；

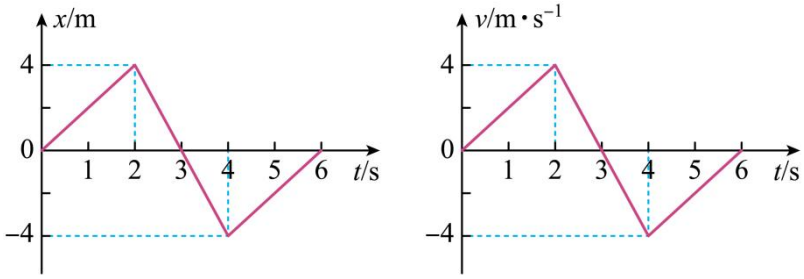
B．图像可知，1s 末和 7s 末的速度均为正值，故速度方向相同，故 B 错误；

C．图像可知，2s 到 6s 时间内物体做匀速直线运动，故加速度为 0，故 C 错误；

D．速度时间图像斜率表示加速度，且斜率正负表示加速度方向，图像可知，0 到 2s 时间内斜率为正，6s 到 8s 时间内斜率为负，故 1s 末和 7s 末的加速度方向相反，故 D 正确。

故选 AD 。

11．甲、乙两物体从同一点开始沿一直线运动，甲和乙的运动图像如图所示，下列说法中正确的是（　　）



甲　　乙

A．6s 内甲的路程为 16m，乙的路程为 12m

B．0~2s 内与 4~6s 内，甲的速度等大、反向

C．0~6s 内，甲、乙的运动方向均改变一次

D．甲 3s 末回到出发点，乙距出发点的最大距离为 6m

【答案】AD

【解析】A．由图甲可知 6s 内，甲的路程为

$$s=4\times4\mathrm{m}=16\mathrm{m}$$

乙的图像与坐标轴围成的面积代表位移，则路程为

$$s'=2\times\frac{4\times3}{2}\mathrm{m}=12\mathrm{m}$$

故 A 正确；

B．甲图的图像斜率等于速度，则 0~2s 内与 4~6s 内，甲的速度等大、同向，故 B 错误；

C．由甲图像的斜率代表速度可知 0~6s 内，甲的运动方向改变两次，根据乙图可知其速度方向改变一次，故 C 错误；

D．甲在 3s 末回到出发点，距出发点的最大距离均为 4m，根据乙的图像与坐标轴围成的面积代表位移，可知乙距出发点的最大距离为

$$x_{\max}=\frac{1}{2}\times 3\times 4\mathrm{m}=6\mathrm{m}$$

故 D 正确。

故选 AD。

三、解答题（12 题 8 分，13 题 8 分，14 题 9 分，15 题 10 分，16 题 10 分，共计 45 分）

12．直升机由静止开始以加速度 a_1 匀加速上升了 12 s，其中，第 2 秒时速度达到 3 m/s；最后再以加速度 a_2 匀减速上升 3 s 停下来。求：

(1)匀加速上升的加速度 a_1；

(2)匀减速上升的加速度 a_2。

【答案】(1)1.5 m/s^2，方向向上　　(2)6 m/s^2，方向向下

【解析】（1）由题意可知，直升机第 2 s 时的速度

$$v_2=a_1t_2$$

解得

$$a_1=\frac{v_2}{t_2}=\frac{3}{2}\mathrm{m/s^2}=1.5\mathrm{m/s^2}$$

即直升机加速时的加速度大小为 1.5 m/s2，方向向上；

（2）根据上述结论可知，直升机加速 12 s 时的速度为

$$v=a_1t_{12}=1.5\times 12\mathrm{m/s}=18\mathrm{m/s}$$

故直升机减速时的加速度

$$a_2=\frac{-v}{t_3}=\frac{-18}{3}\mathrm{m/s^2}=-6\mathrm{m/s^2}$$

即直升机减速时的加速度大小为 6 m/s2，方向向下。

13．一小物块以 v_0=45km/h 的速度匀速运动。

(1)若在平直路面上，小物块以 a_1=0.6m/s^2 的加速度加速，则 10s 内物块位移是多少？

(2)若在平直路面上，小物块以 a_2=3m/s^2 的加速度减速，则 10s 末速度为多少？

(3)若路况变化，一段时间后，小物块速度变为 5m/s，并以此为初速度自由冲上光滑的斜面（设斜面足够长），2s 末速度大小变为 1m/s，求这段时间内的加速度。

【答案】(1) 18.5m/s　　(2) 0　　(3) $-2\mathrm{m/s^2}$ 或 $-3\mathrm{m/s^2}$

【解析】（1）已知初速度为 v0=45km/h=12.5m/s，根据速度-时间公式有

$$v = v_0 + a_1 t$$

代入

$$v = 18.5\mathrm{m/s}$$

（2）设物块减速到零的时间为 t_0，则有

$$t_0 = \frac{v_0}{a_2} = \frac{12.5}{3}\mathrm{s} \approx 4.2\mathrm{s}$$

因 10s>4.2s，故小物块 10s 末速度为 0

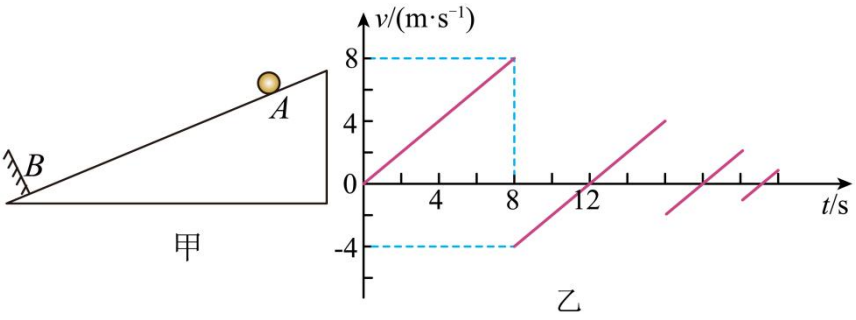
（3）若 2s 末速度方向与初速度方向相同，则加速度为

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1-5}{2}\mathrm{m/s^2} = -2\mathrm{m/s^2}$$

若 2s 末速度方向与初速度方向相反，则加速度为

$$a' = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-1-5}{2}\mathrm{m/s^2} = -3\mathrm{m/s^2}$$

14．如图甲所示，小球从固定斜面上的 A 点由静止开始做匀加速直线运动，规定沿斜面向下为正方向，小球在 B 点与挡板发生碰撞（碰撞时间忽略不计），然后沿着斜面向上做匀减速直线运动，速度时间图像如图乙所示，$v-t$ 图像的直线相互平行，已知小球每次与挡板发生碰撞时，碰后的速度大小都变为碰前速度大小的一半，求：



(1)小球第10s 末速度；

(2)小球10s 内的位移；

(3)小球与挡板第三次碰撞过程的速度变化量。

【答案】(1) $-2\mathrm{m/s}$　　(2) 26m　　(3) $-3\mathrm{m/s}$

【解析】（1）由$v-t$图像可知，$8\sim12\text{s}$内小球的加速度为

$$a'=\frac{0-(-4)}{12-8}\text{m/s}^2=1\text{m/s}^2$$

则小球第10s末速度为

$$v_{10}=v_8'+a\Delta t=-4\text{m/s}+1\times(10-8)\text{m/s}=-2\text{m/s}$$

（2）根据$v-t$图像可知小球在$0\sim8\text{s}$内的位移为

$$x_1=\frac{1}{2}\times8\times8\text{m}=32\text{m}$$

小球在$8\sim10\text{s}$内的位移为

$$x_2=\frac{v_8'+v_{10}}{2}\Delta t=\frac{-4-2}{2}\times2\text{m}=-6\text{m}$$

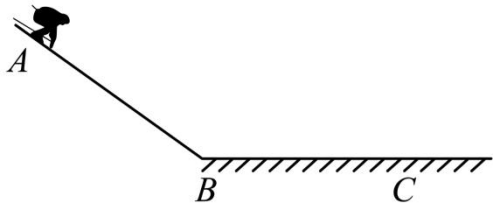
则小球10s内的位移

$$x=x_1+x_2=26\text{m}$$

（3）由$v-t$图像可知，小球与挡板第 1 次碰撞后的速度为-4m/s，由于小球向上减速和向下加速的加速度相等，所以小球与挡板第 2 次碰撞前的速度为4m/s；已知小球每次与挡板发生碰撞时，碰后的速度大小都变为碰前速度大小的一半，则小球与挡板第 2 次碰撞后的速度为-2m/s；同理可知小球与挡板第 3 次碰撞前的速度为2m/s，小球与挡板第 3 次碰撞后的速度为-1m/s，则小球与挡板第三次碰撞过程的速度变化量为

$$\Delta v=-1\text{m/s}-2\text{m/s}=-3\text{m/s}$$

15．如图所示，滑雪轨道由光滑的倾斜直轨道 AB 和粗糙的水平轨道 BC 组成。$t=0$时运动员从 A 点由静止开始匀加速下滑，经过 B 点前后速度大小不变，之后在 BC 上做匀减速直线运动，最后停在 C 点。已知第 2s 末和第 6s 末速度大小均为 8m/s，第 4s 末速度大小为 12m/s。



(1)求运动员加速过程中的加速度大小；

(2)求运动员减速过程中的加速度大小与停在 C 点时的时间；

(3)求运动员经过 B 点时的时间与速度大小。

【答案】(1) 4m/s^2；　　(2) 2m/s^2，10s；　　(3) $t_1=\frac{10}{3}\text{s}$，$\frac{40}{3}\text{m/s}$

【解析】（1）运动员加速过程中的加速度大小为

$$a_1=\frac{v_2}{t_2}=\frac{8}{2}\text{m/s}^2=4\text{m/s}^2$$

（2）若运动员在第 4s 末恰好经过 B 点，则运动员在第 4s 末的速度大小为

$$v_4=a_1t_1=16\text{m/s}$$

而实际上的速度小于 v_4，故第 4s 末运动员在 BC 上，从 4s 末到 6s 末，运动员做匀减速运动，加速度大小为

$$a_2=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{12-8}{2}\text{m/s}^2=2\text{m/s}^2$$

经过 C 点时，运动员的末速度为 0，则由

$$t=\frac{\Delta v}{a_2}=\frac{0-8}{-2}=4\text{s}$$

可知运动员停在 C 点时的时间为

$$t_C=6+t=10\text{s}$$

（3）设运动员在 t_1 时刻到达 B 点，速度为 v，有

$$v=v_2+a_1\left(t_1-2\right)=v_6+a_2\left(6-t_1\right)$$

即

$$8\text{m/s}+4\left(t_1-2\right)\text{m/s}=8\text{m/s}+2\left(6-t_1\right)\text{m/s}$$

解得

$$t_1=\frac{10}{3}\text{s}$$

$$v=a_1t_1=\frac{40}{3}\text{m/s}$$

16．气候变化是人类面临的全球性问题，中国由此提出碳达峰和碳中和目标，在此背景下新能源汽车的发展有着广阔的前景。某新能源汽车的生产厂家在测试汽车时，司机控制油门使汽车以 $a_1=2.5\text{m/s}^2$ 的恒定加速度启动，经 4s 的时间，减小油门使汽车的加速度减小到恒为 $a_2=1.75\text{m/s}^2$，再经过一段时间汽车的速度达到 $v=24\text{m/s}$ 后开始做匀速运动；此时司机突然发现前方有一障碍物，司机经 $t_0=0.5\text{s}$ 的反应时间踩下刹车，刹车后 6s 停止，刹车后汽车每 1 秒前进的距离分别为 22m、18m、14m、10m、6m、2m，刹车过程中的加速度大小恒定，整个过程汽车始终在同一直线上运动。求：

（1）汽车以加速度 a_2 运行的时间；

（2）刹车过程中，汽车的平均加速度大小；

（3）从发现障碍物到汽车停止过程中，汽车的平均速度大小。

【答案】（1）$t_2=8\text{s}$；（2）$a_3=4\text{m/s}^2$；（3）$\bar{v}=\frac{168}{13}\text{m/s}$

【解析】（1）汽车以a_1的加速度行驶 4s 时的速度为

$$v_1=a_1t_1$$

代入数据得

$$v_1=10\text{m/s}$$

汽车以a_2的加速度行驶时，所用的时间为

$$t_2=\frac{v-v_1}{a_2}$$

代入数据得

$$t_2=8\text{s}$$

（2）汽车刹车时产生的加速度大小为

$$a_3=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{24}{6}\text{m/s}^2=4\text{m/s}^2$$

（3）发现障碍物到开始刹车，汽车的位移大小

$$x_1=vt_0=24\times0.5\text{m}=12\text{m}$$

汽车的刹车距离

$$x_2=22\text{m}+18\text{m}+14\text{m}+10\text{m}+6\text{m}+2\text{m}=72\text{m}$$

从发现障碍物到汽车停止过程中，汽车的平均速度大小

$$\bar{v}=\frac{x_1+x_2}{t_0+t}$$

解得

$$\bar{v}=\frac{168}{13}\text{m/s}$$

衔接点 07 匀变速直线运动位移与时间的关系

学习要求

初中阶段	高中阶段
主要让学生建立运动的初步概念，理解路程的基本含义，能通过速度公式$v=\frac{s}{t}$计算匀速直线运动中的路程。学生需掌握用刻度尺测量物体长度，在简单情境中描述物体的位置变化，通过生活实例区分运动与静止状态，具备初步的运动分析能力，为高中学习位移与时间的定量关系奠定感性认知基础。	深刻理解匀变速直线运动位移与时间的定量关系，熟练掌握位移公式$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$，能够运用公式进行复杂情境下的位移计算 。学会通过 v-t 图像推导位移公式，理解图像与坐标轴围成面积表示位移的物理意义。要求学生具备将实际运动问题转化为物理模型的能力，结合速度-时间关系公式，综合分析匀变速直线运动中位移、速度、加速度和时间等物理量之间的关系，提升逻辑推理和数学运算能力。
衔接指引	
初中阶段考查形式：多采用选择题、填空题和简单计算题。 高中阶段考查形式：选择题、填空题、计算题和图像分析题。	

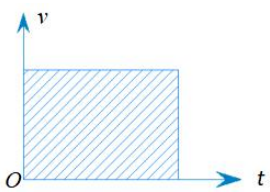
知识衔接

知新高中知识

一、匀速直线运动的位移

1．做匀速直线运动的物体在时间 t 内的位移：__x=vt__。

2．做匀速直线运动的物体，其 v-t 图象是一条平行于__时间轴__的直线，其位移在数值上等于 v-t 图线与对应的时间轴所包围的矩形的__面积__，如图所示：



（1）当“面积”在 t 轴上方时，位移取__正值__，这表示物体的位移与规定的正方向__相同__；

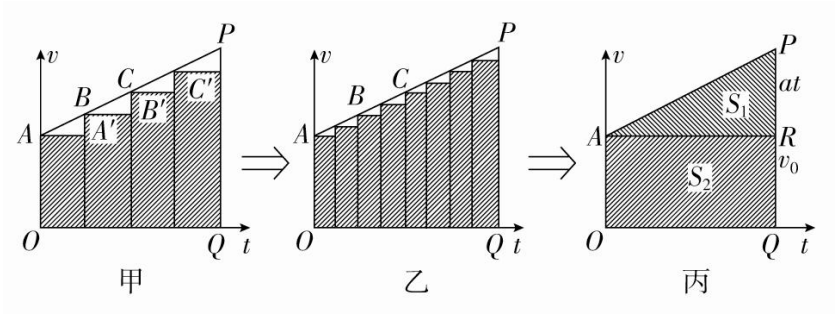
（2）当“面积”在 t 轴下方时，位移取 负值 ，这表示物体的位移与规定的正方向 相反 。

二、匀变速直线运动位移与时间的关系

1．微元法与极限思想的应用

在匀变速直线运动中，由加速度的定义易得速度的变化量 $\Delta v=a\cdot\Delta t$，只要时间足够短，速度的变化量就非常小，在非常短的时间内，我们就可以用熟悉的匀速直线运动的位移公式近似计算匀变速直线运动的位移。

如图所示，甲图中与 Δt 对应的每个小矩形的面积就可以看做 Δt 时间内的位移。如果把每一小段 Δt 内的运动看做匀速直线运动，则各小矩形面积之和等于各段 Δt 时间内做匀速直线运动的位移之和。时间 Δt 越短，速度变化量 Δv 就越小，我们这样计算的误差也就越小。当 $\Delta t\to 0$ 时，各矩形面积之和趋近于 v-t 图象与时间轴所围成的面积。



由梯形面积公式得 $x=\dfrac{(v_0+v)\cdot t}{2}$

在任何运动中都有 $x=\bar{v}\cdot t$

因此$\bar{v}=\dfrac{v_0+v}{2}$(适用匀变速直线运动)

把 $v=v_0+at$ 代入 $x=\dfrac{(v_0+v)\cdot t}{2}$

得 $x=v_0t+\dfrac{1}{2}at^2$

2. 匀变速直线运动的位移与时间的关系式：$x=v_0t+\dfrac{1}{2}at^2$ 。

3. 理解

（1）在 $v-t$ 图像中，图线与 t 轴所围的面积对应物体的位移，t 轴 上方 面积表示位移为 正 ，t 轴 下方 面积表示位移为 负 。

（2）位移公式 $x=v_0t+\dfrac{1}{2}at^2$ 只适用于匀变速直线运动。

（3）公式中 x、v_0、a 都是 矢量 ，应用时必须选取 正方向 ；一般选 v_0 的方向为正方向．当物体做匀 减速 直线运动时，a 取 负 值，计算结果中，位移 x 的正负表示其方向。

（4）当 $v_0=0$ 时，$x=\frac{1}{2}at^2$，即由静止开始的匀加速直线运动的位移公式，位移 x 与 t^2 成正比。

4. 位移公式的另一表达式：

$$\left.\begin{aligned} x&=v_0t+\frac{1}{2}at^2\\ v&=v_0+at\Rightarrow v_0=v-at\end{aligned}\right\}\Rightarrow x=(v-at)t+\frac{1}{2}at^2=vt-\frac{1}{2}at^2$$，即 $x=vt-\frac{1}{2}at^2$。

5. 匀变速直线运动中的平均速度

在匀变速直线运动中，对于某一段时间 t，其中间时刻的瞬时速度 $v_{\frac{t}{2}}=v_0+\frac{1}{2}at=\frac{2v_0+at}{2}$，该段时间的末速度 $v=v_t+at$，由平均速度的定义式和匀变速直线运动的位移公式整理加工可得

$$\bar{v}=\frac{x}{t}=\frac{v_0t+\frac{1}{2}at^2}{t}=v_0+\frac{1}{2}at=\frac{2v_0+at}{2}=\frac{v_0+v_0+at}{2}=\frac{v_0+v_t}{2}=v_{\frac{t}{2}}$$。

结论：在匀变速直线运动中，某一段时间内的平均速度等于该段时间内 **中间时刻** 的瞬时速度，又等于这段时间内 **初速度和末速度的算术平均值**，即：$\bar{v}=\frac{v_0+v_t}{2}=v_{\frac{t}{2}}$。

6、匀变速直线运动推论公式：

任意两个连续相等时间间隔 T 内，位移之差是常数，即 $\triangle x=x_2-x_1=aT^2$. 拓展：$\triangle x_{MN}=x_M-x_N=$（M-N）$aT^2$。

推导：如图所示，x_1、x_2 为连续相等的时间 T 内的位移，加速度为 a。

$$\left.\begin{aligned} x_1&=v_CT-\frac{1}{2}aT^2\\ x_2&=v_CT+\frac{1}{2}aT^2\end{aligned}\right\}\Rightarrow \triangle x=x_2-x_1=aT^2$$

三、匀变速直线运动速度与位移的关系

1、匀变速直线运动位移与速度的关系。

（1）由位移公式：$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 和速度公式 $v=v_0+at$ 消去 t 得：$v^2-v_0^2=2ax$。

（2）匀变速直线运动的位移-速度关系式反映了初速度、末速度、加速度与位移之间的关系。

① 此公式仅适用于匀变速直线运动；

② 式中 v_0 和 v 是初、末时刻的速度，x 是这段时间的位移；

③公式中四个矢量v、v_0、a、x要规定统一的正方向。

（3）两种特殊形式

①当 $v_0=0$ 时，$v^2=2ax$。（初速度为零的匀加速直线运动）

②当 $v=0$ 时，$-v_0^2=2ax$。（末速度为零的匀减速直线运动）

2、匀变速直线运动的位移中点的瞬时速度推导：

前半段：$v_{x/2}^2-v_0^2=2a\frac{x}{2}$

后半段：$v_t^2-v_{x/2}^2=2a\frac{x}{2}$

将两式相减的：__$v_{\frac{x}{2}}=\sqrt{\frac{v_0^2+v_t^2}{2}}$__。

3、不论物体做匀加速直线运动还是匀减速直线运动，位移中点的速度均大于时间中点的速度，即：$v_{x/2}>v_{t/2}$。

三、匀变速直线运动规律的综合运用

1、求解匀变速直线运动的常用方法：基本公式法、特殊公式法、比例法（6个比例式）、逆向思维法、图象法。

2、基本公式法：①$v_t=v_0+at$ ②$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ ③$x=\frac{1}{2}(v_0+v)t$ ④$v^2-v_0^2=2ax$

3、特殊公式法：①$\triangle x=aT^2$ ②$S_M-S_N=(M-N)aT^2$ ③$\bar{v}=v_{\frac{t}{2}}=\frac{v_0+v_t}{2}$

4、比例法（6个比例式）

初速度为零的匀加速直线运动的特殊规律：

（1）ts末、2ts末、3ts末…nts末的瞬时速度之比为：__$v_1:v_2:v_3:\cdots:v_n=1:2:3:\cdots:n$__；

推导：由 $v_t=at$ 知 $v_1=at$，$v_2=2at$，$v_3=3at$，…，$v_n=nat$，

则可得：$v_1:v_2:v_3:\cdots:v_n=1:2:3:\cdots:n$；

（2）xm末、2xm末、3xm末…nxm末的瞬时速度之比为：$v_1:v_2:v_3:\cdots:v_n=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\ldots:\sqrt{n}$ 推导：由 $v^2=2ax$ 知 $v_1=\sqrt{2ax}$，$v_2=\sqrt{2a2x}$，$v_3=\sqrt{2a3x}$，…，$v_n=\sqrt{2anx}$；

则可得：__$v_1:v_2:v_3:\cdots:v_n=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\ldots:\sqrt{n}$__；

（3）ts内、2ts内、3ts内…nts内的位移之比为：$x_1:x_2:x_3:\cdots:x_n=1^2:2^2:3^2:\cdots:n^2$；

推导：由 $x=\frac{1}{2}at^2$ 知 $x_1=\frac{1}{2}at^2$，$x_2=\frac{1}{2}a(2t)^2$，$x_3=\frac{1}{2}a(3t)^2$，…，$x_n=\frac{1}{2}a(nt)^2$；

则可得：__$x_1:x_2:x_3:\cdots:x_n=1^2:2^2:3^2:\cdots:n^2$__；

（4）连续相等时间内的位移之比为：$x_I:x_{II}:x_{III}:\cdots:x_N=1:3:5:\cdots:(2n-1)$

推导：由 $x=\frac{1}{2}at^2$ 知 $x_I=\frac{1}{2}at^2$，$x_{II}=\frac{1}{2}a(2^2-1^2)t^2$，$x_{III}=\frac{1}{2}a(3^2-2^2)t^2$，…，$x_N=\frac{1}{2}a[n^2-(n-1)1^2]t^2$，

则可得：$x_I:x_{II}:x_{III}:\cdots:x_N=1:3:5:\cdots:(2n-1)$；

（5）前一个 x、前两个 x、前三个 x …所用的时间之比为：$t_1:t_2:t_3:\cdots:t_n=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\ldots:\sqrt{n}$ 推导：由

$x=\frac{1}{2}at^2$ 知 $t_1=\sqrt{\frac{2x}{a}}$，$t_2=\sqrt{\frac{2\bullet 2x}{a}}$，$t_3=\sqrt{\frac{2\bullet 3x}{a}}$，…，$t_n=\sqrt{\frac{2\bullet nx}{a}}$；

则可得：$t_1:t_2:t_3:\cdots:t_n=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\ldots:\sqrt{n}$；

（6）连续相等位移所用的时间之比为：$t_I:t_{II}:t_{III}:\cdots:t_N=1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):\cdots:(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$

推导：由 $x=\frac{1}{2}at^2$ 知 $t_1=\sqrt{\frac{2x}{a}}$，$t_2=\sqrt{\frac{2\bullet 2x}{a}}-\sqrt{\frac{2x}{a}}=(\sqrt{2}-1)\sqrt{\frac{2x}{a}}$，$t_3=(\sqrt{3}-\sqrt{2})\sqrt{\frac{2x}{a}}$，…，

$t_n=(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})\sqrt{\frac{2x}{a}}$；

则可得：$t_I:t_{II}:t_{III}:\cdots:t_N=1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):\cdots:(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$

5、逆向思维法

逆向思维法是把运动过程的“末态”作为“初态”来反向研究问题的方法．如物体做减速运动可看成反向加速运动来处理．末状态已知的情况下，若采用逆向思维法往往能起到事半功倍的效果。

6、图象法

v-t 图像和 x-t 图像的应用技巧

（1）确认是哪种图像，v-t 图像还是 x-t 图像。

（2）理解并熟记五个对应关系

①斜率与加速度或速度对应；

②纵截距与初速度或初始位置对应；

③横截距对应速度或位移为零的时刻；

④交点对应速度或位置相同；

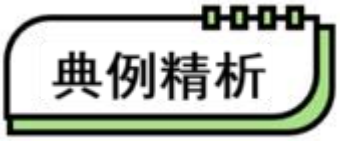
⑤拐点对应运动状态发生改变。

7、刹车类问题的处理思路

实际交通工具刹车后可认为是做匀减速直线运动，当速度减小到零时，车辆就会停止．解答此类问题的思路是：

(1)先求出它从刹车到停止的刹车时间 $t_{刹}=\frac{V_0}{a}$；

(2)比较所给时间与刹车时间的关系确定运动时间，最后再利用运动学公式求解．若 $t>t_{刹}$，不能盲目把时间代入；若 $t<t_{刹}$，则在 t 时间内未停止运动，可用公式求解。



例 1、一质点做匀加速直线运动，若该质点在时间 t 内位移为 x，末速度变为时间 t 内初速度的 5 倍，则该质点的加速度为（　　）

A．$\frac{8x}{3t^2}$　　B．$\frac{4x}{3t^2}$　　C．$\frac{2x}{3t^2}$　　D．$\frac{x}{3t^2}$

【答案】B

【解析】设质点运动的初速度为 v_0，加速度为 a，则由 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$

又 $a=\frac{5v_0-v_0}{t}$

解得：$a=\frac{4x}{3t^2}$

故选 B。

例 2、（多选）由静止开始做匀加速直线运动的汽车，第 1 秒内通过距离 $0.4\,\text{m}$，以下说法中正确的是（　）

A．加速度大小为 $0.8\,\text{m/s}^2$　　B．前 $2\,\text{s}$ 内发生的位移大小为 $1.8\,\text{m}$

C．第 $2\,\text{s}$ 内发生的位移大小为 $1.2\,\text{m}$　　D．第 $1\,\text{s}$ 末的速度大小为 $0.8\,\text{m/s}$

【答案】ACD

【解析】A．设加速度大小为 a，由 $x=\frac{1}{2}at_1^2$

可得 $a=\frac{2x_1}{t_1^2}=0.8\text{m/s}^2$，故 A 正确；

B．前 2s 内通过的位移大小为 $x_2=\frac{1}{2}at_2^2=1.6\text{m}$，故 B 错误；

C．第 2s 内通过的位移大小为 $x_2'=x_2-x_1=1.2\text{m}$，故 C 正确；

D．第 1s 末的速度大小为 $v_1=at_1=0.8\text{m/s}$，故 D 正确。

故选 ACD。

例 3、一辆卡车初速度为 15m/s，以 $a=2\text{m/s}^2$ 的加速度做匀加速直线运动，试问：

(1)卡车在前 4s 内的位移多大？

(2)卡车在第 5s 内的平均速度多大？

【答案】(1)76m　　(2)24m/s

【解析】（1）根据匀变速直线运动位移时间公式可得，卡车在前 4s 内的位移为

$$x_4=v_0t_4+\frac{1}{2}at_4^2=15\times4\text{m}+\frac{1}{2}\times2\times4^2\text{m}=76\text{m}$$

（2）卡车在前 5s 内的位移为 $x_5=v_0t_5+\frac{1}{2}at_5^2=15\times5\text{m}+\frac{1}{2}\times2\times5^2\text{m}=100\text{m}$

则卡车在第 5s 内的位移为 $\Delta x=x_5-x_4=24\text{m}$

卡车在第 5s 内的平均速度为 $\bar{v}=\frac{\Delta x}{\Delta t}=24\text{m/s}$

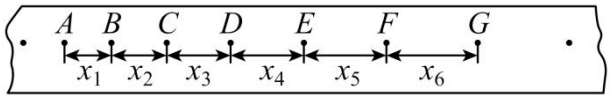
方法点拨

1. 抓定义核心：紧扣 “加速度恒定”，即速度均匀变化，速度变化量△v 与时间△t 比值不变，公式 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 为定值。

2. 辨运动特征：速度—时间图像是倾斜直线，斜率表示加速度；速度方向与加速度方向相同时加速，相反时减速 。

3. 避易错陷阱：区分 “匀变速” 与 “匀速”，勿将速度变化误解为速度大小变化；加速度恒定不代表速度大小、方向不变，关注矢量性 。

例 4、如图是“测定匀变速直线运动加速度”实验中得到的一条纸带，如图甲所示是某同学由打点计时器得到的记录小车运动过程的一条清晰纸带，纸带上两相邻计数点间还有四个点没有画出，打点计时器打点的时间间隔为 0.02s，其中 $x_1=1.22\text{cm}$，$x_2=2.00\text{cm}$，$x_3=2.78\text{cm}$，$x_4=3.62\text{cm}$，$x_5=4.40\text{cm}$，$x_6=5.18\text{cm}$。



(1)相邻两计数点间的时间间隔为 $T=$___s；

(2)计算加速度的公式为 $a=$___（用题目中所给字母表示）；小车的加速度大小为___m/s^2（答案保留两位有效数字）。

(3)打点计时器打计数点 D 时，小车的速度大小是___m/s。（答案保留两位有效数字）。

【答案】(1)0.1　　(2) $\frac{(x_4+x_5+x_6)-(x_1+x_2+x_3)}{9T^2}$　　0.80　　(3)0.32

【解析】（1）由于纸带上两相邻计数点间还有四个点没有画出，打点计时器打点的时间间隔为0.02s，则相邻两计数点间的时间间隔为 $T=0.02\times5\text{s}=0.1\text{s}$

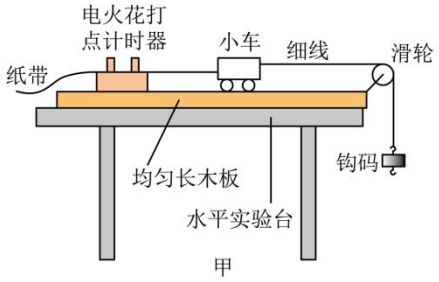
（2）[1]根据逐差法可知，计算加速度的公式为 $a=\frac{(x_4+x_5+x_6)-(x_1+x_2+x_3)}{9T^2}$

[2]结合上述，代入题中所给数据，加速度

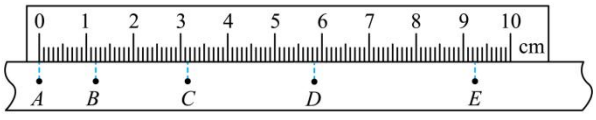
$$a=\frac{(3.62+4.40+5.18)\times10^{-2}-(1.22+2.00+2.78)\times10^{-2}}{9\times0.1^2}\text{m/s}^2=0.80\text{m/s}^2$$

（3）匀变速直线运动全程的平均速度等于中间时刻的瞬时速度，则点计时器打计数点D时，小车的速度大小 $v_D=\frac{x_3+x_4}{2T}=0.32\text{m/s}$

例5、某实验小组的同学利用如图甲所示的装置“探究小车速度随时间变化的规律”，图乙是某次实验获取的一段纸带。在纸带上确定 A、B、C、D、E 共5个计数点，已知打点计时器所用交流电的频率为50Hz，每两个相邻的计数点之间还有4个点未画出。



甲



乙

(1)图乙中 A、D 两点间的距离 x_{AD}=_____cm。

(2)图乙中 D 点对应的速度大小是_____m/s（计算结果保留2位有效数字）。

(3)小车的加速度为_____m/s²（计算结果保留2位有效数字）。

(4)若电源频率实际为49Hz，但计算时仍取50Hz计算，则加速度的测量值比真实值_____（填“偏大”或“偏小”）。

【答案】(1)5.86（5.84~5.88）　(2)0.31（0.30~0.32）　(3)0.75（0.74~0.78）　(4)偏大

【解析】（1）由图乙可知A、D两点间的距离xAD=5.86cm。

（2）每相邻两点之间还有四个打点未画出来，则相邻两个点之间的时间间隔为 $T=5\times\frac{1}{f}=0.1\text{s}$

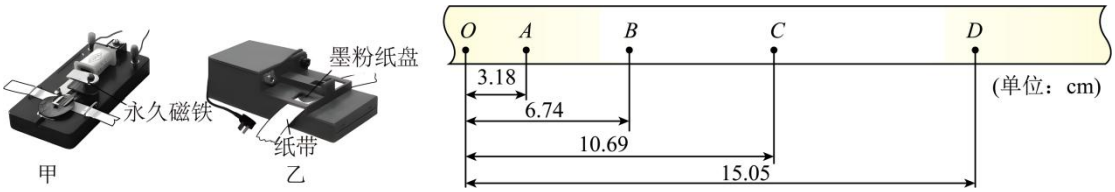
由图乙可知 A、C 两点间的距离 xAC＝3.15cm，A、E 两点间的距离 xAE＝9.26cm，故 C、E 两点间的距离为 $x_{CE}=x_{AE}-x_{AC}=6.11\text{cm}$

根据匀变速直线运动的推论，时间中点的瞬时速度等于这段时间的平均速度，可得 D 点对应的速度大小为 $v_D=\frac{x_{CE}}{2T}=\frac{6.11\times10^{-2}}{2\times0.1}\text{m/s}=0.31\text{m/s}$

（3）根据逐差法，可得小车的加速度大小为 $a=\frac{x_{CE}-x_{AC}}{4T^2}=\frac{(6.11-3.15)\times10^{-2}}{4\times0.1^2}\text{m/s}^2=0.74\text{m/s}^2$

（4）电源实际频率偏小，实际周期偏大，T 的测量值偏小，所以加速度的测量值偏大。

例 6、在测量做直线运动物体的瞬时速度的实验中，实验室提供如图甲、乙两种打点计时器；



(1)某实验小组决定使用电火花计时器，则应选用图中的___（选填“甲”或“乙”）计时器。

(2)下列关于本实验的说法正确的是_____。

A．如果将打点计时器连接的电源改为直流电源，打点计时器仍能正常工作

B．纸带运动的速度大小会影响打点计时器的打点时间间隔

C．实验时应先启动打点计时器，再松手释放小车

D．纸带上打点越密集说明纸带运动速度越大

(3)一小车在重物牵引下拖着穿过打点计时器的纸带沿平直轨道加速运动。如图是打出的纸带的一段，相邻两个计数点之间还有 4 个点未画出，已知打点计时器使用的交流电频率为 50Hz。

①计算在打下 C 点时小车的瞬时速度为 $v_C=$___m/s，小车运动的加速度大小为 $a=$___m/s^2（计算结果保留两位有效数字）；

②如果当时电网中交变电流的频率稍有减小，频率从 50Hz 变成了 40Hz，而做实验的同学并不知道，仍按照 50Hz 进行数据处理，那么速度的测量值与实际值相比___（选填：“偏大”、“偏小”或“不变”）。

【答案】(1)乙　　(2)C　　(3) 0.42　　0.39　　偏大

【解析】（1）图中甲是电磁打点计时器，乙是电火花计时器；某实验小组决定使用电火花计时器，则应选用图中的乙。

（2）A．如果将打点计时器连接的电源改为直流电源，打点计时器不能正常工作，故 A 错误；

B．打点计时器的打点时间间隔由连接交流电源的频率决定，与纸带运动的速度大小无关，故 B 错误；

C．为了充分利用纸带，实验时应先启动打点计时器，再松手释放小车，故 C 正确；

D．纸带上打点越密集说明纸带运动速度越小，故 D 错误。

故选 C。

（3）①[1]相邻两个计数点之间还有 4 个点未画出，则相邻两计数点的时间间隔为$T=5\times0.02\text{s}=0.1\text{s}$

根据匀变速直线运动中间时刻速度等于该段过程的平均速度，则打下 C 点时小车的瞬时速度为

$$v_C=\frac{x_{BD}}{2T}=\frac{(15.05-6.74)\times10^{-2}}{2\times0.1}\text{m/s}\approx 0.42\text{m/s}$$

[2]根据逐差法可得，小车加速度为$a=\frac{x_{BD}-x_{OB}}{4T^2}=\frac{(15.05-6.74-6.74)\times10^{-2}}{4\times 0.1^2}\text{m/s}^2\approx0.39\text{m/s}^2$

②[3]如果当时电网中交变电流的频率从 50Hz 变成了 40Hz，则实际打点周期变大，相邻两计数点间的时间间隔变大，而做实验的同学并不知道，仍按照 50Hz 进行数据处理，则代入计算的时间间隔偏小，使得速度的测量值与实际值相比偏大。

方法点拨

匀变速直线运动中的常用结论：$\Delta x=aT^2$，即任意相邻相等时间内位移之差相等，可推广到$x_m-x_n=(m-n)aT^2$。

.

例 7、一质点做匀加速直线运动，第 3s 内的位移是 2m，第 4s 内的位移是 2.5m，以下说法正确的是（　）

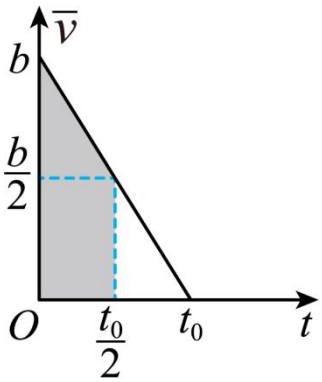
A．第 2s 内的位移是 2.5m　　B．第 3s 末的瞬时速度是 2m/s

C．质点的加速度是0.125m/s^2　　D．质点的加速度是0.5m/s^2

【答案】D

【解析】由$\Delta x=aT^2$，得$a=\frac{x_4-x_3}{T^2}=0.5\text{m/s}^2, x_3-x_2=x_4-x_3$，所以第 2s 内的位移$x_2=1.5\text{m}$，A、C 错误，D 正确；第 3s 末的瞬时速度等于$2\sim4\text{s}$内的平均速度，所以$v_3=\frac{x_3+x_4}{2T}=2.25\text{m/s}$，B 错误。

例 8、某中学物理兴趣小组研究某物体做匀变速直线运动的$\bar{v}-t$图像，$\bar{v}$是平均速度，如图所示，下列说法正确的是（　　）



A．物体的初速度大小为 b，加速度大小为 $\frac{b}{t_0}$　　B．阴影部分的面积表示物体在 $0\sim\frac{t_0}{2}$ 时间内通过的位移

C．物体在 t_0 时刻回到出发点　　D．物体在 t_0 时刻速度方向发生改变

【答案】C

【解析】A．物体做匀变速运动，根据运动学公式有 $x=v_0t-\frac{1}{2}at^2$

整理得 $\frac{x}{t}=v_0-\frac{1}{2}at$

可知图像的斜率为 $k=-\frac{a}{2}$

纵截距为 $b=v_0$

所以物体的加速度大小为 $a=\frac{2b}{t_0}$，故 A 错误；

B．初速度为 b，根据速度时间关系式 $v=v_0-at$

代入数据得在 $\frac{t_0}{2}$ 时的速度为 0，则 $\frac{b}{2}$ 为 $0\sim\frac{t_0}{2}$ 时间内的平均速度，所以 $0\sim\frac{t_0}{2}$ 时间内物体的位移为 $x=\frac{b}{2}\times\frac{t_0}{2}=\frac{bt_0}{4}$

故 B 错误；

CD．物体的加速度大小为 $a=\frac{2b}{t_0}$

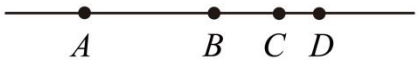
初速度为 b，则有 $x=bt-\frac{b}{t_0}t^2$

将 $t=t_0$ 代入得 $x=0$

即物体在t_0时刻回到出发点，由此可知在t0时刻之前速度方向已发生改变，故C正确，D错误。

故选C。

例9、因前方路段有塌方，一汽车在收到信号后立即开始刹车。刹车过程中汽车途经A、B、C三点，最终汽车停在D点。已知汽车经过AB段所用时间和BC段所用时间相等均为$t=1\text{s}$，且$x_{AB}-x_{BC}=8\text{ m}$，汽车在CD段的平均速度大小为1m/s（汽车刹车过程中加速度不变）。则下列说法正确的是（　　）



A．汽车刹车时加速度大小为2 m/s^2　　B．汽车在A点的速度大小为16 m/s

C．$x_{AB}=16\text{ m}$　　D．汽车在AB段的平均速度大小为14 m/s

【答案】D

【解析】A.由题意分析A、B、C、D四点，因汽车经过AB段所用时间和BC段所用时间相等均为$t=1\text{s}$，则由位移差公式$\Delta x=aT^2$

可知$a=8\text{ m/s}^2$

A错误；

B．由匀变速直线运动的推论可知CD段的平均速度大小为该段初末速度大小的平均值，即$v_{CD}=\frac{v_C+v_D}{2}=1\text{ m/s}$

故$v_C=2\text{ m/s}$

则对汽车由A到C的运动进行逆向思维有$v_A=v_C+2at=18\text{ m/s}$

B错误；

CD．由匀变速直线运动推论可知$v_B=\frac{v_A+v_C}{2}=10\text{ m/s}$

则AB段的平均速度大小为$v_{AB}=\frac{v_A+v_B}{2}=14\text{ m/s}$

$x_{AB}=v_{AB}\cdot t=14\text{ m}$

C错误D正确；

故选D。

方法点拨

1. 基本公式法

（1）通用公式：$\bar{v}=\frac{x}{t}$（适用于所有运动，x 为位移，t 为时间）。

（2）匀变速专用：$\bar{v}=\frac{v_0+v}{2}$（仅适用于匀变速直线运动，v0 为初速度，v 为末速度）。

2. 图像辅助法

v-t 图像中，位移 x 为图线与时间轴围成的面积，故平均速度等于面积与时间的比值，直观反映运动的平均快慢。

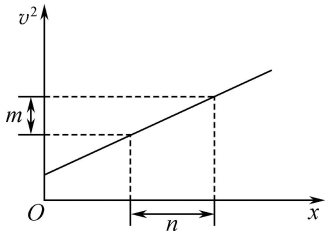
3. 中间时刻速度法

匀变速直线运动中，中间时刻的瞬时速度等于全程平均速度，即 $v_{\frac{t}{2}}=\bar{v}=\frac{v_0+v}{2}$，可简化瞬时速度与平均速度的转换计算。

4. 位移分解法

多段匀变速运动中，分段求平均速度再结合总位移、总时间计算全程平均速度，或利用各段平均速度与时间的乘积求和得总位移。

例 10、一物体做直线运动，$t=0$ 时刻处在坐标原点处，运动过程中的 v^2x 图像如图所示。一段过程中纵轴的变化量为 m，对应的横轴变化量为 n，且这个过程对应的时间长为 Δt，这段过程的中间时刻与 $t=0$ 时刻的时间间隔为 $2.5\Delta t$，则（　　）



A．物体的加速度 $a=\frac{m}{n}$　　B．物体的加速度 $a=\frac{2m}{n}$

C．$t=0$ 时刻物体的速度 $v_0=\frac{n}{\Delta t}-\frac{5m\Delta t}{4n}$　　D．$t=0$ 时刻物体的速度 $v_0=\frac{n}{\Delta t}-\frac{5m\Delta t}{2n}$

【答案】C

【解析】

对于匀变速直线运动，由 v2＝2ax＋v$_0^2$可得 v2x 图像的斜率 k＝2a。由图像有 k＝$\frac{m}{n}$，可得出物体的加速度 a＝$\frac{m}{2n}$。由题意可知，一段过程的位移为 n，对应的时间为Δt，则这段过程物体的平均速度 v＝$\frac{n}{\Delta t}$，对于匀变速直线运动，中间时刻的瞬时速度等于全程的平均速度，则这段过程中间时刻的瞬时速度 v$_{\frac{\Delta t}{2}}$＝$\frac{n}{\Delta t}$，由匀变速度直线运动速度和时间的关系可得 v$_{\frac{\Delta t}{2}}$＝v0＋a×2.5Δt，解得 v0＝$\frac{n}{\Delta t}$－$\frac{5m\Delta t}{4n}$。故选 C。

例 11、若某列车正以 216km/h 的速度匀速行驶，在列车头经过路标 A 时，司机突然接到报告要求紧急刹车，因前方 900m 处出现特殊情况，为避免危险发生，列车的加速度至少为（　　）

A．$1\mathrm{m/s^2}$　　B．$1.5\mathrm{m/s^2}$　　C．$2\mathrm{m/s^2}$　　D．$2.4\mathrm{m/s^2}$

【答案】C

【解析】列车从开始刹车到停止运动滑行的位移为 $x=900\mathrm{m}$，则 $v_0=216\mathrm{km/h}=60\mathrm{m/s}, v=0$，取列车前进方向为正方向，由关系式 $v^2-v_0^2=2ax$ 得 $a=-2\mathrm{m/s^2}$，即列车的加速度大小至少应为 $2\mathrm{m/s^2}$，故 C 正确。

例 12、如图所示，航空母舰上有帮助飞机起飞的弹射系统。已知某战斗机在跑道上加速时产生的加速度为 $4.5\mathrm{m/s^2}$，战斗机滑行 $100\mathrm{m}$ 时起飞，起飞速度为 $50\mathrm{m/s}$，则航空母舰静止时弹射系统必须使战机具有的初速度为（　　）

A．$10\mathrm{m/s}$　　B．$20\mathrm{m/s}$　　C．$30\mathrm{m/s}$　　D．$40\mathrm{m/s}$

【答案】D

【解析】根据 $v^2-v_0^2=2ax$，解得 $v_0=\sqrt{v^2-2ax}=\sqrt{50^2-2\times4.5\times100}\mathrm{m/s}=40\mathrm{m/s}$，D 正确。

方法点拨

$v^2-v_0^2=2ax$ 中各值的选取原则

（1）确定公式 $v^2-v_0^2=2ax$ 中的四个物理量的数值时，选取的参考系应该是统一的。

（2）公式 $v^2-v_0^2=2ax$ 为夫量式，应用时要选取正方向，若 x、a、v、v_0 的方向与规定正方向的方向相反，则取负值。

例 13、冰壶的某次运动可以看成匀减速直线运动，假设冰壶经过 15 秒停止运动，那么冰壶在先后连续相等的三个 5 秒内通过的位移之比为（　　）

A．1∶2∶3　　B．5∶3∶1　　C．1∶4∶9　　D．3∶2∶1

【答案】B

【解析】冰壶的运动过程可以逆向看成初速度为零的匀加速直线运动。根据初速度为零的匀加速直线运动的特点，该逆过程在三个连续 5 s 内的位移之比为$1:3:5$，所以冰壶在先后连续相等的三个 5 秒内通过的位移之比为$5:3:1$。

故选 B。

例 14、物体由静止开始做匀加速直线运动，测得小车在第 5s 内的位移是 27m，则（　　）

A．小车在 2s 末的速度是 20m/s　　B．小车在第 5s 内的平均速度是 9m/s

C．小车在第 2s 内的位移是 9m　　D．小车在 5s 内的位移是 125m

【答案】C

【解析】CD．物体做初速度为零的匀加速直线运动，连续相等的 5 个 1s 内的位移满足

$x_1:x_2:x_3:x_4:x_5=1:3:5:7:9$

已知$x_5=27\text{m}$

解得$x_1=3\text{m}$，$x_2=9\text{m}$，$x_3=15\text{m}$，$x_4=21\text{m}$

物体在 5s 内的位移$x=x_1+x_2+x_3+x_4+x_5=75\text{m}$

故 C 正确，D 错误；

B．物体在第 5s 内的平均速度$\bar{v}=\frac{27}{1}\text{m/s}=27\text{m/s}$

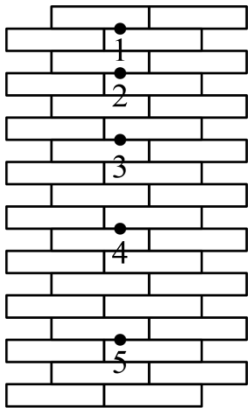
B 错误；

A．物体在 2s 末的速度$v_2=\overline{v_{13}}=\frac{9+15}{2}\text{m/s}=12\text{m/s}$

A 错误。

故选 C。

例 15、如图所示，小球从竖直砖墙某位置静止释放，用频闪照相机记录了小球每次曝光时的位置 1、2、3、4、5……，连续两次曝光的时间间隔均为 T，每块砖的厚度为 d。根据图中的信息，下列判断正确的是（　　）



A．由图中信息可求出位置“2”处的速度 B．位置“1”是小球释放的初始位置

C．小球在位置“3”的速度为$\frac{7d}{T}$　　D．小球下落的加速度为$\frac{2d}{T^2}$

【答案】A

【解析】A．2 位置是 1 位置与 3 位置的中间时刻，根据题意可知“2”处的速度$v_2=\frac{5d}{2T}$

故 A 正确；

B．初速度为 0 的匀加速直线运动，在连线相等的时间内，位移比为奇数比，图中可以看出

$x_{12}:x_{23}:x_{34}:x_{45}=2:3:4:5$

不满足该规律，故 B 错误；

C．小球在位置“3”的速度为$v_3=\frac{x_{24}}{2T}=\frac{7d}{2T}$

故 C 错误；

D．逐差法可知，小球下落的加速度$a=\frac{x_{35}-x_{13}}{4T^2}=\frac{9d-5d}{4T^2}=\frac{d}{T^2}$

故选 A。

方法点拨

1.比例法快速解题

（1）初速度为零的匀加速运动直接套用比例关系，简化计算。

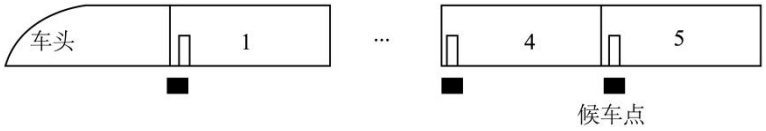
（2）已知连续相等时间内的位移差，优先用△x＝aT² 求加速度。

2.注意条件限制

（1）初速度为零的比例规律仅适用于 $v_0=0$ 的匀加速运动，不可直接用于匀减速或有初速度的情况。

（2）位移差公式△x＝aT² 对匀加速、匀减速均适用，但需保证时间间隔 T 相等且连续。

例 16、动车进站时可看做匀减速直线运动，列车停止时，各车厢的车门正好对着站台上对应车厢的候车点，忽略车厢之间的空隙，一乘客站在 5 号车厢候车点候车，则 1 号车厢与 2、3 号车厢在乘客面前经过所用的时间比最接近于（　　）



A．$(2-\sqrt{3})$：$(\sqrt{3}-1)$　　B．$(\sqrt{3}-1)$：1

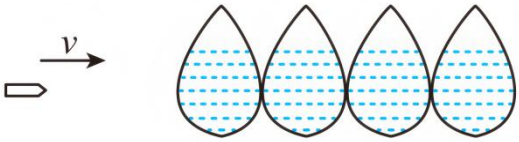
C．2：$\sqrt{2}$　　D．$(\sqrt{3}-\sqrt{2})$：1

【答案】A

【解析】根据可逆思想，将动车进站的匀减速直线运动看成初速度为零的匀加速直线运动，根据初速度为零的匀加速直线运动中相邻的相等的位移所用时间之比为$1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):(2-\sqrt{3})\cdots\cdots$，可得 1 号车厢与 2、3 号车厢在乘客面前经过所用的时间比为$(2-\sqrt{3})$ ：$(\sqrt{3}-\sqrt{2}+\sqrt{2}-1)=(2-\sqrt{3})$ ：$(\sqrt{3}-1)$。

故选 A。

例 17、《国家地理频道》通过实验证实四个水球就可以挡住子弹。如图所示，四个完全相同的水球紧挨在一起水平排列，一颗子弹以速度v水平射向水球，假设子弹在水球中沿水平方向做匀变速直线运动，恰好能穿出第四个水球。已知子弹在每个水球中运动的距离均为d，则可以判定（　　）



A．子弹穿过第二个水球时的瞬时速度为$\frac{v}{2}$

B．子弹穿过前三个水球所用的时间为$\frac{2d}{v}$

C．子弹在第四个水球中运动的平均速度为$\frac{v}{4}$

D．子弹从左向右通过每个水球的时间之比为$t_1:t_2:t_3:t_4=1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):(2-\sqrt{3})$

【答案】C

【解析】A．子弹在水球中沿水平方向做匀变速直线运动，恰好能穿出第四个水球，逆向思维可看成反向初速度为零的匀加速直线运动，根据匀变速直线运动的规律$v^2=2ax$，解得$v\propto\sqrt{x}$，可知子弹穿过第二个水球的瞬时速度为$\frac{\sqrt{2}}{2}v$，故 A 错误；

B．由 A 可知，子弹穿过第三个水球的瞬时速度为$\frac{v}{2}$，根据平均速度的定义$\overline{v}=\frac{x}{t}$知，子弹在前三个水球中运动的时间为$t=\frac{3d}{\frac{v+\frac{v}{2}}{2}}=\frac{4d}{v}$

故 B 错误；

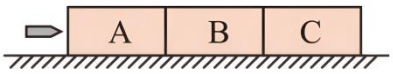
C．由 A 可知，子弹进入第四个水球的瞬时速度为$\frac{v}{2}$，则子弹在第四个水球中运动的平均速度为$\overline{v}=\frac{\frac{v}{2}+0}{2}=\frac{v}{4}$

故 C 正确；

D．逆向思维，根据匀变速直线运动的规律$x=\frac{1}{2}at^2$，解得$t\propto\sqrt{x}$，子弹依次穿过 4 个水球的时间之比为$t_1:t_2:t_3:t_4=\left(2-\sqrt{3}\right):\left(\sqrt{3}-\sqrt{2}\right):\left(\sqrt{2}-1\right):1$，故 D 错误。

故选 C。

例 18、（多选）如图所示，三块由同种材料制成的木块 A、B、C 固定在水平地面上，一颗水平飞行的子弹以速度v_0击中木块 A，并恰好能穿过全部木块．假设子弹穿过木块过程中受到的阻力大小不变，下列说法中正确的是（　　）



A．若三块木块的长度相等，则依次穿过三块木块的时间之比为$t_A:t_B:t_C=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}$

B．若三块木块的长度相等，则穿出第二块时的速度为$\frac{\sqrt{3}}{3}v_0$

C．若穿过三块木块所用的时间相等，则三块木块的长度之比为$L_A:L_B:L_C=5:3:1$

D．若穿过三块木块所用的时间相等，则穿出第二块时的速度为$\frac{1}{3}v_0$

【答案】BCD

【解析】A．子弹通过三块由同种材料制成的木块 A、B、C，做的是末速度为零的匀减速直线运动，利用逆向思维，则子弹由 C 经过 B 向 A 做初速度为零的匀加速直线运动；根据子弹通过连续相等的位移所用时间之比为$1:\left(\sqrt{2}-1\right):\left(\sqrt{3}-\sqrt{2}\right)$，故若三块木块的长度相等，则依次穿过三块木块 A、B、C 的时间之比为$\left(\sqrt{3}-\sqrt{2}\right):\left(\sqrt{2}-1\right):1$，故 A 错误；

B．利用逆向思维，则子弹由 C 经过 B 向 A 做初速度为零的匀加速直线运动；设木块的长度为 L，穿出第二块时的速度为 v，根据运动学规律有 $v_0^2 = 2a \times 3L$ ， $v^2 = 2aL$

解得 $v = \frac{\sqrt{3}}{3} v_0$

故 B 正确；

CD．由题意，利用逆向思维，则子弹由 C 经过 B 向 A 做初速度为零的匀加速直线运动，若穿过三块木块所用时间相等，则子弹通过 C、B、A 的位移之比为 $1:3:5$，故三块木块 A、B、C 的长度之比为 $L_A : L_B : L_C = 5:3:1$

设穿过第二块时的速度大小为 v1，穿过一块木块所用时间为 t，则有 $v_0 = 3at$ ， $v_1 = at$

解得 $v_1 = \frac{1}{3} v_0$

故 CD 正确。

故选 BCD。

方法点拨

1.匀变速直线运动（含初速度 v_0）的通用分析

（1）位移相等时的速度关系

由 $v^2 - v_0^2 = 2ax$，相邻相等位移末速度满足：$v_1^2 - v_0^2 = v_2^2 - v_1^2 = \cdots\cdots = 2ax$（适用于匀加速/匀减速，需注意矢量方向）

（2）位移相等时的时间差异

①匀加速运动：速度增大，通过相等位移的时间逐渐缩短；

②匀减速运动：速度减小，通过相等位移的时间逐渐延长；

③无固定比例，需结合具体初速度和加速度联立方程求解。

2.应用要点

（1）比例法适用条件

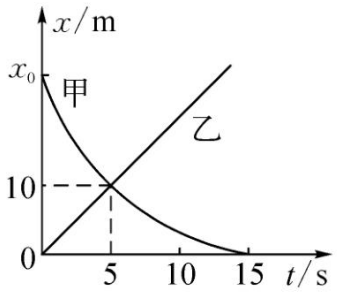
①初速度为零的比例规律仅适用于 $v_0 = 0$ 的匀加速运动，匀减速或有初速度时需通过基本公式推导。

②涉及“连续相等位移”问题时，优先判断是否为 $v_0 = 0$ 的匀加速，再选择比例法或公式法。

（2）典型场景

刹车问题（匀减速）需注意速度减为零后停止，避免误用比例。

例 19、甲、乙两质点在同一条直线上运动，质点甲做匀变速直线运动，质点乙做速直线运动，其中图线甲为抛物线的左半支且顶点在15s处，图线乙为一条过原点的倾斜直线。下列说法正确的是（　　）



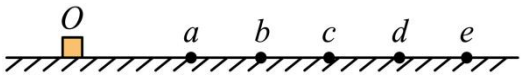
A．$t=5\text{s}$时乙车的速率为2m/s，甲车的速率为2m/s　　B．$t=0$时刻甲、乙两车之间的距离为25m

C．$t=0$时刻甲车的速度大小为4m/s　　D．甲车的加速度大小为0.1m/s^2

【答案】A

【解析】乙车做匀速直线运动，速度为$v_{乙}=\frac{x}{t}=\frac{10}{5}\text{m/s}=2\text{m/s}$，甲车做匀变速直线运动，其图线在$15\text{s}$时与横轴相切，则$t=15\text{s}$时甲车的速度为零，利用逆向思维将甲车运动看成反向初速度为0的匀加速直线运动，据位移时间公式$x=\frac{1}{2}at^2$，结合图像解得$a=0.2\text{m/s}^2$，所以$t=5\text{s}$时甲车的速率$v=0.2\times10\text{m/s}=2\text{m/s}$，A正确，D错误；对甲车，根据图像有$x_0=\frac{1}{2}\times0.2\times15^2\text{m}=22.5\text{m}$，则$t=0$时刻，甲、乙两车之间的距离为$22.5\text{m}$，B错误；在$t=0$时刻甲车的速度大小为$v_0=at=0.2\times15\text{m/s}=3\text{m/s}$，C错误。

例 20、春节期间，小明和家人在水平桌面上玩推盒子游戏。如图所示，将盒子从O点推出，盒子最终停止位置决定了可获得的奖品。在某次游戏过程中，推出的盒子从O点开始做匀减速直线运动，刚好停在e点。盒子可视为质点，a、b、c、d、e相邻两点间距离均为0.25m，盒子从d点运动到e点的时间为0.5s。下列说法正确的是（　　）



A．盒子运动的加速度大小为1m/s^2　　B．盒子运动到a点的速度大小为2m/s

C．盒子运动到c点的速度大小为1m/s　　D．盒子从a点运动到e点的时间为2s

【答案】B

【解析】A．由题知，滑块在停止运动前的最后1s内通过的距离为2m，根据逆向思维法有$x_0=\frac{1}{2}at^2$

代入数据有$a=2\text{m/s}^2$

故A错误；

B．根据逆向思维法有$v_a^2=2a\times4x_0$

解得盒子运动到 a 点的速度大小为 $v_a = 2\text{m/s}$

故 B 正确；

C．根据逆向思维法有 $v_c^2 = 2a \times 2x_0$

解得盒子运动到 c 点的速度大小为 $v = \sqrt{2}\text{m/s}$

故 C 错误；

D．根据逆向思维法有 $4x_0 = \frac{1}{2}at'^2$

盒子从 a 点运动到 e 点的时间为 $t' = 1\text{s}$

故 D 错误。

故选 B。

方法点拨

逆向思维解题思路

1. 核心思想

将末速度为零的匀减速直线运动逆向等效为初速度为零的匀加速直线运动（加速度大小不变，方向相反），利用正向匀加速的规律简化计算。

2. 常见应用场景

（1）末速度为零的匀减速运动

例：刹车问题。

（2）逆向处理：

原运动（匀减速）：末速度 （v＝0），加速度大小为 a，时间为 t。

逆向运动（匀加速）：初速度 （v’0＝0），加速度大小为 a，时间为 t。

（3）公式转换：

原位移：$x = v_0 t - \frac{1}{2}at^2 \rightarrow$ 逆向位移 $x = \frac{1}{2}at^2$（结果一致）。

3. 操作步骤

（1）判断是否适用：末速度为零的匀减速运动（或可视为末速度为零的阶段）。

（2）设定逆向运动：初速度为零，加速度大小与原运动相同，方向相反。

（3）套用正向规律：利用匀加速直线运动的公式、比例关系求解。

4. 注意事项

（1）**矢量方向：**逆向运动的加速度方向与原运动相反，需统一符号规则（如取原运动方向为正，则逆向加速度为负）。

（2）**适用范围：**仅适用于末速度为零的匀减速运动，不可直接用于中途速度不为零的情况。

（3）**避免混淆：**逆向思维是“等效替代”，并非实际运动方向改变，需明确物理过程的可逆性。

例 21、（多选）如图 1 所示为八人单桨有舵手赛艇项目。若在决赛中赛艇达到某一初速度后，在相邻两个划桨周期 T 内的加速度 a 与时间 t 的图像如图 2 所示，赛艇前进方向为正方向，图中 $a_1>2a_2$，这两个划桨周期内的运动视为直线运动，则（　　）

图1

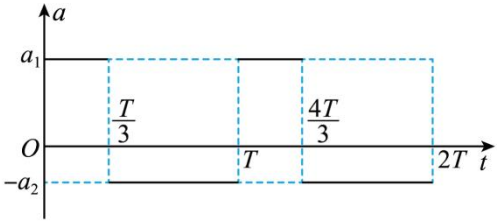


图2

A．经过第一个划桨周期时赛艇的速度与初速度相等

B．经过相邻两个划桨周期后速度变化量为 $\frac{2T}{3}(a_1-2a_2)$

C．该相邻两个划桨周期内的位移差大小为 $\frac{T^2}{3}(a_1-2a_2)$

D．该相邻两个划桨周期内的位移差大小为 $\frac{T^2}{3}(2a_1-a_2)$

【答案】BC

【解析】A．由 a-t 图像面积的物理意义为速度的变化量可知，第一个划桨周期速度增量为

$$\Delta v_1=a_1\cdot\frac{T}{3}-a_2\cdot\frac{2T}{3}=\frac{T}{3}(a_1-2a_2)>0$$

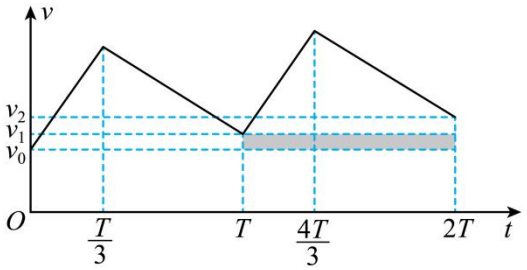
所以经过第一个划桨周期时赛艇的速度为比初速度大，故 A 错误；

B．经过连续两个划桨周期速度增量为

$$\Delta v_2=\frac{2T}{3}(a_1-2a_2)$$

即经过连续两个划桨周期后速度比初始速度增加 $\frac{2T}{3}(a_1-2a_2)$，故 B 正确；

CD．作出连续两个划桨周期的 v-t 图像如图所示



由 v-t 图像面积的物理意义为位移可知，该相邻两个划桨周期的位移增量为图中阴影部分为

$$x=\frac{T^2}{3}\left(a_1-2a_2\right)$$

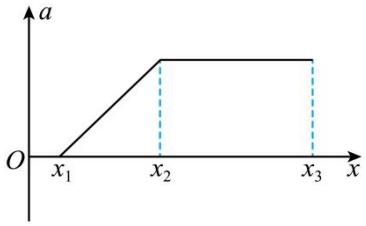
故 C 正确，D 错误。

故选 BC。

例 22、汽车以某一速度在平直公路上匀速行驶，行驶过程中司机忽然发现前方 50m 处有一警示牌，立即刹车。刹车过程中，汽车加速度的大小随位移变化的关系如图所示。司机的反应时间 $t_1=0.3\text{s}$，在这段时间内汽车仍保持匀速行驶，$x_1\sim x_2$ 段为刹车系统的启动阶段，从 x_2 位置开始，汽车的刹车系统稳定工作，直至汽车停止。已知从 x_2 位置开始计时，汽车第 1s 内的位移为 10m，第 3s 内的位移为 6m。

（1）求汽车刹车系统稳定工作后加速度的大小及 x_2 位置汽车的速度大小；

（2）若 $x_1\sim x_2$ 段位移大小为 11.5m，求从司机发现警示牌到汽车停止过程汽车位移的大小。



【答案】（1）2m/s^2；11m/s；（2）45.35m

【解析】（1）假设第三秒内未停止，则加速度大小为

$$a=\frac{s_1-s_3}{2T^2}=2\text{m/s}^2$$

最后一秒内的位移应为

$$x_0=\frac{1}{2}aT^2=1\text{m}<6\text{m}$$

假设成立。

根据匀变速直线运动规律

$$vT-\frac{1}{2}aT^2=s_1$$

解得

$$v=11\text{m/s}$$

（2）从 x1~x2，取一小段位移 Δx，则有

$$v_0^2-v_1^2=2a_1\Delta x$$

$$v_1^2-v_2^2=2a_2\Delta x$$

…

$$v_{n-1}^2-v_n^2=2a_n\Delta x$$

$$v_n=11\text{m/s}$$

上式相加有

$$v_0^2-v_n^2=2(a_1\Delta x_1+a_2\Delta x_2+a_3\Delta x_3+\cdots+a_n\Delta x_n)$$

其中括号内之和表示 a- x 图像围成面积，可得

$$v_0^2-v_n^2=2\times\frac{x_2-x_1}{2}a$$

解得

$$v_0=12\text{m/s}$$

则反应时间内

$$x_1=v_0t_1=3.6\text{m}$$

在匀减速阶段有

$$x_3-x_2=\frac{v^2}{2a}=30.25\text{m}$$

汽车行驶总位移

$$x=x_1+(x_2-x_1)+(x_3-x_2)=45.35\text{m}$$

方法点拨

1. 核心意义

（1）图像本质：反映加速度 a 随时间 t 的变化规律，斜率表示加速度的变化率（仅适用于非匀变速运动）。

（2）匀变速直线运动的 a-t 图像：

（3）形状：平行于时间轴的直线（a＝恒量，斜率为 0）。

（4）物理量对应：

（5）图线与时间轴围成的“面积”表示速度变化量△v ＝ at（因 a 恒定，面积为矩形）。

2.关键应用

（1）判断运动类型

①匀变速直线运动：a-t 图像为水平直线（a＞0 匀加速，a＜0 匀减速）。

②非匀变速运动：a-t 图像为曲线或倾斜直线（如变加速运动）。

（2）求解速度变化量

公式：$\Delta v=\int_{t_1}^{t_2} a dt$ （对匀变速，简化为△v＝a(t_2 － t_1)）。

（3）辅助分析位移

间接推导：

①由 a-t 图像求△v，结合初速度 v_0 得 v_t＝v_0＋△v。

②再通过 v-t 图像的面积求位移 x（因匀变速直线运动的 v-t 图像为倾斜直线，面积公式为 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$。

3.与其他图像的联动

图像类型	核心物理量联系
a-t 图像	面积＝速度变化量△v
v-t 图像	斜率＝加速度 a，面积＝位移 x
x-t 图像	切线斜率＝速度 v

注：匀变速直线运动中，a-t 图像为水平线，可快速通过面积法求△v，再结合 v-t 图像求解位移，形成 “加速度→速度→位移” 的分析链。

4.注意事项

（1）单位与标量：

a 的正负表示方向（与规定正方向一致为正，反之为负）。

面积的正负对应速度变化量的方向。

（2）适用范围：

仅直接适用于已知 \(a(t)\) 求 \(\Delta v\)，求位移需结合 \(v-t\) 图像或运动学公式。

（3）与匀变速的结合：

匀变速直线运动的 a-t 图像是最基础的水平直线模型，复杂问题中可通过分段分析（如多段匀变速）简化计算。

对点集训

1．2024 年 10 月 11 日宣绩高铁开通运营，宣绩高铁位于安徽省南部，线路起自合杭高铁宣城站，经由宣城市宣州区、宁国市、绩溪县，终至绩溪北站，新建正线全长 111.6 公里。宣绩高铁首发列车 G9298 从宁国南站驶出，做匀加速直线运动，途中经过 A、B、C 三点，已知 AB 段距离为 BC 段距离的一半，AB 段的平均速度为 108km/h，BC 段的平均速度为 216km/h，如图所示，高铁经过 C 点的速度大小为（　　）

A．85m/s　　B．75m/s　　C．65m/s　　D．55m/s

【答案】B

【解析】高铁在 AB 段的平均速度为 $v_{AB}=\frac{v_A+v_B}{2}=30\text{m/s}$

在 BC 段的平均速度为 $v_{BC}=\frac{v_C+v_B}{2}=60\text{m/s}$

由于 AB 段距离为 BC 段距离的一半，则有 $v_{AB}t_{AB}=\frac{1}{2}v_{BC}t_{BC}$

可知 B 点是 AC 段的时间中点，则 AC 段的平均速度为 $\frac{v_C+v_A}{2}=v_B$

联立解得 vC=75m/s

故选 B。

2．某同学在乘坐高铁时，为了测出高铁启动时的加速度，该同学使用手机的定位与计时功能记录经历不同时刻的位置。该同学从高铁启动后某时刻开始计时，并将此时位置记为起点 $x=0$ 处，每经过时间 t，记录一次位置，已知该同学记录第 n 个 t 内的位移为 x_1，第 m 个 t 内的位移为 x_2，且 $m>n$。假设此段时间内高铁一直做匀加速直线运动，由以上数据可得高铁加速度大小为（　　）

A．$\frac{x_2-x_1}{t^2}$　　B．$\frac{x_2-x_1}{(m-n)\,t^2}$　　C．$\frac{2x_1}{(2n-1)\,t^2}$　　D．$\frac{2x_2}{m^2t^2}$

【答案】B

【解析】由连续相等时间间隔内的位移差公式可知 $(m-n)at^2=x_2-x_1$

解得 $a=\frac{x_2-x_1}{(m-n)\,t^2}$

故选 B。

3．2024 年 12 月 27 日，中国自主研制、创新应用电磁弹射技术的两栖攻击舰四川舰在上海下水，其对舰载机的弹射距离恒为x。若最低起飞速度为v的某舰载机在四川舰上被弹射安全起飞，该过程视为初速度为 0 的匀变速直线运动，则弹射过程（　　）

A．经历的时间一定为$\frac{2x}{v}$　　B．经历的时间可能大于$\frac{2x}{v}$

C．获得的加速度一定为$\frac{v^2}{2x}$　　D．获得的加速度可能大于$\frac{v^2}{2x}$

【答案】D

【解析】AB．舰载机最低起飞速度为v，则舰载机的末速度大小大于或等于v，又因为是匀变速运动，则全程的平均速度$\bar{v} \geq \frac{v}{2}$

根据$t = \frac{x}{\bar{v}}$

可得$t \leq \frac{2x}{v}$

故 AB 错误；

CD．舰载机的末速度大小大于或等于v，根据$2ax = v^2$

可得$a \geq \frac{v^2}{2x}$

故 C 错误，D 正确。

故选 D。

4．高铁进站的过程近似为高铁做匀减速运动，高铁车头依次经过 A、B、C 三个位置，已知 $AB = BC$，测得 AB 段的平均速度为 30m/s，BC 段平均速度为 20 m/s。则（　）

A．高铁车头经过 A 的速度为 32 m/s　　B．高铁车头经过 B 的速度为 25 m/s

C．高铁车头经过 C 的速度为 14 m/s　　D．高铁车头经过 AC 段的平均速度为 25 m/s

【答案】C

【解析】由平均速度公式得

$$\frac{v_A + v_B}{2} = 30\text{m/s}$$

$$\frac{v_B + v_C}{2} = 20\text{m/s}$$

因为 AB=BC，由位移中点速度公式得

$$v_B=\sqrt{\frac{v_A^2+v_C^2}{2}}$$

由以上三式解得

$$v_A=34\text{m/s}$$

$$v_B=26\text{m/s}$$

$$v_C=14\text{m/s}$$

对全程由平均速度公式得

$$v_{AC}=\frac{v_A+v_C}{2}=24\text{m/s}$$

故 C 正确。

5．某场足球比赛中，一球员不小心踢歪了球，足球往边界滚去。足球距离边界 35m 时，速度$v_0=12\text{m/s}$，加速度$a=2\text{m/s}^2$，若将足球的运动看做匀减速直线运动，下列说法正确的是（　　）

A．足球到达不了边界　　B．经过 6s，足球越过了边界

C．经过 7s，足球恰好到达边界　　D．经过 8s，足球距离边界 3m

【答案】B

【解析】足球停止所需时间为$t=\frac{v_0}{a}=6$s

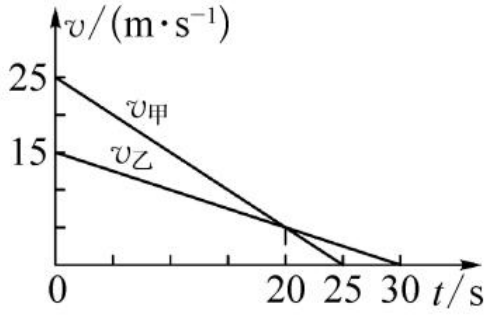
位移为$x=\frac{v_0}{2}t=36$m

$\Delta x=$36m-35m=1m

可见经过 6s，足球越过了边界，且经过 8s，足球距离边界 1m。

故选 B。

6．在雾天的平直公路上，甲、乙两汽车同向匀速行驶，乙在前，甲在后。某时刻两车司机听到警笛提示，同时开始刹车，结果两车刚好没有发生碰撞。图示为两车刹车后匀减速直线运动的 *v*-*t* 图像，以下分析正确的是（　　）



A．两车开始刹车时的距离为 87.5m　　B．甲刹车的加速度的大小为$0.5\mathrm{m/s^2}$

C．$t=20\mathrm{s}$时乙车的速度为 5m/s　　D．两车都停下来后相距 25m

【答案】C

【解析】甲车的加速度$a_1=\dfrac{\Delta v_{甲}}{\Delta t_{甲}}=\dfrac{0-25}{25}\mathrm{m/s^2}=-1\mathrm{m/s^2}$，两车刚好没有发生碰撞，此时两车速度相等，所经历的时间为 20s，此时甲车的位移为$x_{甲}=v_{甲}t+\dfrac{1}{2}a_{甲}t^2=\left(25\times 20-\dfrac{1}{2}\times 1\times 400\right)\mathrm{m}=300\mathrm{m}$，乙车的加速度$a_2=\dfrac{\Delta v_{乙}}{\Delta t_{乙}}=\dfrac{0-15}{30}\mathrm{m/s^2}=-0.5\mathrm{m/s^2}$，此时乙车的位移为$x_{乙}=v_{乙}t+\dfrac{1}{2}a_{乙}t^2=\left(15\times 20-\dfrac{1}{2}\times 0.5\times 400\right)\mathrm{m}=200\mathrm{m}$，所以两车开始刹车时的距离为$s=x_{甲}-x_{乙}=100\mathrm{m}$，故 A、B 错误；在$t=20\mathrm{s}$时乙车的速度为$v_{乙}=(15-0.5\times 20)\mathrm{m/s}=5\mathrm{m/s}$，故 C 正确；根据图像与坐标轴围成的面积表示位移可知，两车都停下来后相距为$\Delta x=\dfrac{1}{2}\times(30-25)\times 5\mathrm{m}=12.5\mathrm{m}$，故 D 错误。

7．2024 年 8 月 1 日，潘展乐在巴黎奥运会以 46 秒 40 的成绩获得奥运会男子 100 米自由泳冠军，为中国游泳首夺该项目奥运会金牌，并打破自己保持的世界纪录。已知 100 米自由泳比赛是在 50 米长的标准泳道进行，下列说法正确的是（　　）

A．“46 秒 40”表示时刻　　B．潘展乐在比赛过程中做的是匀速直线运动

C．研究潘展乐冲线的技术动作时，可将他视为质点　　D．潘展乐的平均速度为零

【答案】D

【解析】A.“46 秒 40”是游泳用的总时间，是时间，不是时刻，故 A 错误；

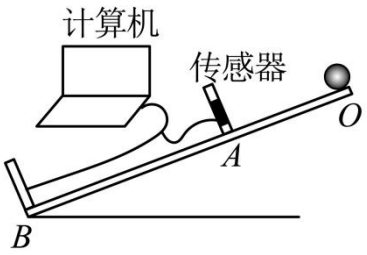
B．潘展乐在游泳过程中，经历了加速、减速过程，是变速运动，故 B 错误；

C．冲刺终点时，研究潘展乐冲线的技术动作时，他的大小、形状不能忽略，不可将他视为质点，故 C 错误；

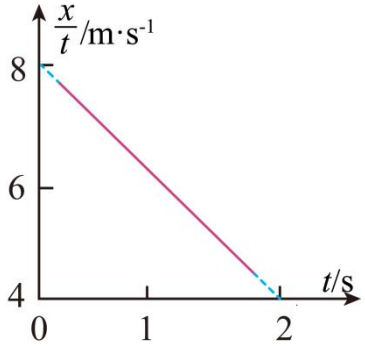
D．根据题意可知潘展乐的位移为零，则其平均速度也为零，故 D 正确。

故选 D。

8．如图甲所示，注一小球从固定斜面顶端 O 处静止释放，小球经过 A 处到达斜面底端 B 处，通过 A、B 两处安装传感器测出 A、B 间的距离 x 及小球在 AB 段运动的时间 t。改变 A 点及 A 处传感器的位置，重复多次实验，记录多组 x 和 t，作 $\frac{x}{t}-t$ 图像如图乙所示。下列说法正确的是（　　）



图甲



图乙

A．小球在 AB 间做匀减速直线运动　　B．小球在斜面上运动的加速度大小为 $2\mathrm{m/s^2}$

C．小球运动到 B 点的速度大小为 $6\mathrm{m/s}$　　D．小球从 O 点运动到 B 点的时间为 $2\mathrm{s}$

【答案】D

【解析】A．由匀变速直线运动规律有 $v_B=v_A+at$，$x=v_At+\frac{1}{2}at^2$ 可得 $\frac{x}{t}=v_B-\frac{1}{2}at$

由题图乙知，小球在斜面上做匀加速直线运动，故 A 错误；

B．由结合图像可知 $-\frac{1}{2}a=-2$

小球在斜面上运动的加速度大小为 $a=4\,\mathrm{m/s^2}$，故 B 错误；

C．由结合图像可知 $v_B=8\,\mathrm{m/s}$

即为小球运动到斜面底端时速度大小，故 C 错误；

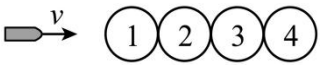
D．根据逆向思维，由 $v_B=at_0$

可得小球在斜面上运动的时间为 $t_0=\frac{v_B}{a}=2\,\mathrm{s}$

故 D 正确。

故选 D。

9．央视“国家地理”频道播出的一档节目真实地呈现了四个水球可以挡住一颗子弹的过程，其实验示意图如图所示。四个完全相同的装满水的薄皮气球水平固定排列，子弹射入水球中并沿水平线做匀变速直线运动，恰好能穿出第 4 号水球。球皮对子弹的阻力忽略不计，子弹视为质点。下列说法正确的是（　　）



A．子弹经过每个水球的过程中速度变化量均相同

B．子弹穿出第 2 号水球时的速度等于穿过四个水球的平均速度

C．子弹穿过每个水球所用时间依次为t_1、t_2、t_3、t_4，则$t_1+t_2+t_3=t_4$

D．子弹穿过每个水球所用时间依次为t_1、t_2、t_3、t_4，则$\frac{t_1}{t_2}=\frac{t_3}{t_4}$

【答案】C

【解析】A．子弹经过每个水球的位移相同，但速度逐渐减小，故经过每个水球的时间增加，由Δv=at 可知，子弹的速度变化量不同，故 A 错误；

B．整个过程的逆过程可看作初速为零的匀加速运动，由初速度为零的匀加速运动的规律，反向穿过第 4 球与后面的 3 个球的位移之比为 1：3，可知子弹反向穿出第 4 号水球时，即正向穿过第 3 号水球时的速度等于穿过四个水球的平均速度，故 B 错误；

C．由 C 的分析可知，穿过第 3 号水球是整个过程的中间时刻，记每个水球所用时间依次为 t1、t2、t3、t4，则 t1+t2+t3=t4

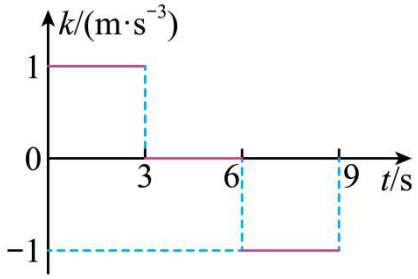
故 C 正确；

D．对整个过程的逆过程，由初速度为零的匀加速运动相等位移的时间关系可知，第 4 号、第 3 号、第 2 号、第 1 号水球的时间之比为 $1:\left(\sqrt{2}-1\right):\left(\sqrt{3}-\sqrt{2}\right):\left(2-\sqrt{3}\right)$，则子弹穿过 1、2、3、4 号水球所用时间依次为 t1、t2、t3、t4，则 $\frac{t_1}{l_2}=\frac{2-\sqrt{3}}{\sqrt{3}-\sqrt{2}}>\frac{t_3}{t_4}=\frac{\sqrt{2}-1}{1}$

故 D 错误。

故选 C。

10．汽车工程学中将加速度随时间的变化率称为急动度 k，急动度 k 是评判乘客是否感到舒适的重要指标。如图所示为一辆汽车启动过程中的急动度 k 随时间 t 的变化的关系，已知 $t=0$ 时刻汽车速度和加速度均为零。关于汽车在该过程中的运动，下列说法正确的是（　　）



A．0~3s 汽车做匀加速直线运动　　B．3~6s 汽车做匀速直线运动

C．6s 末汽车的加速度大小为零　　D．9s 末汽车的速度大小为 18m/s

【答案】D

【解析】A．根据题意有 $k=\dfrac{\Delta a}{\Delta t}$

$0\sim3\text{s}$ 内急动度恒定，表明汽车的加速度均匀增大，即 0~3s 汽车做加速度增大的加速直线运动，故 A 错误；

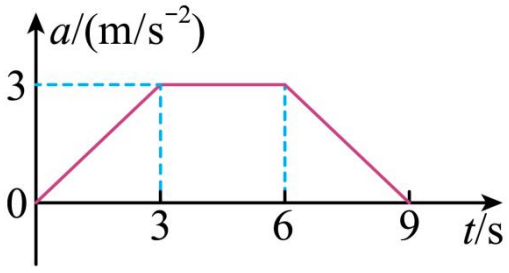
B．结合上述有 $\Delta a=k\Delta t$

可知，$k-t$ 图像与时间轴所围结合图形的面积表示加速度的变化量，由于 0 时刻的加速度为 0，该面积能够间接表示加速度大小，则 3s 末汽车的加速度大小为 $1\times3\text{m/s}^2=3\text{m/s}^2$

即 $3\sim6\text{s}$ 汽车的加速度保持不变，仍然为 3m/s^2，则 3~6s 汽车做匀加速直线运动，故 B 错误；

C．结合上述可知 6s 末汽车的加速度大小为 3m/s^2，故 C 错误；

D．结合上述可知，$k-t$ 图像与时间轴所围结合图形的面积表示加速度的变化量，由于 0 时刻的加速度为 0，该面积能够间接表示加速度大小，时间轴上侧面积表示加速度大小在增大，时间轴下侧面积表示加速度大小在减小，即 $6\sim9\text{s}$ 汽车的加速度均匀减小直到 9s 末加速度变为零，由 $k-t$ 图像作出 $a-t$ 图像如图所示



根据 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

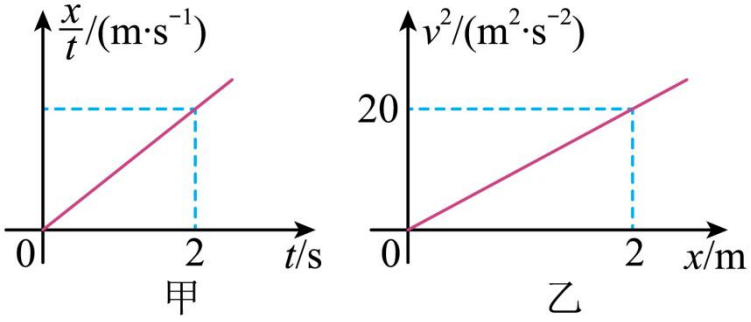
解得 $\Delta v = a\Delta t$

可知，$a-t$ 图像与时间轴所围几何图形的面积表示速度的变化量，由于 0 时刻的速度为 0，则该面积能够间接表示速度大小，则 9s 末汽车的速度大小 $v=\frac{(6-3+9)\times 3}{2}\text{m/s}=18\text{m/s}$

故 D 正确。

故选 D。

11.（多选）物块在光滑的水平面上从静止开始做匀加速直线运动，计时开始的 $\frac{x}{t}-t$ 图像如图甲所示，v^2-x 图像如图乙所示，根据图像的特点与信息分析，下列说法正确的是（　　）



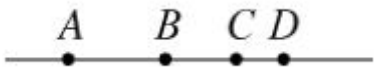
A．图乙的斜率是图甲的斜率的 2 倍　　B．物块的加速度为 5m/s^2

C．前 2m 的中点时刻的速度为 $\sqrt{5}\text{m/s}$　　D．前 2s 中点位置的速度为 $\sqrt{5}\text{m/s}$

【答案】BC

【解析】根据匀变速直线运动规律可得 $x=\frac{1}{2}at^2$，变形可得 $\frac{x}{t}=\frac{1}{2}at$，而 $v^2=2ax$，故题图乙的斜率为 $2a$，题图甲的斜率为 $\frac{1}{2}a$，图乙的斜率是图甲的斜率的 4 倍，已知 v^2-x 图像的斜率为 $k=2a=\frac{20}{2}\text{m/s}^2=10\text{m/s}^2$，解得物块的加速度为 $a=5\text{m/s}^2$，A 错误，B 正确；由图像可知，当 $x=2\text{m}$ 时，物块的速度为 $v=\sqrt{2ax}=2\sqrt{5}\text{m/s}$，根据匀变速直线运动中间时刻速度等于该段过程的平均速度，前 2m 的中点时刻的速度为 $v_{\frac{t}{2}}=\overline{v}=\frac{v}{2}=\sqrt{5}\text{m/s}$，故 C 正确；前 2s 物块通过的位移为 $x_2=\frac{1}{2}at_2^2=\frac{1}{2}\times 5\times 2^2\text{m}=10\text{m}$，前 2s 中点位置的速度为 $v'=\sqrt{2a\cdot\frac{x_2}{2}}=\sqrt{2\times 5\times\frac{10}{2}}\text{m/s}=5\sqrt{2}\text{m/s}$，故 D 错误。

12.（多选）如图所示，一物体自某点（图中未标出）开始做匀减速直线运动，依次经过最后的 A、B、C、D 四点，最后停在 D 点。已知 A、B 的间距为 6m，B、C 的间距为 3m，且物体通过 AB 段与 BC 段所用的时间相等，则（　　）



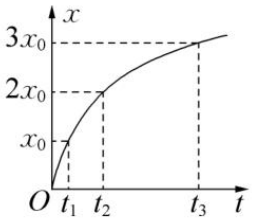
A．C、D 间的距离为0.5m　　B．C、D 间的距离为$\frac{3}{8}$m

C． B、D 的间距为3.5m　　D．B、D 的间距为$\frac{27}{8}$m

【答案】BD

【解析】设经过 AB 和 BC 的时间均为 t，则物体的加速度$a=\frac{BC-AB}{t^2}=\frac{3-6}{t^2}=\frac{-3}{t^2}$；B 点的速度$v_B=\frac{AB+BC}{2t}=\frac{9}{2t}$，则$x_{BD}=\frac{v_B^2}{-2a}=\frac{27}{8}\text{m}$，则$CD=\frac{27}{8}\text{m}-3\text{m}=\frac{3}{8}\text{m}$，B、D 正确。

13．（多选）一列复兴号动车进站时做匀减速直线运动，车头经过站台上三个立柱 A、B、C，对应时刻分别为t_1、t_2、t_3，其$x-t$图像如图所示．下列说法正确的是（　　）



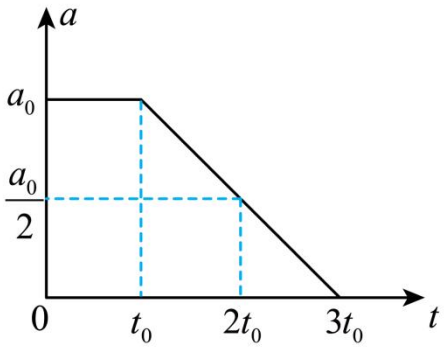
A．$t_1:t_2:t_3=1:\sqrt{2}:\sqrt{3}$　　B．车头经过立柱 A 的速度为$\frac{x_0}{t_1}$

C．车头经过立柱 B 的速度不等于$\frac{2x_0}{t_3-t_1}$　　D．车头经过立柱 A、B 过程中的平均速度为$\frac{x_0}{t_2-t_1}$

【答案】CD

【解析】根据初速度为 0 的匀加速直线运动的规律，连续通过相同位移所需时间的比为$1:\sqrt{2}:\sqrt{3}$，而动车做有一定初速度的匀减速运动，A 错误；因为动车做匀减速直线运动，所以车头经过立柱 A 的速度大于$0\sim t_1$时间的平均速度$\frac{x_0}{t_1}$，B 错误；$t_1\sim t_3$时间段的平均速度为$v_B=\frac{2x_0}{t_3-t_1}$，匀变速直线运动中间时刻的速度等于该段位移内的平均速度，而 B 点属于该段的位移中点，C 正确；车头经过立柱 A、B 过程中的平均速度为$v=\frac{x_0}{t_2-t_1}$，D 正确．

14．（多选）嫦娥六号利用向下喷射气体产生的反作用力，有效地控制了探测器着陆过程中的运动状态。其中一段着陆过程中，探测器减速的加速度大小 a 随时间 t 变化的关系如图所示，$3t_0$ 时刻探测器的速度恰好为零。下列说法中正确的是（　　）



A．$t_0 \sim 3t_0$时间内，探测器做匀减速直线运动

B．$2t_0$ 时刻探测器的速度 $\frac{1}{4}a_0t_0$

C．探测器在 $t_0 \sim 3t_0$时间内的位移大小是 $2t_0 \sim 3t_0$时间内的位移大小的 4 倍

D．$0 \sim t_0$时间内，探测器的位移大小为 $\frac{3}{2}a_0t_0^2$

【答案】BD

【解析】A．匀减速直线运动加速度大小和方向不变，由图像可知 t0-3t0 时间内加速度大小变化，不是匀减速直线运动，故 A 错误；

B．根据 a-t 图像与时间轴所围面积表示速度变化量Δv，3t0 时刻速度 $v_{3t_0}=0$，2t0-3t0 时间内图像与时间轴所围面积为 $\frac{1}{2}t_0 \times \frac{a_0}{2}=\frac{a_0t_0}{4}$

即 2t0 到 3t0 速度变化量为 $\frac{a_0t_0}{4}$，那么 2t0 时刻速度 $v_{2t_0}=\frac{a_0t_0}{4}$

故 B 正确；

C．t0～3t0 内，根据 a-t 图像与时间轴所围面积表示速度变化量Δv，t0～3t0 内速度变化量 $\Delta v_1=\frac{1}{2}\times a_0 \times 2t_0=a_0t_0$

2t0-3t0 内速度变化量 $\Delta v_2=\frac{a_0t_0}{4}$

采用逆向思维把探测器运动看成初速度为 0 的匀加速直线运动，t0-2t0，2t0-3t0 位移比为 3：1，探测器在 t0～3t0 时间内的位移大小是 2t0～3t0 时间内的位移大小的 4 倍，但嫦娥六号做加速度减小的减速运动，探测器在 t0～3t0 时间内的位移大小不是 2t0～3t0 时间内的位移大小的 4 倍，故 C 错误；

D．0～t0 时间内，探测器做匀减速直线运动，末速度 v=a0t0

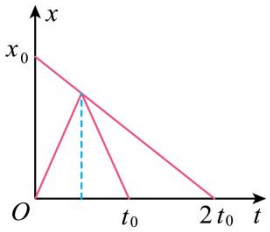
根据 $x=vt-\frac{1}{2}at^2$（这里 v=a0t0，a=-a0，t=t0）

可得 $x=a_0t_0 \times t_0+\frac{1}{2}a_0t_0^2=\frac{3}{2}a_0t_0^2$

故 D 正确。

故选 BD。

15.（多选）一汽车沿平直公路匀速行驶，当汽车经过 A 树时，正前方 B 树上一小鸟向汽车水平匀速飞来，到达汽车正上方就立即折返，以原有速率返回 B 树，一段时间后汽车也到达 B 树。以小鸟起飞开始计时，它们的位置随时间变化的规律如图所示，则 $0\sim 2t_0$ 内（　　）



A．小鸟返回时的速率为 $\frac{3x_0}{2t_0}$　　B．小鸟的最大位移为 $\frac{3}{4}x_0$

C．小鸟和汽车的路程相等　　D．小鸟和汽车的位移相等

【答案】AB

【解析】AB．汽车的速率是 $v_2=\frac{x_0}{2t_0}$

设小鸟的速率是 v_1，小鸟从出发到与汽车相遇的时间与小鸟返回的时间相同，故它们相向运动的时间为 $\frac{1}{2}t_0$，则在小鸟和汽车相向运动的过程中有 $v_1\cdot\frac{t_0}{2}+v_2\frac{t_0}{2}=L$

即 $(v_1+v_2)\frac{t_0}{2}=x_0$

对于汽车来说有 $v_2 2t_0=x_0$

联立以上两式可得 $v_1=3v_2=\frac{3x_0}{2t_0}$

小鸟的最大位移为 $x=v_1\frac{t_0}{2}=\frac{3}{4}x_0$

故 AB 正确；

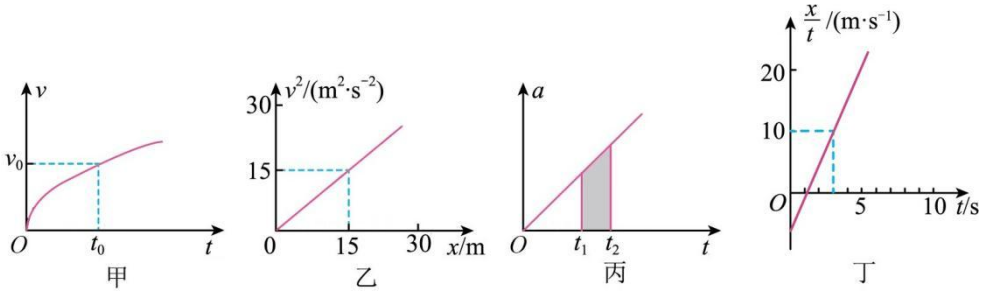
C．小鸟飞行的总路程为 $x_1=v_1t_0=\frac{3x_0}{2t_0}\times t_0=1.5x_0$

故 C 错误；

D．小鸟回到出发点，故小鸟的位移为 0，而汽车的位移不为零，故 D 错误。

故选 AB。

16．（多选）如图所示四幅图为物体做直线运动的图像，下列说法正确的是（　）



A．图甲中，物体在$0\sim t_0$这段时间内的位移大于$\frac{v_0t_0}{2}$

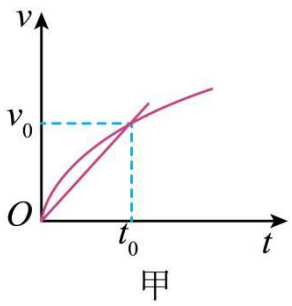
B．图乙中，物体的加速度为$1m/s^2$

C．图丙中，阴影面积表示$t_1\sim t_2$时间内物体的加速度变化量

D．图丁中，$t=3s$时物体的速度为$25m/s$

【答案】AD

【解析】A．在图甲中，做出$0\sim t_0$时间内初速度为0末速度为v_0的匀加速直线运动图线，如图



甲

由图可知，

$$x_{变加速}>x_{匀加速}=\frac{v_0t_0}{2}$$

故A正确；

B．乙图中，根据数据可得

$$v^2=x$$

由速度位移公式

$$v^2-v_0^2=2ax$$

可得物体的加速度为

$$a=0.5m/s^2$$

故B错误；

C．丙图是a-t图像，根据

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

解得

$$\Delta v=a\Delta t$$

阴影面积表示$t_1\sim t_2$时间内物体的速度变化量。故 C 错误；

D．丁图中，根据数据可得

$$\frac{x}{t}=5t-5$$

整理可得

$$x=-5t+5t^2$$

由位移公式

$$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$$

可知

$$v_0=-5\text{m/s}\text{，}\quad a=10\text{m/s}^2$$

所以$t=3\text{s}$时物体的速度为

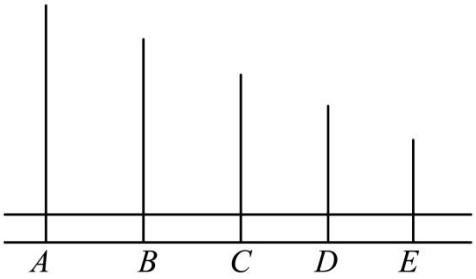
$$v=v_0+at=25\text{m/s}$$

故 D 正确。

故选 AD。

17．（多选）云贵高原地势崎岖，伴随随着科技的飞速发展和城市化进程的加速，桥梁建设迎来了前所未有的高潮。某大桥如图甲所示，图乙中 A、B、C、D、E 为大桥上五根钢丝绳吊索的示意图，每两根吊索之间距离相等。一辆汽车从吊索 A 处开始做匀减速直线运动，刚好在吊索 E 处停下，汽车通过吊索 D 时的瞬时速度为v_D，通过 DE 段的时间为 T，则下列说法正确的是（　　）

甲



乙

A．汽车减速的时间为 $4T$

B．汽车通过吊索 B 时的速度大小为 $\sqrt{3}v_D$

C．汽车通过吊索 C 时的瞬时速度等于通过 BD 段的平均速度

D．汽车通过 AE 段的平均速度是通过 DE 段平均速度的 2 倍

【答案】BD

【解析】A．由题意，可把汽车的运动看做反方向初速度为 0 的匀加速直线运动，则 $t_1 = T$，根据初速度为零的匀加速直线运动规律，在通过连续相等位移所用时间之比为

$$t_1 : t_2 : t_3 : t_4 = 1 : \left(\sqrt{2}-1\right) : \left(\sqrt{3}-\sqrt{2}\right) : \left(2-\sqrt{3}\right)$$

可得汽车减速的时间为 $t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 2T$

故 A 错误；

B．由题意，根据逆向思维，可得 $v_D = aT$

则 $v_B = a\left(t_1 + t_2 + t_3\right) = \sqrt{3}\,aT = \sqrt{3}\,v_D$

故 B 正确；

C．根据匀变速直线运动时间中点速度规律：时间中点的瞬时速度等于该段时间内的平均速度。可知汽车通过 BD 段的平均速度等于通过该段位移所用时间中点的瞬时速度，但由于汽车通过吊索 C 为位移中点，所用时间不是一半，可知汽车通过吊索 C 时的瞬时速度不等于通过 BD 段的平均速度，故 C 错误；

D．设每两根吊索之间距离为 x，则汽车通过 AE 段的平均速度是 $\overline{v_1} = \frac{4x}{t} = \frac{2x}{T}$

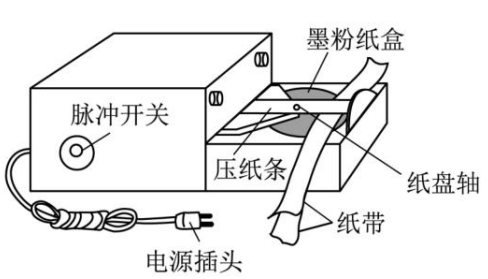
通过 DE 段平均速度 $\overline{v_2} = \frac{x}{t_1} = \frac{x}{T}$

显然 $\overline{v_1} = 2\overline{v_2}$

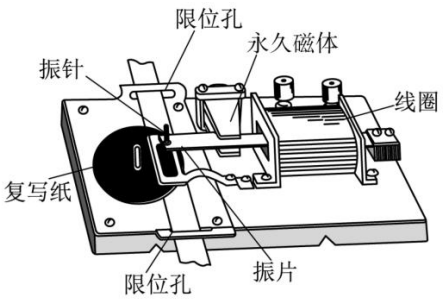
故 D 正确。

故选 BD 。

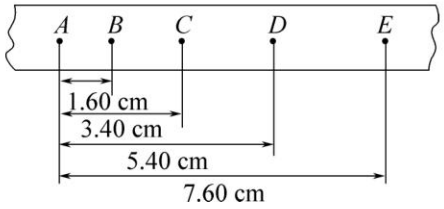
18．如图所示为实验室常用的两种计时器。



甲



乙



丙

(1)其中图甲用的电源要求是（　　）

A．交流220V　　B．直流220V　　C．交流4～6V　　D．直流4～6V

(2)使用打点计时器时，下列说法正确的是（　　）

A．两种打点计时器使用时都必须用复写纸

B．使用电磁打点计时器时必须把纸带压在复写纸的上面

C．使用电火花计时器时一般要用两条纸带

D．两种打点计时器使用时，都必须要先通电后释放纸带，纸带通过后立即关闭电源

(3)在某次实验中，小车拖着纸带通过计时器记录下的运动情况如图丙所示，图中 A、B、C、D、E 为连续的计数点，相邻计数点间的时间间隔是0.10s，则在打 C 点时小车的瞬时速度是_____m/s，小车在 BE 段的平均速度是_____m/s（保留两位小数）。

【答案】(1)A　　(2)CD　　(3)0.19　　0.20

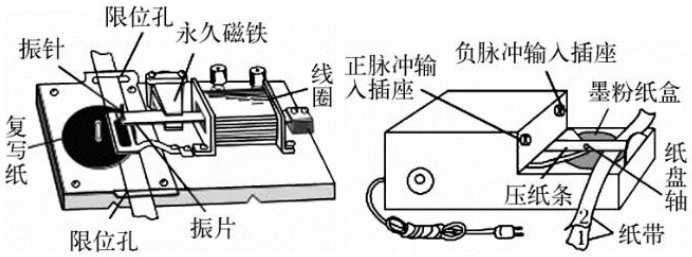
【解析】（1）图甲为电火花计时器，其工作电压为交流220V，故A正确.

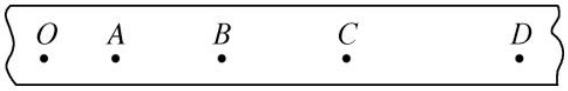
（2）电磁打点计时器需要用复写纸，而电火花计时器不需要用复写纸，而用墨粉纸盘，A错误；使用电磁打点计时器时必须把纸带压在复写纸的下面，B错误；使用电火花计时器时一般要用两条纸带，同时要注意墨粉纸盘要夹在两条纸带之间，C正确；两种打点计时器使用时，都必须要先通电后释放纸带，从而提高纸带的利用率，纸带通过后立即关闭电源，因为两种计时器都不能长时间工作，D正确.

（3）由题意知，相邻两个计数点间的时间间隔是0.10s，C为BD段的时间中点，则打C点时小车的瞬时速度 $v_C=\frac{s_{BD}}{2T}=\frac{s_{AD}-s_{AB}}{2T}=\frac{5.40-1.60}{2\times0.1}\times10^{-2}\text{m/s}=0.19\text{m/s}$，小车在BE段的平均速度

$\overline{v}_{BE}=\frac{s_{BE}}{3T}=\frac{s_{AE}-s_{AB}}{3T}=\frac{7.60-1.60}{3\times0.1}\times10^{-2}\text{m/s}=0.20\text{m/s}$

19．在探究小车做匀变速直线运动的规律的实验中，用到如图甲、乙所示的两种打点计时器。





丙

(1)图乙是___（填“电磁打点计时器”或“电火花打点计时器”），其电源采用的是___（填“交流约 8V”或“交流 220V”）。

(2)关于打点计时器的使用，下列说法正确的是_____。

A．在测量物体速度时，应先让物体运动，后接通打点计时器的电源

B．电磁打点计时器和电火花打点计时器可以使用同样的电源

C．使用的电源频率越高，打点的时间间隔就越大

D．纸带上打的点越密，说明物体运动得越慢

(3)某次实验中得到一条如图丙所示的纸带，纸带上相邻计数点间还有四个点没画出来，用刻度尺测得 OA、AB、BC、CD 间的距离分别为 $x_{OA}=5.40\text{cm}$，$x_{AB}=5.60\text{cm}$，$x_{BC}=5.80\text{cm}$，$x_{CD}=6.00\text{cm}$，计时器打点频率为 50Hz。则相邻两个计数点间的时间间隔为____s。打点 B 时小车的速度大小 $v_B=$____m/s（结果保留 2 位有效数字）。

【答案】(1)电火花打点计时器　　交流 220V　　(2)D　　(3)0.1　　0.57

【解析】（1）图乙是电火花打点计时器，其电源采用的是交流 220V。

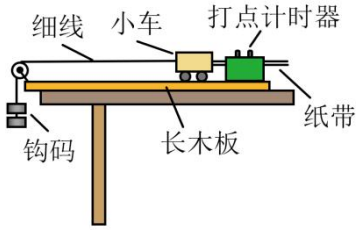
（2）在测量物体速度时，应先接通打点计时器的电源，后让物体运动，A 错误；电磁打点计时器使用 8V 左右交流电源；电火花打点计时器使用 220V 交流电源，B 错误；使用的电源频率越高，打点周期越小，则打点的时间间隔就越小，C 错误；纸带上打的点越密，说明物体运动得越慢，D 正确。

（3）相邻两个计数点间的时间间隔为 $T=0.02\text{s}\times5=0.1\text{s}$，打点 B 时小车的速度大小

$$v_B=\frac{x_{AC}}{2T}=\frac{(5.60+5.80)\times10^{-2}}{0.2}\text{m/s}=0.57\text{m/s}$$

。

20．某小组探究匀变速直线运动特点的实验装置如图（a）所示，所用交流电源的频率为 50 Hz。



图（a）

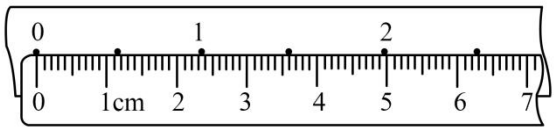
(1)关于此实验的要求及相关操作，下列说法正确的是___（选填正确答案前的序号）。

①细线必须与长木板平行

②钩码的质量必须远小于小车的质量

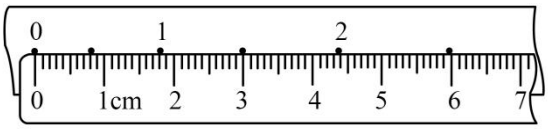
③先释放小车再接通打点计时器的电源

(2)该小组第一次实验打出了一条纸带，取纸带上某清晰点标为“0”，然后每隔一个点取一个计数点，分别标为“1、2、……”，并在纸带上放置刻度尺，如图（b）所示，则可知打计数点“1”时小车的速度大小为___m/s（结果保留两位有效数字）。



图（b）

(3)该小组仅改变钩码的质量进行第二次实验，打出纸带的一部分如图（c）所示，则可知第二次实验所挂钩码的质量___（填“大于”或“小于”）第一次实验所挂钩码的质量。



图（c）

【答案】(1)①　　(2) 0.63　　(3) 小于

【解析】（1）①实验过程中应使细线与长木板平行，①正确；

②探究匀变速直线运动特点只需加速度恒定，不必满足钩码的质量远小于小车的质量，②错误；

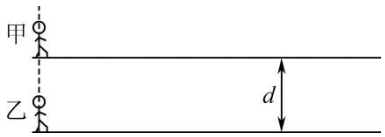
③实验时应先接通打点计时器的电源再释放小车，③错误；

故选①。

（2）打计数点“1”时小车的速度大小为 $v=\frac{4.95\times10^{-2}}{0.02\times4}\text{m/s}\approx0.62\text{m/s}$

（3）由图可知第二次实验打出的纸带间距小于第一次的，即其加速度更小，则第二次实验所挂钩码的质量小于第一次实验所挂钩码的质量。

21．智能手机通过星闪连接进行数据交换，已经配对过的两部手机，当距离小于某一值时，会自动连接；一旦超过该值时，星闪信号便会立即中断，无法正常通信。如图所示，甲、乙两位同学在两个平行的直跑道上进行测试，跑道间距离 $d=5\ \mathrm{m}$。已知星闪设备在 13 m 以内时能够实现通信，$t=0$ 时刻，甲、乙两人刚好位于图示位置，此时甲同学的速度为 9 m/s，乙同学的速度为 2 m/s。从该时刻起甲同学以 2 $\mathrm{m/s^2}$ 的加速度做匀减速直线运动直至停下，乙同学保持原有速度做匀速直线运动。忽略信号传递时间，从计时起，求：



(1)甲、乙两人经过多长时间会出现第一次信号中断；

(2)甲、乙两人在前进方向上的最大距离；

(3)甲、乙两人能利用星闪通信的时间。

【答案】(1)3s　　(2)12.25m　　(3)15.125s

【解析】

（1） 根据几何知识可知，当甲在乙前方且直线距离为 13 m 时，由勾股定理可推断二者位移关系有 $s=x_{甲}-x_{乙}=\sqrt{13^2-5^2}\ \mathrm{m}=12\ \mathrm{m}$

根据运动学公式有 $x_{甲}=v_{甲}t-\frac{1}{2}at^2$　$x_{乙}=v_{乙}t$

解得 $t_1=3\ \mathrm{s}$ 或 $t_2=4\ \mathrm{s}$

即甲、乙两人经过 3 s 会出现第一次信号中断

（2） 假设经过 t_0，两人的速度相等，此时相距最远，有 $v_{甲}-at_0=v_{乙}$

解得 $t_0=3.5\ \mathrm{s}$

此时两人在前进方向上的最大距离 $\Delta x_{max}=x_{甲}-x_{乙}=(v_{甲}t_0-\frac{1}{2}at_0^2)-v_{乙}t_0=12.25\ \mathrm{m}$

（3） 当 $0<t<3\ \mathrm{s}$ 时，二人直线距离小于 13 m；当 $3\ \mathrm{s}<t<4\ \mathrm{s}$ 时，二人直线距离大于 13 m

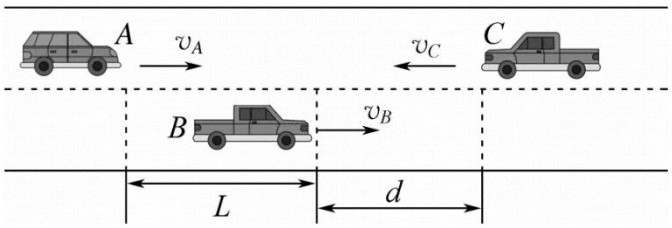
$t_2=4\ \mathrm{s}$ 时，甲的速度 $v_{甲1}=v_{甲}-at_2=1\ \mathrm{m/s}<v_{乙}$

$t_2=4\ \mathrm{s}$ 之后，甲、乙两人的距离先减小后增大，且甲能够继续前行的距离 $x_{甲1}=$**错误!**$=0.25\ \mathrm{m}$

根据几何关系可知，从 $t_2=4\ \mathrm{s}$ 开始到乙运动至甲前方 12 m 的过程中，二者直线距离小于 13 m，这段过程经历的时间 $t'=\frac{2s+x_{甲1}}{v_{乙}}=\frac{2\times12+0.25}{2}\ \mathrm{s}=12.125\ \mathrm{s}$

可知甲、乙两人能利用星闪通信的时间 $t_{总}=t_1+t'=3\ \mathrm{s}+12.125\ \mathrm{s}=15.125\ \mathrm{s}$

22．如图所示为车辆行驶过程中常见的变道超车情形。图中 A、B 两车相距 $L=20\text{m}$ 时，B 车正以 $v_B=10\text{m/s}$ 的速度匀速行驶，A 车正以 $v_A=15\text{m/s}$ 的速度借道超车，此时 A 车司机发现前方不远处有一辆汽车 C 正好迎面驶来，其速度为 C 车和 B 车之间相距 $d=54\text{m}$。现在 A 车司机有两个选择，一是放弃超车，驶回与 B 相同的车道，而后减速行驶；二是加速超车，在 B 与 C 相遇之前超过 B 车，不考虑变道过程的时间和速度的变化，且三辆车都可视为质点，则：



(1)若无 C 车，求 A 车超车所需时间；

(2)若 A 车选择放弃超车，回到 B 车所在车道，则 A 车至少应该以多大的加速度匀减速刹车，才能避免与 B 车相撞。

【答案】(1) $t_1=4\text{s}$　　(2) $a_1=\frac{5}{8}\text{m/s}^2$

【解析】（1）设超车时间为 t_1，由位置关系可得 $v_At_1=v_Bt_1+L$，

解得 $t_1=4\text{s}$。

（2）设 A 车与 B 车恰好不相撞的加速度为 a_1，则在 A 追上 B 车时速度相等，有 $v_A-a_1t_2=v_B$，

位移关系为 $v_At_2-\frac{1}{2}a_1t_2^2=v_Bt_2+L$，

联立解得 $a_1=\frac{5}{8}\text{m/s}^2$，

所以 A 车至少应该以 $a_1=\frac{5}{8}\text{m/s}^2$ 的加速度匀减速刹车，才能避免与 B 车相撞。

23．根据《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》第六十条的规定：机动车在道路上发生故障或者发生交通事故，妨碍交通又难以移动的，应当按照规定开启危险报警闪光灯并在车后放置三角警告牌（如图所示），以提醒后面司机及时减速。雨夜，在一条平直的公路上，汽车因为故障停车，在它正后方有一货车以 20m/s 的速度向前驶来，由于视线不好，货车司机只能看清前方 40m 的物体，他的反应时间为 0.6s，该货车制动后最大加速度为 2.5m/s^2。求

(1)从货车司机看清三角警示牌到货车最终停止所用的最短时间；

(2)为避免两车相撞，故障车司机应将三角警示牌放置在故障车后的最小距离。

【答案】(1)8.6s　　(2)52m

【解析】（1）设从刹车到停止时间为t_2，则$t_2=\frac{v_0}{a}=\frac{20}{2.5}$s=8s

反应时间为0.6s，总时间为$t=t_1+t_2=$0.6s+8s=8.6s

（2）反应时间内做匀速运动，则$x_1=v_0t_1=10\times0.6$m=12m

从刹车到停止的位移为则$x_2=\frac{v_0^2}{2a}=\frac{20^2}{2\times2.5}$m=80m

货车司机看清三角警示牌到货车最终停止全部距离为$x=x_1+x_2=92$m

三角警示牌到故障车的距离为$\Delta x=x-40$m=52m

综合演练

24．猎豹为了抓住兔子，一般会偷偷靠近到距离兔子60m时，再发动突击。如图1为猎豹捕捉兔子过程中猎豹和兔子的速度—时间图像，设猎豹、兔子和兔子巢穴在同一水平直线上，忽略兔子的反应时间。$t=0$时，猎豹发起突击，猎豹与兔子及兔子巢穴的位置关系如图2，则兔子至多离开巢穴多远才可以避免被猎豹捕食（　　）

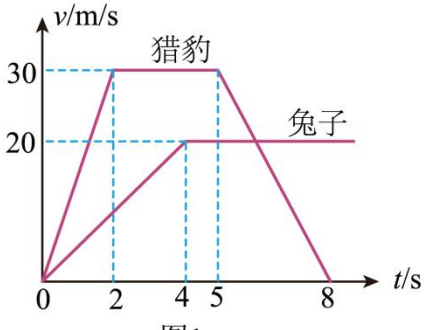


图1

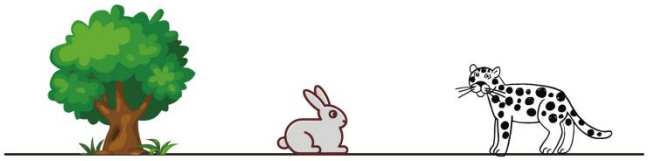


图2

A．60 m　　B．65 m　　C．80 m　　D．85 m

【答案】A

【解析】由图可知，猎豹减速的加速度大小为 $a=\frac{30}{8-5}\mathrm{m/s^2}=10\mathrm{m/s^2}$

设猎豹经过时间 t，速度由 30m/s 减为 20m/s，则时间为 $t=\frac{30-20}{10}\mathrm{s}=1\mathrm{s}$

当两者速度相等时，猎豹的位移为 $x_1=\frac{1}{2}\times2\times30\mathrm{m}+30\times(5-2)\mathrm{m}+\frac{20+30}{2}\times1\mathrm{m}=145\mathrm{m}$

兔子的位移为 $x_2=\frac{1}{2}\times20\times4\mathrm{m}+20\times2\mathrm{m}=80\mathrm{m}$

其中 $x_1-60\mathrm{m}=85\mathrm{m}>x_2=80\mathrm{m}$

说明在共速前兔子已被猎豹捕食，所以为避免被猎豹捕食，兔子应在共速前逃回巢穴，即时间 t=6s 前；设经过时间 t，兔子恰好可以避免被猎豹捕食，此时猎豹的位移为

$x_1=\frac{1}{2}\times2\times30\mathrm{m}+30\times(5-2)\mathrm{m}+\frac{1}{2}\times10\times(t-5)^2$

兔子的位移为 $x_2=\frac{1}{2}\times4\times20\mathrm{m}+20\times(t-4)$

根据位移关系有 $x_1=x_2+60\mathrm{m}$

代入并化简可得 $t^2-14t+45=0$

解得 $t_1=5\mathrm{s}$，$t_2=9\mathrm{s}$

因在共速前，即时间为 6s 时兔子就已被猎豹捕食，故 $t_2=9\mathrm{s}$ 不符合题意，舍去，故当时间 $t=5\mathrm{s}$ 即可满足题目要求，则此时猎豹的位移为 $x_1=\frac{1}{2}\times2\times30\mathrm{m}+30\times(5-2)\mathrm{m}=120\mathrm{m}$

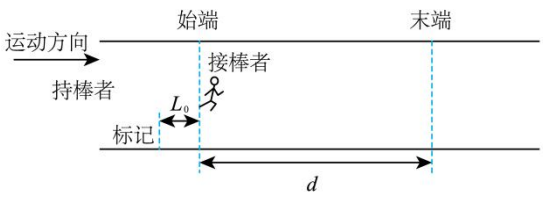
兔子的位移为 $x_2=\frac{1}{2}\times4\times20\mathrm{m}+20\times(5-4)\mathrm{m}=60\mathrm{m}$

故兔子离开巢穴的安全距离至多为 $\Delta x=x_2-x_1=60\mathrm{m}$

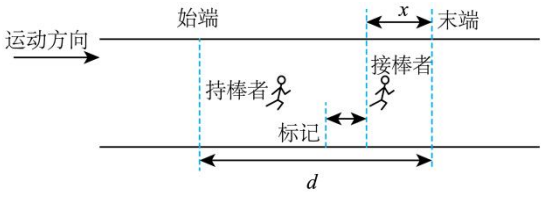
故选 A。

25. 华南师大附中第 70 届校运会上，石牌校区高一 9 班以 45.49 秒的成绩打破男子 $4\times100\mathrm{m}$ 接力乙组纪录。优秀的交接棒技术和策略，助力提升成绩。$4\times100\mathrm{m}$ 接力区长度 $d=30\mathrm{m}$，接棒者可以在接力区内任意位置起跑，但必须在接力区内完成交接棒。接力队比赛全程的运动，简化为直线运动。某班参加接力赛的四位同学，起跑阶段均视为加速度大小为 a 的匀变速运动，达到最大速度 $v=8\mathrm{m/s}$ 后，可以一直保持匀速运动直至完成交棒。接棒者通过在跑道贴胶带设置起跑标记，标记与接棒者距离 $L_0=4\mathrm{m}$，如图（甲）所示。比

赛中，持棒者以最大速度奔跑至标记时，接棒者立即从接力区始端起跑并在接力区内完成接棒。赛道总长度 $L=400\text{m}$ 。



图(甲)



图(乙)

(1)若接棒者刚达到最大速度时完成接棒，求接棒者从起跑至完成接棒的距离 s_1 及对应的加速度大小 a_1；

(2)如图（乙）所示，接棒者改为在距离接力区末端 $x\left(x>0\right)$ 处起跑，标记重置于其起跑处后方 L_0 处，求接力队完成比赛最佳成绩 t_m，并写出 x 取不同值时接力队完成比赛的最短时间 t 与 x 的关系式。

【答案】(1) $s_1=4\text{m}$ ， $a_1=8\text{m/s}^2$　　(2) $t_{\min}=50.5\text{s}$ ，t 与 x 无关

【解析】（1）已知持棒者以最大速度 $v=8\text{m/s}$ 向前运动到标记处时，接棒者开始以最大加速度起跑，且经过 t 时间，刚好速度最大时完成交接，设接棒者加速度为 a_1 ，最大速度为 v_{m} ，则持棒者位移

$$s_0=v_0t$$

接棒者位移

$$s_1=\frac{1}{2}a_1t^2$$

接棒者的速度

$$v_{\text{m}}=a_1t$$

二者位移的关系为

$$s_0=L_0+s_1$$

联立代入数据可得

$$t=1\text{s}\text{，}\quad a_1=8\text{m/s}^2\text{，}\quad s_1=4\text{m}$$

（2）由第一问结果可知，运动员最大加速度 $a=8\text{m/s}^2$ ，从起跑加速到速度最大完成交接棒的时间 $t=1\text{s}$ ，接棒者位移 $s_1=4\text{m}$ ，持棒者位移 $s_0=8\text{m}$ 。设运动过程由 A、B、C、D 四位运动员接力完成，每个运动员均在距离接力区末端 $x\left(x>0\right)$ 处起跑，其对应的有效位移为 L_{A} 、L_{B} 、L_{C} 、L_{D} ，各自所需的时间为 t_{A} 、t_{B} 、t_{C} 、t_{D} ，则 A 的实际有效位移

$$L_{\mathrm{A}}=100-x+4=104-x$$

A 的运动时间

$$t_{\mathrm{A}}=\frac{L_{\mathrm{A}}-s_{1}}{v}+t=\frac{104-x-4}{v}+1=\frac{100-x}{8}+1$$

因为 B、C、D 的匀加速时间前一位持棒者最后的匀速运动时间重合，所以只要计算匀速运动过程有效运动位移与时间，则 B 的实际有效位移

$$L_{\mathrm{B}}=(x-4)+(100-x+4)=100$$

B 的有效时间

$$t_{\mathrm{B}}=\frac{L_{\mathrm{B}}}{v}=\frac{100}{8}\mathrm{s}$$

同理 C 的有效时间

$$t_{\mathrm{C}}=\frac{L_{\mathrm{C}}}{v}=\frac{100}{8}\mathrm{s}$$

D 的有效位移为

$$L_{\mathrm{D}}=(x-4)+100$$

D 的有效时间为

$$t_{\mathrm{D}}=\frac{L_{\mathrm{D}}}{v}=\frac{96+x}{8}$$

则完成全程接力所需时间为

$$t=t_{\mathrm{A}}+t_{\mathrm{B}}+t_{\mathrm{C}}+t_{\mathrm{D}}=\frac{100-x}{8}+1+\frac{100}{8}\times 2+\frac{96+x}{8}$$

因为要保证在接力区内完成交接棒，所以

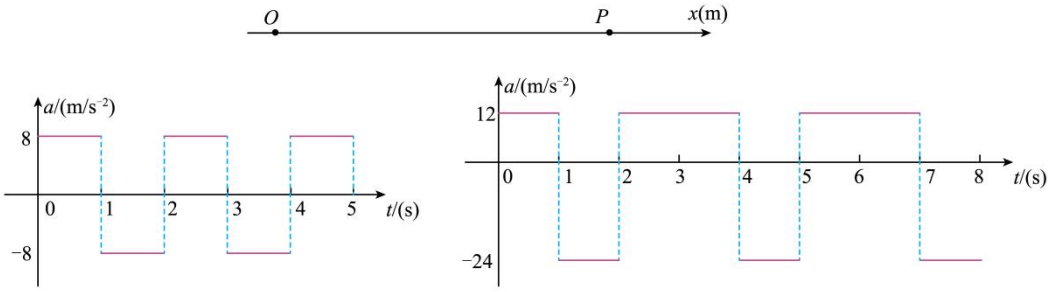
$s_{1}<x\le d$ t 与 x 的关系为

$$t=\frac{108-x+296+x}{8}$$

实际时间 t 与 x 无关，即完成比赛的时间 t 为

$$t_{\min}=\frac{404}{8}\mathrm{s}=50.5\mathrm{s}$$

26．已知 x 轴上 P 点的坐标（7m，0），位于 x 轴坐标原点的 A，B 两质点从 0 时刻起沿着 x 轴做初速为零的直线运动，其运动的加速度随时间周期性变化。A 质点的加速度时间图像如图甲所示，B 质点的加速度时间图像如图乙所示，加速度的正方向与 x 轴正向一致。



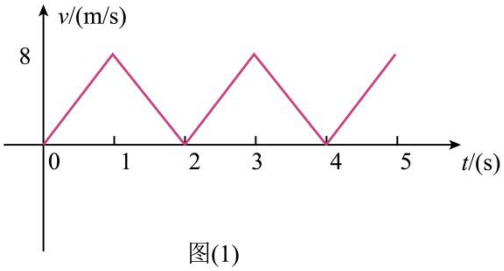
图甲　　图乙

(1)A 质点运动过程中能否经过 P 点？如果能是在什么时刻？并求 A 经过 P 点的速度的大小和方向？

(2)B 质点运动过程中能否经过 P 点？如果能是在什么时刻？并求 B 经过 P 点的速度的大小和方向（答案可带根号）

【答案】(1)能，1.5s，4m/s，沿 x 轴正方向　　(2)见解析

【解析】（1）由图甲可知， A 质点沿着 x 轴正向做单向直线运动，其运动图像如图（1）所示



图(1)

故 A 质点可以经过 P 点；$0\sim1\text{s}$，A 质点的位移为

$$x_1=\frac{1}{2}a_{\text{A1}}t_1^2$$

其中 $a_{\text{A1}}=8\text{m/s}^2$，$t_1=1\text{s}$ 代入得

$$x_1=4\text{m}$$

1s 末的速度为

$$v_1=a_{\text{A1}}t_1=8\text{m/s}$$

还要运动

$$x_2=x_P-x_1=3\text{m}$$

才能经过 P 点，由

$$x_2=v_1t_2+\frac{1}{2}a_{\text{A2}}t_2^2$$

其中 $a_{\text{A2}}=-8\text{m/s}^2$，代入解得

$$t_2=0.5\text{s}\quad（t_2=1.5\text{s}>1\text{s}\text{ 舍去}）$$

故 A 在

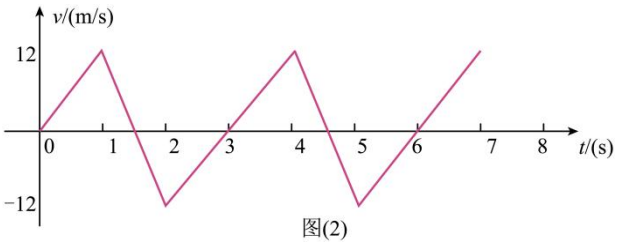
$$t_1+t_2=1.5\text{s}$$

经过 P 点；A 经过 P 点的速度大小为

$$v_{\text{A}}=v_1+a_{\text{A}2}t_2=4\text{m/s}$$

方向沿着 x 轴正向。

（2）由图乙可知，B 质点沿着 x 轴做往复直线运动，其运动图像如图（2）所示



图(2)

$0\sim1\text{s}$，B 质点的位移为

$$x_1'=\frac{1}{2}a_{\text{B}1}t_1^2$$

其中 $a_{\text{B}1}=12\text{m/s}^2$，$t_1=1\text{s}$，代入得

$$x_1'=6\text{m}$$

1s 末的速度为

$$v_1'=a_{\text{B}1}t_1=12\text{m/s}$$

要运动

$$x_2'=x_P-x_1'=1\text{m}$$

才能经过 P 点，则有

$$x_2'=v_1't_2'+\frac{1}{2}a_{\text{B}2}t_2'^2$$

其中 $a_{\text{B}2}=-24\text{m/s}^2$，代入解得

$$t_2'=\frac{3\pm\sqrt{6}}{6}\text{s}$$

两个解均小于 1s，都有意义；t_1+t_2' 等于 $\frac{9-\sqrt{6}}{6}\text{s}$ 和 $\frac{9+\sqrt{6}}{6}\text{s}$

其速度为

$$v_{\text{B}}=v_1+a_{\text{B}2}t_2'=\pm4\sqrt{6}\text{m/s}$$

B 质点在 3s 末回到原点，根据周期性 B 质点经过 P 点的时刻是 $(\frac{9-\sqrt{6}}{6}+3n)\mathrm{s}$，其速度大小为 $4\sqrt{6}\mathrm{m/s}$，方向沿 x 轴正向；$(\frac{9+\sqrt{6}}{6}+3n)\mathrm{s}$，其速度大小为 $4\sqrt{6}\mathrm{m/s}$，方向沿 x 轴负向。（$n=0$，1，2…）

进阶检测

（考试时间：90 分钟 试卷满分：100 分）

一、单选题（4 分/题，共 32 分）

1．2022 年 6 月 17 日，中国第 3 艘航空母舰“福建舰”正式下水，这一刻标志着中国人民海军进入“三舰客”时代。某舰载机起飞时，采用弹射装置使飞机获得 20m/s 的速度后，由机上发动机获得 25m/s² 的加速度在航母跑道上匀加速 90m 后离舰升空。飞机升空时的速度是（　　）

A．30m/s　　B．40m/s　　C．70m/s　　D．60m/s

【答案】C

【解析】设用弹射装置使飞机获得的速度记为 $v_0=20\,\mathrm{m/s}$

由机上发动机获得的加速度记为 $a=25\,\mathrm{m/s^2}$

在航母跑道上匀加速运动的位移 $x=90\mathrm{m}$

根据 $v^2-v_0^2=2ax$

解得 $v=\sqrt{v_0^2+2ax}=70\,\mathrm{m/s}$

故选 C。

2．重庆轨道交通 2 号线李子坝站的“轻轨穿楼”是近年来的网红景点，吸引了大量游客前来打卡。某乘客用手机测量到一列时速为 90km/h 的轻轨列车在制动后做加速度大小为 5m/s² 的匀减速直线运动，则列车开始制动到停下所需时间为（　　）

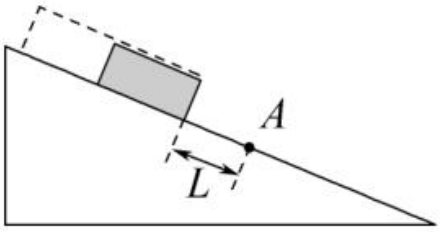
A．4s　　B．5s　　C．6s　　D．7s

【答案】B

【解析】列车开始制动到停下所需时间 $t_0=\dfrac{v-v_0}{a}=\dfrac{0-90\times\frac{5}{18}}{-5}\mathrm{s}=5\mathrm{s}$

故选 B。

3．如图所示，固定的光滑斜面上有一木板，其下端与斜面上 A 点距离为 L。木板由静止释放，在斜面上做匀加速运动若木板长度为 L，通过 A 点的时间间隔为 Δt_1；若木板长度为 $2L$，通过 A 点的时间间隔为 Δt_2。则 $\Delta t_2:\Delta t_1$ 为（　　）



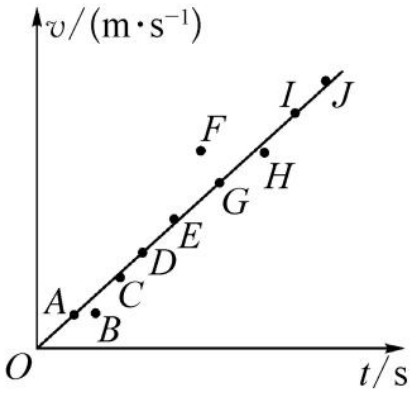
A．$(\sqrt{3}-1):(\sqrt{2}-1)$　　B．$(\sqrt{3}-\sqrt{2}):(\sqrt{2}-1)$

C．$(\sqrt{3}+1):(\sqrt{2}+1)$　　D．$(\sqrt{3}+\sqrt{2}):(\sqrt{2}+1)$

【答案】A

【解析】木板在斜面上运动时，木板的加速度不变。设加速度为 a，木板从静止释放到下端到达 A 点的过程，根据位移一时间公式有 $L=\frac{1}{2}at_0^2$，木板从静止释放到上端到达 A 点的过程，当木板长度为 L 时，有 $2L=\frac{1}{2}at_1^2$，当木板长度为 $2L$ 时，有 $3L=\frac{1}{2}at_2^2$，又 $\Delta t_1=t_1-t_0$，$\Delta t_2=t_2-t_0$，联立解得 $\Delta t_2:\Delta t_1=(\sqrt{3}-1):(\sqrt{2}-1)$，故 A 正确。

4．某同学在“探究小车速度随时间变化的规律”实验中，利用纸带上的数据得出各计数点的瞬时速度并以速度 v 为纵轴、时间 t 为横轴建立直角坐标系。该同学在直角坐标系上一共描出了 10 个点，不计空气阻力，如图所示。下列说法中正确的是（　　）



①这 10 个点无论如何也不在一条直线上，因此小车运动的 v-t 图像不可能为一条直线，而 v-t 应为一条平滑的曲线

②这 10 个点中有 6 个点虽然不在一条直线上，但它们紧挨在一条直线附近，只有 F 和 B 两点离这条直线太远，图像可能为一条直线

③在 10 个点当中只有 4 个点能画在一条直线上（A、D、G、I），有 6 个点不在该直线上，这条直线肯定不能表示小车运动的规律

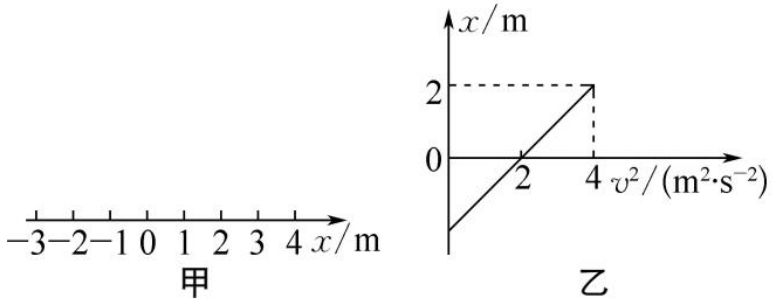
④与直线偏离较小的点（C、E、H、J）可能是实验误差造成的，而与直线偏离较大的点（B、F）可能是实验中出现错误造成的

A．①③　　B．②④　　C．①②　　D．③④

【答案】B

【解析】由于实验误差或错误的存在，这 10 个点不可能完全在一条直线上，但紧挨在一条直线附近，只有 F 和 B 两个点离这条直线远，用倾斜直线进行连接，这条直线通过大部分的点，不在直线上的点均匀分布在两侧，此条直线可表示小车运动的规律，故①、③错误，②正确；直线通过大多数的点，与直线偏差较小的点（C、E、H、J）可能是实验误差造成的，而与直线偏离较大的点（B、F）可能是实验中出现错误造成的，故④正确，故 B 符合题意。

5．如图甲所示，一维坐标系中有一物块静止于 x 轴上的某位置（图中未画出），从 $t=0$ 时刻开始，物块在外力作用下沿 x 轴正方向做匀变速直线运动，其位置坐标与速率平方的关系图像如图乙所示。下列说法正确的是（　　）



A．物块运动的加速度大小为 $1\mathrm{m/s^2}$　　B．$t=4\mathrm{s}$ 时物块位于 $x=0$ 处

C．2~4s 时间内物块的平均速度大小为 1.5m/s　　D．前 2s 时间内物块的位移大小为 2m

【答案】C

【解析】设 $t=0$ 时刻物块位于 $x=x_0$ 处，根据 $v^2=2a\left(x-x_0\right)$，可知 $x=x_0+\frac{1}{2a}v^2$，根据题图可知 $x_0=-2\mathrm{m}$，$\frac{1}{2a}=1\mathrm{s^2/m}$，则 $a=\frac{1}{2}\mathrm{m/s^2}$，A 错误；$t=4\mathrm{s}$ 时物块位置为 $x=x_0+\frac{1}{2}at^2=-2\mathrm{m}+\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\times4^2\mathrm{m}=2\mathrm{m}$，B 错误；$2\sim4\mathrm{s}$ 时间内物块的位移 $\Delta x=\frac{1}{2}at_4^2-\frac{1}{2}at_2^2=\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\times4^2\ \mathrm{m}-\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\times2^2\ \mathrm{m}=3\mathrm{m}$，因此这段时间内平均速度 $\bar{v}=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{3}{2}\mathrm{m/s}=1.5\mathrm{m/s}$，C 正确；前 2s 时间内物块的位移大小 $\Delta x'=\frac{1}{2}at_2^2=\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\times2^2\mathrm{m}=1\mathrm{m}$，D 错误。

6．某骑行爱好者以 7.2km/h 的速度沿平直公路匀速行驶，前方以 36km/h 的速度同向匀速行驶的汽车因紧急情况突然制动，制动时两者相距 10m，制动的加速度大小为 $2\mathrm{m/s^2}$。自汽车制动开始计时，下列说法正确的是（　　）

A．经 $t=\left(4+\sqrt{26}\right)\mathrm{s}$ 两者相遇　　B．经 $t=5\mathrm{s}$ 两者相遇

C．相遇前两者的最远距离为 16m　　D．相遇前两者的最远距离为 26m

【答案】D

【解析】自行车的速度$v_1=2\text{m/s}$，汽车的初速度$v_2=10\text{m/s}$，汽车减速的时间$t_{减}=\frac{v_2}{a}=5\text{s}$，汽车减速的位移$x_{减}=\frac{v_2^2}{2a}=25\text{m}$，在该段时间内自行车的位移$x_{自}=v_1t_{减}=10\text{m}<25\text{m}+10\text{m}$，故汽车运动过程中两者未相遇，故两者相遇的时间$t_{遇}=\frac{x_{减}+x_0}{v_1}=17.5\text{s}$，A、B 错误；两者速度相等时相距最远，由速度相等知$v_1=v_2-at$，即$t=4\text{s}$时相距最远，4s 内自行车的位移$x'_{自}=v_1t=8\text{m}$，汽车的位移$x_{车}=v_2t-\frac{1}{2}at^2=24\text{m}$，故相遇前的最远距离$\Delta x=x_0+x_{车}-x'_{自}=26\text{m}$，D 正确，C 错误。

7．某个初春早晨，雾气蒙蒙，能见度很低，甲、乙两车正在平直的公路上同向匀速行驶，甲车在前、乙车在后，甲车行驶的速度大小为10m/s，乙车行驶的速度大小为18m/s。当乙车离甲车一定距离时，乙车司机发现甲车后立即开始鸣笛并刹车，甲车司机听到鸣笛声后立即加速。已知乙车刹车可以看成匀减速运动，甲车加速可看成匀加速运动，不考虑声音传播的时间，当甲车加速 8s 后，乙车与甲车刚好不相撞。下列说法正确的是（　　）

A．甲车加速时，甲、乙两车间的距离为 32m

B．甲车加速时，甲、乙两车间的距离为 36m

C．甲车加速时的加速度大小一定大于乙车减速时的加速度大小

D．甲车加速时的加速度大小一定小于乙车减速时的加速度大小

【答案】A

【解析】AB．设甲车加速时的加速度为a_1，乙车减速时的加速度为a_2，甲车的初速度$v_{甲}=10\text{m/s}$，乙车的初速度$v_{乙}=18\text{m/s}$，经过时间$t=8\text{s}$时两车刚好不相撞，此时两车速度相等。

根据匀变速直线运动的速度公式$v=v_0+at$

可得$v_{甲}+a_1t=v_{乙}-a_2t$

代入数据化简得$a_1+a_2=1\text{m/s}^2$

在$t=8\text{s}$内，甲车的位移$x_{甲}=v_{甲}t+\frac{1}{2}a_1t^2=(80+32a_1)\text{m}$

乙车的位移$x_{乙}=v_{乙}t-\frac{1}{2}a_2t^2=(144-32a_2)\text{m}$。

因为刚好不相撞时，两车初始距离 $\Delta x = x_{乙} - x_{甲}$

代入可得 $\Delta x = (144 - 32a_2)\text{m} - (80 + 32a_1)\text{m} = (64 - 32a_1 - 32a_2)\text{m}$

把 $a_1 + a_2 = 1\text{m/s}^2$

代入上式，可得 $\Delta x = (64 - 32 \times 1)\text{m} = 32\text{m}$

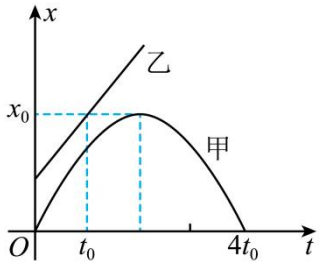
故 A 正确，B 错误；

CD．以上分析可得 $a_1 + a_2 = 1\text{m/s}^2$

但仅根据此式无法判断 a_1 与 a_2 的大小关系，故 CD 错误。

故选 A。

8．甲、乙两辆汽车沿同一平直公路做直线运动，其运动的位置一时间图像如图所示，已知甲的图像是一段抛物线，且在 t_0 时刻的切线与乙的图像平行，乙的图像是一条倾斜直线，以甲、乙初速度方向为正方向，图中坐标均为已知量，则下列说法正确的是（　　）



A．甲做曲线运动，乙做匀加速直线运动　　B．甲的加速度为 $-\frac{2x_0}{t_0^2}$

C．甲的初速度为 $\frac{x_0}{2t_0}$　　D．$t=0$ 时刻，甲、乙间的距离为 $\frac{x_0}{2}$

【答案】D

【解析】A．x－t 图像斜率表示速度，乙做匀速直线运动，由 $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$，甲做匀变速直线运动，故 A 错误；

BC．对甲根据抛物线的对称性，甲在 $2t_0$ 位移为 x_0，且切线水平，速度为 0，根据逆向思维

$$x_0 = \frac{1}{2}(-a)(2t_0)^2, 0 = v_0 + a \times 2t_0$$

解得

$$a = -\frac{x_0}{2t_0^2}, \quad v_0 = \frac{x_0}{t_0}$$

故 BC 错误；

D．t_0 时刻甲的速度

$$v=v_0+at_0$$

甲在 t_0 时刻的切线与乙平行，则乙的速度 $v_{乙}=v$，设 $t=0$ 时刻乙距坐标原点的距离为 x_1，则有

$$v_{乙}=\frac{x_0-x_1}{t_0}$$

综合可得

$$v_{乙}=\frac{x_0}{2t_0}\text{、}\quad x_1=\frac{x_0}{2}$$

故 D 正确。

故选 D

二、多选题（漏选得 2 分，全对得 4 分，错选得 0 分，共 16 分）

9．质点做直线运动的位移 x 与时间 t 的关系为 $x=4t+2t^2$（各物理量均采用国际单位制单位），则该质点（　　）

A．第 1s 内的位移是 6m　　B．前 2s 内的平均速度是 9m/s

C．任意相邻的 1s 内位移差都是 4m　　D．任意 1s 内的速度增量都是 4m/s

【答案】ACD

【解析】A．质点做直线运动的位移 x 与时间 t 的关系为 $x=4t+2t^2$

可知质点第 1s 内的位移为 $x_1=4\times1\text{m}+2\times1^2\text{m}=6\text{m}$

故 A 正确；

B．质点在前 2s 内的位移为 $x_2=4\times2\text{m}+2\times2^2\text{m}=16\text{m}$

则前 2s 内的平均速度为 $\overline{v_2}=\frac{x_2}{t_2}=\frac{16}{2}\text{m/s}=8\text{m/s}$

故 B 错误；

CD．结合匀变速直线运动位移时间公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$

可知质点的初速度和加速度分别为 $v_0=4\text{m/s}$，$a=4\text{m/s}^2$

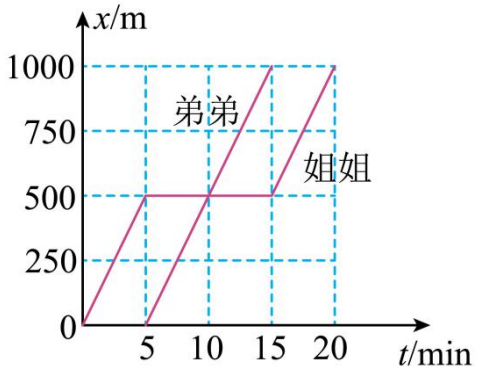
根据匀变速直线运动推论可得任意相邻的 1s 内位移差为 $\Delta x=aT^2=4\times1^2\text{m}=4\text{m}$

任意 1s 内的速度增量为 $\Delta v = at = 4 \times 1\text{m/s} = 4\text{m/s}$

故 CD 正确。

故选 ACD。

10．姐姐和弟弟在同一所学校上学。某一天吃过早餐后，姐弟两人约定从小区门口出发去学校，在学校大门口会合。作出他们的位移与时间的关系图像分别如图中的两条实线所示，弟弟的图线为直线。下列说法正确的是（　　）



A．弟弟比姐姐晚 5min 离开家　　B．弟弟和姐姐的平均速度相同

C．弟弟和姐姐行走时的速度相等，均为100m/min　D．姐姐一直做匀速直线运动

【答案】AC

【解析】A．根据图像可知，弟弟的出发时间比姐姐晚 5min，A 正确；

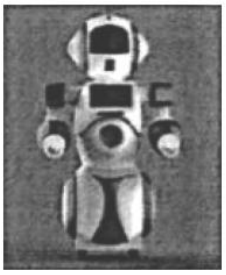
B．根据 $\overline{v} = \frac{x}{t}$，可知姐弟两个人的位移相同，但弟弟所用时间更短，代入数据可知，弟弟的平均速度为 100m/min，姐姐的平均速度为 50m/min，因而弟弟平均速度大于姐姐，B 错误；

C．姐弟两人在行走时速度大小不变，在 $x-t$ 图像中，斜率代表速度，求出倾斜直线中斜率可知两人的速度大小均为 100m/min，C 正确；

D．姐姐在出发后 $5 \sim 15\text{min}$ 时间段内保持静止，因而对于全过程来说，姐姐不是一直在做匀速直线运动，D 错误。

故选 AC。

11．如图所示，一智能机器人（速度为 0 时可立即转身反向，不计转身时间）在直线上行走，其运动位移 x 随运动时间 t 的变化关系为 $x = t^2 - 4t$，各物理量单位均为国际单位。从 $t = 0$ 开始计时，下列判断正确的是（　　）



A．智能机器人做匀加速直线运动　　B．$t=2\text{s}$时，智能机器人的速度大小为8m/s

C．智能机器人在前3s内的位移为-3m　　D．智能机器人在前3s内的路程为5m

【答案】CD

【解析】根据位移公式$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$可知，机器人的初速度为$v_0=-4\text{m/s}$、加速度为$a=2\text{m/s}^2$，机器人做匀减速直线运动，A错误；$t=2\text{s}$时，根据$v=v_0+at$可得速度为0，B错误；在前3s内运动位移为$x=t^2-4t=-3\text{m}$，C正确；$t=2\text{s}$时，智能机器人的路程为$x_1=\frac{v_0}{2}t=4\text{m}$，再经过$t'=1\text{s}$，智能机器人的路程为$x_2=\frac{1}{2}a\left(t'\right)^2=1\text{m}$，则智能机器人在前$3\text{s}$内的路程为$x_1+x_2=5\text{m}$，D正确。

12．一辆汽车从甲地驶向目的地丙地，正常行驶情况：汽车以加速度a_0匀加速启动，然后以v_0匀速行驶，接近目的地时以大小为$2a_0$的加速度减速停车。司机在行驶途中接到求助电话，在行驶至距离出发地$\frac{d}{2}$（d为甲、丙两地的距离）的乙地临时停靠了Δt时间，接一位危重病人前往丙地就医。已知汽车的启动加速度大小始终为a_0，减速停车的加速度大小始终为$2a_0$。则下列说法正确的是（　　）

A．汽车原定到达丙地的时间为$\frac{d}{v_0}+\frac{3v_0}{4a_0}$

B．若接上病人后中途依然以v_0的速度匀速行驶，则由于救助病人耽误的时间是$\Delta t+\frac{3v_0}{4a_0}$

C．若接上病人后中途依然以v_0的速度匀速行驶，则由于救助病人耽误的时间是$\Delta t+\frac{3v_0}{2a_0}$

D．如果仍想按原定时间到达丙地，该车在乙地加速后的速度为v，则必须满足关系式$\frac{d}{2v_0}=\frac{3v}{4a_0}+\frac{d}{2v}+\Delta t$

【答案】ABD

【解析】A．汽车加速时间$t_1=\frac{v_0}{a_0}$

加速位移$x_1=\frac{v_0^2}{2a_0}$

汽车减速时间 $t_2=\frac{v_0}{2a_0}$

减速位移 $x_2=\frac{v_0^2}{4a_0}$

匀速的位移 $x_3=d-x_1-x_2$

汽车匀速时间 $t_3=\frac{x_3}{v_0}$

汽车原定到达丙地的时间为 $t=t_1+t_2+t_3=\frac{d}{v_0}+\frac{3v_0}{4a_0}$

故 A 正确；

BC．由于救助病人耽误的时间 $t'=\Delta t+t_1+t_2-\frac{x_1+x_2}{v_0}=\Delta t+\frac{3v_0}{4a_0}$

故 B 正确，C 错误；

D．按速度 v 加速的时间 $t_5=\frac{v}{a_0}$

按速度 v 加速的位移 $x_4=\frac{v^2}{2a_0}$

按速度 v 减速的时间 $t_6=\frac{v}{2a_0}$

按速度 v 减速的位移 $x_5=\frac{v^2}{4a_0}$

按速度 v 到达丙地的时间为 $t_7=t_1+\frac{\frac{d}{2}-x_1-x_2}{v_0}+t_2+\Delta t+t_5+\frac{\frac{d}{2}-x_4-x_5}{v}+t_6$

如果仍想按原定时间到达丙地，则应满足 $t=t_7$

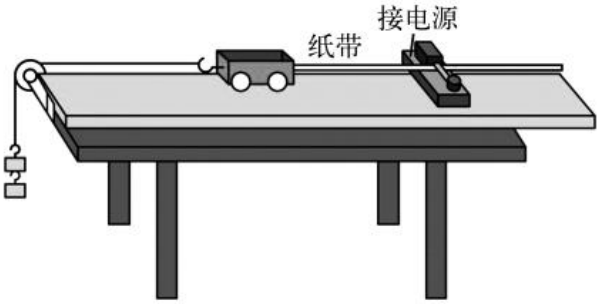
整理得 $\frac{d}{2v_0}=\frac{3v}{4a_0}+\frac{d}{2v}+\Delta t$

故 D 正确。

故选 ABD。

三、解答题（2 分/空，共计 24 分）

13．某一学习小组的同学想通过打点计时器在纸带上打出的点迹来探究小车速度随时间变化的规律，实验装置如图所示。



(1)常见的打点计时器使用的都是___电源（填“直流”或“交流”），当电源频率为50Hz时，每隔___s打一个点。

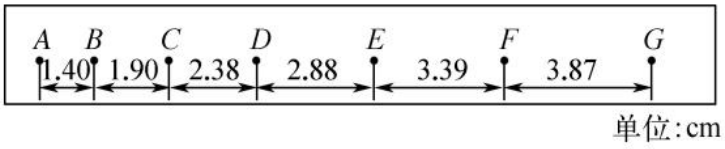
(2)关于本实验，下列说法正确的是_____。

A．释放纸带的同时，接通电源　　B．先接通电源打点，后释放纸带运动

C．先释放纸带运动，后接通电源打点　　D．纸带上的点迹越密集，说明纸带运动的速度越小

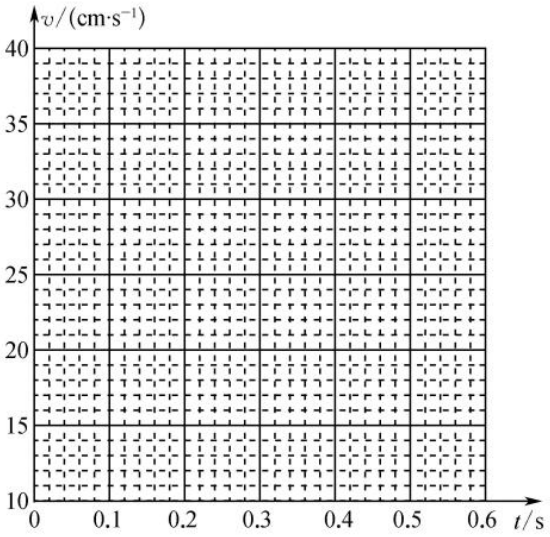
(3)要测量小车的速度，除打点计时器（含所用电源、纸带、墨粉纸盘）外还必须使用的测量工具是___。

(4)该小组在规范操作下得到一条点迹清晰的纸带如图所示，在纸带上依次选出7个计数点，分别标上*A*、*B*、*C*、*D*、*E*、*F*和*G*，每相邻的两个计数点间还有四个点未画出，打点计时器所用电源的频率是50Hz。（以下结果均保留2位小数）



①每相邻两计数点的时间间隔为___s，打*D*点时小车的速度$v_D=$___$\mathrm{m/s}$。

②分别算出其他各点的速度：$v_B=16.50\mathrm{cm/s}$，$v_C=21.40\mathrm{cm/s}$，$v_E=31.35\mathrm{cm/s}$，$v_F=36.30\mathrm{cm/s}$，请在如图所示的坐标系中作出小车运动的$v-t$图像（以打*A*点时开始计时）__。并说明小车速度变化的规律__。



③根据图线求出小车运动的加速度$a=$___$\mathrm{m/s^2}$。

④将图线延长与纵轴相交，交点的纵坐标是___cm/s，此速度的物理意义是___。

(5)实验完毕后，某同学发现实验时电源的实际频率小于 50Hz，那么速度的测量值比实际值___（填“偏大”“偏小”或“不变”）。

【答案】(1) 交流　　0.02　　(2)BD　　(3)刻度尺　　(4) 0.10　　26.30　　见解析　　小车速度随时间均匀增大　　0.50　　12.00　　打 A 点时小车的速度　　(5)偏大

【解析】(1)常见的打点计时器使用的都是交流电源。当电源频率为 50Hz 时，每隔$\Delta t=\frac{1}{f}=\frac{1}{50}\mathrm{s}=0.02\mathrm{s}$，打一个点。

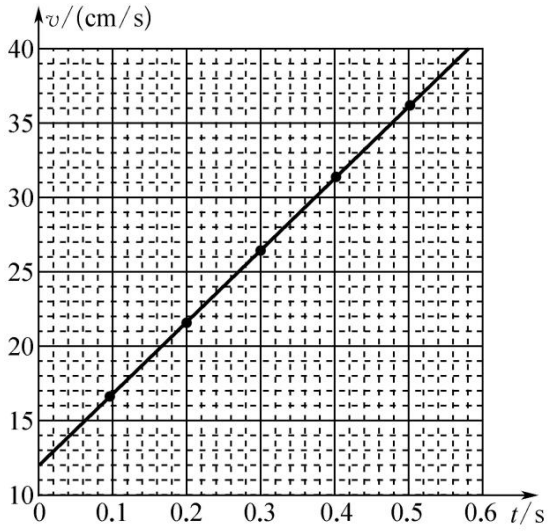
（2）应先接通电源打点，待打点稳定后，再释放纸带运动，这样纸带可以得到充分利用，记录更多的数据，以减小实验误差，A、C 错误，B 正确；纸带上相邻两计数点间的时间间隔相同，纸带上的点迹越密集，说明在相同时间内纸带通过的距离越小，因此说明纸带运动的速度越小，D 正确。

（3）要测量小车的速度，除打点计时器（含所用电源、纸带、墨粉纸盘）外还必须使用的测量工具是刻度尺，刻度尺用来测量纸带上计数点间距离。

（4）①纸带上每相邻的两个计数点间还有四个点未画出，打点计时器所用电源的频率是 50Hz。可知两计数点间的时间间隔为$T=5\times\frac{1}{f}=5\times\frac{1}{50}\mathrm{s}=0.10\mathrm{s}$，在某段时间内中间时刻的瞬时速度等于这段时间内的平均速度，可得打D点时小车的速度为$v_D=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{x_{CE}}{2T}=\frac{2.38+2.88}{2\times0.1}\mathrm{cm/s}=26.30\mathrm{m/s}$。②由$v_B=16.50\mathrm{cm/s}$，$v_C=21.40\mathrm{cm/s}$，$v_D=26.30\mathrm{m/s}$，$v_E=31.35\mathrm{cm/s}$，$v_F=36.30\mathrm{cm/s}$，在坐标系中作出小车运动的$v-t$图像（以打 A 点时开始计时）如图所示。由$v-t$图像可知，在误差允许的范围内，小车速度随时间均匀增大，

即小车做匀加速直线运动。③根据图线可得小车运动的加速度为

$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{v_F-v_B}{t_F-t_B}=\frac{36.30-16.5}{0.5-0.1}\times10^{-2}\mathrm{m/s^2}=0.50\mathrm{m/s^2}$。④将图线延长与纵轴相交，交点的纵坐标是 $12.00\mathrm{cm/s}$，此速度的物理意义是打 A 点时小车的速度。



（5）实验时电源的实际频率小于 50Hz，则有 $\Delta t=\frac{1}{f}>0.02\mathrm{s}$，即打点周期实际大于 0.02s，若仍按 0.02s 计算，由 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 可知，那么速度的测量值比实际值偏大。

四、解答题（14 题 6 分，15 题 7 分，14 题 7 分，15 题 8 分，共计 28 分）

14．福建舰是我国完全自主设计建造的首艘航空母舰，该舰配置了电磁弹射和阻拦装置。某架飞机着舰时的速度为 50m/s，着舰后匀速运动一段距离后被阻拦索拦截，立即以大小为 $20\mathrm{m/s^2}$ 的加速度做匀减速直线运动直至停下，着舰后运动的总路程为 72.5m，求：

(1)飞机做匀减速运动的时间 t；

(2)飞机着舰后匀速运动的距离 x。

【答案】(1) $t=2.5\mathrm{s}$　　(2) $x=10\mathrm{m}$

【解析】（1）由 $v=at$，解得 $t=2.5\mathrm{s}$

（2）着舰后匀减速运动的距离为 $x'=\frac{v^2}{2a}=62.5\mathrm{m}$

着舰后匀速运动的距离 $x=s-x'=10\mathrm{m}$

15．在校运动会上，小叶同学参加100m和50m往返跑（一次来回）两个比赛项目，若小叶在加速和减速时的加速度大小均为 $2\mathrm{m/s^2}$，最大速度为 $10\mathrm{m/s}$，且能维持较长时间。

求：

(1)100 米比赛加速段的位移大小；

(2)完成100m 项目比赛的最大平均速度多大；

(3)参加 50m 往返跑的最好成绩是多少时间？

【答案】(1) $x=25\text{m}$　　(2) $\overline{v}_{\text{m}}=8\text{m/s}$　　(3) $t_{总}=17.5\text{s}$

【解析】（1）加速过程，由速度位移关系公式可得 $v_{\text{m}}^2=2ax$

解得加速阶段通过的位移大小 $x=25\text{m}$

（2）100m 比赛加速后做匀速运动，则有最短时间，平均速度最大。加速时间 $t_1=\dfrac{v_{\text{m}}}{a}=5\text{s}$

匀速运动时间 $t_2=\dfrac{x_{总}-x}{v_{\text{m}}}=7.5\text{s}$

比赛的最短时间为 $t=t_1+t_2=12.5\text{s}$

最大平均速度 $\overline{v}_{\text{m}}=\dfrac{x_{总}}{t}=8\text{m/s}$

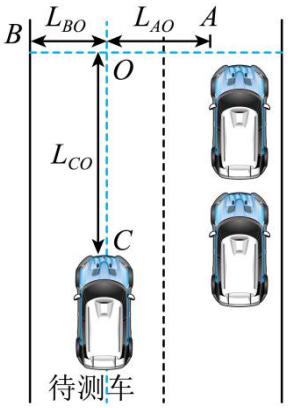
（3）50m 比赛第一阶段先加速后减速至 0，返回时先加速后匀速，用时最短，比赛成绩最好。

第一阶段时间：$t_{往}=2t_1=10\text{s}$

第二阶段时间：$t_{返}=t_{加}+t_{匀}=5\text{s}+2.5\text{s}=7.5\text{s}$

最好成绩时间 $t_{总}=t_{往}+t_{返}=17.5\text{s}$

16．新能源汽车的智驾系统能够自主决策紧急制动。某新能源汽车在初速为 108km/h 紧急制动测试中，制动距离为 $x=45\text{m}$。如下图所示该车又进行自主决策紧急制动测试，待测车以 $v_1=36\text{km/h}$ 沿直线 CO 匀速行驶，车上智驾系统突然探测到“儿童”以 $v_2=1.5\text{m/s}$ 恒定速度从前方停靠车辆车头 A 处窜出沿直线 AB 运动，智驾系统感知分析后实施紧急制动。已知 $L_{AO}=3.0\text{m}$，$L_{BO}=1.5\text{m}$，$L_{CO}=16\text{m}$，汽车制动过程视为匀减速直线运动，“儿童”视为质点。



(1)求紧急制动过程中的加速度大小；

(2)已知该车智驾系统反应时间（从探测到“儿童”到实施紧急制动）$\Delta t=0.2\text{s}$，求该车停下时车头离 O 的距离；

(3)过早或频繁紧急制动不利于行车安全和驾乘舒适，若系统经过 $\Delta t=0.2\text{s}$，未实施紧急制动，而是控制汽车在“儿童”到达路边 B 处时，车头恰好到达 O 点，则此次制动过程加速度为多大？

【答案】(1) $a=10\text{m/s}^2$　　(2) $s=9\text{m}$　　(3) $a=\frac{25}{7}\text{m/s}^2$

【解析】（1） $v_0=108\text{km/h}=30\text{m/s}$

根据 $2ax=v_0^2-0$

得紧急制动过程中的加速度： $a=10\text{m/s}^2$

（2）因为 $\Delta t=0.2\text{s}$，

匀速的位移： $x_1=v_1\cdot\Delta t=2\text{m}$

减速过程： $2ax_2=v_1^2-0$

得： $x_2=5\text{m}$

车头离 0 点距离： $s=L_{CO}-x_1-x_2=9\text{m}$

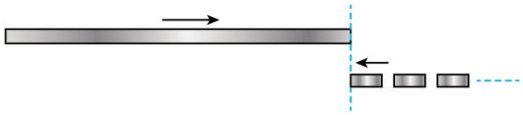
（3）“儿童”运动时间： $t=\frac{L_{AO}+L_{BO}}{v_2}=3\text{s}$

车运动时间： $t_2=t_1-\Delta t=2.8\text{s}$

根据 $x_2=L_{CO}-x_1=v_1t_2-\frac{1}{2}at_2^2$

得： $a=\frac{25}{7}\text{m/s}^2$

17．某大桥是一座公路、铁路两用大桥，主桥长 $L=1155\text{m}$。某次由于交通管制，将汽车拦停在了一边的桥头处，汽车排成笔直的一列。设汽车车长均为 $l_1=4\text{m}$，前车尾部与后车头部之间的距离均为 $d=2\text{m}$。一辆长 $l_2=128\text{m}$ 的列车从桥对面驶来，抵达大桥另一个桥头，以 $v=5\text{m/s}$ 的速度匀速通过大桥，当列车车头恰与第一辆汽车的头部平齐时（如图所示），汽车交通管制解除，所有汽车均开始以 $a=1\text{m/s}^2$ 的加速度启动过桥。已知大桥上汽车的最大限速为 72km/h，不计汽车启动的反应时间，请回答下列问题：



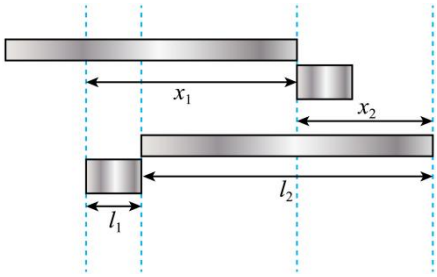
(1)求第一辆汽车与列车完成错车的时间；

(2)求第一辆汽车通过大桥的最短时间；

(3)求第一辆汽车达到最大速度时，与列车完成错车的汽车辆数。

【答案】(1) 12s　　(2) 67.95s　　(3) 29 辆

【解析】（1）如图所示为第一辆汽车和列车要完成错车的情境图



对汽车，错车时行驶的距离为 $x_1=\frac{1}{2}at^2$

对列车，错车时行驶的距离为 $x_2=vt$

由上图可得 $x_1+x_2=l_1+l_2$

解得时间 $t=12\text{s}$

（2）对汽车 $v_\text{m}=at_1$

解出第一辆汽车加速到最大速度的时间 $t_1=20\text{s}$

加速过程中汽车行驶的路程 $x_1'=\frac{1}{2}at_1^2=200\text{m}$

接下来汽车通过大桥所需要的时间 $t_2=\frac{L+l_1-x_1'}{v_\text{m}}=\frac{1155+4-200}{20}\text{s}=47.95\text{s}$

第一辆汽车通过大桥的最短时间 $t_3=t_1+t_2=20\text{s}+47.95\text{s}=67.95\text{s}$

（3）当第一辆汽车达到最大速度时，错车时，对列车有 $x_2^{'} = vt_1 = 100\text{m}$

分析可知 $x_1' + x_2' = l_2 + \Delta l$

解得 $\Delta l = 172\text{m}$

由 $\Delta l = n\left(l_1 + d\right)$

解得 $n = 28\frac{2}{3}$（或 28 余 4m），即完成错车 29 辆。

衔接点 08 自由落体运动

学习要求

初中阶段	高中阶段
主要引导学生对物体下落现象形成初步认知，通过生活实例感知物体下落的快慢，能区分不同物体在空气中下落时速度变化的直观差异 。学生需掌握速度的基本概念和计算公式，理解匀速直线运动与变速直线运动的区别，具备分析简单运动情境的能力，为高中深入学习自由落体运动的规律奠定基础。	深入理解自由落体运动的本质，即初速度为零、加速度恒定（重力加速度 g 的匀加速直线运动。熟练掌握自由落体运动的速度公式 v = gt、位移公式 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 及速度 - 位移公式 $v^2=2gh$，能够运用这些公式进行定量计算，并结合匀变速直线运动的规律分析实际问题 。同时，需理解自由落体运动实验的原理和方法，通过实验测量重力加速度，培养科学探究能力和严谨的科学态度。
衔接指引	
初中阶段考查形式:选择题、填空题和简单简答题呈现。 高中阶段考查形式:选择题、填空题、计算题和实验题。	

知识衔接

知新高中知识

一、自由落体运动

1、定义:物体只在__重力__作用下从__静止__开始竖直下落的运动叫做__自由落体运动__。

2、运动性质:自由落体运动是__初速度为零__的匀加速直线运动。

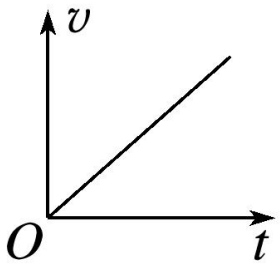
3、物体做自由落体运动的条件

（1）__只受重力__而不受其他任何力。

（2）从__静止__开始下落。

4、物体的下落可看作自由落体运动的条件:空气__阻力的作用比较小__，可以忽略。

5、运动图像:自由落体运动的 v－t 图像(如图)是一条过原点的倾斜直线，斜率 k＝g.



6、分析自由落体运动的两点注意

（1）物体在真空中下落的运动不一定是自由落体运动，因为__初速度__不一定为零。

（2）物体在其他星球上也可以做自由落体运动，但同一物体在不同的星球上所受重力一般不同，所以物体下落时的__加速度__一般不同。

二、自由落体加速度

1、定义:在同一地点，一切物体自由下落的加速度都相同，这个加速度叫作自由__落体加速度__，也叫作__重力加速度__，通常用 g 表示。

2、方向:__竖直向下__。

3、大小

（1）在同一地点，重力加速度都相同。

（2）在地球表面，g 值随__纬度__的增大而逐渐增大，随__高度__的增大而逐渐减小。

（3）一般取值:g＝9.8 m/s^{2}或粗略计算时取 g＝10 m/s^2。

三、伽利略对自由落体运动的研究

1．问题发现

亚里士多德观点:重物下落得__快__，轻物下落得__慢__。

矛盾:把重物和轻物捆在一起下落，会得出两种矛盾的结论。

伽利略观点:重物与轻物下落得__一样快__。

2．猜想与假说

伽利略猜想落体运动应该是一种最简单的__变速__运动，并指出这种运动的速度应该是__均匀__变化的假说.

3．理想斜面实验

（1）如果速度随时间的变化是均匀的，初速度为零的匀变速直线运动的位移 x 与运动所用的时间 t 的平方成__正比__，即 $x\propto t^2$。

（2）让小球从斜面上的不同位置由静止滚下，测出小球从不同起点滚动的位移 x 和所用的时间 t。

（3）斜面倾角一定时，判断 $x\propto t^2$ 是否成立。

（4）改变小球的质量，判断 $x\propto t^2$ 是否成立。

（5）将斜面倾角外推到 $\theta=90°$ 情况——小球自由下落，认为小球仍会做__匀加速__运动，从而得到了自由落体运动的规律。

4．伽利略研究自然规律的科学方法:把实验和逻辑推理(包括数学推演)和谐地结合起来．他给出了科

学研究过程的基本要素:对现象的一般观察→提出假设→运用逻辑得出推论→通过实验对推论进行检验→对假设进行修正和推广.

四、自由落体运动的实验探究

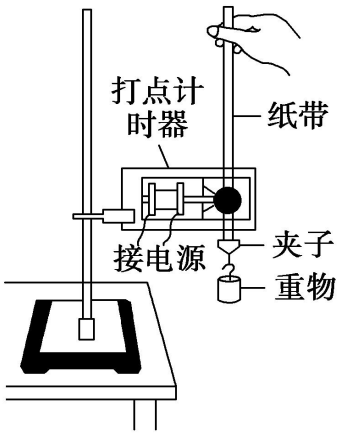
1、实验目的:测定自由落体物体的加速度大小。

2、实验器材:打点计时器、纸带、复写纸、带铁夹的铁架台、几个质量不同的重物、夹子、交流电源、毫米刻度尺。

3、实验原理:纸带在重物带动下自由下落，打点计时器在纸带上打下一系列的点。

4、实验步骤

（1）按如图所示将打点计时器竖直固定在铁架台上，连接好电路。



（2）使纸带穿过两个限位孔，下端用夹子夹住连到重物上，让重物靠近打点计时器。

（3）用手捏住纸带上端把纸带拉成竖直状态，启动计时器，放开纸带让重物自由下落，重物落地后立刻关闭电源，打点计时器就在纸带上打下一系列的点。

（4）改变重物的质量，重复几次上面的实验，选取一条点迹清晰的纸带进行处理。

5、实验数据处理

（1）用刻度尺测量打点计时器在纸带上打出的点之间的距离。

（2）用 $v_n=\frac{x_n+x_{n+1}}{2T}$ 求出各点的速度，作 $v-t$ 图像，图像应为一条过原点的倾斜直线。

（3）根据 $v-t$ 图像的斜率求加速度或根据 $\Delta x=aT^2$ 计算加速度。

6、实验结论:自由落体运动是初速度为零、加速度恒定(约为 9.8 m/s^2，与物体的质量无关)的匀加速直线运动。

五、自由落体运动的规律

1．自由落体运动的性质:自由落体运动是初速度为 0 的 匀加速直线 运动.

2．匀变速直线运动的基本公式及其推论都 适用于 自由落体运动.

3．自由落体运动的速度、位移与时间的关系式：$v=$ gt ，$x=\frac{1}{2}gt^2$.

4．以下几个比例式对自由落体运动也成立

①物体在 1T 末、2T 末、3T 末……nT 末的速度之比为

$v_1:v_2:v_3:\cdots\cdots:v_n=1:2:3:\cdots\cdots:n$

②物体在 1T 内、2T 内、3T 内……nT 内的位移之比为

$h_1:h_2:h_3:\cdots\cdots:h_n=1:4:9:\cdots\cdots:n^2$

③物体在第 1T 内、第 2T 内、第 3T 内……第 nT 内的位移之比为

$H_1:H_2:H_3:\cdots\cdots:H_n=1:3:5\cdots\cdots(2n-1)$

④通过相邻的相等的位移所用时间之比为

$t_1:t_2:t_3:\cdots\cdots:t_n=1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):\cdots\cdots:(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$

六、竖直上抛运动

1.运动特点：加速度为 g，上升阶段做 匀减速直线 运动，下降阶段做 自由落体 运动。

(2)基本规律

①速度公式：$v=v_0-gt$；

②位移公式：$h=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$；

③速度位移关系式：$v^2-v_0^2=-2gh$。

典例精析

例 1、关于自由落体运动的说法，正确的是（　　）

A．物体沿竖直方向的运动就是自由落体运动

B．物体初速度为零加速度是 g 的运动就一定是自由落体运动

C．物体只在重力作用下从静止开始下落的运动是自由落体运动

D．只要是从静止开始下落的运动就是自由落体运动。

【答案】C

【解析】物体的运动能否看作自由落体应注意两点：一是由静止开始竖直下落；二是物体只受重力。故选 C。

例 2、校园里的银杏树上有两颗银杏果先后落下，假设两颗银杏果均由静止从同一高度下落，忽略银杏果所受阻力，下列说法正确的是（　）

A．银杏果和银杏叶的下落均可近似为自由落体运动　　B．下落过程中两银杏果的间距越来越大

C．先下落的银杏果相对后下落的银杏果做匀加速运动　　D．先下落的银杏果落地速度较大

【答案】B

【解析】A．忽略银杏果所受阻力，银杏果的下落均为自由落体运动；银杏叶所受阻力较大，不能忽略不计，银杏叶的下落不可近似为自由落体运动，故 A 错误；

BC．由于先后下落的银杏果的加速度均为重力加速度，所以先下落的银杏果相对后下落的银杏果做匀速运动，则先后下落的银杏果的相对距离为 $\Delta x = v_{相}\Delta t$

可知下落过程中两银杏果的间距越来越大，故 B 正确，故 C 错误；

D．根据 $v^2 = 2gh$

由于下落高度相同，所以先后下落的银杏果落地速度一样大，故 D 错误。

故选 B。

方法点拨

自由落体运动的理解

1. 本质条件

（1）仅受重力（忽略空气阻力），初速度为零（\(v_0=0\)）。

（2）运动性质：初速度为零的匀加速直线运动，加速度　\(a=g\)（重力加速度，方向竖直向下）。

2. 判断是否为自由落体运动

（1）条件验证：

是否忽略空气阻力？

初速度是否为零？

（2）典型场景：

物体由静止开始下落（如释放小球）；

题目明确说明　“不计空气阻力”。

例 3、让一石块从高处自由落下，测出下列哪个物理量不能算出落点的高度（不计空气阻力，g 值已知）（　　）

A．石块下落到地面的总时间　　B．石块开始落下第 1s 内的位移

C．石块落地前瞬间的瞬时速度　　D．石块通过最后 1m 位移的时间

【答案】B

【解析】A．根据 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 可知，若测出石块下落到地面的总时间，则可以算出落点的高度，故 A 错误；

B．根据 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 可知，石块开始落下第 1s 内的位移为定值，与落点的高度无关，故 B 正确；

C．根据 $v^2=2gh$ 可知，若测出石块落地前瞬间的瞬时速度，则可以算出落点的高度，故 C 错误；

D．若测出石块通过最后 1m 位移的时间，则 $\Delta h=\frac{1}{2}gt^2-\frac{1}{2}g(t-t')^2$，式中Δh=1m，t′ 已知，所以可以求出石块下落的时间，从而可以算出落点的高度，故 D 错误。

故选 B。

例 4、一物体自由下落，落地时速度是 30m/s，可近似看作是自由落体运动，g 取 10m/s2，问：

(1)物体落地所用总时间；

(2)物体落地前最后 1s 内的位移大小。

【答案】(1)3s　(2)25m

【解析】（1）根据 $v=gt$

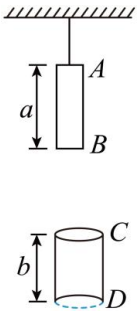
可得物体落地所用总时间为 $t=\frac{v}{g}=\frac{30}{10}\text{s}=3\text{s}$

（2）物体下落的总高度为 $h=\frac{1}{2}gt^2=\frac{1}{2}\times10\times3^2\text{m}=45\text{m}$

物体前 2s 下落的高度为 $h'=\frac{1}{2}gt'^2=\frac{1}{2}\times10\times2^2\text{m}=20\text{m}$

则物体落地前最后 1s 内的位移大小为 $\Delta h=h-h'=45\text{m}-20\text{m}=25\text{m}$

例 5、如图所示，悬挂的直杆 AB 长为 a，在 B 以下 h 处，有一长为 b 的无底圆筒 CD，若将悬线剪断，直杆 AB 将穿过圆筒 CD。（g 取 10m/s^2，不计空气阻力）



(1)求直杆下端 B 穿过圆筒的时间。

(2)求整个直杆 AB 穿过圆筒的时间。

【答案】(1) $\sqrt{\frac{2(h+b)}{g}}-\sqrt{\frac{2h}{g}}$ (2) $\sqrt{\frac{2(a+h+b)}{g}}-\sqrt{\frac{2h}{g}}$

【解析】（1）直杆下端 B 到达圆筒上端时，有 $h=\frac{1}{2}gt_1^2$

直杆下端 B 到达圆筒下端时，有 $h+b=\frac{1}{2}gt_2^2$

则直杆下端 B 穿过圆筒的时间为 $\Delta t=t_2-t_1=\sqrt{\frac{2(h+b)}{g}}-\sqrt{\frac{2h}{g}}$

（2）直杆上端 B 到达圆筒下端时，有 $a+h+b=\frac{1}{2}gt_3^2$

则整个直杆 AB 穿过圆筒的时间为 $\Delta t'=t_3-t_1=\sqrt{\frac{2(a+h+b)}{g}}-\sqrt{\frac{2h}{g}}$

方法点拨

自由落体运动运动三个基本公式的应用

1. 公式核心与适用条件

（1）三个基本公式（初速度 $v_0=0$，加速度 a=g）：

①速度公式：$v=gt$

描述速度随时间的线性变化，v 与 t 成正比。

②位移公式：$h=\frac{1}{2}gt^2$

位移与时间平方成正比，反映匀加速直线运动的位移特性。

③速度-位移公式：$v^2=2gh$

消去时间 t，直接关联速度与位移，适用于未知时间的问题。

（2）适用前提：

仅受重力（忽略空气阻力），初速度为零。

2. 公式选择策略

已知量	待求量	优先公式	示例场景
t	v/h	$v = gt$ / $h=\frac{1}{2}gt^2$	已知下落时间，求末速度或位移
h	t/v	$h=\frac{1}{2}gt^2$ / $v^2=2gh$	已知下落高度，求时间或末速度
v	t/h	$v=gt$ / $v^2=2gh$	已知末速度，求时间或下落高度
多段运动	分段临界点速度	联立公式 + 临界点速度相等	先自由下落再碰撞反弹，分析各段运动

例 6、原地竖直弹跳高度是指人竖直向上跳跃至最高点时，保持身体直立，双脚离地的高度。现测得某同学的原地竖直弹跳高度为0.45m。假设该同学离地后到落回地面的过程中身体始终保持直立状态，g取$10\mathrm{m/s^2}$，忽略空气阻力的影响。求：

(1)该同学双脚离开地面到双脚再次接触地面的时间；

(2)该同学下落过程中的平均速度大小。

【答案】(1)0.6s (2)$1.5\mathrm{m/s}$

【解析】（1）下落过程，有$h=\frac{1}{2}gt^2$

解得$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{2\times0.45}{10}}\mathrm{s}=0.3\mathrm{s}$

根据竖直上抛的对称性可知，人从起跳到落地的总时间为$t_{总}=2t$

解得$t_{总}=0.6\mathrm{s}$

（2）下落过程中的平均速度大小为$\bar{v}=\frac{h}{t}$

解得$\bar{v}=1.5\mathrm{m/s}$

例 7、海鸥捕到外壳坚硬的鸟蛤（贝类动物）后，有时会飞到空中将它丢下，利用地面的冲击打碎硬壳。一只海鸥叼着鸟蛤飞行到高处，松开嘴巴让鸟蛤由静止开始自由下落。鸟蛤下落过程中先后经过 A、B、C 三点，经过 B 点时的速度大小 v=10m/s，已知 A、B 两点间和 B、C 两点间的高度差均为 $h=4.8\text{m}$，取重力加速度大小 g=10m/s²，不计空气阻力。求：

(1)鸟蛤经过 A 点时的速度大小 v_1；

(2)鸟蛤从 B 点运动到 C 点的时间 t_2；

(3)鸟蛤从 A 点运动到 C 点的平均速度大小 $\bar{v}$。

【答案】(1)2m/s　(2)0.4s　(3)8m/s

【解析】（1）从 A 到 B，根据

$$v^2=v_1^2+2gh$$

解得 A 点时的速度大小

$$v_1=2\text{m/s}$$

（2）从 B 到 C，根据

$$h=vt_2+\frac{1}{2}gt_2^2$$

解得

t2=0.4s

（3）从 A 到 B 的时间

$$t_1=\frac{v-v_1}{g}=\frac{10-2}{10}\text{s}=0.8\text{s}$$

从 A 点运动到 C 点的平均速度大小

$$\bar{v}=\frac{2h}{t_1+t_2}=\frac{4.8\times 2}{0.8+0.4}\text{m/s}=8\text{m/s}$$

方法点拨

自由落体平均速度

1. 核心公式与物理意义

平均速度定义：$\bar{v}=\dfrac{\text{总位移}}{\text{总时间}}=\dfrac{h}{t}$

自由落体专属推论：因初速度 $v_0=0$，末速度 $v=gt$，故：$\bar{v}=\dfrac{v_0+v}{2}=\dfrac{1}{2}gt$（仅适用于匀变速直线运动）

物理意义：自由落体的平均速度等于初、末速度的算术平均值，也等于中间时刻的瞬时速度。

2. 公式选择策略

已知量	待求量	优先公式	示例场景
h，t	$\bar{v}$	$\bar{v}=\frac{h}{t}$	已知下落高度和时间，直接求平均速度
v（末速度）	$\bar{v}$	$\bar{v}=\frac{v}{2}$	已知落地速度，求全程平均速度
t	$\bar{v}$	$\bar{v}=\frac{1}{2}gt$	已知时间，结合速度公式推导平均速度

例 8、如图所示，跳水运动员进行跳水训练，离开跳台后做自由落体运动，利用频闪照相技术（每隔相同时间拍一次照）连续拍摄了运动员所处的三个位置 A 、 B 、 C ，测量并根据比例尺换算出相邻两位置间的距离分别是 $\Delta h_1=0.8\text{m}$ 和 $\Delta h_2=1.2\text{m}$ ，重力加速度 g 取 $10\text{m}/\text{s}^2$ 。将运动员视为质点，不计空气阻力，下列说法正确的是（　　）

A．频闪照相的周期为 0.02s　　B．运动员在 A 位置的速度大小为 $3\text{m}/\text{s}$

C．运动员在 B 位置的速度大小为 $4\text{m}/\text{s}$　　D．运动员在 C 位置的速度大小为 $5\text{m}/\text{s}$

【答案】B

【解析】A．由逐差法可知

$$\Delta h=\Delta h_2-\Delta h_1=gT^2$$

则频闪照相的时间间隔为

$$T=\sqrt{\frac{\Delta h_2-\Delta h}{g}}=\sqrt{\frac{1.2-0.8}{10}}\text{s}=\ 0.2\text{s}$$

故 A 错误；

C．运动员在 B 位置时的速度大小为

$$v_B=\frac{\Delta h_1+\Delta h_2}{2T}=\frac{0.8+1.2}{2\times 0.2}\text{m/s}=\ 5\text{m/s}$$

故 C 错误；

B．由自由落体运动公式

$$v_B=v_A+gT$$

解得运动员在 A 位置时的速度大小为

$$v_A=3\text{m/s}$$

故 B 正确；

D．由自由落体运动公式

$$v_C=v_B+gT$$

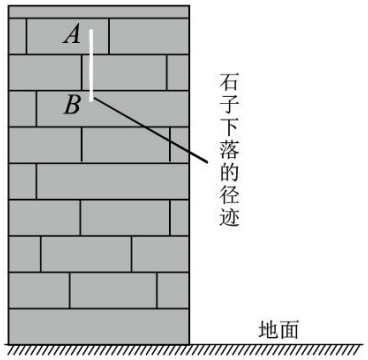
解得运动员在 C 位置时的速度大小为

$$v_C=7\text{m/s}$$

故 D 错误。

故选 B。

例 9、用照相机拍摄从某砖墙前的高处自由落下的石子，拍摄到石子在空中的照片如图所示。由于石子的运动，它在照片上留下了一条模糊的径迹 AB 。已知石子从地面以上 2.5 m 的高度下落，每块砖的平均厚度为 6 cm，则（　　）



A．图中径迹长度约为 0.06 m

B．A 点离释放点的高度约为 0.5 m

C．曝光时石子的速度约为$6.3\,\mathrm{m/s}$　　D．照相机的曝光时间约为$0.01\,\mathrm{s}$

【答案】C

【解析】A．由题图可看出径迹长度约为$\Delta x = 2d = 0.12\mathrm{m}$

故 A 错误；

B．A 点离释放点的高度约 $h = 2.5\mathrm{m} - 0.06 \times 8.6\mathrm{m} = 1.984\mathrm{m}$

故 B 错误；

C．曝光时石子的速度约为 $v^2 = 2gh$

解得 $v \approx 6.3\,\mathrm{m/s}$

故 C 正确；

D．由于 AB 距离较小，故可以近似将 AB 段做匀速直线运动，故时间为 $t = \dfrac{0.12}{6.3}\mathrm{s} = 0.019\mathrm{s}$

故 D 错误。

故选 C。

例 10、（多选）对于自由落体运动（$g = 10\mathrm{m/s^2}$），下列说法正确的是（　　）

A．在前 1 s 内、前 2 s 内、前 3 s 内的位移大小之比是 1∶4∶9

B．在相邻两个 1 s 内的位移之差都是 10 m

C．在第 1 s 内、第 2 s 内、第 3 s 内的平均速度大小之比是 1∶2∶3

D．在 1 s 末、2 s 末、3 s 末的速度大小之比是 1∶3∶5

【答案】AB

【解析】A．根据自由落体运动位移与时间的关系可知

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

设前 1 s 内、前 2 s 内、前 3 s 内的位移分别是 h_1、h_2、h_3，将 $t_1 = 1\mathrm{s}$、$t_2 = 2\mathrm{s}$、$t_3 = 3\mathrm{s}$ 分别带入公式可得

$$h_1 : h_2 : h_3 = 1 : 4 : 9$$

故 A 正确；

B．根据匀变速直线运动连续相等的时间间隔内的位移差相等的特性可知

$$\Delta x = gT^2$$

带入相关数据可得

$$\Delta x = 10\mathrm{m}$$

故 B 正确；

C．根据匀变速直线运动平均速度的公式可知

$$\bar{v}=\frac{x}{t}$$

由于每段的时间相等，所以平均速度之比即为该段的位移之比。根据 A 选项分析可知

$$h_1:h_2:h_3=1:4:9$$

设第 1 s 内、第 2 s 内、第 3 s 内的平均速度分别为$\overline{v_1}$、$\overline{v_2}$、$\overline{v_3}$，位移分别为h_{01}、h_{12}、h_{23}，则

$$\overline{v_1}:\overline{v_2}:\overline{v_3}=h_{01}:h_{12}:h_{23}=1:(4-1):(9-4)=1:3:5$$

故 C 错误；

D．根据自由落体运动速度与时间的关系可知

$$v=gt$$

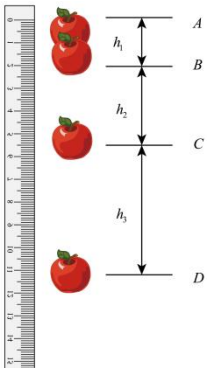
设 1 s 末、2 s 末、3 s 末的速度分别是v_1、v_2、v_3，将$t_1=1\text{s}$、$t_2=2\text{s}$、$t_3=3\text{s}$ 分别带入公式可得

$$v_1:v_2:v_3=1:2:3$$

故 D 错误。

故选 AB。

例 11、如图所示，利用一颗苹果下落的频闪照片来研究自由落体运动。设频闪光源的频率为f，竖直下落距离h_1、h_2和h_3均已知。



(1)若图中A点的速度恰好为零，则$h_1:h_3=$_____，苹果下落加速度的表达式为$a=$_____。（用h_1、h_3和f表示）

(2)苹果通过C点的瞬时速度的表达式为$v_c=$_____（用h_2、h_3和f表示）

【答案】(1) 1：5/$\frac{1}{5}$　$\frac{1}{2}(h_3-h_1)f^2$　(2) $\frac{1}{2}(h_2+h_3)f$

【解析】（1）[1]若图中 A 点的速度恰好为零，根据

$$h=\frac{1}{2}at^2$$

可得

$$h_1:(h_1+h_2):(h_1+h_2+h_3)=1:4:9$$

则有

$$h_1:h_2:h_3=1:3:5$$

所以

$$h_1:h_3=1:5$$

[2]根据匀变速直线推论可得

$$h_3-h_1=2aT^2=2a\frac{1}{f^2}$$

可得苹果下落加速度的表达式为

$$a=\frac{1}{2}(h_3-h_1)f^2$$

（2）根据匀变速直线运动中间时刻速度等于该段过程的平均速度，则苹果通过 C 点的瞬时速度的表达式为

$$v_c=\frac{h_2+h_3}{2T}=\frac{1}{2}(h_2+h_3)f$$

方法点拨

1. 推论

（1）比例推论（时间等分 t_0）

时间分段	速度比 （$v_1:v_2:v_3:\cdots:v_n$）	总位移比 （$h_1:h_2:h_3:\cdots:h_n$）	相邻相等时间位移比 （$\triangle h_1:\triangle h_2:\triangle h_3:\cdots:\triangle h_n$）
第 $1t_0$、$2t_0$、$3t_0\cdots$	$1:2:3:\cdots:n$	$1^2:2^2:3^2:\cdots:n^2$	$1:3:5:\cdots:(2n-1)$

（2）位移差公式（连续相等时间间隔　T）

$\triangle h=h_{n+1}-h_n=gT^2$

用途：已知频闪照片中相邻位移差，求重力加速度 g 或时间间隔 T。

2. 频闪照片问题解法

（1）核心思路

频闪照片中相邻两点时间间隔相等（设为 T），可通过位移差或比例关系求解。

常结合逐差法减小误差（尤其适用于多组数据）。

（2）典型题型与解法

①已知相邻位移，求 g 或 T

方法：若为两段位移 h_1，h_2，则$\triangle h=h_2-h_1=gT^2$，得 $g=\dfrac{h_2-h_1}{T^2}$（或求 T）。

若为多段位移（如 h_1，h_2，h_3，h_4），用逐差法：$g=\dfrac{(h_3+h_4)-(h_2+h_1)}{4T^2}$

②求某点瞬时速度

方法：利用 “中间时刻速度等于平均速度”，即 $v_n=\dfrac{h_n+h_{n+1}}{2T}$

（3）判断是否为自由落体运动

方法：验证相邻位移差是否恒定$\triangle h=gT^2$。

例 12、2024 年 10 月 1 日是中华人民共和国成立 75 周年国庆节，每逢重大节日人们都喜欢燃放烟花庆祝。我国宋代就已经出现冲天炮这种烟花（如图），也叫“起火”。若冲天炮从地面由静止发射，竖直向上做加速度大小为5m/s^2的匀加速直线运动，第 4s 末掉出一可视为质点的碎片，不计碎片受到的空气阻力，g 取10m/s^2。则（　　）

A．碎片的最大速度为 40m/s　　B．碎片掉出前离地面高度为 80m

C．碎片离地面的最大高度为 80m　　D．碎片从掉出到落回地面用时$\left(2+2\sqrt{3}\right)$s

【答案】D

【解析】碎片脱离火箭时速度$v=at_1=5\times4\text{m/s}=20\text{m/s}$，碎片掉出前离地面高度$h=\dfrac{1}{2}at_1^2=40\text{m}$，碎片离地面的最大距离为$H=\dfrac{1}{2}at_1^2+\dfrac{v^2}{2g}=60\text{m}$，故 B、C 错误；由题意得碎片着地时速度最大

$v_{max}=\sqrt{2gH}=20\sqrt{3}\text{m/s}$，故 A 错误；取向上为正方向，根据 $-h=vt-\frac{1}{2}gt^2$，解得碎片从掉出到落回地面用时 $t=\left(2+2\sqrt{3}\right)s$，故 D 正确。

例 13、无人机下挂一重物，由静止开始自地面匀加速上升，当到达离地面高度 $h=40\text{ m}$ 处时，其速度为 $v_0=10\text{ m/s}$，此时悬挂重物的绳子突然断裂，空气阻力不计，g 取 10 m/s^2。求：

(1)重物自离开地面到再次落到地面的时间；

(2)重物落地时的速度。

【答案】(1) 12 s　(2) 30 m/s，方向竖直向下

【解析】（1）设向上为正方向，无人机由静止开始自地面匀加速上升过程有 $h=\frac{v_0}{2}t_1$

解得 $t_1=8\text{ s}$

悬挂重物的绳子突然断裂后，根据位移公式有 $-h=v_0t_2-\frac{1}{2}gt_2^2$

解得 $t_2=4\text{ s}$（另一值舍掉）

则重物自离开地面到再次落到地面经历时间 $t=t_1+t_2=12\text{ s}$

（2）悬挂重物的绳子突然断裂后，结合上述，根据速度公式有 $v=v_0-gt_2$

解得 $v=-30\text{ m/s}$

所以中午落地后速度大小为 30 m/s，方向竖直向下。

方法点拨

竖直上抛运动

1. 运动性质与核心规律

（1）运动特点

①初速度：$v_0\neq0$（竖直向上），加速度 a＝-g（取向上为正方向）。

②分段性：

上升阶段：匀减速直线运动（末速度 v＝0）。

下降阶段：自由落体运动（初速度为 0，加速度 g）。

③对称性：

时间对称：上升到最高点时间 $t_{上}=\frac{v_0}{g}$，下降回抛出点时间 $t_{下}=t_{上}$，总时 $t_{总}=\frac{2v_0}{g}$。

速度对称：同一高度处，上升与下降时速度大小相等、方向相反 $v_{上}=-v_{下}$。

（2）统一公式（全程法）

取向上为正方向，全程满足匀变速直线运动公式：

①速度公式：$v=v_0-gt$

②位移公式：$h=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$

③速度位移公式：$v^2-v_0^2=-2gh$

④符号含义：

h＞0：物体在抛出点上方；h＜0：物体在抛出点下方。

v＞0：速度方向向上；v＜0：速度方向向下。

2.解题方法与技巧

（1）分段法

步骤：

上升阶段：视为末速度为 0 的匀减速运动，用公式：$v_0=gt_{上}$，$H=\frac{v_0^2}{2g}v$

下降阶段：视为自由落体运动，从最高点开始，用公式：$v=gt_{下}$，$h=\frac{1}{2}gt_{下}^2$

适用场景：需分别分析上升、下降过程的物理量（如求最高点高度、下降时间等）。

（2）全程法

优势：无需分段，直接用统一公式求解，适合求总位移、总时间或某时刻速度。 注意：

位移 h 的正负表示位置相对于抛出点的方向。

速度 v 的正负表示运动方向（正为向上，负为向下）。

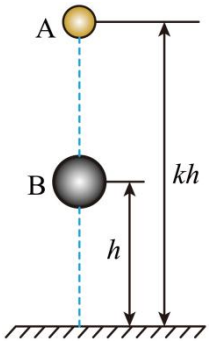
（3）对称性法

应用场景：

求某高度处的速度大小：利用 $v_{上}=-v_{下}$，如上升时经过高度 h 的速度为 v，则下降时经过 h 的速度为－v。

求时间：上升到某高度的时间与从该高度下降回抛出点的时间相等。

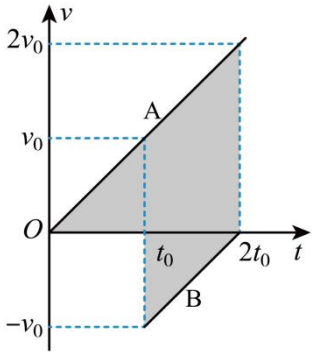
例 14、如图所示，在一种“子母球”表演中，让同一竖直线上的小球 A 和小球 B，从距水平地面 kh（$k>1$）和 h 高度的地方同时由静止释放。忽略空气阻力及碰撞时间，若 B 球与地面碰撞后原速率弹回，要使球 B 在第一次上升过程中与球 A 相碰，则 k 的取值可能为（　　）



A．4　　B．6　　C．9　　D．12

【答案】A

【解析】B 反弹后在上升阶段与球 A 相碰，临界情况是球 B 刚好反弹到出发点时与球 A 相碰，两球的 v－t 图像如图所示，



阴影部分面积之和就是球 A 的下落高度和球 B 的反弹高度之和 kh，由图可知

$$h=\frac{1}{2}gt_0^2$$

则

$$kh=h+\frac{1}{2}g\left(2t_0\right)^2$$

联立解得

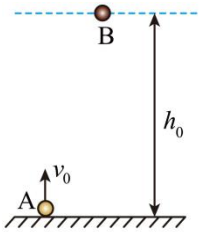
$$k=5$$

故 k 的取值范围

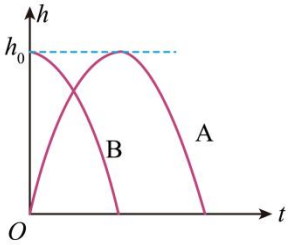
$1<k\leq 5$

故选 A。

例 15、（多选）如图甲，小球 A（视为质点）从地面开始做竖直上抛运动，同时小球 B（视为质点）从距地面高度为 h_0 处由静止释放，两小球距地面的高度 h 与运动时间 t 的关系图像如图乙，重力加速度大小为 g，不计空气阻力，则（　　）



甲



乙

A．A 的初速度与 B 的落地时速度大小相等　　B．A 上升过程的平均速度小于 B 下降过程的平均速度

C．A、B 处于同一高度时距地面 $\frac{3}{4}h_0$　　D．A、B 落地的时间差为 $\sqrt{\frac{h_0}{g}}$

【答案】AC

【解析】AB．由题图可知，B 由静止释放时距地面的高度与 A 上升到最高点时距地面的高度相等，B 由静止释放直到落地与 A 由抛出直到上升到最高点所用时间相等，所以，A 的初速度与 B 落地时的速度大小相等，A 上升过程的平均速度与 B 下降过程的平均速度大小相等，故 A 正确，B 错误；

C．设 A 竖直上抛的初速度为 v0，则当 AB 到达同一高度时有 $\frac{1}{2}gt^2+v_0t-\frac{1}{2}gt^2=h_0$，$v_0^2=2gh_0$

联立解得 $t=\sqrt{\frac{h_0}{2g}}$，$v_0=\sqrt{2gh_0}$

所以 A、B 处于同一高度时距地面 $h=v_0t-\frac{1}{2}gt^2=\frac{3}{4}h_0$

故 C 正确；

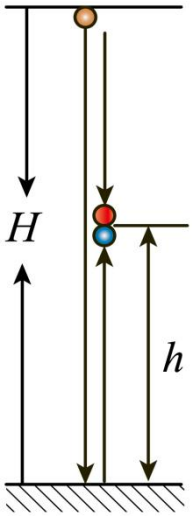
D．B 落地时 A 刚好上升到最高点，所以 AB 落地的时间差就等于 A 从最高点下落到地面所用的时间，满足 $h_0=\frac{1}{2}g\cdot\Delta t^2$

解得 $\Delta t=\sqrt{\frac{2h_0}{g}}$

故 D 错误。

故选 AC。

例 16、如图所示，一同学站在楼上离地面高度 $H=9.8\text{m}$ 的位置由静止释放小球 A，又经过 Δt 的时间再次在相同位置由静止释放另一个小球 B，小球 A 与水平地面碰撞后原速率反弹，并在离地面高度 $h=4.8\text{m}$ 处与球 B 相遇，不计空气阻力，重力加速度 g 取 10m/s^2，求：



(1)球 A 第一次落地时的速度大小；

(2)两球相遇时，球 B 的速度大小；

(3)两球释放的时间间隔 Δt。

【答案】(1)14m/s　(2)10m/s　(3)0.8s

【解析】（1）小球 A 下落过程做自由落体运动，有 $H=\frac{1}{2}gt_1^2$

解得小球 A 的下落时间为 $t_1=1.4\text{s}$

落地速度为 $v_\text{A}=gt_1=14\text{m/s}$

（2）球 B 做自由落体运动有 $H-h=\frac{v_\text{B}^2}{2g}$

解得两球相遇时球 B 的速度大小为 $v_\text{B}=\sqrt{2g(H-h)}=10\text{m/s}$

（3）小球 A 反弹上升过程做匀减速直线运动，由运动学知识有 $h=v_\text{A}t_2-\frac{1}{2}gt_2^2$

解得小球 A 反弹上升的时间为 $t_2=0.4\text{s}$

小球 B 下落过程做自由落体运动，有 $H-h=\frac{1}{2}gt_\text{B}^2$

解得小球 B 下落时间为 $t_\text{B}=1\text{s}$

则两球释放的时间差为 $\Delta t=t_1+t_2-t_\text{B}=0.8\text{s}$

方法点拨

竖直上抛与自由落体相遇问题

1.核心思路

（1）运动分析

竖直上抛物体：初速度 $v_0 \neq 0$（向上），加速度 $a=-g$，位移公式 $h_1=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$。

自由落体物体：初速度 $v_0=0$（向下），加速度 $a=g$，位移公式 $h_1=\frac{1}{2}gt^2$（从起点向下为正）。

（2）相遇条件

两物体在同一时刻到达同一位置，即位移满足几何关系（需结合初始位置分析）。

2.常见模型与解法

模型 1：竖直上抛与自由落体从 同一位置先后释放

场景：物体 A 先上抛，物体 B 后从同一位置自由下落，求相遇时间。 设定：

A 的初速度 v_0，抛出时刻 $t=0$；

B 在 $t=t_0$ 时刻开始自由下落。 位移方程：

A 的位移：$h_A=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$；

B 的位移：$h_B=\frac{1}{2}g(t-t_0)^2\backslash)$（$t \geqslant t_0$）。 相遇条件：$h_A=h_B$（相遇时位置相同），联立求解 t。

模型 2：竖直上抛与自由落体从 不同高度同时释放

场景：A 从地面上抛（初速度 v_0），B 从高处 H 自由下落，同时释放，求相遇时间。 位移方程：

A 的位移（向上为正）：$h_A=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$；

B 的位移（向下为正）：$h_B=H-\frac{1}{2}gt^2$（初始高度 H，下落位移 $\frac{1}{2}gt^2$。

相遇条件：$h_A=H-h_B$（A 上升高度等于 B 下落高度差），即：$v_0t-\frac{1}{2}gt^2=H-\frac{1}{2}gt^2 \Longrightarrow t=\frac{H}{v_0}$

结论：相遇时间与 g 无关，仅由 H 和 v_0 决定（适用于无空气阻力）。

模型 3：竖直上抛物体与自由下落物体　空中相向运动

场景：A 从地面上抛（v_0），B 从高处 H 同时自由下落，求相遇时速度关系。

关键：利用速度公式 $v_A=v_0-gt$，$v_B=-gt$（B 速度向下为负），结合位移关系求解。

3.解题步骤

（1）确定参考系与正方向：

通常取竖直向上为正方向，自由落体位移用负值或绝对值表示。

（2）列出位移方程：

竖直上抛：$h_1=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$；

自由落体：$h_2=h_0-\frac{1}{2}gt^2$ 为初始高度，向下为正）。

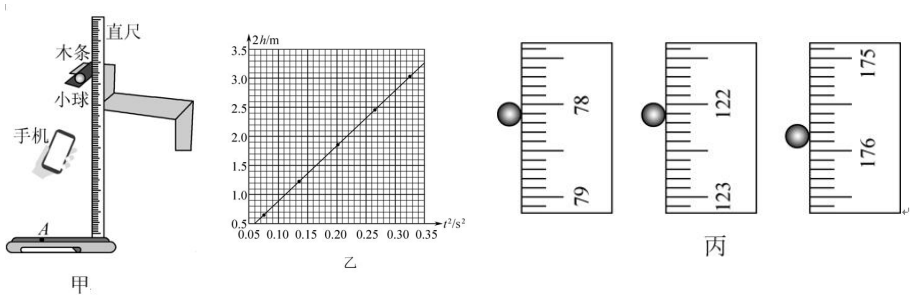
（3）联立方程求解：

相遇时 $h_1=h_2$（或根据位置关系列等式，如 $h_1+h2=H$）。

（4）验证解的合理性：

时间 $t>0$，且需满足物体未落地（如自由落体需 $t<\sqrt{\frac{2H}{g}}$。

例 17、小明利用手机测量当地的重力加速度，实验场景如图甲所示。他将一根木条平放在楼梯台阶边缘，小球放置在木条上，打开手机的“声学秒表”软件，用钢尺水平击打木条使其转开后，小球下落撞击地面，手机接收到钢尺的击打声开始计时，接收到小球落地的撞击声停止计时。记录下击打声与撞击声的时间间隔 t，多次测量不同台阶距离地面的高度 h 及对应的时间间隔 t。



(1)现有以下材质的小球，实验中应当选用_____。

A．钢球　　B．乒乓球　　C．橡胶球

(2)作出 $2ht^2$ 图线，如图乙所示，则可得到重力加速度 $g=$____m/s^2。

(3)在图甲中，将手机放在木条与地面间的中点附近进行测量，若将手机放在地面上的 A 点，设声速为 v，考虑击打声的传播时间，则小球下落时间可表示为 $t'=$____（用 h、t 和 v 表示）。

(4)有同学认为，小明在实验中未考虑木条厚度，用图像法计算的重力加速度 g 必然有偏差。请判断该观点是否正确，简要说明理由_____。

(5)小明同学也可以利用手机的连拍功能求重力加速度。将小球顶部与刻度尺 0 刻度线对齐，由静止释放，用手机连拍其下落过程：手机每隔 0.1 s 拍摄一张照片，选取连续拍摄的 3 张照片如图丙所示，读出三张照片中小球顶部对应的刻度分别为 78.00 cm、122.00 cm、175.70 cm，计算得到当地的重力加速度 g＝___m/s^2。

【答案】(1)A　(2)9.55　(3)$t+\frac{h}{v}$　(4)不正确，理由见解析　(5)9.70

【解析】（1） 为了减小空气阻力等因素影响，应该选用材质密度较大的钢球。故选 A。

（2） 根据 h＝$\frac{1}{2}$gt2，整理得 2h＝gt2，故在 2ht2 图像中斜率表示重力加速度，则根据图线有 g＝$\frac{3.27-0.50}{0.35-0.06}$m/s2≈9.55 m/s2。

（3） 下落过程中声音传播的时间 t1＝$\frac{h}{v}$，则小球下落的时间 t′ ＝t＋t1＝t＋$\frac{h}{v}$。

（4） 设木条厚度为 H，台阶距离地面高度 h1 时的时间为 t1，距离地面高度 h2 时的时间为 t2。根据前面的分析，有 g＝**错误!**＝**错误!**，可知与 H 无关。

（5） 根据公式 Δx＝gt2 可得 g＝$\frac{\Delta x}{t^2}$＝$\frac{[（175.70-122.00）-（122.00-78.00）]\times10^{-2}\ \mathrm{m}}{（0.1\ \mathrm{s}）^2}$＝9.70 m/s2。

例 18、某实验小组利用图示装置测量物体自由下落的加速度。

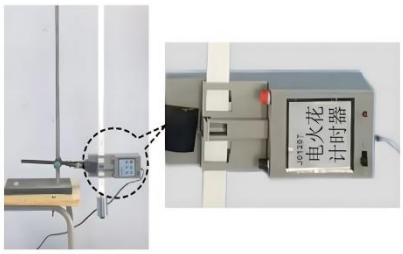


图1

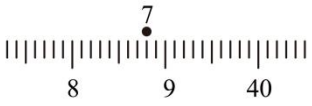


图2

(1)图 1 中的打点计时器使用的电源为（　　）

A．交流 8V　　B．直流 8V　　C．交流 220V　　D．直流 220V

(2)实验中打出多条纸带，选择其中点迹比较清晰的一条纸带进行数据采集和处理：从第一个点开始每隔 1 个点作为 1 个计数点，用刻度尺测量各计数点的位置，并记录在下表中，其中计数点 7 的位置刻度如图 2 所示，则其读数为____cm；对表中数据利用 Excel 软件进行处理，得到 x-t 的图像公式为：x=481.3t^2+1.00（cm），则根据公式可知物体下落的加速度为_____m/s^2（结果保留三位有效数字）

计数点	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

t/s	0	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.40
x/cm	1.00	1.80	4.10	7.92	13.30	20.20	28.73		50.30	63.35	78.00

(3)上表中，利用计数点 4~5 之间和 5~6 之间的位移之差求得加速度的值为____m/s^2；该结果与当地重力加速度（g=9.79m/s^2）存在一定偏差，其原因可能是(　　)

A．重锤的质量过大

B．纸带与限位孔之间的摩擦较大

C．电火花计时器的放电火花有漂移

【答案】(1)C　(2)38.80　9.63/9.62　(3) 10.19　C

【解析】（1）图 1 中的打点计时器为电火花计时器，使用的电源为 220V 交流电源，故选 C；

（2）[1][2]因第 6 个点的读数为 28.73cm，则第 7 个点的读数为 38.80cm；

根据 x=481.3t2+1.00（cm）可得 $\frac{1}{2}g=481.3\text{cm/s}^2$

解得 $g=9.63\text{m/s}^2$

（3）[1]每隔 1 个点作为 1 个计数点，可知相邻两计时点间的时间间隔 t=0.04s；

利用计数点 4~5 之间和 5~6 之间的位移之差求得加速度的值为

$$a=\frac{(x_6-x_5)-(x_5-x_4)}{t^2}=\frac{(28.73-2\times20.20+13.30)\times10^{-2}}{0.04^2}\text{m/s}^2\approx10.19\text{m/s}^2$$

[2]该结果大于当地重力加速度（g=9.79m/s2），其原因

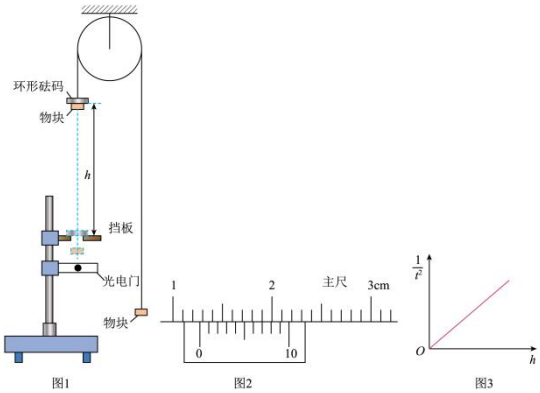
A.重锤的质量过大，也会由于阻力影响，造成 g 的测量结果偏小，选项 A 错误；

B.纸带与限位孔之间的摩擦较大，则会使得加速度测量值偏小，选项 B 错误；

C.电火花计时器的放电火花有漂移使得位移测量值偏大，造成 g 测量值偏大，选项 C 正确。

故选 C。

例 19、某研究性小组用如图 1 所示装置来测定当地的重力加速度，一条轻绳跨过轻质定滑轮，绳的两端连接质量都为 M 的物块，在左侧的物块上叠加一个质量为 m 的环形砝码，左侧物块上端距离挡板的高度为 h，物块穿过挡板时环形砝码将架在挡板上。挡板下方安装一个光电门，可测出物块通过光电门的时间 t。



(1)用游标卡尺测左侧物块的厚度 d 时，刻度如图 2 所示，其读数为___mm。

(2)物块穿过光电门的速度为___（用题中物理量的字母表示）。

(3)下列有关本实验的说法正确的是（　　）

A．物块和环形砝码的截面积越小，实验结果越精确

B．为了让物块经过光电门的速度更快，可以在释放右侧物块时给它一个竖直向上的初速度

C．实验中所加环形砝码的质量应远小于物块质量

D．挡板的弹性越好，能量损失越小，实验结果越精确

(4)逐次改变左边物块下落的高度 h，并测出对应高度下物块通过光电门的时间 t，描绘出 $\frac{1}{t^2}-h$ 图像，如图 3 所示，图像斜率为 k。则重力加速度 g 的表达式为___（用题中物理量的字母表示）。

(5)某同学在实验中，考虑物块运动到挡板下方后受恒定阻力的影响。当光电门放置位置与挡板的距离较大的情况下，他运用上述方法测得的重力加速度与准确值相比___（选填“偏大”、“偏小”或“相等”），请简要说明理由。

【答案】(1)12.7　(2)$\frac{d}{t}$　(3)A　(4)$\frac{(2M+m)kd^2}{2m}$　(5)相等　见解析

【解析】（1）图 2 可知游标卡尺为 10 分度，即精度为 0.1mm，故物块的厚度

$$d=12\text{mm}+0.1\text{mm}\times 7=12.7\text{mm}$$

（2）物体通过光电门的平均速度可近似为瞬时速度，题意知物块通过光电门的时间 t，则物块速度

$$v=\frac{d}{t}$$

（3）A．物块和环形砝码的截面积越小，空气阻力越小，实验误差越小，故 A 正确；

B．分析可知系统的合力就是环形砝码的重力，要物块经过光电门的速度更快，可增加环形砝码的重力，不需要给右侧物块一个竖直向上的初速度，故 B 错误；

C．由于系统的合力就是环形砝码的重力，故实验中所加环形砝码的质量不需要应远小于物块质量，故 C 错误；

D．弹性挡板作用为阻止环形砝码下落，与弹性挡板弹性好坏无关，即对实验结果无影响，故 D 错误。

故选 A。

（4）把两物块和环形砝码作为一个系统，设系统加速度大小为 a，则由牛顿第二定律得

$$mg=(2m+M)a$$

解得

$$a=\frac{mg}{2m+M}$$

物块经过物块速度

$$v=\frac{d}{t}$$

速度位移公式有

$$v^2=2ah$$

联立以上得

$$\frac{1}{t^2}=\frac{2mg}{d^2(2m+M)}h$$

故 $\frac{1}{t^2}-h$ 图像斜率为

$$k=\frac{2mg}{d^2(2m+M)}$$

整理得

$$g=\frac{kd^2(2m+M)}{2m}$$

（5）[1][2]考虑阻力后，若物体在挡板下加速度为 a、光电门距离为 x，则测量关系式为

$$\left(\frac{d}{t}\right)^2=\frac{2mg}{2M+m}h-2ax$$

整理得

$$\frac{1}{t^2}=\frac{2mg}{d^2(2m+M)}h-\frac{2ax}{d^2}$$

可知图像斜率不变，故测得的重力加速度与准确值相等。

方法点拨

实验：测自由落体加速度

1. 原理

利用自由落体运动的匀变速直线运动规律，通过测量位移、时间或速度，结合公式求解加速度 g。

2.实验方法

方法 1：打点计时器法

器材：打点计时器、纸带、重锤、铁架台。 步骤：

固定打点计时器，让重锤带动纸带自由下落，记录打点轨迹。

选取清晰纸带，测量连续相等时间间隔（T=0.02s）内的位移差△x。

公式：

由逐差法求加速度：g＝$\frac{\Delta x}{T^2}=\frac{x_{n+x}-x_n}{kT^2}$，如 k=2 时，g＝$\frac{(x_3+x_4)-(x_2+x_1)}{2T^2}$

注意：

纸带需竖直，减小摩擦误差；

舍弃初段密集点，从清晰点开始计数。

方法 2：频闪照相法

器材：频闪相机、自由下落物体（如小球）。

步骤：

（1）设定频闪周期 T，拍摄小球下落过程的照片。

（2）测量相邻照片间的位移 x_1，x_2，x_3，…。

（3）同打点计时器法，用逐差法求 g：$g=\frac{x_{n+2}-x_n}{2T^2}$

优势：直观记录运动轨迹，适用于分析多段位移。

方法 3：光电门法

器材：光电门传感器、数字计时器、铁架台、小球。

步骤：

（1）将光电门固定在铁架台不同高度 h_1，h_2 处。

（2）让小球自由下落，记录通过两光电门的时间△t_1，△t_2，计算瞬时速度：$v_1=\frac{d}{\Delta t_1}$，

$v_2=\frac{d}{\Delta t_2}$，（d 为小球直径}）。

（3）由速度位移公式求 g：$v_2^2-v_1^2=2g（h_2-h_1）\Rightarrow g=\frac{v_2^2-v_1^2}{2(h_2-h_1)}$

优势：误差小，适合精确测量。

方法 4：滴水法（简易实验）

器材：盛水容器、秒表、量筒。

步骤：

（1）让水从容器底部小孔一滴一滴下落，调整滴水频率，使相邻两滴水下落时间间隔相等（如 T=0.5s）。

（2）测量第 1 滴水落地时，第 n 滴水的位置高度 h。

（3）第 1 滴水的总下落时间为((n-1)T，由 $h=\frac{1}{2}g[(n-1)T]^2$ 得：$g=\frac{2h}{[(n-1)T]^2}$

注意：需保证滴水间隔稳定，适合定性分析。

3.数据处理与误差分析

（1）数据处理

图像法：

由 $h=\frac{1}{2}gt^2$，作 $h-t^2$ 图像，斜率 $k=\frac{1}{2}g$，则 g=2k。

由 v=gt，作 v-t 图像，斜率即为 g。

平均值法：多次测量求 g 的平均值，减小偶然误差。

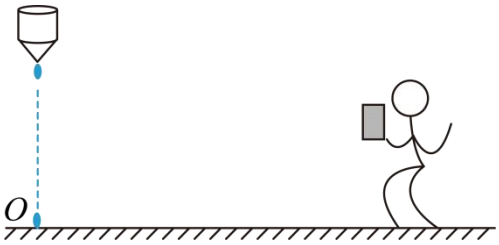
（2）误差来源

系统误差：空气阻力、器材摩擦（如纸带与打点计时器）、测量工具精度（如刻度尺读数）。

偶然误差：计时误差、纸带选取或测量不规范。

减小误差：选用密度大的物体（如重锤）、增大下落高度、多次测量取平均值。

例 20、如图所示，同学们在玩接水游戏，水平地面 O 点正上方的滴桶每隔相等的时间就会由静止下落一滴水，当第一滴水由静止开始下落时，O 点右侧甲同学以 $a=5.0\mathrm{m/s^2}$ 的恒定加速度从静止开始向左运动，第一滴水刚好被该同学接住。已知接水时滴桶最低处与水杯最低处的竖直高度为 0.8m。忽略空气的阻力和人的反应时间，重力加速度取 $10\mathrm{m/s^2}$，求：



(1)第一滴水在空中运动的时间；

(2)甲同学离 O 点的水平距离。

【答案】(1)0.4s　(2)0.4m

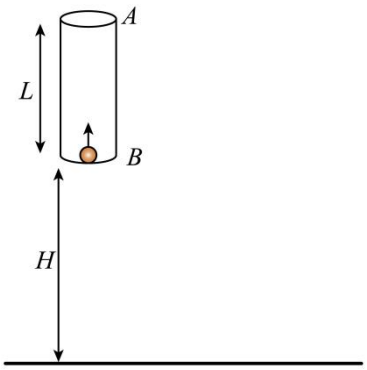
【解析】（1）当第一滴水由静止开始下落，刚好被以恒定加速度从静止开始向左运动的同学接住，则水滴下落做自由落体运动，根据 $H=\frac{1}{2}gt^2$

解得 $t=0.4\text{s}$

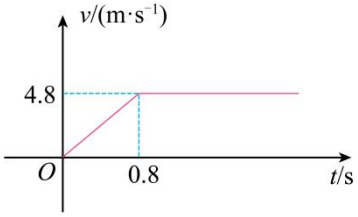
（2）甲同学以恒定加速度从静止开始向左运动，根据 $x=\frac{1}{2}at^2$

解得 $x=0.4\text{m}$

例 21、如图甲所示，下端离地面 $H=7.68\text{m}$ 处有一竖直的空管，管长 L 为 2.88m，A、B 为空管的上、下两端，空管由于受外力作用，由静止开始竖直向下运动，其运动 $v-t$ 图像如图乙所示，同时在 B 处一个大小不计的小球以初速度 v_0 竖直上抛，不计一切阻力和与地面的反弹，取 $g=10\text{m/s}^2$。求：



甲



乙

(1)若小球初速度为10m/s，小球上升过程中离地面的最大高度；

(2)若小球初速度为8m/s，小球经过多长时间从管的 A 端相对向上穿出；

(3)欲使在空管落地瞬间，小球必须处于空管之内，在其他条件不变的前提下，求小球的初速度 v_0 大小的范围。

【答案】(1)12.68m　(2)0.4s　(3) $6.16\text{m/s}\le v_0\le 7.60\text{m/s}$

【解析】（1）上升到最高点的位移 $x=\frac{v_0^2}{2g}=5\text{m}$

离地面的距离 $L=x+H=12.68\text{m}$

（2）由 $v-t$ 图像可得 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=6\text{m/s}^2$

设经 t 时刻圆筒还未到达匀速，小球从圆筒上端穿出，小球上升的位移大小为 $l_1=v_0't-\dfrac{1}{2}gt^2$

圆筒下落的位移大小为 $l_2=\dfrac{1}{2}at^2$

又 $l_1+l_2=L$

联立解得 $t=0.4\text{s}<0.8\text{s}$ 或 $t=3.6\text{s}>0.8\text{s}$（舍去）

（3）当 $t_1=0.8\text{s}$ 时，圆筒匀加速下落的距离为 $x_1=\dfrac{1}{2}at^2=1.92\text{m}$

匀速下落 $x_2=H-x_1=5.76\text{m}$

圆筒落地总时间为 $t_2=t_1+\dfrac{x_2}{v'}=0.8\text{s}+\dfrac{5.76}{4.8}\text{s}=2\text{s}$

则小球在 t_2 时间内满足 $H-L\le -v_0''t_2+\dfrac{1}{2}gt_2^2\le H$

解得 $6.16\text{m/s}\le v_0''\le 7.60\text{m/s}$

对点集训

1．某同学进行颠球训练，将球以初速度大小v_0竖直向上颠出，重力加速度为g，不计空气阻力，则球（　）

A．上升的最大高度为$\frac{v_0^2}{2g}$　　B．上升过程经过位移中点的速度大小为$\frac{v_0}{2}$

C．上升过程的时间比下降返回至颠出点的长　　D．上升过程和下降过程的加速度不同

【答案】A

【解析】根据速度—位移公式$0-v_0^2=-2gh$，可得球上升的最大高度$h=\frac{v_0^2}{2g}$，故A正确；设上升过程经过位移中点的速度大小为v_1，则有$0-v_1^2=-2g\frac{h}{2}$，可得$v_1=\frac{\sqrt{2}}{2}v_0$，故B错误；上升过程和下降过程的加速度均为重力加速度，根据对称性可知，上升过程和下降过程所用时间相等，故C、D错误．

2．一个从地面竖直上抛的小球，到达最高点前1s上升的高度是它上升的最大高度的$\frac{1}{4}$，不计空气阻力，取$g=10\text{m/s}^2$．下列说法中错误的是（　）

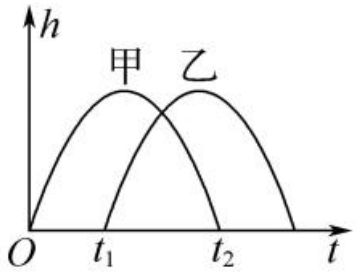
A．小球上升的最大高度是20m　　B．小球上抛的初速度是20m/s

C．2.5s时小球正在上升　　D．1s末、3s末小球处于同一位置

【答案】C

【解析】小球到达最高点前1s上升的高度是$h=\frac{1}{2}gt_1^2=\frac{1}{2}\times10\times1^2\text{m}=5\text{m}$，由题知小球上升的最大高度是$H=4h=20\text{m}$，A正确；由$H=\frac{v_0^2}{2g}$，得小球上抛的初速度是$v_0=\sqrt{2gH}=\sqrt{2\times10\times20}\text{m/s}=20\text{m/s}$，B正确；小球上升的总时间$t_{上}=\frac{v_0}{g}=2\text{s}$，则2.5s时小球正在下降，C错误；由于小球上升的总时间是2s，则1s末，3s末小球处于同一位置，D正确．

3．甲、乙两小球先后从同一水平面的两个位置，以相同的初速度竖直向上抛出，小球距抛出点的高度h与时间t的关系如图所示。不计空气阻力，重力加速度为g，则两小球在图中的交点位置时，距离抛出点的高度为（　　）



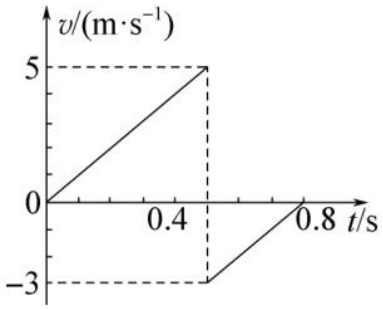
A．$\frac{1}{2}gt_2^2$　　B．$\frac{1}{8}g\left(t_2^2-t_1^2\right)$　　C．$\frac{1}{4}g\left(t_2^2-t_1^2\right)$　　D．$\frac{1}{2}g\left(t_2^2-t_1^2\right)$

【答案】B

【解析】甲物体能上升的最大高度为$h_1=\frac{1}{2}g\cdot\left(\frac{t_2}{2}\right)^2$，甲从最高点到交点位置下落的时间

$\Delta t=\frac{t_2}{2}-\left(\frac{t_2-t_1}{2}\right)=\frac{t_1}{2}$，甲从最高点到交点位置下落的高度$h_2=\frac{1}{2}g\left(\frac{t_1}{2}\right)^2$，则两小球在图中的交点位置时，距离抛出点的高度为$h=h_1-h_2=\frac{1}{8}g\left(t_2^2-t_1^2\right)$，故 B 正确。

4．小球从空中自由下落，与水平地面相碰后弹到空中某一高度，其速度一时间图像如图所示，则由图可知（　　）



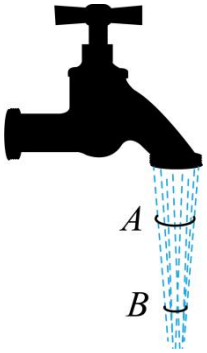
A．小球下落的加速度为$5\text{m}/\text{s}^2$　　B．小球第一次反弹后瞬间速度的大小为$5\text{m}/\text{s}$

C．小球反弹过程速度变化量为$2\text{m}/\text{s}$　　D．小球能弹起的最大高度为0.45m

【答案】D

【解析】根据$v-t$图像的斜率可知，小球下落的加速度为$10\text{m}/\text{s}^2$，故 A 错误；小球在0.5s末第一次反弹，小球第一次反弹的初速度大小为$3\text{m}/\text{s}$，故 B 错误；碰撞前后速度分别为$5\text{m}/\text{s}$和$-3\text{m}/\text{s}$，速度变化量为$\Delta v=v-v_0=-8\text{m}/\text{s}$，故 C 错误；图线在$0.5\sim0.8\text{s}$段表示小球反弹，图线与坐标轴围成的“面积”大小等于位移大小，可知小球能弹起的最大高度为$h=0.45\text{m}$，故 D 正确。

5．小明做家务时，发现家里自来水的出水情况有这样的特点：当水流不太大时，从水龙头中连续流出的水会形成水柱，从上往下越来越细，如图所示。水柱的横截面可视为圆，在水柱上取两个横截面 A、B，粗测 A、B 的直径之比 $d_1:d_2=2:1$。则经过 A、B 处的水流速度大小之比 $v_1:v_2$ 为（　　）



A．4:1　　B．1:4　　C．2:1　　D．1:2

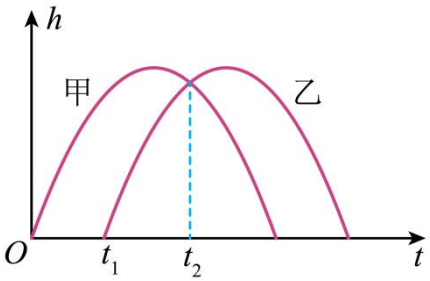
【答案】B

【解析】取相同的 Δt 时间，且 $\Delta t\to 0$，则有 $\pi(\frac{d_1}{2})^2v_1\Delta t=\pi(\frac{d_2}{2})^2v_2\Delta t$

可得经过 A、B 处的水流速度大小之比为 $v_1:v_2=d_2^2:d_1^2=1:4$

故选 B。

6．甲、乙两个小球从同一水平面上两个不同的位置先后以等大速度竖直上抛，小球与抛出点的高度差 h 与时间 t 的关系图像如图所示，忽略空气阻力，重力加速度为 g，甲、乙同时在同一高度时离抛出点的高度为（　　）



A．$\frac{1}{2}gt_2^2$　　B．$\frac{1}{2}g\left(t_2-t_1\right)^2$

C．$\frac{1}{2}gt_2\left(t_2-t_1\right)$　　D．$\frac{1}{2}g\left(2t_2-t_1\right)^2$

【答案】C

【解析】设甲回到抛出点的时刻为 t_3，两个 $h-t$ 图像具有对称性，则有 $t_3-t_2=t_2-t_1$

解得 $t_3=2t_2-t_1$

设竖直上抛运动的最大高度为h_{m}，根据竖直上抛运动对称性$h_{\mathrm{m}}=\frac{1}{2}g\left(\frac{t_3}{2}\right)^2$

联立可得$h_{\mathrm{m}}=\frac{g\left(2t_2-t_1\right)^2}{8}$

设甲运动到最高点的时刻为t，由$h-t$图像的对称性可得$t=\frac{t_3}{2}$

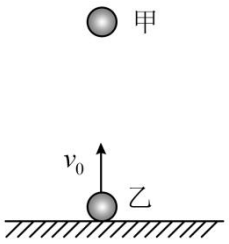
t至t2，甲下落的高度为$h_1=\frac{1}{2}g\left(t_2-t\right)^2$

甲、乙在同一水平线时的高度为$h_2=h_{\mathrm{m}}-h_1$

联立可得$h_2=\frac{1}{2}gt_2\left(t_2-t_1\right)$

故选C。

7. 如图所示，乙球静止于地面上，甲球位于乙球正上方h处，现从地面上竖直上抛乙球，初速度$v_0=10\ \mathrm{m/s}$，同时让甲球自由下落，不计空气阻力。（取$g=10\ \mathrm{m/s^2}$，甲乙两球可看作质点）下列说法正确的是（　　）



A．无论h为何值，甲乙两球一定能在空中相遇

B．当$h>20\ \mathrm{m}$时，甲乙两球可能在空中相遇

C．当$h=15\ \mathrm{m}$时，乙球能在下降过程中与甲球相遇

D．当$h<10\ \mathrm{m}$时，乙球不可能与甲球相遇

【答案】C

【解析】AB．设若甲球与乙球经过时间t相遇，则有

$$h=\frac{1}{2}gt^2+\left(v_0t-\frac{1}{2}gt^2\right)$$

解得

$$t=\frac{h}{v_0}$$

根据竖直上抛运动的规律，可知，乙球上升的时间为

$$t_{上}=\frac{v_0}{g}=\frac{10}{10}\mathrm{s}=1\mathrm{s}$$

乙球竖直上抛运动的总时间

$$t_{总}=2t_{上}=2\text{s}$$

甲乙两球能在空中相遇，必须满足

$$t<t_{总}$$

联立以上整理得

$$\frac{h}{v_0}<2\text{s}$$

即

$$h<20\text{m}$$

故当 h＜20 m 时，甲乙两球一定能在空中相遇；当 h＞20 m 时，甲乙两球不能在空中相遇，故 AB 错误；

C．当 t 上＜t＜t 总时，乙球能在下降过程中与甲球相遇，即

$$1\text{s}<\frac{h}{v_0}<2\text{s}$$

解得

$$10\text{m}<h<20\text{m}$$

故当 h＝15 m 时，乙球能在下降过程中与甲球相遇，故 C 正确；

D．当 t＜t 上时，乙球能在上升过程中与甲球相遇，即

$$\frac{h}{v_0}<1\text{s}$$

解得

$$h<10\text{m}$$

故 D 错误。

故选 C。

8．冯骥才的《俗世奇人》中有一位叫“弹弓杨”的人物，传闻他有着用弹弓打石块百发百中的本领，一天他在表演自己的绝活时，他先将石块甲以某速度 v_0 的竖直射出，已知甲上升的最大高度距射出点的高度为 H。当石块甲上升至射出点 $\frac{H}{2}$ 处时，他在同一位置又以另一速度 v_1 射出石块乙，石块乙恰好在石块甲上升至最高点时被击中。如果把两石块的运动均看作竖直上抛运动，不计运动中所受到的空气阻力，重力加速度为 g，则下列说法中正确的是（　　）

A．若甲从射出至最高点的时间为 t_1，乙从射出至击中甲的时间为 t_2，则 $t_1∶t_2=\sqrt{2}:(\sqrt{2}-1)$

B．石块乙击中石块甲时，石块乙的速度为 $v_2=\sqrt{gH}$

C．如果他想在$\frac{3}{4}H$处击中甲，则射出的石块乙的初速度一定为$v_1=\frac{4+\sqrt{2}}{2}\sqrt{gH}$

D．若石块乙的密度较小，石块乙在运动过程中空气阻力不可忽略，其上升过程中实际加速度大小恒为$a_1=\frac{3}{2}g$，下降过程中的加速度大小恒为$a_2=\frac{1}{2}g$，方向均竖直向下，石块甲、乙射出的速度不变，则石块乙击中石块甲的实际位置为$\frac{H}{2}$处。

【答案】D

【解析】A．甲从射出至最高点的时间为

$$t_1=\sqrt{\frac{2H}{g}}$$

乙从射出至击中甲的时间为

$$t_2=\sqrt{\frac{2\times\frac{H}{2}}{g}}=\sqrt{\frac{H}{g}}$$

则

$$t_1:t_2=\sqrt{2}:1$$

故A错误；

B．根据位移—时间公式有

$$H=v_1t_2-\frac{1}{2}gt_2^2$$

根据速度公式有

$$v_2=v_1-gt_2$$

解得

$$v_2=\frac{1}{2}\sqrt{gH}$$

故B错误；

C．甲从最高点到$\frac{H}{4}$的时间为

$$\frac{H}{4}=\frac{1}{2}gt_3^2$$

如果他想在$\frac{3}{4}H$处击中甲，则石块乙运动的时间为

$$\Delta t_1=t_2-t_3\text{或}\Delta t_2=t_2+t_3$$

根据位移—时间公式有

$$\frac{3}{4}H=v_1'\Delta t_1-\frac{1}{2}g\Delta t_1^2 \text{ 或 } \frac{3}{4}H=v_1''\Delta t_2-\frac{1}{2}g\Delta t_2^2$$

解得

$$v_1'=\frac{4+\sqrt{2}}{2}\sqrt{gH} \text{ 或 } v_1''=\frac{4-\sqrt{2}}{2}\sqrt{gH}$$

故 C 错误；

D．由上述分析可知，乙射出后甲上升至最高点的时间为

$$t_2=\sqrt{\frac{2\times\frac{H}{2}}{g}}=\sqrt{\frac{H}{g}}$$

则乙此时的速度为

$$v_{乙}=v_1-a_1t_2=0$$

位移为

$$x_{乙}=\frac{1}{2}v_1t_2=\frac{3}{4}H$$

设再经t_3时刻，两物体相遇，则

$$\frac{1}{2}gt_3^2-\frac{1}{2}a_2t_3^2=H-\frac{3}{4}H$$

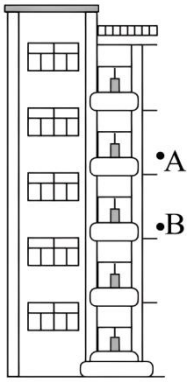
则相遇时距离最高点的距离为

$$h'=H-\frac{1}{2}gt_3^2=\frac{H}{2}$$

故 D 正确。

故选 D。

9．如图所示，两位同学在教学楼上做自由落体实验，甲同学在四楼先将小球 A 释放，当下落距离为 h 时，乙同学在三楼将小球 B 释放，小球 B 释放时间 t 后，两球恰好同时落地，小球 A、B 不在同一条竖直线上，每层楼高度相等，不计空气阻力，重力加速度为 g，则下列说法中正确的是（　　）



A．小球 A 经过每层楼的时间之比为 1：3：5

B．甲同学释放点离地高度为$\frac{1}{2}gt^2+\sqrt{2ght^2}+h$

C．若两位同学均各上一层楼重做以上实验，两小球仍能同时落地

D．若两位同学均各下一层楼重做以上实验，小球 A 先落地

【答案】B

【解析】A．小球 A 做自由落体运动，初速度为 0，经过相等位移的时间比为

$$t_1:t_2:t_3=1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2})$$

A 错误；

B．设小球 A 下落 h 所用时间为t_1，有

$$h=\frac{1}{2}gt_1^2$$

解得

$$t_1=\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

小球 A 下落的总时间为

$$t_{总}=t+t_1$$

下落的总高度为

$$h_{总}=\frac{1}{2}gt_{总}^2=h+\frac{1}{2}gt^2+\sqrt{2ght^2}$$

B 正确；

C．由于题目中实验时两球同时落地，但 A 球运动时间长，根据

$$v=gt$$

可知，落地时，A 球速度大，若两位同学均各上一层楼重做以上实验，假设两位同学不动，相当于地面下降了一层楼，两球同时到达原来的地面位置且 A 球速度大，所以可判断出 A 球先落地，C 错误；

D．若两位同学均各下一层楼重做以上实验，假设两位同学不动，相当于二楼就是地面，由于两球加速度相同，原来落地时 A 球速度大，从二楼到一楼，根据

$$2g\Delta h=v^2-v_1^2$$

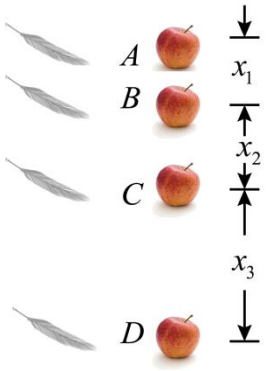
可知，到二楼时 A 球速度大，根据

$$\Delta h=\frac{v_1+v}{2}\Delta t$$

可知，A 球从二楼到地面所用时间短，又因为两球同时落地，所以 B 球先落到二楼，D 错误。

故选 B。

10.（多选）如图所示是用频闪周期为Δt的相机拍摄的一张真空中羽毛与苹果从同一高度自由下落的局部频闪照片。关于提供的信息及相关数据处理，下列说法中正确的是（　）



A．羽毛下落到C点的速度大小为$\frac{x_2+x_3}{2t}$

B．苹果下落的加速度大小为$\frac{x_3-x_1}{t^2}$

C．若满足关系$x_1:x_2:x_3=1:3:5$，则A为苹果释放的初始位置

D．一段时间后苹果会在羽毛下方

【答案】AC

【解析】A．根据题意，由中间时刻的瞬时速度等于这段时间的平均速度，可得羽毛下落到C点的速度大小为$v_C=\frac{x_2+x_3}{2\Delta t}$

故A正确；

B．根据题意，由逐差法$\Delta x=aT^2$有$x_3-x_1=2a\Delta t^2$

解得$a=\frac{x_3-x_1}{2\Delta t^2}$

故B错误；

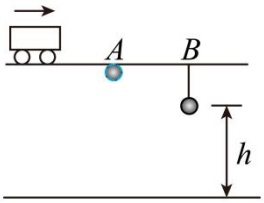
C．根据初速度为零的匀加速直线运动连续相等时间内的位移比可知若$x_1:x_2:x_3=1:3:5$，则A为苹果释放的初始位置，故C正确；

D．真空中苹果和羽毛只受重力，同时释放，做自由落体运动的下落快慢相同，故D错误。

故选AC。

11.（多选）距地面高5m的水平直轨道上A、B两点相距2m，在B点用细线悬挂一小球，离地高度为h，如图。小车始终以4 m/s的速度沿轨道匀速运动，经过A点时将随车携带的小球由轨道高度自由卸下，小车

运动至B点时细线被轧断，最后两球同时落地。不计空气阻力，取重力加速度的大小$g=10\ \mathrm{m/s^2}$。可求得B球落地时间t及h等于（　　）



A．$t=0.5\ \mathrm{s}$　　B．$t=1.0\ \mathrm{s}$　　C．$h=1.5\ \mathrm{m}$　　D．$h=1.25\mathrm{m}$

【答案】AD

【解析】题意知水平直轨道距离地面高度$H=5\mathrm{m}$，AB 间距$x=2\mathrm{m}$，分析可知两球在竖直方向均做自由落体运动，由自由落体运动规律有$H=\frac{1}{2}gt_1^2$，$h=\frac{1}{2}gt^2$

又因为 A 到 B 时间$t_{AB}=\frac{x}{v}=\frac{2}{4}\mathrm{s}=0.5\mathrm{s}$

由于两球同时落地，则有$t_{AB}=t_1-t$

联立以上解得$t=0.5\mathrm{s}$，$h=1.25\mathrm{m}$

故选 AD。

12．（多选）利用水滴下落可以粗略测量重力加速度g的大小。调节家中水龙头，让水一滴一滴地流出，在水龙头的正下方放一个盘子，调整盘子的高度，使一滴水刚碰到盘子时，恰好有另一滴水开始下落，而空中还有一滴水正在下落。测出水龙头出水口到盘子的高度为h，从第 1 滴水开始下落到第n滴水开始下落，所用时间为t。下列说法正确的是（　　）

A．一滴水在空中运动的时间为$\sqrt{\frac{2h}{g}}$　　B．相邻两滴水开始下落的时间间隔为$\sqrt{\frac{2h}{g}}$

C．此地重力加速度的大小为$\frac{h(n+1)^2}{2t^2}$　　D．第 1 滴水刚落至盘中时，第 2 滴水距盘子的距离为$\frac{3h}{4}$

【答案】AD

【解析】A．根据公式$h=\frac{1}{2}gt'^2$

可得一滴水在空中运动的时间为$t'=\sqrt{\frac{2h}{g}}$

故 A 正确；

B．根据题意可知，第一滴水落至盘中时，第三滴水刚要落下，可知相邻两滴水开始下落的时间间隔为

$t''=\frac{t'}{2}=\sqrt{\frac{h}{2g}}$

故 B 错误；

C．从第 1 滴水开始下落到第 n 滴水开始下落，所用时间为 t，则 $t=(n-1)t''$

结合 $t''=\sqrt{\frac{h}{2g}}$

可得 $g=\frac{h(n-1)^2}{2t^2}$

故 C 错误；

D．根据初速度为零的匀加速直线运动的规律可知，一滴水落至盘中时，第二滴水下落的高度为

$h'=\frac{1}{3+1}\cdot h$

则第 1 滴水刚落至盘中时，第 2 滴水距盘子的距离为 $h''=h-h'=\frac{3h}{4}$

故 D 正确。

故选 AD。

13．（多选）一小球以初速度大小 v_0 竖直向上抛出，经过时间 t 落到抛出点正下方的地面，落地前瞬间速度大小为 v，已知重力加速度大小为 g，不计空气阻力。则小球的位移大小可表示为（　　）

A．$\frac{1}{2}gt^2-v_0t$　　B．$\frac{v^2-v_0^2}{2g}$　　C．$\frac{v+v_0}{2}t$　　D．$\frac{v+v_0}{2}\left(t-\frac{2v_0}{g}\right)$

【答案】ABD

【解析】A．当取向下为正方向时，则初速度为 $-v_0$，重力加速度为正，由上抛运动规律有 $h=\frac{1}{2}gt^2-v_0t$

故 A 正确；

B．根据动能定理 $mgh=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_0^2$

解得 $h=\frac{v^2-v_0^2}{2g}$

故 B 正确；

CD．由于 $\frac{v+v_0}{2}$ 为小球下降到抛出点到地面的平均速度，上抛到最高点的时间为 $t_1=\frac{v_0}{g}$

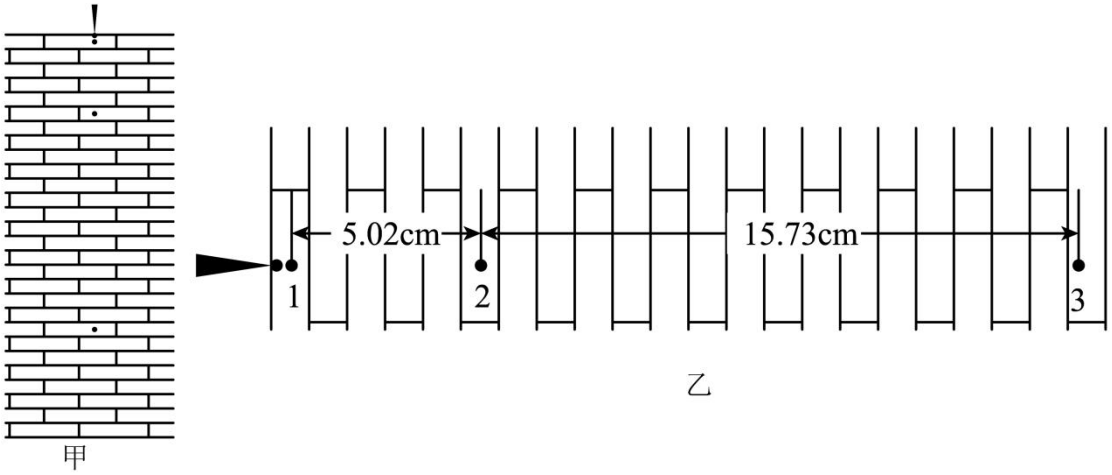
小球的位移大小应为小球下降到抛出点至地面的平均速度乘以对应的时间，小球下降到抛出点至地面的时间为$t'=t-\frac{2v_0}{g}$

则有小球的位移大小为$h=\frac{v+v_0}{2}\left(t-\frac{2v_0}{g}\right)$

故 C 错误，D 正确。

故选 ABD。

14．某同学偶然发现，屋檐上冰柱滴下水滴的时间间隔几乎是一样的，于是他突发奇想，想利用手机的拍摄视频功能来测定当地的重力加速度。他先拍摄了一段冰柱滴水的视频，发现滴下两个相邻的水滴的时间间隔为$\frac{1}{3}$s，如图甲所示，经过测量，墙面每块砖厚 10cm，而打印出来的图片上仅为 1cm。他用直尺分别测量出来滴落下的水滴中距离冰柱最近的三个点 1、2、3 之间的间距如图乙所示。



甲　　乙

(1)2 号水滴此时的速度大小是__m/s，测出的重力加速度大小为__m/s²。（结果均保留三位有效数字）

(2)该同学将其他几组图片的水滴也进行了测量，结果发现均小于当地的重力加速度，则可能的原因是_（答案合理即可）。

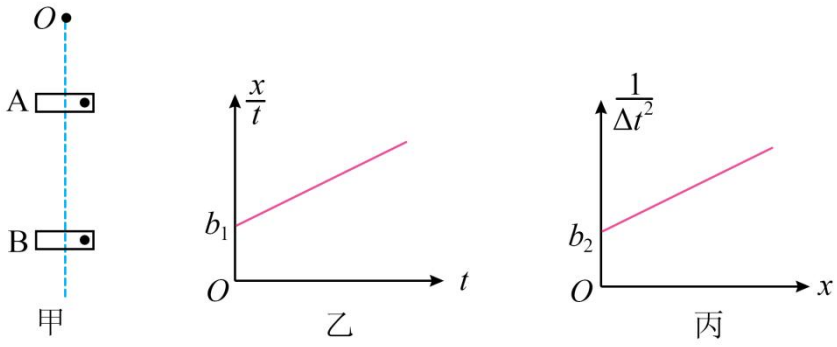
【答案】(1) 3.11　9.64　　(2)水滴下落过程受到空气阻力的作用

【解析】（1）[1]根据题意可知，图片与实物比例为$1:10$，又因为某段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度，可知 2 号水滴此时的速度大小$v_2=\overline{v}=\frac{(0.0502+0.1573)\times10}{2\times\frac{1}{3}}\text{m/s}\approx 3.11\text{m/s}$

[2]根据逐差法可知，重力加速度大小$g=\frac{\Delta h}{t_0^2}=\frac{(0.1573-0.0502)\times10}{(\frac{1}{3})^2}\text{m/s}^2\approx9.64\text{m/s}^2$

（2）测量的重力加速度小于当地重力加速度的原因可能是由于水滴下落过程受到空气阻力的作用。

15．小组同学利用图甲所示装置探究自由落体运动。在同一竖直线上固定 A、B 两个光电门，保持光电门 A 的位置及小球静止释放的位置 O 不变，移动 B 改变两个光电门的距离，进行多次测量。



（1）小明依据记录的小球从光电门 A 运动到光电门 B 所经历的时间 t 及对应的两光电门的间距 x，作出了 $\frac{x}{t}-t$ 图像如图乙所示，并求得图像的斜率为 k_1，纵轴截距为 b_1。

（2）小红测得小球的直径为 d，依据记录的小球通过光电门 B 的遮光时间 Δt 和对应的两光电门的间距 x，作出了 $\frac{1}{(\Delta t)^2}-x$ 图像如图丙所示，并求得图像的纵轴截距为 b_2。

（3）由小明作出的图像与求得的数据可知当地的重力加速度 g=___，小球自 O 点下落到光电门 A 的时间为 t_1=___，由小红作出的图像与求得的数据可知小球经过光电门 A 时速度大小为 v_A=___。（均用题中所给字母表示）

【答案】 $2k_1$ $\frac{b_1}{2k_1}$ $d\sqrt{b_2}$

【解析】[1]小球从光电门 A 运动到光电门 B，根据位移时间关系可得 $x=v_{\mathrm{A}}t+\frac{1}{2}gt^2$

变形可得 $\frac{x}{t}=v_{\mathrm{A}}+\frac{1}{2}gt$

则 $v_{\mathrm{A}}=b_1$，$\frac{1}{2}g=k_1$

所以 $g=2k_1$

[2]根据自由落体运动规律可得 $v_{\mathrm{A}}=gt_1$

所以 $t_1=\frac{b_1}{2k_1}$

[3]小球通过光电门 B 的速度大小为 $v_{\mathrm{B}}=\frac{d}{\Delta t}$

根据速度位移关系可得 $v_{\mathrm{B}}^2-v_{\mathrm{A}}^2=2gx$

联立可得 $\frac{1}{(\Delta t)^2}=\frac{v_{\mathrm{A}}^2}{d^2}+\frac{2g}{d^2}x$

则 $\frac{v_A^2}{d^2}=b_2$

所以 $v_A=d\sqrt{b_2}$

16．中国科学院研制的电磁弹射微重力实验室，是亚洲首个采用电磁弹射技术实现地面微重力环境的实验装置。整个装置像一个高 44.5m 的“大电梯”，高 2m 的实验舱在精确的电磁系统控制下可以在这个“大电梯”内沿竖直方向运动。某次实验中，实验舱从装置底部由静止开始竖直向上做匀加速直线运动，当到某位置速度刚好为 20 m/s 时撤去电磁控制，此后实验舱只在重力作用下运动；当实验舱回到该位置时重新加以电磁控制，让它减速回落到地面。重力加速度 g 取 10m/s^2。求：

(1)实验舱只在重力作用下运动的总时间；

(2)为了保证实验舱的安全，实验舱不能与装置顶部相碰。求实验舱向上匀加速运动的最小加速度。

【答案】(1)4s　　(2)8.9m/s^2

【解析】（1）设实验舱只在重力作用下向上运动时间为 t1，只在重力作用下运动总时间为 t，则

$t_1=\frac{v_0}{g}=\frac{20}{10}\text{s}=2\text{s}$

则 $t=2t_1$=4s

（2）为了保证实验舱的安全，实验舱不能到达装置顶部，或者达到顶部时速度刚好为零。设实验舱只在重力作用下向上运动的位移为 x1，则 $x_1=\frac{v_0^2}{2g}$

设装置高为 H，实验舱高为 h，则实验舱在电磁控制下向上匀加速运动最大位移为 x2，对应的最小加速度为 a，则 $x_2=H-h-x_1$

又 $x_2=\frac{v_0^2}{2a}$

解得 $a=\frac{80}{9}\text{m/s}^2\approx 8.9\text{m/s}^2$

17．垫球是排球运动的基本技术之一。如图所示，某次垫球训练过程中，排球自小丽手上方高度 h 处自由下落，并以 8m/s 的速度落在小丽手上，小丽将其以原速率竖直向上垫起，不计排球所受空气阻力，已知排球和小丽手接触的时间为 0.2s，重力加速度的大小 $g=10\text{m/s}^2$。求排球：

(1)下落到小丽手的高度 h；

(2)在空中下落的时间t及接触小丽手前0.1s内下落的高度h'；

(3)与小丽手接触过程中的平均加速度a。

【答案】(1)3.2m　　(2)0.8s，0.75m　(3)80m/s^2，方向竖直向上

【解析】（1）由速度位移公式可得$v^2=2gh$

代入数据解得$h=3.2\text{m}$

（2）由速度时间公式可得$v=gt$

代入数据解得$t=0.8\text{s}$

排球在$t_1=0.7\text{s}$内下落的距离为$h_1=\frac{1}{2}gt_1{}^2=\frac{1}{2}\times10\text{m/s}^2\times(0.7\text{s})^2=2.45\text{m}$

则排球在与小丽手接触前0.1s内下落的高度$h'=3.2\text{m}-2.45\text{m}=0.75\text{m}$

（3）排球与小丽手接触过程中，在0.2s的时间内，排球速度的变化量为

$\Delta v=v-v_0=8\text{m/s}-(-8\text{m/s})=16\text{m/s}$

加速度定义式$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=80\text{m/s}^2$

方向竖直向上

18．通中某同学自制水火箭模拟火箭的运动，可视为质点的水火箭最初静止于地面上，随着上升过程中水的消耗，火箭上升的加速度按如下规律逐渐增加：第n秒内加速度为$a_n=n\text{m/s}^2$，即0~1s：$a_1=1\text{m/s}^2$，1~2s：$a_2=2\text{m/s}^2$…且每一秒内火箭均做匀加速直线运动。水火箭在第5秒末耗尽箭体内的水，然后做竖直上抛运动到达最高点，紧接着火箭自由下落2秒后遥控打开降落伞减速，开伞后最初一段距离内火箭速度v与开伞后下降的距离x之间满足关系式：$v=\frac{10}{C+0.1x}(\text{m/s})$，其中$C$为常数且未知，开伞后下降距离$d$后以5m/s的速度匀速下降直到落地，为了简便计算，可以忽略在开伞前受到的空气阻力，$g=10\text{m/s}^2$，求：

(1)水火箭第5秒初的速度大小；

(2)水火箭上升的离地最大高度；

(3)开伞后下降距离d及水火箭从发射到落回地面所用的时间$t_{总}$。

【答案】(1)10m/s　　(2)38.75m　　(3)15m，11.125s

【解析】（1）依题意，水火箭第5秒初的速度也就是第4秒末的速度大小为v_4，有

$$v_4=v_3+a_4\times1$$

$$v_3 = v_2 + a_3 \times 1$$

$$v_2 = v_1 + a_2 \times 1$$

$$v_1 = a_1 \times 1$$

可解得

$$v_4 = 10\text{m/s}$$

（2）根据位移公式有

$$x_1 = \frac{1}{2} a_1 \times 1^2$$

$$x_2 = v_1 \times 1 + \frac{1}{2} a_2 \times 1^2$$

$$x_3 = v_2 \times 1 + \frac{1}{2} a_3 \times 1^2$$

$$x_4 = v_3 \times 1 + \frac{1}{2} a_4 \times 1^2$$

$$x_5 = v_4 \times 1 + \frac{1}{2} a_5 \times 1^2$$

前 5s 的位移为

$$h = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 27.5\text{m}$$

竖直上抛的高度为

$$v_5 = v_4 + a_5 \times 1 = 15\text{m/s}$$

$$h' = \frac{v_5^2}{2g} = 11.25\text{m}$$

最大高度为

$$H = h + h' = 38.75\text{m}$$

（3）竖直上抛的时间为

$$t_{\text{上抛}} = \frac{v_5}{g} = 1.5\text{s}$$

火箭自由下落 2 秒后下降的高度和速度分别为

$$h_{\text{下降}} = \frac{1}{2} g t_2^{\ 2} = 20\text{m}，\quad v_{\text{下降1}} = g t_2 = 20\text{m/s}$$

由题可知，开伞后最初一段距离内火箭速度 v 与开伞后下降的距离 x 之间满足关系式

$$v = \frac{10}{C + 0.1x}(\text{m/s})$$

当速度为 20m/s 时的 $x = 0$，解得

$$C=0.5$$

火箱运动距离 d 后以 $5\mathrm{m/s}$ 的速度匀速下降，代入 $v=\dfrac{10}{C+0.1x}\left(\mathrm{m/s}\right)$

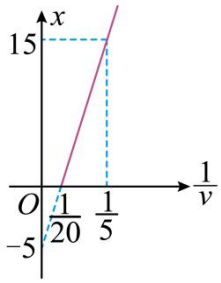
解得

$$d=x=15\mathrm{m}$$

打开降落伞过程，对速度关系整理得

$$x=100\times\frac{1}{v}-5$$

做出 $x-\dfrac{1}{v}$ 图像，如图



由图像可得，图像的面积等于时间，则该段时间为

$$t_{下降2}=\frac{\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{20}\right)\times15}{2}\mathrm{s}=1.875\mathrm{s}$$

水火箭匀速下降时间为

$$t_{下降3}=\frac{H-h_{下降}-d}{v_{下降2}}=0.75\mathrm{s}$$

水火箭从发射到落回地面所用的时间为

$$t_{总}=t_5+t_{上抛}+t_{自}+t_{下降2}+t_{下降3}=11.125\mathrm{s}$$

19．在距水平地面高 0.8m 处先后依次由静止释放 A、B、C 三个小球，三小球释放位置接近但不重合，运动过程中小球之间不会发生碰撞。小球可视为质点，相邻两小球释放的时间间隔 Δt 相同，且 $\Delta t<0.4\mathrm{s}$。所有小球每次与地面碰撞后均以原速率反弹，忽略碰撞时间。已知 A、B 两球第一次出现在同一高度时离地面的高度为 0.35m，重力加速度 $g=10\mathrm{m/s^2}$，忽略空气阻力。求：

(1)A 球第一次落地的时间和速度；

(2)相邻两球释放的时间间隔；

(3)A、B 两球第 2023 次出现在同一高度时，C 球与 A、B 两球之间的距离。

【答案】(1) 0.4s， 4m/s　　(2) 0.2s　　(3) 0.4m

【解析】（1）根据题意下落高度 $H=0.8\mathrm{m}$，由自由落体运动规律可知

$$H=\frac{1}{2}gt^2$$

解得

$$t=\sqrt{\frac{2H}{g}}=0.4\mathrm{s}$$

此时 A 球速度为

$$v=gt=4\mathrm{m/s}$$

（2）A、B 两球第一次出现在同一高度 $h=0.35\mathrm{m}$ 时，对 B 球有

$$H-h=\frac{1}{2}gt'^2$$

解得

$$t'=0.3\mathrm{s}$$

A 球做竖直上抛运动至与 B 球等高时，有

$$h=vt''-\frac{1}{2}gt''^2$$

解得

$$t''=0.1\mathrm{s}$$

相邻两球释放的时间间隔为

$$\Delta t=t+t''-t'=0.2\mathrm{s}$$

（3）根据分析可知 A、B 第二次出现在同一高度时，A 球向下运动，B 球向上运动，设第一次相遇后再经过 t_1 时间再次相遇，则根据对称性可知

$$\frac{1}{2}g(t_1-0.3\mathrm{s})^2+v(t_1-0.1\mathrm{s})-\frac{1}{2}g(t_1-0.1\mathrm{s})^2=H$$

解得

$$t_1=0.4\mathrm{s}$$

离地高度

$$h_1=H-\frac{1}{2}g(t_1-0.3\mathrm{s})^2=0.75\mathrm{m}$$

设第二次相遇后再经过 t_2 时间再次相遇，根据对称性，第三次相遇时

$$\frac{1}{2}g(t_2-0.1\mathrm{s})^2+v(t_2-0.3\mathrm{s})-\frac{1}{2}g(t_2-0.3\mathrm{s})^2=H$$

解得

$$t_2 = 0.4\text{s}$$

离地高度

$$h_2 = H - \frac{1}{2}g(t_2 - 0.1\text{s})^2 = 0.35\text{m}$$

则根据运动的周期性，可知 A、B 球在奇数次相遇时距离地面高度为 0.35m 处，A、B 两球第 2023 次出现在同一高度时，C 球下落的高度为

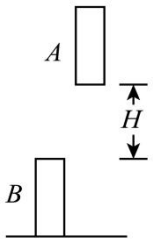
$$h_C = \frac{1}{2}g(t' - \Delta t)^2 = 0.05\text{m}$$

C 球与 A、B 两球之间的距离为

$$\Delta h = H - h - h_C = 0.4\text{m}$$

综合演练

20．如图所示，相同木棒 A、B 长都为 L，竖直放置，相距高度差为 H，但不在同一直线上，A 棒由静止释放。同时 B 棒从地面竖直上抛，初速度为 v_0，不计空气阻力，重力加速度为 g，则以下说法正确的是（　）



A．若 A、B 棒在空中相遇后又分离，两棒从相遇到分离经过的时间为 $\frac{L}{v_0}$

B．若 $v_0 < \sqrt{gH}$，则 B 棒落地前都不会与 A 棒相遇

C．若 $v_0 > \sqrt{g(2L+H)}$，则 B 棒一定会在上升过程中与 A 棒相遇后又分离

D．若 $v_0 > \sqrt{\frac{g(H+L)}{2}}$，则 A 棒一定会在落地前与 B 棒相遇后又分离

【答案】C

【解析】A．若 A、B 棒在空中相遇后又分离，设从开始到相遇的时间为 t_1，根据位移关系

$$\frac{1}{2}gt_1^2 + v_0t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2 = H$$

解得

$$t_1=\frac{H}{v_0}$$

从开始到分离的时间为 t_2，根据位移关系

$$\frac{1}{2}gt_2^2+v_0t_2-\frac{1}{2}gt_2^2=H+2L$$

解得

$$t_2=\frac{H+2L}{v_0}$$

则两棒从相遇到分离经过的时间

$$t=\frac{2L}{v_0}$$

故 A 错误；

B．设速度为v_0时， B 棒恰好落地时与 A 棒相遇，根据速度时间关系

$$t=\frac{2v_0}{g}$$

对 A 有

$$H=\frac{1}{2}gt^2$$

联立解得

$$v_0=\sqrt{\frac{gH}{2}}$$

即当$v_0<\sqrt{\frac{gH}{2}}$时 B 棒落地前都不会与 A 棒相遇，故 B 错误；

C．假设 B 棒恰好在上升过程中与 A 棒相遇后又分离，B 上升的时间

$$t_3=\frac{v_0}{g}$$

B 上升的距离

$$x_{\mathrm{B}}=\frac{v_0^2}{2g}$$

A 下降的距离

$$x_{\mathrm{A}}=\frac{1}{2}gt_3^2=\frac{v_0^2}{2g}$$

位移满足

$$x_{\mathrm{A}}+x_{\mathrm{B}}=2L+H$$

联立解得

$$v_0=\sqrt{g(2L+H)}$$

即当$v_0>\sqrt{g(2L+H)}$，则 B 棒一定会在上升过程中与 A 棒相遇后又分离，故 C 正确；

D．设速度为v_0时， A 棒恰好在落地时与 B 棒相遇后又分离，根据

$$\frac{1}{2}gt_4^2=H+L$$

可得 A 运动的时间

$$t_4=\sqrt{\frac{2(H+L)}{g}}$$

时间应该满足

$$t_4>t_2$$

即

$$\sqrt{\frac{2(H+L)}{g}}>\frac{H+2L}{v_0}$$

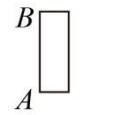
可解得

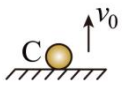
$$v_0>(2L+H)\sqrt{\frac{g}{2(H+L)}}$$

故 D 错误。

故选 C。

21．（多选）如图所示，AB 为空心圆管、C 为可视为质点的小球，AB 长度为$L=2\text{m}$，AB 与 C 在同一竖直线上，AC 之间距离为$h=8\text{m}$。零时刻，AB 做自由落体运动，C 从地面以初速度v_0开始做竖直上抛运动，g 取$10\,\text{m/s}^2$。若圆管、小球落地后均不反弹。则下列说法中正确的是（　　）





A．若要使小球在 AB 落地前从 A 端穿过 AB，则v_0应至少为 2.5m/s

B．若要使小球在上升过程中从 A 端穿过 AB，则v_0应至少为 8m/s

C．若$v_0=8\,\text{m/s}$，则共有三个时刻小球 C 与圆管 A 端距离为 2m

D．若$v_0=12\,\mathrm{m/s}$，则稍降低AC之间距离h后，小球C从A端穿过AB的用时将不变

【答案】CD

【解析】A．在AB落地前，小球与AB空心圆管的加速度均为重力加速度，则小球相对于AB空心圆管向上做速度为v_0的匀速运动，小球从地面到穿过AB所用时间为

$$t_0=\frac{L+h}{v_0}=\frac{10}{v_0}$$

AB空心圆管做自由落体运动的时间为

$$t_1=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{2\times 8}{10}}\mathrm{s}=\sqrt{1.6}\mathrm{s}$$

若要使小球在AB落地前从A端穿过AB，则有

$$t_0<t_1$$

联立解得

$$v_0>\frac{10}{\sqrt{1.6}}\approx 7.9\mathrm{m/s}$$

故A错误；

B．小球上升的时间为

$$t_2=\frac{v_0}{g}=\frac{v_0}{10}$$

若要使小球在上升过程中从A端穿过AB，则有

$$t_0\le t_2$$

即有

$$\frac{10}{v_0}\le\frac{v_0}{10}$$

解得

$$v_0\ge 10\mathrm{m/s}$$

故B错误；

C．若v0=8m/s，则小球从地面到穿过AB所用时间为

$$t_0=\frac{L+h}{v_0}=\frac{10}{8}=1.25\mathrm{s}<t_1=\sqrt{1.6}\mathrm{s}$$

可知小球在圆管A端下面时，存在一时刻小球C与圆管A端距离为2m，小球相对圆管向上经过B端和向下经过B端时刚好与圆管A端距离为2m，故C正确；

D．若 v0=12m/s，则有

$$t_0=\frac{L+h}{v_0}=\frac{10}{12}=\frac{5}{6}\text{s}<t_1=\sqrt{1.6}\text{s}$$

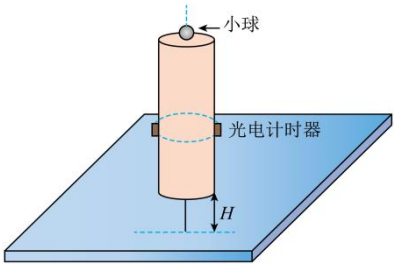
则小球在圆管 AC 落到前已经穿过 AB，由于穿过过程小球相对于圆管做匀速运动，从 A 端穿过 AB 的所用时间为

$$\Delta t=\frac{L}{v_0}=\frac{2}{12}\text{s}=\frac{1}{6}\text{s}$$

可知稍降低 AC 之间距离 h 后，小球 C 从 A 端穿过 AB 的用时将不变，故 D 正确。

故选 CD。

22．如图所示，有一空心上下无底的弹性圆筒，它的下端距水平地面的高度为 H（已知量），筒的轴线竖直。圆筒轴线上与筒顶端等高处有一弹性小球，现让小球和圆筒同时由静止自由落下，圆筒碰地后的反弹速率为落地速率的$\frac{3}{4}$，小球碰地后的反弹速率为落地速率的$\frac{4}{5}$，它们与地面的碰撞时间都极短，可看作瞬间反弹，运动过程中圆筒的轴线始终位于竖直方向。已知圆筒第一次反弹后再次落下，它的底端与小球同时到达地面（在此之前小球未碰过地），此时立即锁住圆筒让它停止运动，小球则继续多次弹跳，重力加速度为 g，不计空气阻力，求：



(1)圆筒第一次落地弹起后相对于地面上升的最大高度 h_{max}；

(2)小球从释放到第一次落地所经历的时间 t 以及圆筒的长度 L；

(3)在筒壁上距筒口$\frac{2L}{3}$处装有一个光电计数器，小球每次经过该处计数器就会计数一次，请问，光电计数器的示数最终稳定为几次？（$\sqrt{7}=2.6$）

【答案】(1)$\frac{9}{16}H$　　(2)$\frac{5}{2}\sqrt{\frac{2H}{g}}$，$\frac{21}{4}H$　　(3)5

【解析】（1）圆筒第一次落地做自由落体运动，有

$$2gH=v_{筒}^{2}$$

圆筒第一次落地弹起后到最高点做匀减速运动，可视为初速度为零的匀加速运动，有

$$2gh_{\max}=(\frac{3}{4}v_{筒})^2$$

联立解得

$$h_{\max}=\frac{9}{16}H$$

（2）根据$h=\frac{1}{2}gt^2$可得圆筒第一次落地的时间

$$t_1=\sqrt{\frac{2H}{g}}$$

圆筒第一次弹起后到最高点的时间

$$t_2=\sqrt{\frac{2h_{\max}}{g}}=\frac{3}{4}\sqrt{\frac{2H}{g}}$$

圆筒第一次弹起后到落地时小球同时到达地面，所以小球从释放到第一次落地所经历的时间

$$t=t_1+2t_2=\sqrt{\frac{2H}{g}}+2\times\frac{3}{4}\sqrt{\frac{2H}{g}}=\frac{5}{2}\sqrt{\frac{2H}{g}}$$

可知小球下落的高度

$$h=\frac{1}{2}gt^2=\frac{25}{4}H$$

则圆筒的高度

$$L=h-H=\frac{21}{4}H$$

（3）小球第一次落地时的速度

$$v=\sqrt{2gh}=\frac{5}{2}\sqrt{2gH}$$

光电计数器距筒底的高度

$$h'=L-\frac{2}{3}L=\frac{1}{3}L$$

小球能到达筒壁上距筒底$\frac{L}{3}$处的速度

$$v'=\sqrt{2g\frac{L}{3}}=\sqrt{\frac{7}{2}gH}$$

设小球最后到达距筒底$\frac{L}{3}$处与地共碰撞 n 次，小球每次碰地后的反弹速率为落地速率的$\frac{4}{5}$，则有

$$v\times(\frac{4}{5})^n>v'$$

解得

n=2 次

则光电计数器的示数最终稳定为

$2n+1=5$ 次

进阶检测

（考试时间:60 分钟 试卷满分:100 分）

一、单选题（5 分/题，共 35 分）

1．在物理学的发展历程中，首先采用了假设和实验检验猜想的科学方法，把实验和逻辑推理和谐地结合起来，从而有力地推进了人类科学发展的是（　　）

A．伽利略　　B．亚里士多德

C．牛顿　　D．爱因斯坦

【答案】A

【解析】伽利略在物理学研究中首次系统地将假设与实验检验结合，并通过逻辑推理分析现象。例如，他通过斜面实验研究自由落体运动，推翻了亚里士多德“物体下落速度与重量成正比”的错误观点。这种方法论革新为现代科学研究奠定了基础。其他选项中，亚里士多德依赖思辨而非实验，牛顿和爱因斯坦的贡献在伽利略之后。

故选 A。

2．为测定某玩具手枪中的子弹射出时的速度，小聪将玩具手枪竖直放置后扣动扳机并开始计时，测得子弹射出后经 4s 落回枪口处。取重力加速度大小 $g=10\mathrm{m/s^2}$，不计空气阻力。玩具手枪中的子弹射出时的速度大小为（　　）

A．16m/s　　B．20m/s

C．30m/s　　D．40m/s

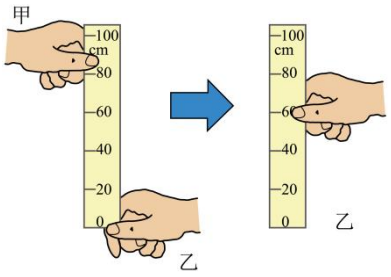
【答案】B

【解析】玩具手枪中的子弹射出时的速度大小 $v=g\cdot\frac{t}{2}$

其中 $t=4\mathrm{s}$，解得 $v=20\mathrm{m/s}$

故选 B。

3．两个同学利用直刻度尺测量反应时间。甲同学用两个手指捏住直尺的顶端，乙同学用一只手在直尺下方 0 刻度处做捏尺的准备，但手不碰直尺，如图所示。乙同学看到甲同学放开直尺时，立即捏住直尺。乙同学捏住直尺的刻度如图所示，$g=10\mathrm{m/s^2}$，$\sqrt{3}\approx1.73$，乙同学这次实验的反应时间约为（　　）



A．0.40s　　B．0.35s　　C．0.28s　　D．0.20s

【答案】B

【解析】直刻度尺下落做自由落体运动，根据公式 $h=\frac{1}{2}gt^2=60\,\text{cm}$

解得 $t=0.35\,\text{s}$

故选 B。

4．雨后，某人用高速相机拍下一幅水滴下落的照片，如图所示，其中第 4 滴水刚要离开屋檐，若滴水的时间间隔相同，第 1 滴水与第 2 滴水的实际间距为 $1\,\text{m}$，取重力加速度 $g=10\,\text{m/s}^2$，不计空气阻力，则拍下照片的瞬间，图中第 1 滴水的速度大小为（　　）

A．$4\,\text{m/s}$　　B．$5\,\text{m/s}$　　C．$6\,\text{m/s}$　　D．$8\,\text{m/s}$

【答案】C

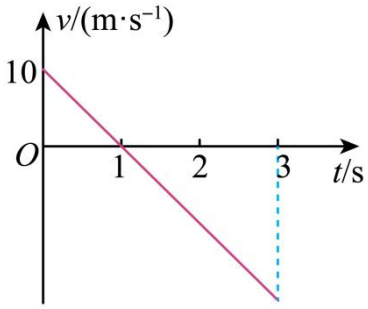
【解析】设滴水间隔为 T，据题意可得 $L=\frac{1}{2}g(3T)^2-\frac{1}{2}g(2T)^2$

解得 $T=0.2\text{s}$

则第 1 滴水的速度大小 $v=g\times 3T=6\text{m/s}$

故选 C。

5．一个沿竖直方向运动的物体，其 v-t 图像如图所示，设竖直向上方向为正方向，则可知（　　）



A．这是自由落体运动　　B．物体速率先增大后减小

C．1s 后加速度方向变成相反方向　　D．抛出后 2s 末物体又落回抛出点

【答案】D

【解析】AB．由图可知，速度先向上减小，后向下增大，且加速度不变，则此物体做竖直上抛运动，故 AB 错误；

C．图线的斜率不变，则加速度不变，故 C 错误；

D．图线与坐标轴所围区域的面积表示物体发生的位移，由图可知，0~1s 内的位移大小与 1~2s 内的位移大小相等，方向相反，总位移为零，即物体回到抛出点，故 D 正确。

故选 D。

6．中国最高的喷泉是位于湖南省长沙市梅溪湖国际文化艺术中心附近的梅溪湖音乐喷泉。这个喷泉喷水高度可达 200 米左右，是目前中国最高的喷泉之一。梅溪湖音乐喷泉结合了音乐、灯光和水柱的表演，成了当地的一个著名景点，吸引了大量游客前来观赏。如果某时刻喷泉喷出的高度为 180m，重力加速度 g 取 10m/s^2，则水离开喷头的初速度大小约为（　）

A．18m/s　　B．36m/s　　C．60m/s　　D．180m/s

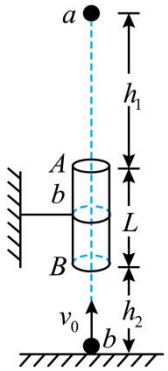
【答案】C

【解析】根据竖直上抛运动的规律有 $v_0^2=2gh$

可得 $v_0=\sqrt{2gh}=\sqrt{2\times10\times180}\text{m/s}=60\text{m/s}$

故选 C。

7．长为 L=1.0m 的空心管 AB 沿竖直方向固定，下端管口 B 距离地面的高度为 $h_2=1.0\text{m}$，小球 a 从距离上端管口 $h_1=1.8\text{m}$ 处沿管的轴线由静止释放，同时小球 b 由地面以初速度 $v_0=6\text{m/s}$ 沿管的轴线竖直上抛，两小球的直径均小于管的直径，不考虑空气阻力，重力加速度为 $g=10\text{m/s}^2$，则以下说法正确的是（　　）



A．a、b 两球在管口 A 上方相遇　　B．a、b 两球在管内相遇

C．a、b 两球在管口 B 下方空中相遇　　D．a、b 两球不能在空中相遇

【答案】B

【解析】a 球下落 h_1 所用时间 t_1

$$h_1=\frac{1}{2}gt_1^2$$

$$t_1=\sqrt{\frac{2h_1}{g}}=\sqrt{\frac{2\times1.8}{10}}\text{s}=0.6\text{s}$$

b 球上升的最大高度

$$H=\frac{v_0^2}{2g}=\frac{6^2}{2\times10}\text{m}=1.8\text{m}$$

b 球上升的时间为

$$t=\frac{v_0}{g}=\frac{6}{10}\text{s}=0.6\text{s}$$

当 a 球自由下落到管口 A 时，b 球上升到管内，距离上端管口

$$h_3=L+h_2-H=0.2\text{m}$$

处，此时

$$v_a=gt_1=6\text{m/s}$$

设 a 球追上 b 球下落距离 h_4，追上时有

$$v_a t_2+\frac{1}{2}gt_2^2-\frac{1}{2}gt_2^2=h_3$$

解得

$$t_2=\frac{1}{30}\text{s}$$

则有

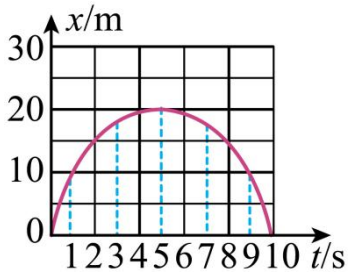
$$h_4=v_a t_2+\frac{1}{2}gt_2^2=6\times\frac{1}{30}\text{m}+\frac{1}{2}\times10\times\left(\frac{1}{30}\right)^2\text{m}=\frac{37}{180}\text{m}<L$$

所以 a 、 b 两球在管内相遇。

故选 B 正确。

二、多选题（漏选得 3 分，全对得 5 分，错选得 0 分，共 20 分）

8．若一物体从火星表面竖直向上抛出（不计气体阻力）时的 x-t 图像如图所示，则（　　）



A．该火星表面的重力加速度大小为 1.6m/s^2　　B．该物体上升的时间为 10s

C．该物体被抛出时的初速度大小为 8m/s　　D．该物体从抛出到落回火星表面的速度变化量为 0

【答案】AC

【解析】A．由图像可知，物体上升到最高点的时间为 5s，最大高度为 20m，由位移公式 $h=\frac{1}{2}gt^2$，可得

$$g=\frac{2h}{t^2}=\frac{2\times20}{5^2}\text{m/s}^2=1.6\text{m/s}^2$$

故 A 正确；

B．由图可知，当物体上升到最高点所用时间为 5s，即该物体上升的时间为 5s，故 B 错误；

C．由速度公式 $v=gt$，可求得该物体被抛出时的初速度大小

$$v_0=gt=1.6\times5\text{m/s}=8.0\text{m/s}$$

故 C 正确；

D．由于不计气体阻力，由对称性可知，该物体落到火星表面时的速度大小为 8m/s，但是方向相反，速度变化量为 -16m/s，故 D 错误。

故选 AC。

9．我国大疆集团新研发 DJI Mini3 小型无人机具有机身小巧、出游携带轻松、持久续航等特点，DJI Mini3 无人机携带一重物以 $v=10\ \mathrm{m/s}$ 速度匀速上升，到离地 $h=40\ \mathrm{m}$ 高度处无相对速度释放重物，忽略重物运动过程的一切阻力，以重物离开 DJI Mini3 无人机为计时起点，$g=10\ \mathrm{m/s^2}$，下列说法正确的是（　　）

A．重物在空中运动的时间为 $4\ \mathrm{s}$　　B．重物第 $2\ \mathrm{s}$ 内的位移大小为 $20\ \mathrm{m}$

C．重物落地前瞬间的速度大小为 $30\ \mathrm{m/s}$　　D．重物在空中的平均速度大小是 $10\ \mathrm{m/s}$

【答案】ACD

【解析】A．重物离开无人机，向上运动的时间 $t_1=\dfrac{v_0}{g}=1\mathrm{s}$

上升的位移 $h_0=\dfrac{v_0^2}{2g}=5\mathrm{m}$

重物下落的时间 $t_2=\sqrt{\dfrac{2(h_0+h)}{g}}=3\mathrm{s}$

重物在空中运动的时间 $t=t_1+t_2=4\mathrm{s}$

A 正确；

B．重物在第 2s 内的位移大小即为重物自由下落 1s 的位移，则有 $\Delta h_2=\dfrac{1}{2}g\cdot(\Delta t_2)^2=5\mathrm{m}$

B 错误；

C．根据自由落体运动规律可得，重物落地瞬间的速度大小为 $v=gt_2=30\mathrm{m/s}$

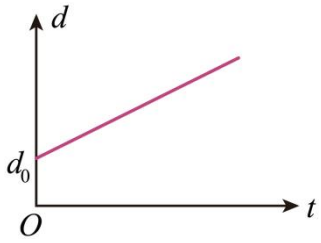
C 正确；

D．根据平均速度的定义可得，重物的平均速度大小为 $\overline{v}=\dfrac{h}{t}=10\mathrm{m/s}$

D 正确。

故选 ACD。

10．小王将甲、乙两球从不同高度处由静止释放（先释放下方的甲球），以乙球释放的时刻为计时起点，测得两球间的高度差 d 随时间 t 变化的关系如图所示，图线的斜率为 k，图线在纵轴上的截距为 d_0。重力加速度大小为 g，两球均视为质点，不计空气阻力。下列说法正确的是（　　）



A．两球释放的时间差为 $\frac{k}{g}$　　B．两球释放的时间差为 $\frac{g}{k}$

C．甲球释放时，两球间的高度差为 d_0　　D．甲球释放时，两球间的高度差为 $d_0-\frac{k^2}{2g}$

【答案】AD

【解析】设两球释放的时间差为 t_0，以乙球释放的时刻为计时起点，则在 t 时刻，根据自由落体运动公式可得甲球下落的高度为 $h_{甲}=\frac{1}{2}g\left(t+t_0\right)^2$

乙球下落的高度为 $h_{乙}=\frac{1}{2}gt^2$

位移间的关系为 $d=h_{甲}-h_{乙}+h_0$

联立整理可得 $d=gt_0t+\frac{1}{2}gt_0{}^2+h_0$

结合题图可知斜率为 $k=gt_0$

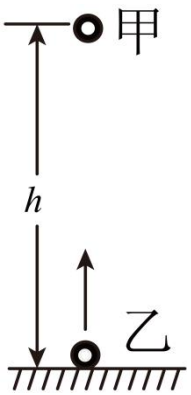
解得两球释放的时间差为 $t_0=\frac{k}{g}$

结合题图可知截距为 $d_0=\frac{1}{2}gt_0{}^2+h_0$

解得甲球释放时，两球间的高度差为 $h_0=d_0-\frac{k^2}{2g}$

故选 AD。

11．如图所示，甲乙两相同小球，甲小球从距地面高度 h 处静止释放，同时乙小球在它的正下方的水平面上以某一初速度做竖直上抛运动，如果两小球碰时恰好速度大小相等、方向相反，且碰后以原速率反向运动，不计空气阻力，下列说法正确的是（　　）



A．碰后乙小球将先回到出发点

B．相碰时，甲乙两小球位移大小之比为 1：3

C．相碰前甲乙两小球平均速度大小之比为 1：2

D．乙小球落地时的速度大小为相碰时速度大小的 2 倍

【答案】BD

【解析】A．两球碰后速度大小相等，方向相反，且全程两球的受力情况不变，则各自碰撞后的运动规律与碰撞前的运动规律对称，则碰撞后回到出发点的运动时间也相等，即同时回到出发点。故 A 错误；

B．设竖直向上为正方向，乙球的初速度为v_0，两球从开始到相 碰用时 t， 则

$$v_0 t-\frac{1}{2}gt^2+\frac{1}{2}gt^2=h$$

又两小球碰时恰好速度大小相等

$$gt=v_0-gt$$

联立解得

$$t=\frac{v_0}{2g}$$

则甲乙相碰时二者位移分别为

$$h_{甲}=\frac{1}{2}gt^2=\frac{v_0^2}{8g}$$

$$h_{乙}=v_0 t-\frac{1}{2}gt^2=\frac{3v_0^2}{8g}$$

故相碰时甲乙两小球位移大小之比为

$$\frac{h_{甲}}{h_{乙}}=\frac{1}{3}$$

故 B 正确；

C．因为相碰前，甲、乙两小球运动时间相等，所以根据平均速度的定义可知，相碰前甲乙两小球平均速度大小之比等于其位移之比，即

$$\frac{h_{甲}}{h_{乙}}=\frac{\bar{v}_{甲}}{\bar{v}_{乙}}=\frac{1}{3}$$

故 C 错误；

D．设乙小球落地时的速度大小为 v，由以上分析可知，乙球与甲球相碰时的速度大小为

$$v_0-g\times t=\frac{v_0}{2}$$

因为两球碰后以原速率反向运动，则乙球碰后的速度大小也为$\frac{v_0}{2}$，方向竖直向下，则结合上面分析可得

$$v^2-v_0^2=2gh_{乙}$$

联立以上解得

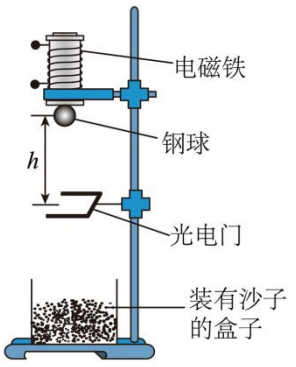
$$v=v_0$$

故 D 正确。

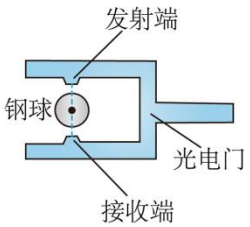
故选 BD 。

三、实验题（2 分/空，共计 14 分）

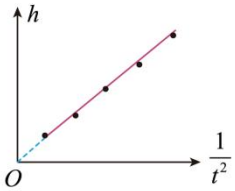
12．某学习小组利用如图甲所示的装置测量重力加速度.钢球一开始被通电的电磁铁衔住，电磁铁断电即释放钢球。小球下落途中会经过一光电门，光电门发射端与接收端在同一高度，且钢球经过光电门时，发射端发出的光能对准钢球的球心（如图乙）。钢球从光电门中经过时，光电门可以记录它的遮光时间 t，光电门的安装位置可以上下调整，从而改变释放时钢球球心到光电门发射端的竖直高度差 h，测得实验时所用钢球的直径为 d（d 很小）。完成下面的问题：



甲



乙



丙

(1)钢球球心经过光电门时的速度大小为 v=____（用所测物理量的符号表示）；

(2)多次改变 h，该学习小组得到了多组 h 和 t 的实验数据，并画出了 $h-\frac{1}{t^2}$ 图像，如图丙，算得图像的斜率为 k。利用图像的斜率 k 和小球的直径 d 可算得重力加速度 g=____（用字母 k 和 d 表示）；

(3)若某同学在安装器材时小球的释放点稍向左边偏移了一些，导致小球经过光电门时，虽然小球也能遮光，但光线无法对准球心。大家都没注意到这个问题，用这样的装置完成了实验，这会导致重力加速度的测量值_____（填“偏小”“偏大”或“不变”）。

【答案】(1)$\frac{d}{t}$　　(2)$\frac{d^2}{2k}$　　(3)偏大

【解析】（1）由于小球直径很小，挡光时间很短，可认为钢球球心经过光电门时的速度大小等于挡光过程的平均速度，则有

$$v=\frac{d}{t}$$

（2）根据自由落体运动规律有

$$2gh=v^2$$

解得

$$h=\frac{d^2}{2g}\times\frac{1}{t^2}$$

可知$h-\frac{1}{t^2}$图像的斜率为

$$k=\frac{d^2}{2g}$$

解得重力加速度为

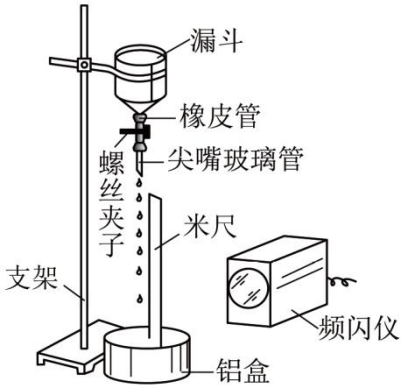
$$g=\frac{d^2}{2k}$$

（3）若某同学在安装器材时小球的释放点稍向左边偏移了一些，导致小球经过光电门时，虽然小球也能遮光，但光线无法对准球心，则实际挡光宽度 d 实小于小球直径 d，测得小球经过光电门的时间偏小，则$h-\frac{1}{t^2}$图像的斜率偏小，由

$$g=\frac{d^2}{2k}$$

可知重力加速度的测量值偏大。

13．测定当地的重力加速度的装置如图甲所示，该实验要在暗室中进行，实验器材包括：频闪仪（带照相功能）、尖嘴玻璃管、螺丝夹子、接水铝盒、带荧光刻度的米尺、支架、漏斗、橡皮管等。



甲

乙

实验步骤如下：

（1）在漏斗内盛满水，旋松螺丝夹子，使水滴以一定的频率一滴滴落下。

（2）用该频闪仪发出的闪光将水滴照亮，由大到小逐渐调节频闪仪的闪光频率，直到频闪仪的闪光频率为10Hz时，第一次看到一串仿佛固定不动的水滴，此时水滴滴落的频率为___Hz。

（3）调节螺丝夹子，加快水滴滴落的频率，再用该频闪仪发出的闪光将水滴照亮，直到第二次看到一串仿佛固定不动的水滴。

（4）利用频闪仪拍照。

（5）用竖直放置的米尺测得各水滴所对应的刻度。采集数据并处理，若读出其中几个连续的水滴的距离关系如图乙所示（用圆点代表水滴），则当地的重力加速度大小$g=$___$\mathrm{m/s^2}$。（结果保留两位有效数字）

（6）该实验中测得的重力加速度总是偏小的原因可能是___。（写出一条即可）

【答案】10　9.7　存在空气阻力

【解析】（2）[1]当频闪仪闪光频率等于水滴滴落的频率时，可看到一串仿佛固定不动的水滴，可知水滴滴落的频率为10Hz。

（5）[2]设滴水的时间间隔为T_0，频闪仪的拍照周期为

$$T=0.1\mathrm{s}，\ T_0=\frac{T}{n}(n=2,3,4,\cdots)$$

由运动学规律可知

$$g=\frac{(x_4+x_5+x_6)-(x_1+x_2+x_3)}{(3T_0)^2}$$

代入数据联立，当$n=2$时，解得

$$g \approx 9.7\mathrm{m/s^2}$$

（6）[3]存在空气阻力，水滴没有做自由落体运动。

四、解答题（14 题 6 分，15 题 8 分，16 题 8 分，15 题 9 分，共计 31 分）

14．高空抛物会造成严重的安全隐患，刑法修正案（十一）新设高空抛物罪，“高空抛物”正式入刑。若一小玻璃球从高度$H=45\mathrm{m}$处的楼层由静止滑落，不计空气阻力，取重力加速度$g=10\mathrm{m/s^2}$，求：

(1)小玻璃球经过多长时间落到地面；

(2)落地时小玻璃球的速度大小；

(3)下落过程中，小玻璃球在最后 2s 内的位移大小。

【答案】(1) 3s；　　(2) 30m/s；　　(3) 40m

【解析】（1）小玻璃球做自由落体运动，由$H=\frac{1}{2}gt^2$

解得$t=3\mathrm{s}$

（2）由$v=gt$

解得$v=30\mathrm{m/s}$

（3）前 1s 小玻璃球下落的位移大小为$h_1=\frac{1}{2}gt_1^2$

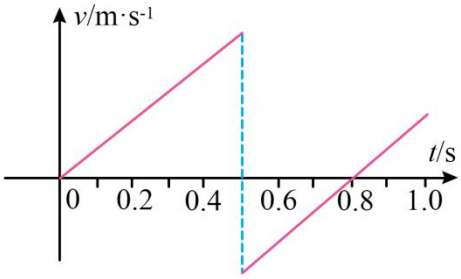
解得$h_1=5\mathrm{m}$

最后 2s 内的位移大小为$h_2=H-h_1$

解得$h_2=40\mathrm{m}$

15．一小球从空中自由下落，每次撞击地面后被竖直弹起，速度大小变为碰撞前的 0.6 倍，其速度随时间变化的情况如表格和图像所示（取向下为正方向），不计空气阻力，求小球：

t/s	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
$v/\mathrm{m\cdot s^{-1}}$	2	4	–2	0	2



(1)在 0～0.3s 过程中的位移；

(2)运动过程中的最大速率；

(3)在 0～1.0s 内的平均速度。

【答案】(1)0.45m　　(2)5m/s　　(3)1m/s

【解析】（1）由图表可得

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=10\mathrm{m/s^2}$$

则在 0～0.3s 过程中的位移

$$x_1=\frac{1}{2}at_1^2=0.45\mathrm{m}$$

（2）由图像可知 0.5s 时的速率最大，有

$$v_2=at_2=5\mathrm{m/s}$$

（3）0～0.5s 过程中的位移

$$x_1=\frac{v_2^2}{2a}=1.25\mathrm{m}$$

撞击地面后的速速

$$v_2'=0.6v_2=3\mathrm{m/s}$$

弹起的最大高度

$$x_2=\frac{v_2'^2}{2a}=0.45\mathrm{m}$$

由图像得第二次下降的时刻是 0.8s，下降的位移

$$x_3=\frac{1}{2}at_3^2=0.2\mathrm{m}$$

则

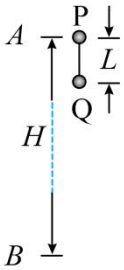
$$x_{总}=x_1-x_2+x_3=1\mathrm{m}$$

在 0～1.0s 内的平均速度

$$v_{平均}=\frac{x_{总}}{t_{总}}=1\text{m/s}$$

16．图甲为意大利著名建筑物比萨斜塔，相传伽利略在此做过自由落体实验。如图乙所示，现将两个小铁球 P 和 Q 用长 L=3.25m 不可伸长的轻绳连接，从与比萨斜塔的塔顶等高的 A 处将悬吊 Q 球的 P 球由静止释放。测得 Q 球落地的时间 t=3.2s，忽略空气阻力，g 取 10m/s²，求：

甲



乙

(1)比萨斜塔的高度 H；

(2)P、Q 球落地的时间差 Δt；

(3)P 球从释放到刚落地过程中的平均速度大小 $\overline{v}$ 。

【答案】(1)54.45m　　(2)0.1s　　(3)16.5m/s

【解析】（1）由静止释放 P 球后，Q 球做自由落体运动，则 $H-L=\frac{1}{2}gt^2$

解得 $H=54.45\text{m}$

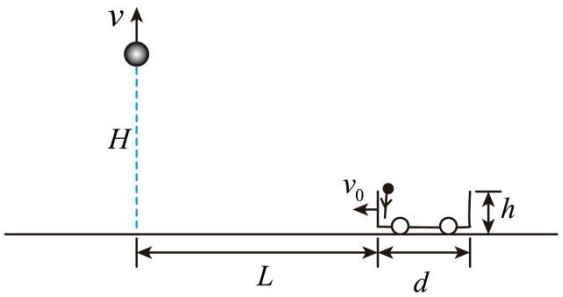
（2）由静止释放 P 球后，P 球做自由落体运动，则 $H=\frac{1}{2}g(t+\Delta t)^2$

解得 $\Delta t=0.1\text{s}$

（3）P 球从释放到刚落地的过程中的平均速度大小 $\overline{v}=\frac{H}{t+\Delta t}$

解得 $\overline{v}=16.5\text{m/s}$

17．受到巴黎奥运会中中国乒乓球队优异表现的影响，小莎同学决定从发球开始学习乒乓球。根据规则，发球员须用手将球竖直向上抛出。忽略一切空气阻力，重力加速度取 10m/s²，求：



(1)若某次小莎同学抛出的球上升的最大高度为 1.8m，求球从被抛出到落回到抛出点的时间间隔；

(2)若小莎从距离地面 H=1.35m 处以 v=5m/s 的速度竖直向上抛出球的同时，她的同伴将水平地面上一高 h=15cm，长 d=50cm 的长方形小车以某一初速度 v_0 踢出。踢出前小车前端距离乒乓球抛出点正下方的距离 L=1.2m，踢出后小车做加速度大小 a=2m/s^2 的匀减速直线运动。若小莎抛出球后未击打，最终乒乓球落入小车，求 v_0 的范围。（结果保留两位小数，取 $\sqrt{30}=5.48$ ）

【答案】(1)1.2s　　(2) $2.20\text{m/s} \le v_0 \le 2.62\text{m/s}$

【解析】（1）由题意，乒乓球做竖直上抛运动，上升和下降高度均为 1.8m，故从抛球到击球的时间间隔为

$$t = 2\sqrt{\frac{2h}{g}} = 1.2\text{s}$$

（2）球从抛出到落在小车上端所用时间为 t，则

$$vt' - \frac{1}{2}gt'^2 = -(H-h)$$

解得

$$t' = 1.2\text{s}$$

①小车初速度较大时，乒乓球刚好和车尾上端相碰，则

$$v_0 t' - \frac{1}{2}at'^2 = L + d$$

解得

$$v_0 \approx 2.62\text{m/s}$$

刹车时间为

$$t_0 = \frac{v_0}{a} = 1.31\text{s} > 1.2\text{s}$$

故小车在球落入前没有停下，情况可行；

②小车速度较小时，乒乓球刚好和车头上端相碰，则

$$v_0' t' - \frac{1}{2}at'^2 = L$$

解得

$$v_0' \approx 2.2\text{m/s}$$

刹车时间为

$$t_0'=\frac{v_0'}{a}=1.1\text{s}<1.2\text{s}$$

$$x_{测}=\frac{v_0'^2}{2a}\approx 1.21\text{m}$$

说明车先停下球后到，车虽可以接到球，但此时初速度不是最小值，车先停下球后到，则

$$x=L=\frac{v_0''^2}{2a}$$

解得

$$v_0''=2.20\text{m/s}$$

综上，小车的初速度范围为

$$2.20\text{m/s}\le v_0\le 2.62\text{m/s}$$

衔接点 09 重力与弹力

学习要求

初中阶段	高中阶段
主要让学生对重力与弹力形成初步感性认识。学生需知道重力是由于地球吸引而产生，方向竖直向下，记住重力与质量的关系公式 G = mg（g 取 9.8N/kg 或 10N/kg），能进行简单计算。对于弹力，要了解弹性形变概念，知道弹力产生于物体的弹性形变，能列举常见的弹力实例，如弹簧的拉力、压力等，培养从生活现象中识别物理概念的能力，为高中学习奠定基础。	深入理解重力与弹力的本质和规律。在重力方面，需掌握重心概念及确定方法，理解重力加速度随地理位置变化的原因，能运用矢量运算法则分析重力相关问题 。对于弹力，要精确掌握产生条件（接触且发生弹性形变），学会用胡克定律 F = kx 定量计算弹簧弹力，能通过受力分析判断弹力方向，结合牛顿运动定律解决复杂情境下的力学问题，提升逻辑推理与综合分析能力。
衔接指引	
初中阶段考查形式：多采用选择题、填空题和简答题。 高中阶段考查形式：选择题、实验题和计算题。	

知识衔接

回顾初中知识

一、重力：

1. 概念：___由于地球的吸引而使物体受到的力叫做重力___。地球附近的所有物体都受到重力。

2. 理解

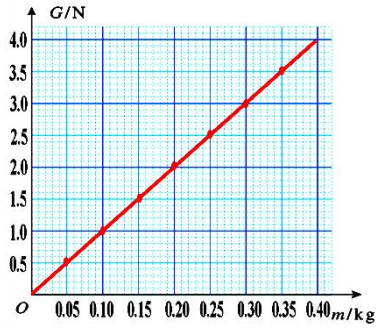
①物体所受重力的施力物体都是___地球___；受力物体是地面附近的所有物体。

②如果没有重力，河水不能流动；杯中的水倒不进嘴里；人跳起来就会离开地球…

3. 重力单位：___牛顿（N）___。

4. 探究重力的大小跟质量的关系

（1）选取的测量工具：___弹簧测力计___和___天平___；



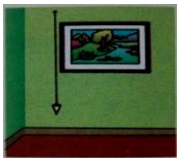
（2）实验表明：物体所受的重力跟它的质量成正比，两者之间的关系是 G=mg 或 $g=\frac{G}{m}$。

g = 9.8 N/kg；粗略计算 g =10 N/kg。

（3）g = 9.8 N/kg 的含义：表示质量为 1 kg 的物体所受到的重力是 9.8 N；5.竖直向下。

5.重力的方向：竖直向下（竖直指向地心向下）

重力方向竖直向下的应用：重垂线、水平仪



注意：在空中飞行的物体不计空气阻力时只受重力，因此在空中飞行的物体最终都要落向地面。

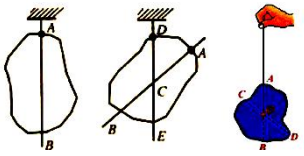
6.重心

（1）概念：地球吸引物体的每一个部分。但是对于整个物体，重力作用的表现就好像它作用在某一点上，这个点叫做物体的重心（重力的作用点）。

（2）质地均匀、外形规则的物体重心在它的几何中心上。

（3）重心的位置与物体的形状、材料是否均匀有关；重心的位置不一定在物体上，有可能在物体之外，如：圆环；重心的位置并不是固定不变的，它随着质量的分布而变化；重心的位置越低越稳固，如：不倒翁

（4）不规则形状物体重心位置通常用悬挂法确定（如图）



二、弹力：

1.概念：物体由于发生弹性形变而产生的力。

2.产生条件：物体间接触且发生弹性形变。

3. 大小：由物体的弹性强弱及__形变程度__决定。

4. 方向：总跟施力物体的__形变方向__相反。

5. 弹簧测力计

（1）测量原理：__在弹性限度内，弹簧受到的拉力越大，弹簧的伸长量就越大__；

（2）使用方法：使用时注意看、调、测、读四个环节。

①观察：__量程和分度值__（选择合适量程及分度值）、__零刻度__（是否指零）。

②调：指针不指零刻度则__调节到指零位置__，并检查弹簧是否__灵活__。

③测：作用在挂钩上的力应沿弹簧的__轴线__方向，防止因指针与外壳接触造成误差。

④读：读数时，视线必须与刻度板表面__垂直__。

知新高中知识

一、重力和重心

1、重力

（1）重力的概念：重力是由于__地球的吸引__而使物体受到的力，重力__不等于__物体受到的地球的__吸引力__；一切物体都受重力作用，物体所受重力的施力物体是地球；物体所受的重力与它所处的运动状态、速度大小无关。

（2）重力的方向：__竖直向下__。

竖直向下也就是沿重垂线的方向，不能将竖直向下说成“垂直向下”或“指向地心”。“竖直向下”是指垂直于当地的水平面向下，而“垂直向下”可以指垂直于任何支持面向下。只有在__两极或赤道__时，重力的方向才“__指向地心__”。

（3）重力的大小：重力 G 跟物体的质量 m 成__正比__，即 G=mg。

2、重心

（1）概念：一个物体的各部分都要受到重力的作用，从效果上看，我们可以认为各部分受到的重力作用__集中于一点__，这一点叫做物体的__重心__。

（2）注意：物体重心的位置与物体的形状及物体的质量分布情况有关，与物体的放置状态、运动状态无关。质量分布__均匀的规则物体__的重心在其__几何中心__。板类物体的重心可用悬挂法确定。

二、力的图示和示意图

1、力的图示：力可以用__有向线段__表示，有向线段的__长短__表示力的__大小__，__箭头__表示力的__方向__，箭尾(或箭头)表示力的作用点。

2、力的示意图：只用带箭头的__有向线段__来表示力的方向和作用点，不需要__准确标度力的大小__。

三、弹性形变和弹力

1、弹性形变：物体在发生形变后，如果撤去作用力能够恢复原状的形变。

2、弹性限度：如果形变过大，超过一定的限度，撤去作用力后物体不能(填“能”或“不能”)完全恢复原来的形状，这个限度叫作弹性限度。

3、弹力：发生__弹性形变__的物体，由于要恢复原状，对跟它接触的物体产生的力叫**弹力**。

4、产生的条件：①弹力的产生条件是两个物体__直接接触__，②并发生__弹性形变__。

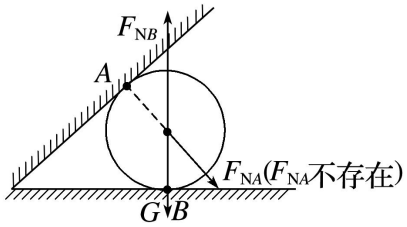
5、弹力有无的判断：可利用__假设法__进行判断。

(1)假设无弹力：假设__撤去__接触面，看物体还能否在原位置保持原来的状态，若能保持原来的状态，则说明物体间无弹力作用；否则，有弹力作用。

(2)假设有弹力：__假设__接触物体间有弹力，画出假设状态下的受力示意图，判断受力情况与所处状态是否矛盾，若矛盾，

则不存在弹力；若不矛盾，则存在弹力。

如图，接触面光滑，若 A 处有弹力，则无法使球处于静止状态，故 A 处无弹力.



(3)__状态法__：根据物体的运动状态，利用牛顿第二定律(第四章学习)或共点力平衡条件(第 5 节学习)判断弹力是否存在。

6、弹力的方向：力垂直于两物体的接触面.

（1）支撑面的弹力：支持力的方向总是__垂直__于支撑面，指向被支持的物体；压力总是垂直于支撑面指向被压的物体。

点与面接触时弹力的方向：过接触点垂直于接触面。

球与面接触时弹力的方向：在接触点与球心的连线上。

球与球相接触的弹力方向：垂直于过接触点的公切面。

（2）弹簧两端的弹力方向：与__弹簧中心轴线__重合，指向弹簧恢复原状的方向．其弹力可为拉力，可为压力。

（3）轻绳对物体的弹力方向：沿绳指向绳收缩的方向，即只为拉力。

四、探究弹簧弹力与形变量的关系

1、实验目的：知道弹力与弹簧伸长的定量关系，学会利用列表法、图象法、函数法处理实验数据。

2、实验原理：弹簧受力会发生形变，形变的大小与受到的外力有关，沿弹簧的方向拉弹簧，当形变稳定时，弹簧产生的弹力与使它发生形变的拉力在数值上是相等的，用悬挂法测量弹簧的弹力，运用的正是弹簧的弹力与挂在弹簧下面的砝码的重力相等．弹簧的长度可用刻度尺直接测出，伸长量可以由拉长后的长度减去弹簧原来的长度进行计算．这样就可以研究弹簧的弹力和弹簧伸长量之间的定量关系。

3、实验器材：弹簧、毫米刻度尺、铁架台、钩码若干、坐标纸。

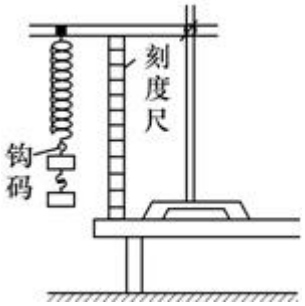
4、实验步骤

（1）将弹簧的一端挂在铁架台上，让其自然下垂，用刻度尺测出弹簧自然伸长状态时的长度 L_0，即原长。

（2）如图所示，将已知质量的钩码挂在弹簧的下端，在平衡时测量弹簧的总长并计算钩码的重力，填写在记录表格里。

（3）增加钩码的个数，重复上述实验过程，将数据填入表格。以 F 表示弹力，l 表示弹簧的总长度，$x=l-l_0$ 表示弹簧的伸长量。

	1	2	3	4	5	6	7
F/N							
l/cm							
x/cm							



五、胡克定律

1、内容：__在弹性限度__内，弹簧发生弹性形变时，弹力 F 的大小跟弹簧伸长(或缩短)的长度 x 成 正比 ，即__F＝kx__。（注意：胡克定律在弹簧的弹性限度内适用）

2、劲度系数：k 叫作弹簧的劲度系数，单位是牛顿每米，符号是 N/m ；表示弹簧“软”“硬”程度的物理量。

3、胡克定律的应用

（1）胡克定律推论

在弹性限度内，由 $F=kx$，得 $F_1=kx_1$，$F_2=kx_2$，即 $F_2-F_1=k(x_2-x_1)$，即：$\triangle F=k\triangle x$

即：弹簧弹力的变化量与弹簧形变量的变化量（即长度的变化量）成正比。

（2）确定弹簧状态

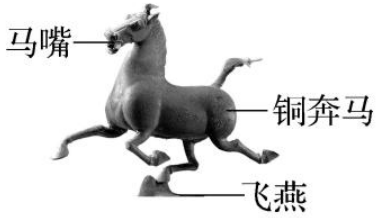
对于弹簧问题首先应明确弹簧处于“拉伸”、“压缩”还是“原长”状态，并且确定形变量的大小，从而确定弹簧弹力的方向和大小．如果只告诉弹簧弹力的大小，必须全面分析问题，可能是拉伸产生的，也可能是压缩产生的，通常有两个解。

（3）利用胡克定律的推论确定弹簧的长度变化和物体位移的关系

如果涉及弹簧由拉伸（压缩）形变到压缩（拉伸）形变的转化，运用胡克定律的推论 $\triangle F=k\triangle x$ 可直接求出弹簧长度的改变量 $\triangle x$ 的大小，从而确定物体的位移，再由运动学公式和动力学公式求相关量。

典例精析

例 1、（多选）如图所示，仿东汉马踏飞燕制作的文创作品，马蹄与飞燕连接处不固定，也具有“马踏飞燕”而不倒的效果．下列关于该文创作品的说法正确的是（　　）



A．只有铜奔马的重心位置才受到重力作用　　B．铜奔马的重心在“飞燕”踏点正上方

C．铜奔马在不同省份时，受到的重力可能略有差异　　D．铜奔马在不同省份时，受到的重力一定相同

【答案】BC

【解析】重心只是重力的等效作用点，铜奔马每个部位都受到重力作用，故 A 错误；为了保证铜奔马踏在“飞燕”上不倒，重心应在“飞燕”踏点正上方，故 B 正确；纬度越高，重力加速度越大，故铜奔马在不同省份时，受到的重力可能略有差异，故 C 正确，D 错误．

例 2、（多选）下列关于重力的说法正确的是（　　）

A．同一物体在地球两极的重力最小　　B．形状规则的物体的重心不一定在几何中心

C．在地球上的任何位置，重力方向都相同　　D．重力是由于地球的吸引而使物体受到的力

【答案】BD

【解析】A．地球两极的重力加速度最大，同一物体质量不变，在地球两极 g 最大，所以重力最大，故 A 错误；

B．形状规则且质量分布均匀的物体，其重心在几何中心；若形状规则但质量分布不均匀，重心不一定在几何中心，故 B 正确；

C．重力方向总是竖直向下，即垂直于当地水平面向下，在地球上不同位置，水平方向不同，所以重力方向

不一定相同，故 C 错误;

D．重力是由于地球的吸引而使物体受到的力，不过不能说重力就是地球对物体的吸引力，因为地球的吸引力一部分提供物体随地球自转所需的向心力，另一部分表现为重力，故 D 正确。

故选 BD。

方法点拨

1. 重力计算：利用 G=mg 求解，注意 g 取值一般取 9.8N/kg 或 10N/kg。

2. 质量换算：已知重力求质量时，用 m=$\frac{G}{g}$ 计算。

3. 方向判断：始终竖直向下，与接触面是否水平无关（如斜面上物体重力方向不变）。

4. 作用点标注：重心位置按物体形状确定（规则物体在几何中心，不规则物体用悬挂法）。

5. 近似处理：地球表面附近物体，重力近似等于地球对物体的万有引力。

6. 变化分析：随纬度升高 g 增大，随高度升高 g 减小。

7. 单独受力：物体必受重力，无论运动状态如何（如抛体运动物体仍受重力）。

8. 平衡应用：与其他力（弹力、摩擦力等）合成时，重力作为竖直方向分力参与运算，利用平衡条件求解未知力。

例 3、关于物体的重心，下列说法正确的是（　　）

A．物体升高或降低时，其重心在物体上的相对位置也升高或降低

B．物体形状改变时，重心位置一定发生变化

C．物体的重心可能位于物体之外

D．采用背越式跳高的运动员在越过横杆时，其重心位置一定在横杆之上

【答案】C

【解析】对于某一确定物体，物体的重心位置相对于物体是固定的，与物体位置的高低无关，A 错误；物体的重心位置由物体的形状和质量分布决定，形状改变，重心位置可能不变，B 错误；物体的重心不一定在物体上，如匀质铁环的重心在圆心，不在环上，C 正确；采用背越式跳高时，运动员身体弯曲，越过横杆时其重心可能在横杆的下方，D 错误.

例 4、（多选）欹（qī）器是我国古代一种倾斜易覆的盛水器，其特点是“虚则欹，中则正，满则覆”（空的时候是倾斜的，加了一半水后是直立的，加满水后即翻倒），如图 1 所示为仿制欹器的空桶，桶可绕水平轴转动，图 2 为其截面图，OO' 为桶的对称轴，下列说法正确的是（　　）

图1

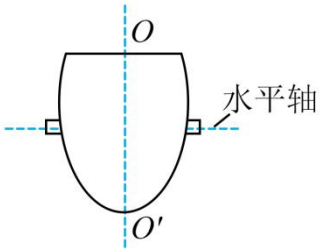


图2

A．向桶中加水过程中重心一直升高　　B．向桶中加水过程中重心先下降再升高

C．加了一半水后重心处于水平轴的上方　　D．加满水后重心处于水平轴的上方

【答案】BD

【解析】AB．向桶中加水过程中容器及容器内的水整体重心先降低再升高，A 错误，B 正确；

C．当重心位于水平轴下方时，容器直立。故加了一半水后重心处于水平轴的下方，C 错误；

D．当重心位于水平轴上方时，容器容易翻倒，故加满水后重心处于水平轴的上方，D 正确。

故选 BD。

方法点拨

重　心

1. 规则均匀物体：重心在几何中心（如球心、矩形对角线交点）。
2. 不规则物体：用悬挂法找重心（两次悬挂线延长线交点）。
3. 重力作用点标在重心，均质杆、绳等物体重心可简化为几何中心。
4. 变截面物体（如锥形棒）：重心偏向质量分布密集端。
5. 物体形状改变时（如弯曲铁丝）：重新确定质量分布求重心。

例 5、（多选）下列关于形变的说法正确的是（　　）

A．弓张紧时所发生的形变是弹性形变

B．用力将一根直铁丝弯折成“Π”字形发生的形变为弹性形变

C．甲、乙两车相撞后甲车的车头凹下去了，甲车头所发生的形变是塑性形变

D．骑自行车时车上的减震弹簧所发生的形变是塑性形变

【答案】AC

【解析】发生形变的物体在撤去外力后能恢复原状的形变称为弹性形变，不能恢复或不能完全恢复原状的形变称为塑性形变，则弓张紧时所发生的形变和骑自行车时车上的减震弹簧所发生的形变是弹性形变，铁丝弯折成“Π”字形发生的形变和车头所发生的形变是塑性形变。

故选 AC。

例 6、（多选）关于弹性形变和弹力，以下说法正确的是（　　）

A．物体在力的作用下，形状和体积发生改变，叫做弹性形变

B．物体在外力作用停止后，能够恢复原状的形变叫做弹性形变

C．若物体之间有弹力作用，则物体一定发生了形变

D．两物体相互接触，一定有弹力产生

【答案】BC

【解析】AB．物体在外力作用停止后，能够恢复原状的形变叫做弹性形变，故 A 错误，B 正确；

C．物体发生形变才能产生弹力，故物体之间有弹力作用，则物体一定发生了形变，故 C 正确；

D．弹力产生的条件是：接触并相互挤压。故两物体相互接触不一定存在弹力，故 D 错误。

故选 BC。

方法点拨

1. 判断依据

（1）弹性形变：撤去外力后能完全恢复原状（如弓、弹簧形变）。

（2）塑性形变：撤去外力后不能恢复原状（如铁丝弯折、车头凹陷）。

2. 解题步骤

（1）分析外力作用后物体的状态变化。

（2）判断撤去外力后能否恢复原始形状：

3. 弹性形变与弹力关系辨析

（1）产生弹力的条件：物体间接触且发生弹性形变。

（2）弹性形变的定义：外力停止后能恢复原状的形变。

4. 易混点突破

（1）接触≠弹力：两物体接触但无挤压（即无形变）时无弹力（如并排放置的两木块）。

（2）形变≠弹性形变：塑性形变不产生弹力（如橡皮泥被挤压后无法恢复，无弹力）。

5. 常见误区

（1）认为 “只要形变就是弹性形变”。

（2）混淆 “接触” 与 “弹力产生条件”。

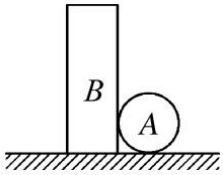
6. 应对策略

（1）紧扣定义：弹性形变的 “可恢复性” 是判断核心。

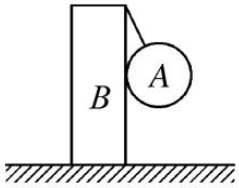
（2）结合实例：弓、弹簧、橡皮筋等为弹性形变典型；金属永久弯折、撞击凹陷为塑性形变。

例 7、下列各图中，接触面均光滑，物体均静止，A、B 两物体之间一定不存在弹力的是（　　）

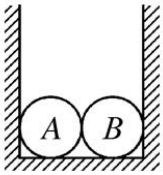
A.



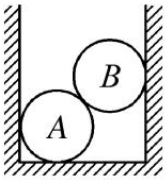
B.



C.



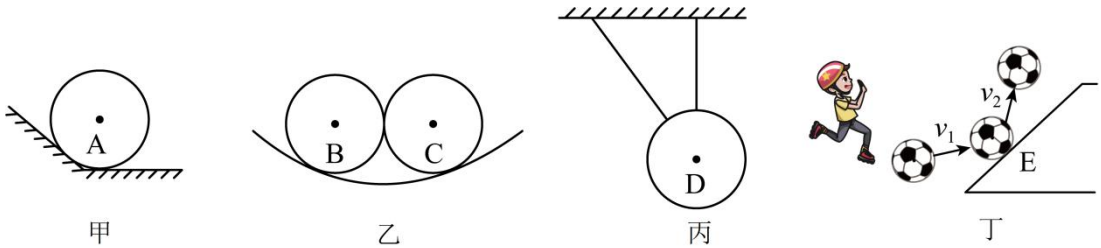
D.



【答案】A

【解析】A 图中，假设两物体间有弹力，则 A 小物体将向右运动，与 A 物体静止矛盾，故 A、B 间无弹力；B 图中，假设 B 对 A 物体无弹力，A 物体将向左摆动，故两物体间有弹力；C 图中，若 A、B 物体间无挤压，则两物体间无弹力，若有挤压，则存在弹力；D 图中，假设 A 对 B 物体无弹力，B 物体将落下，故两物体间有弹力．故选 A．

例 8、图甲、乙、丙中的 A、B、C 和 D 球均为光滑球，且四个球均静止。图丁中的 E 球是一足球，一学生将足球踢向斜台的示意图如图丁所示。下列说法正确的是（　　）



A．若图甲中斜面和水平面均光滑，A 球只受到两个力的作用

B．若曲面上表面光滑，B 球和 C 球间一定没有弹力的作用

C．D 球受到两个弹力的作用

D．E 球（足球）与斜台作用时，斜台给足球的弹力方向先沿 v_1 的方向后沿 v_2 的方向

【答案】A

【解析】A．由平衡条件可知，A 球和斜面之间没有弹力作用，A 球受重力和水平面的支持力，故 A 正确；

B．由平衡条件可知，B 球受重力，支持力和 C 球的弹力作用，故 B 错误；

C．由平衡条件可知，倾斜的细绳对 D 球没有拉力作用，D 球受到一个弹力的作用，故 C 错误；

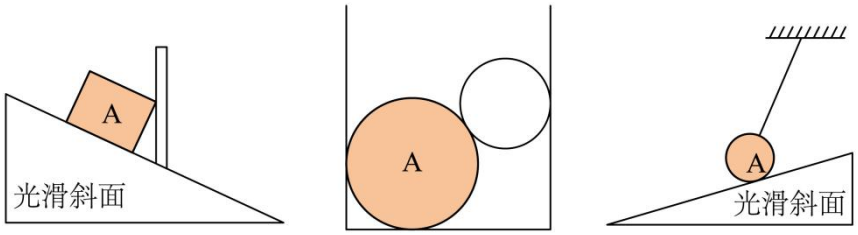
D．E 球（足球）与斜台作用时斜台给足球的弹力方向总是垂直于接触面，故 E 球（足球）与斜台作用时斜台给足球的弹力方向垂直斜台向左上方方向，故 D 错误。

故选 A。

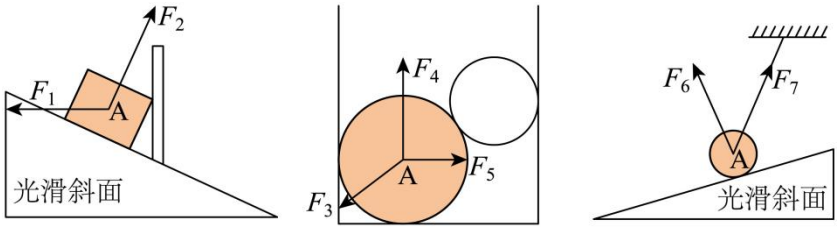
方法点拨

方法	思路
假设法	假设将与研究对象接触的物体解除接触，若运动状态不变，则此处不存在弹力；若运动状态改变，则此处一定存在弹力
替换法	用细绳替换装置中的杆，看能不能维持原来的运动状态，如果能维持，则说明这个杆提供的是拉力；否则，提供的是支持力
状态法	物体的受力必须与物体的运动状态相符合，依据物体的运动状态，由力的平衡条件（或牛顿第二定律，第四章学到）列方程，求解物体间的弹力

例 9、画出图中 A 物体受到的弹力的示意图。

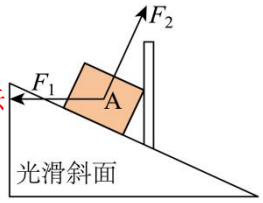


【答案】



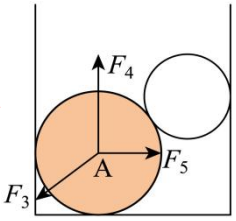
【解析】

[1]物块 A 受到光滑斜面的弹力，方向垂直斜面指向物块 A，以及竖直挡板给 A 的水平向左的弹力，如图所

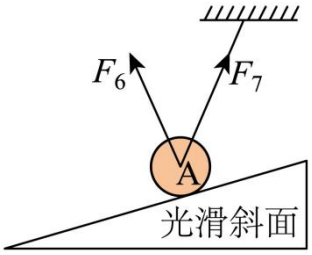


示

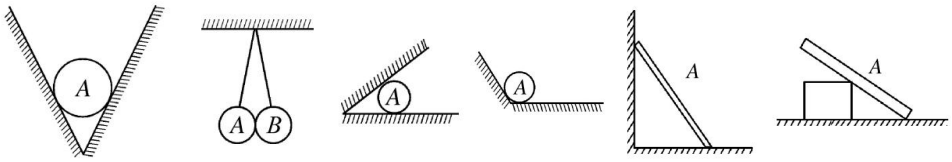
[2]A 受到底部的弹力，方向竖直向上，还受到左侧面给的水平向右的弹力以及上面的球给 A 的弹力，方向沿两个球心的连线指向 A，如图所示



[3]A 受到光滑斜面给的垂直斜面向上的弹力以及沿绳收缩方向的拉力，如图所示

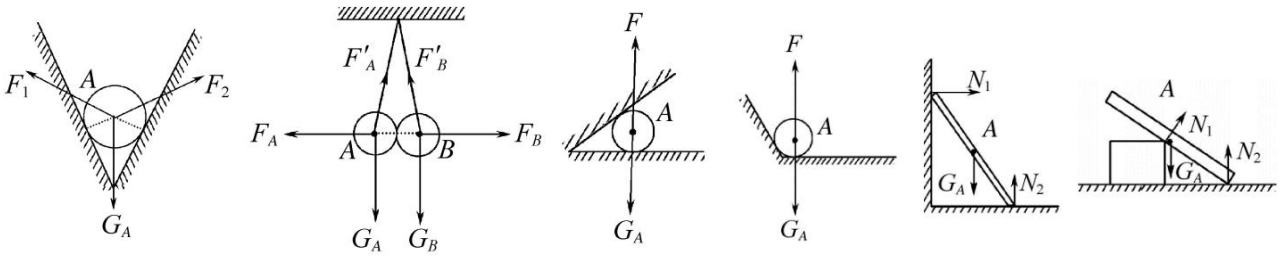


例 10、画出下图中物体 A 和 B 所受重力、弹力的示意图（各接触面均光滑）.

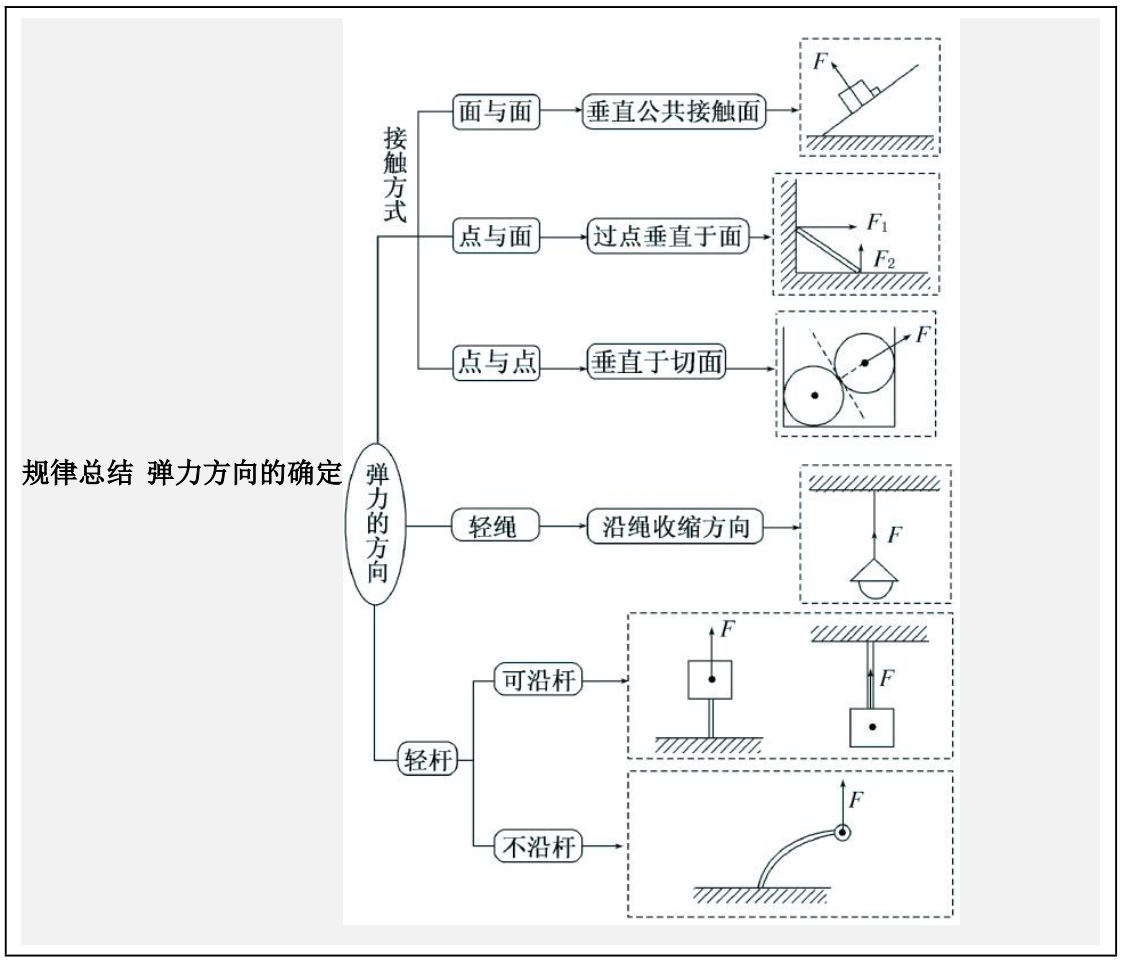


【答案】见解析

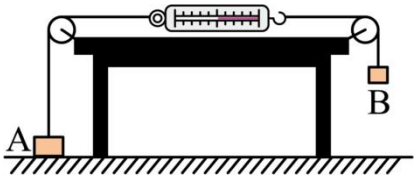
【解析】



方法点拨



例 11、如图所示，物体 A 和 B 的重力分别为 10N 和 3N，不计弹簧秤和细线的重力和一切摩擦，则弹簧秤的读数为（　　）



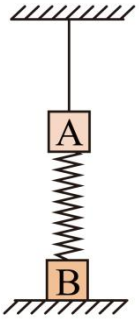
A．3N　　B．6N　　C．10N　　D．13N

【答案】A

【解析】物体 B 处于静止状态，所以 B 受力是平衡的，即：弹簧右端受到的力大小为 3N；又因为弹簧秤处于静止状态，所以弹簧秤受力是平衡的，弹簧右端受到的拉力是 3N，虽然 A 的重力是 10N，但因弹簧受力平衡，A 端绳受的力是 3N，而弹簧秤的合力为零。弹簧秤的示数是钩上的拉力或是一端受到的力，所以示数为 3N。

故选 A。

例 12、如图所示，A、B 两物体的重力分别是 $G_A=3\text{N}$、$G_B=4\text{N}$，A 用悬绳挂在天花板上，B 放在水平地面上，A、B 间的轻弹簧为压缩状态，弹力 $F=2\text{N}$，则绳中张力 F_1 和 B 对地面的压力 F_2 分别为（　　）

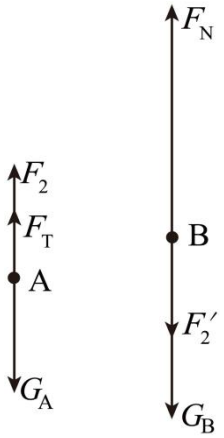


A．7N 和 10N　　B．5N 和 2N

C．1N 和 6N　　D．2N 和 5N

【答案】C

【解析】弹簧处于压缩状态，对 A 和 B 进行受力分析



据 A 平衡有

$$F_T=G_A-F_2=1\text{N}$$

据 B 平衡有

$$F_2'=F_2=2\text{N}$$

$$F_N=G_B+F_2'=6\text{N}$$

故选 C。

方法点拨

1. 弹簧秤读数问题解法

（1）核心原理

弹簧秤示数等于其一端所受拉力（或压力），与另一端受力无关（平衡状态下两端力大小相等）。

（2）解题步骤

隔离分析受力物体：先对 B 物体分析，其受重力 3N 与弹簧拉力平衡，故弹簧右端拉力为 3N。

确定弹簧秤示数：弹簧秤静止时两端拉力相等，示数等于挂钩端拉力（即 3N），与 A 的重力无关。

（3）关键结论

弹簧秤示数由 “直接作用于挂钩的力” 决定，与系统其他物体重力无关。

2.含弹簧系统的平衡问题分析

（1）解题流程

明确弹簧状态：压缩状态时弹力方向指向恢复形变方向（对 A 向上，对 B 向下）。

（2）隔离法受力分析：

对 A：受重力 3N（向下）、弹簧弹力 2N（向上），由平衡得绳张力 $F_1 = G_A - F = 3N - 2N = 1N$。

对 B：受重力 4N（向下）、弹簧弹力 2N（向下）、地面支持力 F'_2（向上），由平衡得 $F'_2 = G_B + F = 4N + 2N = 6N$，故 B 对地面压力 $F_2 = 6N$。

（3）受力分析要点

弹力方向判断：压缩弹簧弹力指向被压缩物体，拉伸弹簧弹力指向拉伸反方向。

平衡方程建立：每个物体满足 $\sum F = 0$，注意弹力作为内力参与受力分析。

3.常见模型与易错点

（1）典型模型

悬挂式弹簧：示数等于悬挂物体重力（平衡时）。

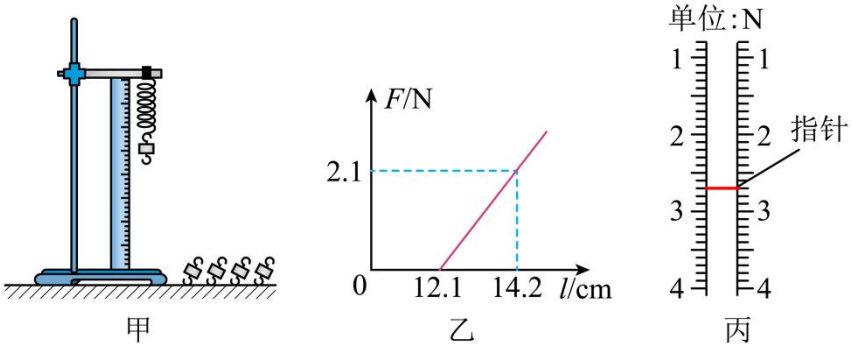
压缩 / 拉伸弹簧连接体：通过隔离法分别列平衡方程，注意弹力方向与形变方向的一致性。

（2）易错提醒

忽略弹簧 “状态（压缩 / 拉伸）” 对弹力方向的影响（如例 9 中压缩弹簧对 A 的力向上）。

误将系统总重力代入局部受力分析（例 8 中弹簧示数与 A 的重力无关）。

例 13、某同学在做“探究弹簧弹力的大小与伸长量的关系”实验时，他先将一弹簧竖直悬挂让其自然下垂，测出其自然长度，然后在其下部挂上钩码，测出弹簧的总长度，改变钩码个数，测出几组数据，作出弹簧弹力与弹簧总长度的关系图线，如图乙所示。



(1)关于本实验，下列说法正确的是_____。（填正确答案标号）

A．应保证标尺位于竖直方向，要待钩码静止时再读数

B．为了使实验效果明显，每个钩码重力越大越好

C．为减小实验误差，应多测几组数据，每次增加的钩码数量必须相等

(2)实验中，该同学以弹簧弹力 F 为纵轴、弹簧长度 l 为横轴建立坐标系，依据实验数据作出 $F-l$ 图线如图乙所示，由图线可得出该弹簧的原长为___cm，弹簧的劲度系数为___N/m。

(3)该同学利用本实验原理把上述弹簧做成了一个弹簧测力计，若某次测量时弹簧测力计示数如图丙所示，则弹簧测力计的示数为___N。

【答案】(1)A　　(2)12.1　100　　(3)2.70/2.69/2.71

【解析】（1）A．为确保读数准确，要保证标尺位于竖直方向，要待钩码静止时再读数，选项 A 正确；

B．钩码总重力应在弹性限度内，若每个钩码重力越大，测量数据越少，误差越大，选项 B 错误；

C．每次增加的钩码数量不必相等，选项 C 错误。

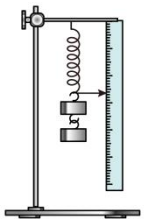
故选 A。

（2）[1]当弹簧弹力等于零时，弹簧的长度是原长，由图乙可得出弹簧原长为 12.1cm；

[2]根据 $F=k\Delta x$，结合图乙可知，图线斜率即为劲度系数，则 $k=\dfrac{\Delta F}{\Delta l}=\dfrac{2.1-0}{(14.2-12.1)\times10^{-2}}\text{N/m}=100\text{N/m}$

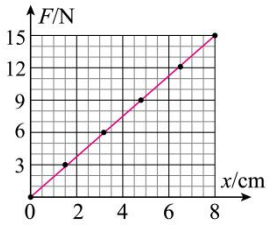
（3）题图丙中弹簧测力计的最小分度为 0.1N，因此要估读到 0.01N，根据图丙读出弹簧测力计的示数为 2.70N。

例 14、某同学用图（a）装置做“探究弹簧弹力与形变量的关系”实验。



图(a)

图(b)



图(c)

(1)在图（b）中，刻度尺保持竖直，为了便于直接读出弹簧的长度，刻度尺的零刻度应与弹簧的___（选填“上端”或“下端”）对齐，不挂钩码时指针所指刻度尺的位置如图（b）所示，则此时弹簧的长度 $L_0=$___cm；

(2)改变所挂钩码的个数，进行多次实验，记录每次所挂钩码的质量 m 及弹簧的长度 L，根据 $F=mg$ 求得弹力（重力加速度 g 取 $10\,\mathrm{m/s^2}$），根据 $x=L-L_0$ 求弹簧的伸长量，得到多组 F、x 的值作 $F-x$ 图像，如图（c）所示。由图像求出弹簧的劲度系数为 $k=$___N/m；

(3)本实验中弹簧自重对弹簧劲度系数的测量结果___（填“有”或“无”）影响。

【答案】(1) 上端　14．91（14．91～14．93 均可）　(2)187.5　　(3)无

【解析】（1）[1]为了方便读出弹簧的长度，零刻度应与弹簧的上端对齐。

[2]由图乙可知该刻度尺的最小分度值为 $1\,\mathrm{mm}$，估读到分度值的下一位，则弹簧的长度 $L_0=14.91\,\mathrm{cm}$。

（2）根据胡克定律，结合 $F-x$ 图像可知，弹簧的劲度系 $k=\dfrac{\Delta F}{\Delta x}=\dfrac{15}{0.08}\mathrm{N/m}=187.5\mathrm{N/m}$

（3）本实验由于是竖直悬挂测弹簧原长，之后悬挂重物做实验，所以对测量结果没有影响。

方法点拨

1. 实验操作与注意事项

（1）实验原理与器材调整

竖直悬挂弹簧时，刻度尺零刻度线需与弹簧上端对齐，确保测量弹簧长度时起点准确。

读数时需待钩码静止，且标尺保持竖直，避免因晃动或倾斜导致误差。

（2）数据采集原则

钩码重力需在弹簧弹性限度内，避免重力过大使弹簧超出弹性范围。

多测几组数据时，每次增加的钩码数量可不相等，关键是覆盖足够的测量范围。

2. 图像分析与劲度系数求解

（1）F-L 图像（弹力－长度关系）

原长确定：当弹力 F＝0 时，图像与横轴的交点即为弹簧原长。

劲度系数计算：根据胡克定律 F＝k(L－L_0)，图像斜率即为劲度系数 k。例如：

图线斜率：k＝$\frac{\Delta F}{\Delta L}$；

（2）F-Δx 图像（弹力-伸长量关系）

图像过原点，斜率直接对应 k，公式为 k＝$\frac{\Delta F}{\Delta x}$，与弹簧自重无关。

3.弹簧弹力的受力分析应用

（1）平衡状态下的弹力计算

弹簧处于拉伸或压缩状态时，弹力大小满足 F＝k△x，且需结合物体平衡条件列方程。

弹簧秤读数等于其一端受到的拉力。

（2）注意事项

弹簧弹力方向与形变方向相反：压缩时弹力向外，拉伸时弹力向内。

轻弹簧（质量忽略）两端受力大小相等，弹簧秤示数等于一端拉力。

4.常见误区与解题技巧

误区 1：认为弹簧秤示数等于两端拉力之和。

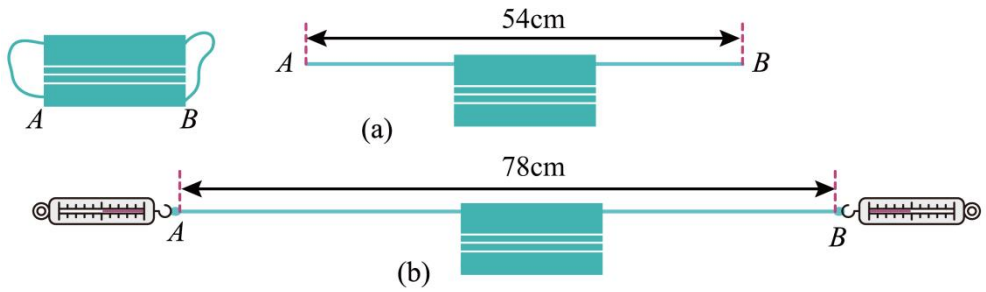
误区 2：忽略弹簧原长与形变量的区别。

技巧：实验题中注意估读规则；受力分析时优先选取平衡状态的物体为研究对象。

例 15、（多选）最近，某中学有个别班级里的同学感染了水痘，为了防止水痘的传播学校提出了采取了一系列措施，期中包括号召大家带口罩，高一年级某位同学学了弹力知识后就想测定一下口罩两侧弹性绳的劲度系数。他的操作测量如下：

①先将两条弹性绳 A、B 端拆离口罩，并如图（a）在水平面自然平展，测得总长度为 54cm；

②然后按图（b）用两个弹簧测力计同时缓慢拉 A、B 端，当两个弹簧测力计示数均为 2.4N 时，测得总长度为 78cm。不计一切阻力，弹性绳在弹性范围内。根据以上数据可知（　）



A．图（b）中，口罩两侧均受到 4.8N 的弹力　　B．图（b）中，每条弹性绳的伸长量为 12cm

C．每条弹性绳的劲度系数为 40N/m　　D．每条弹性绳的劲度系数为 20N/m

【答案】BD

【解析】A．弹力是两端同时产生，大小相等，方向都是指向恢复原长的方向，因此口罩两侧受到 2.4N 的弹力，故 A 错误；

B．总长度变化了 24cm，因此每一边伸长 12 cm，故 B 正确；

CD．根据胡克定律

$$F = k \cdot \Delta x$$

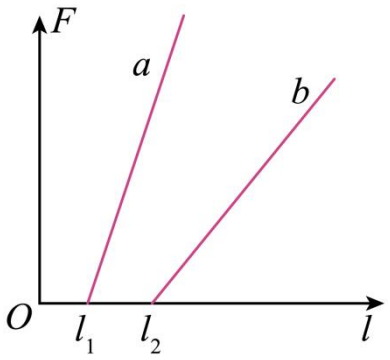
代入数据得

$$k = 20\text{N/m}$$

故 C 错误，D 正确。

故选 BD。

例 16、一个实验小组在“探究弹簧弹力与形变量的关系”的实验中，使用两条不同的轻质弹簧 a 和 b，得到弹簧弹力与弹簧长度的图像如图所示。由图像可知（　　）



A．弹簧 a 的原长比 b 的长　　B．两根弹簧弹力均与弹簧的长度成正比

C．弹簧伸长量相同时，弹簧 a 受到的力比 b 的大　　D．施加相同大小的力，弹簧 a 的形变量比 b 的大

【答案】C

【解析】A．在 $F-l$ 图像中，与横轴的交点即为弹簧的原长，由图可知，弹簧 a 的原长比 b 的短，A 错误；

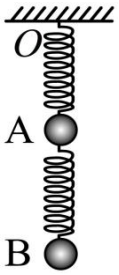
B．由图可知，在弹性限度内，弹簧的弹力与弹簧的形变量成正比，B 错误；

C．在 $F-l$ 图像中，图像的斜率为弹簧的劲度系数，由图可知弹簧 a 的劲度系数大于弹簧 b 的劲度系数，故弹簧伸长量相同时，弹簧 a 受到的力比 b 的大，C 正确；

D．根据上述分析可知，施加相同大小的力，弹簧 a 的形变量比 b 的小，D 错误。

故选 C。

例 17、一个自然长度为 L 的轻弹簧，将其上端固定，下端挂一个质量为 m 的小球时，弹簧的总长度变为 $2L$。现将两个这样的弹簧按如图所示方式连接，A、B 两小球的质量均为 m，则两小球平衡时，B 小球距悬点 O 的距离为（不考虑小球的大小，且弹簧都在弹性限度范围内）（　　）



A．$3L$　　B．$4L$　　C．$5L$　　D．$6L$

【答案】C

【解析】当挂一个小球时，根据胡克定律有 $mg=k\Delta x=k\left(2L-L\right)=kL$

解得 $L=\dfrac{mg}{k}$

当挂两个小球时，对上面弹簧，根据胡克定律有 $2mg=k\Delta x_1$

解得 $\Delta x_1=\dfrac{2mg}{k}=2L$

下面弹簧，根据胡克定律有 $mg=k\Delta x_2$

解得 $\Delta x_2=\dfrac{mg}{k}=L$

故 B 球距悬点 O 的距离为 $x=2L+\Delta x_1+\Delta x_2=5L$

故选 C。

例 18、将一轻质弹簧上端固定，下端悬挂一钩码，静止时弹簧伸长了 l。如果将该轻质弹簧从正中间剪断，再将上端连在一起并固定，下端连在一起，在下端悬挂同样的钩码，如图所示。若弹簧始终在弹性限度内，则静止时，每一段弹簧将伸长（　　）

A．$\dfrac{1}{4}l$　　B．$\dfrac{1}{2}l$　　C．l　　D．$2l$

【答案】A

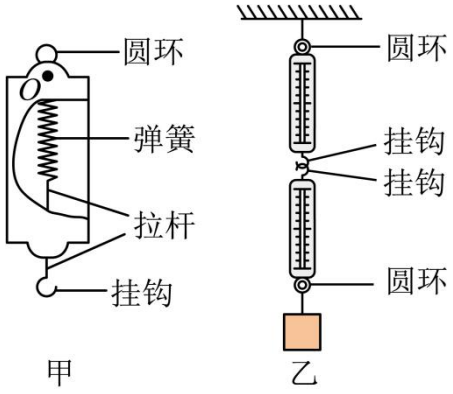
【解析】当轻弹簧从正中间剪断时，弹簧的劲度系数变为原来的两倍，设钩码质量为 m，剪断前有 $mg=kl$

剪断后，对每一段弹簧都有 $\frac{1}{2}mg=2k\cdot x$

解得 $x=\frac{mg}{4k}=\frac{1}{4}l$

故选 A。

例 19、实验室常用的弹簧秤结构如图甲所示，弹簧的一端与连接有挂钩的拉杆相连，另一端固定在外壳上的 O 点，外壳上固定一个圆环，整个外壳重为 1N，弹簧和拉杆的质量忽略不计。现将两弹簧秤以如图乙方式悬挂起来，下端挂一重为 1N 的钩码，则稳定后上、下两弹簧秤的读数分别为（　　）（不计一切摩擦）



A．2N，2N　　B．2N，3N　　C．3N，2N　　D．3N，3N

【答案】A

【解析】上面弹簧的读数等于重物的重力与下面弹簧秤的重力之和，即 2N；下面弹簧的读数也等于重物的重力与下面弹簧秤的重力之和，即 2N。

故选 A。

方法点拨

1. 胡克定律的灵活应用

（1）基础公式与形变量计算

胡克定律：F＝k△x，其中△x 为形变量（伸长量或压缩量），与弹簧总长度关系为：

伸长时：△x＝L － L_0（L 为总长度，L_0 为原长）；

压缩时：△x＝L_0－L。

（2）劲度系数 k 的影响因素

弹簧截断后，劲度系数与长度成反比：原长 L 的弹簧截为 n 段，每段劲度系数为 nk。

2. 弹簧串联与并联模型

（1）串联模型（多弹簧依次连接）

各弹簧弹力相等，总形变量为各段形变量之和，等效劲度系数 $k_{串}$ 满足：$\frac{1}{k_{串}}=\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}$。

（2）并联模型（多弹簧并排连接）

各弹簧形变量相等，总弹力为各段弹力之和，等效劲度系数 $k_{并}=k_1+k_2$。

（3）弹簧秤读数与受力分析

读数本质：弹簧秤读数等于其挂钩端所受拉力，与另一端受力无关（平衡时两端拉力相等）。

系统受力分析步骤

隔离弹簧秤，明确其受力来源（如重力、拉力）。

4.常见误区与突破方法

误区 1：混淆弹簧总长度与形变量

解题时需先确定原长 L_0，再算形变量 $\triangle x=|L-L_0|$。

误区 2：忽略弹簧连接方式对受力的影响

串联时各弹簧受力相等，并联时各弹簧受力可能不同（与劲度系数有关），需结合胡克定律分别计算。

技巧：优先隔离受力简单的物体

5.实验与实际问题迁移

（1）实验数据处理

利用 F-△x 图像斜率求 k，或通过平衡条件 F=mg=k△x 直接计算。

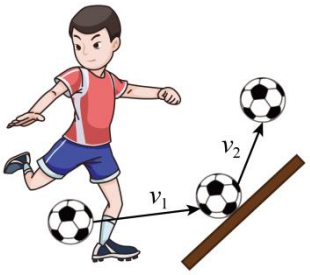
（2）实际应用场景

弹簧秤读数、悬挂系统平衡、弹簧截断后劲度系数变化等问题，均需紧扣胡克定律与受力平衡。

总结：弹簧问题的核心是明确 “形变量与弹力的关系”，结合连接方式（串联 / 并联）和受力分析（隔离法），即可快速突破。

对点集训

1．体育课上一学生将足球踢向斜台，如图所示。下列关于足球与斜台作用时，斜台对足球的弹力方向的说法中正确的是（　　）



A．沿v_1的方向　　B．沿v_2的方向

C．先沿v_1的方向后沿v_2的方向　　D．沿垂直于斜台的方向

【答案】D

【解析】点面接触时，弹力方向垂直于接触面，指向受力物体即垂直斜台指向足球，所以足球受到沿垂直于斜台斜向左上方的弹力，D 正确。

故选 D。

2．下列关于重力的说法正确的是（　　）

A．空中高速飞行的子弹不受重力作用　　B．物体所受重力都集中在它的几何中心上

C．同一物体在赤道和北极受到的重力相等　　D．物体的重心与物体的形状和质量分布有关

【答案】D

【解析】A．空中高速飞行的子弹也受重力作用，故 A 错误；

B．物体的各个部分均会受到重力作用，故 B 错误；

C．g 值在两极较大，所以同一物体在赤道和北极受到的重力不相等，故 C 错误；

D．物体的重心与物体的形状和质量分布两个因素有关，故 D 正确；

故选 D。

3．滑板是深受年轻朋友追捧的极限运动。如图所示，当人站在滑板上运动时，下列说法正确的是（　　）

A．人的重心位置固定不变　　B．人对滑板的压力就是人的重力

C．人的重心一定在人身上　　D．水平地面对滑板的弹力方向竖直向上

【答案】D

【解析】A．人的重心位置可能随人做各种动作而改变，故 A 错误；

B．人对滑板的压力施力物体是人，人的重力施力物体是地球，人对滑板的压力和人的重力不是同一个力，故 B 错误；

C．重心可能在人上，也可能在人外，故 C 错误；

D．水平地面对滑板的弹力垂直于水平地面，故 D 正确。

故选 D。

4．如图是儿童常玩的玩具不倒翁，将站立的不倒翁按倒在桌面上，不倒翁会重新立起，下列说法正确的是（　　）

A．按倒不倒翁，其重心高度降低

B．按倒不倒翁，其重心高度不变

C．不倒翁所受到的桌面支持力是由于不倒翁发生形变产生的

D．不论不倒翁处于何种状态，其所受重力的方向总是竖直向下

【答案】D

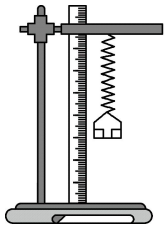
【解析】AB．立起的不倒翁的重心很低，按倒不倒翁，其重心高度升高，故 AB 错误；

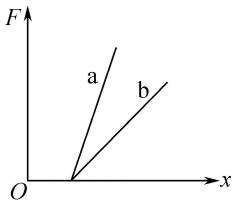
C．不倒翁所受到的桌面支持力是由于桌面发生形变产生的，故 C 错误；

D．不论不倒翁处于何种状态，其所受重力的方向总是竖直向下，故 D 正确。

故选 D。

5．某实验小组采用如图所示的装置探究在弹性限度内两根不同弹簧 a 和 b 的弹力和弹簧伸长量的关系，得到弹簧弹力 F 随弹簧伸长量 x 变化的图像如图所示。下列说法正确的是（　　）





A．弹簧 a 的原长一定和 b 相同

B．弹簧 a 的劲度系数一定比弹簧 b 的小

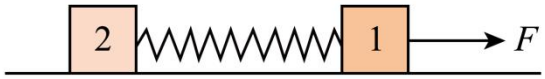
C．弹簧 a 的自重一定比弹簧 b 的大

D．挂上同样的重物，弹簧 a 的形变量大

【答案】C

【解析】由题中已知条件无法推算弹簧的原长，故无法判断两个弹簧原长是否相同，故 A 错误；弹簧弹力随弹簧伸长量 x 的变化图像中，斜率表示弹簧劲度系数，由图可知，弹簧 a 的劲度系数一定大于弹簧 b 的劲度系数，故 B 错误；横截距是拉力 F 为零时，弹簧的伸长量，即弹簧在自身重力作用下的伸长量，弹簧 a 的劲度系数比弹簧 b 的大，两个弹簧在自重作用下伸长量相同，所以弹簧 a 的自重一定比弹簧 b 的大，挂上同样的重物，弹簧 b 的形变量大，故 C 正确，D 错误。故选 C。

6．如图所示，在粗糙水平面上有两个质量分别为 m_1 和 m_2 的木块 1 和 2，中间用一原长为 l、劲度系数为 k 的轻弹簧连接，木块与地面之间的动摩擦因数为μ。已知重力加速度为 g，现用一水平力向右拉木块 1，弹簧处于弹性限度内，当两木块一起匀速运动时，两木块之间的距离为（　　）



A．$l+\frac{\mu m_1 g}{k}$　　B．$l+\frac{\mu(m_1+m_2)g}{k}$

C．$l+\frac{\mu m_2 g}{k}$　　D．$l+\frac{\mu m_1 m_2 g}{k(m_1+m_2)}$

【答案】C

【解析】对木块 2 研究，根据平衡条件可知弹簧的弹力为

$$F=\mu m_2 g$$

由胡克定律得到弹簧伸长的长度

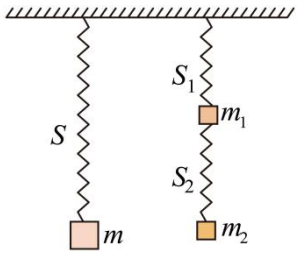
$$x=\frac{F}{k}=\frac{\mu m_2 g}{k}$$

所以两木块一起匀速运动时两木块之间的距离为

$$L=l+x=l+\frac{\mu m_2 g}{k}$$

故选 C。

7．轻质弹簧 S 的上端固定在天花板上，下端悬挂一质量为 m 的物体，平衡时弹簧的长度为 L_1，现将一根与 S 完全相同的弹簧剪为 S_1 和 S_2 两部分；将质量分别为 m_1 和 m_2 的两物体分别与 S_1 和 S_2 相连并悬挂在天花板上（$m_1+m_2=m$）如图所示。平衡时 S_1 和 S_2 的长度之和为 L_2，则（　　）



A．L_2一定等于L_1

B．L_2一定大于L_1，且m_2越小，L_2就越长

C．L_2一定小于L_1，且m_2越大，L_2就越短

D．L_2一定小于L_1，且m_2越小，L_2就越短

【答案】D

【解析】设弹簧原长L_0，弹簧由 n 圈，每圈弹簧的劲度系数为 k，则

$$L_1 = L_0 + n\frac{mg}{k}$$

$$L_2 = L_0 + n_1\frac{(m_1+m_2)g}{k} + n_2\frac{m_2 g}{k}$$

又

$$n_1 + n_2 = n$$

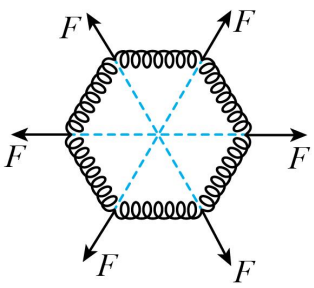
则

$$L_1 - L_2 = n_2\frac{m_1 g}{k}$$

则L_2一定小于L_1，m_2越小，m_1越大，L_2就越短。

故选 D。

8．如图所示，六根材质相同、原长均为x。的轻质弹簧的端点两两相连，在六个大小相等、方向互成$60°$角的恒定拉力F作用下，形成一个稳定的正六边形平面。已知该正六边形外接圆的直径为d，弹簧均在弹性限度范围内，则每根弹簧的劲度系数为（　　）



A．$\frac{2F}{d-2x_0}$　　B．$\frac{4F}{d-2x_0}$　　C．$\frac{4F}{2d-x_0}$　　D．$\frac{F}{d-2x_0}$

【答案】A

【解析】正六边形外接圆的半径为$0.5d$，此时弹簧的长度为$0.5d$，伸长量$x=0.5d-x_0$

由胡克定律可知，每根弹簧的弹力$F_0=kx=k\left(0.5d-x_0\right)$

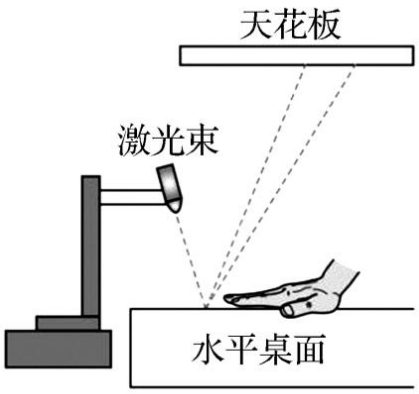
两相邻弹簧的夹角为$120°$，两相邻弹簧弹力的合力$F_{合}=k(0.5d-x_0)$

弹簧静止处于平衡状态，由平衡条件可知，每个拉力大小$F=F_{合}=k\left(0.5d-x_0\right)$

解得$k=\frac{2F}{d-2x_0}$

故选 A。

9．在实验室中可以看到如图所示的实验现象：当用手按压桌面时，反射在天花板上的光点会发生移动。下列说法正确的是（　　）



A．桌面受到手的弹力作用是由于桌面发生了非弹性形变

B．桌面受到手的弹力作用是由于桌面发生了弹性形变

C．手对桌面的压力与桌面对手的支持力是一对平衡力

D．反射在天花板上的光点发生移动，说明桌面发生了形变

【答案】D

【解析】桌面受到手的弹力作用是由于手发生了弹性形变，A、B 错误；手对桌面的压力与桌面对手的支持力是一对相互作用力，C 错误；反射在天花板上的光点发生移动，说明桌面发生了形变，D 正确。

10．下列说法中正确的是（　　）

A．甲推倒乙说明甲对乙有力的作用，而乙对甲没有作用

B．有生命的物体才会施力，无生命的物体只会受到力

C．力的作用效果是使物体发生形变或改变物体的运动状态

D．力的图示中长线段对应的力一定比短线段所对应的力大

【答案】C

【解析】A．力的作用是相互的，甲用力把乙推倒，甲对乙有力的作用，乙对甲也有力的作用，故 A 错误；

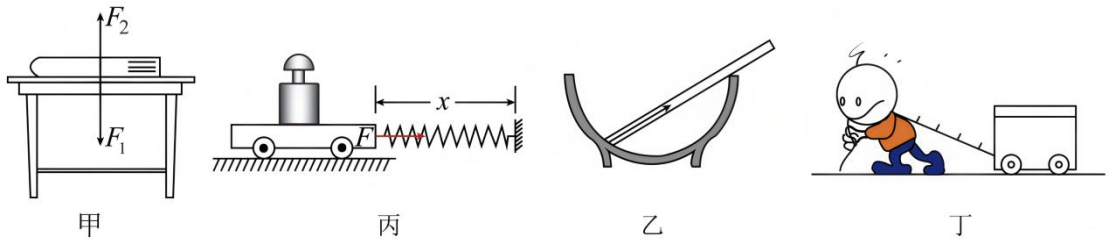
B．力是一个物体对另一个物体的作用，不管有生命或有动力的物体，还是无生命或无动力的物体都可以是施力物体，也可以是受力物体，故 B 错误；

C．力的作用效果是使物体发生形变或改变物体的运动状态，故 C 正确；

D．在同一组力的图示中，力的比例标度相同，长的线段所对应的力一定比短的线段所对应的力大；不同的图示中，力的比例标度不一定相同，力的图示中长线段对应的力不一定比短线段所对应的力大，故 D 错误。

故选 C。

11．（多选）力是物理学基础的概念，下列受力情况分析正确的是（　　）



A．甲图中，由于桌子的形变，对桌面产生向下的弹力 F_1

B．乙图中，小车向右压缩弹簧，小车对弹簧的弹力方向向右

C．丙图中，半圆形碗对筷子的弹力沿筷子斜向上，如图所示

D．丁图中，轻绳的拉力沿着绳并指向绳收缩的方向

【答案】BD

【解析】A．甲图中，由于书的形变，对桌面产生向下的弹力 F_1，故 A 错误；

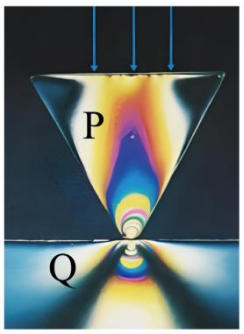
B．乙图中，小车向右压缩弹簧，弹簧对小车弹力的方向向左，小车对弹簧的弹力方向向右，故 B 正确；

C．丙图中，碗对筷子的弹力垂直该点切线指向圆心，故 C 错误；

D．丁图中，绳的拉力沿着绳并指向绳收缩的方向，故 D 正确。

故选 BD。

12．（多选）如图为有机玻璃发生微小形变的示意图，竖直的三角形有机玻璃 P 压在水平的平板玻璃 Q 上，当特殊的光线通过有机玻璃不同部位时，产生的花纹会发生变化。下列说法正确的是（　　）



A．因为Q发生了形变，所以P对Q有压力作用　　B．因为Q发生了形变，所以Q对P有支持力作用

C．因为P发生了形变，所以P对Q有压力作用　　D．因为P发生了形变，所以Q对P有支持力作用

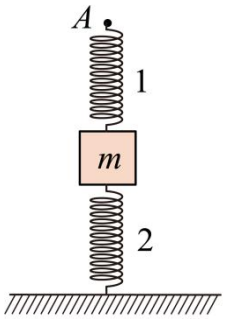
【答案】BC

【解析】AB．根据弹力产生条件可知，由于Q发生了形变，则Q对P有支持力作用，故A错误，B正确；

CD．由于P发生了形变，则P对Q有压力，故C正确，D错误。

故选BC。

13．（多选）如图所示，木块质量为m，两个轻质弹簧1、2的劲度系数分别为k_1、k_2，弹簧与木块、地面各接触点都栓连，整个系统静止。在弹簧1的上端A点施加竖直向上的拉力，将木块缓慢提起，停止时弹簧2的弹力大小变为原来的一半，则在这一过程中A点向上移动的距离可能为（　　）



A．$\dfrac{mg}{2k_2}$　　B．$mg\left(\dfrac{1}{k_1}+\dfrac{1}{k_2}\right)$

C．$\dfrac{mg}{2}\left(\dfrac{1}{k_1}+\dfrac{1}{k_2}\right)$　　D．$\dfrac{3mg}{2}\left(\dfrac{1}{k_1}+\dfrac{1}{k_2}\right)$

【答案】CD

【解析】未施加拉力时，弹簧1没有形变量，弹簧2的形变量满足

$$mg=k_2x_{21}$$

解得

$$x_{21}=\frac{mg}{k_2}$$

将木块缓慢提起，停止时，当弹簧 2 处于压缩状态，有

$$\frac{1}{2}mg=k_1x_{12}，\ \frac{1}{2}mg=k_2x_{22}$$

此过程中 A 点向上移动的距离

$$\Delta x=x_{12}+\left(x_{21}-x_{22}\right)=\frac{mg}{2}\left(\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}\right)$$

当弹簧 2 处于拉伸状态，有

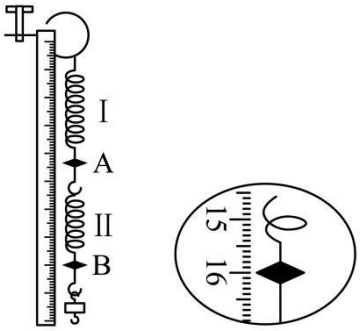
$$\frac{3}{2}mg=k_1x'_{12}，\ \frac{1}{2}mg=k_2x'_{22}$$

此过程中 A 点向上移动的距离

$$\Delta x'=x'_{12}+x'_{21}+x'_{22}=\frac{3mg}{2}\left(\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}\right)$$

故选 CD。

14．在“探究弹簧弹力与形变量的关系”时，某同学把两根弹簧如图甲连接起来进行探究。



甲　　乙

钩码数	1	2	3	4
L_A/cm	15.71	19.71	23.66	27.76
L_B/cm	29.96	35.76	41.51	47.36

(1)某次测量如图乙所示，指针示数为__cm。

(2)在弹性限度内，将 50 g 的钩码逐个挂在弹簧下端，得到指针 A、B 的示数 L_A 和 L_B 如表。用表中数据计算弹簧 Ⅰ 的劲度系数为__N/m（g 取 10 m/s^2）。表中数据__（选填“能”或“不能”）计算出弹簧 Ⅱ 的劲度系数。

【答案】(1)16.00/15.99/16.01　　(2)12.5　能

【解析】（1）[1]刻度尺读数需读到分度值的下一位，指针示数为 16.00cm；

（2）[2]由表格中的数据可知，每增加一个钩码，弹力的变化量

$$\Delta F = 0.5\text{N}$$

设对应的弹簧形变量的变化量为Δx，为了减小偶然误差的影响，采用逐差法，则

$$\Delta x = \frac{(L_3 + L_4) - (L_1 + L_2)}{4} = 4.0\text{cm} = 0.040\text{m}$$

根据胡克定律知

$$k_1 = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{0.5}{0.04}\text{N/m} = 12.5\text{N/m}$$

[3]结合 LA 和 LB 示数的变化，可以得出弹簧II形变量的变化量，结合弹力变化量，根据胡克定律能求出弹簧II的劲度系数。

15．为探究弹簧的弹力与形变量之间的关系，某同学用铁架台、弹簧、毫米刻度尺、钩码、铅笔等器材，按照如下实验步骤完成实验：

a、如图甲，将铁架台固定于桌子上，并将弹簧的一端系于横梁上，在弹簧附近竖直固定一把刻度尺；

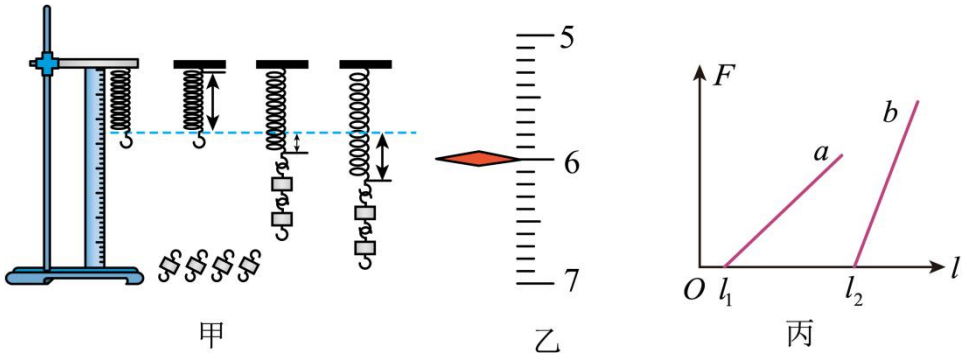
b、记下弹簧不挂钩码时其下端指针在毫米刻度尺上的读数l_0；

c、逐一将钩码挂在弹簧的钩子上；

d、每添加一个钩码后，待弹簧静止，记录此时指针在毫米刻度尺上的读数；

e、取下钩码、弹簧和毫米刻度尺，整理仪器。

请完成下列问题：



甲　　乙　　丙

(1)图乙为弹簧不挂钩码时其下端指针在毫米刻度尺上所对应的读数，则l_0=____cm；

(2)关于本实验中的实验操作及实验结果，以下说法正确的是____（填标号）。

A．该实验前须先将弹簧水平放置测量其原长

B．在安装毫米刻度尺时，必须使刻度尺保持竖直状态

C．不挂钩码时的读数l_0为弹簧的原长

D．每次添加钩码后，应保证钩码处于静止状态再读数

(3)图丙是a、b两弹簧的$F-L$图像，图像中的直线不过坐标原点的原因是：_____，_____（填“能”或“不能”）准确测出劲度系数。

(4)图丙中，当弹簧秤示数相同时，形变量越大，灵敏度越高，则用弹簧____。（选填“a”或“b”）制作的弹簧秤，灵敏度更高。

【答案】(1)6.00　　(2)BD　　(3)横轴截距表示弹簧的原长　能　　(4)a

【解析】（1）图乙中毫米刻度尺的分度值为0.1cm，由图可知$l_0=6.00\text{cm}$。

（2）A．在测量弹簧原长时，应将弹簧竖直悬挂，待静止时测出其长度，故 A 错误；

B．在安装毫米刻度尺时，必须使刻度尺保持竖直状态，故 B 正确；

C．弹簧上端的读数未知，不挂钩码时，上下两端的读数之差为弹簧原长，故 C 错误；

D．为减小误差，每次添加钩码后，应保证钩码处于静止状态再读数，故 D 正确。

故选 BD。

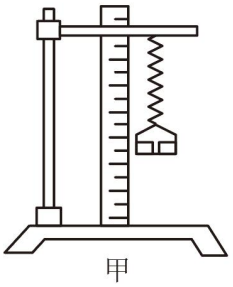
（3）[1][2]设弹簧的原长为L_0，根据胡克定律可得$F=k(L-L_0)$

可知图像中的直线不过坐标原点的原因是：横轴截距表示弹簧的原长；$F-L$ 图像的斜率表示弹簧的劲度系数，所以通过 $F-L$ 图像能准确测出劲度系数。

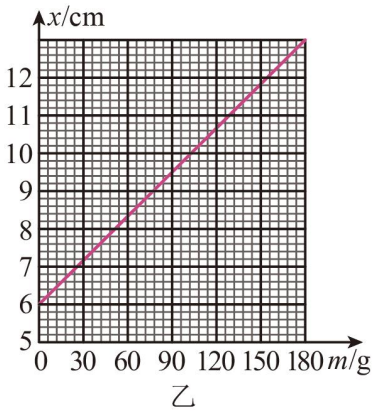
（4）根据 $F=k(L-L_0)$

可知 $F-L$ 图像的斜率表示弹簧的劲度系数，由图丙可知，弹簧 a 劲度系数小于弹簧 b 的劲度系数，故用弹簧 a 来制作弹簧秤，可以满足当弹簧秤示数相同时，形变量越大，灵敏度越高。

16．在探究“弹簧弹力与形变量的关系”时，小明同学用如图甲所示的实验装置进行实验：将该弹簧竖直悬挂，在自由端挂上砝码盘，通过改变盘中砝码的质量，用刻度尺测出弹簧对应的长度，测得实验数据如下：



甲



乙

实验次数	1	2	3	4	5	6
砝码质量 m/g	0	30	60	90	120	150

弹簧的长度 x/cm	6.00	7.14	8.34	9.48	10.64	11.83

(1)小明同学根据实验数据在坐标纸上用描点法画出 x-m 图像如图乙所示，根据图像他得出结论：弹簧弹力与弹簧伸长量不是正比例关系，而是一次函数关系。他结论错误的原因是_____。

(2)作出的图线与坐标系纵轴有一截距，其物理意义是___；该弹簧的劲度系数 k=___N/m（取 g=10m/s^2，保留三位有效数字）。

(3)请你判断该同学得到的实验结果与考虑砝码盘的质量相比，结果___（选填“偏大”“偏小”或“相同”）。

【答案】(1)x 表示弹簧的长度而不是弹簧的伸长量　　(2)未加砝码时弹簧的长度　25.7

(3)相同

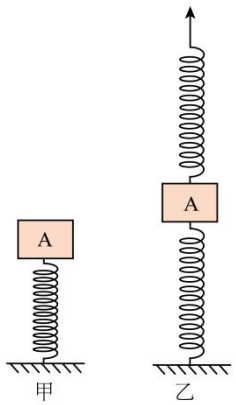
【解析】（1）在 x-m 图像中，x 表示弹簧的长度而不是弹簧的伸长量，故他得出弹簧弹力与弹簧伸长量不是正比例关系而是一次函数关系的错误结论。

（2）图线与纵坐标的交点表示未放砝码时弹簧的长度，图线的斜率表示弹簧的劲度系数，有

$$k=\frac{\Delta F}{\Delta x}=\frac{1.50}{(11.83-6.00)\times10^{-2}}\mathrm{N/m}\approx25.7\mathrm{N/m}$$

（3）根据公式 $F=k\Delta x$ 计算出的劲度系数，与是否考虑砝码盘的质量没有关系，故结果相同。

17．如图甲所示，一轻质弹簧 P 原长 $l=10\mathrm{cm}$，下端固定在水平面上，上端放一个质量为 3kg 的物块 A，物块 A 静止后弹簧长度为 $l_1=7\mathrm{cm}$；如图乙所示，若在物块 A 上端再系一个劲度系数为 500N/m 的轻质弹簧 Q，同时在弹簧 Q 上端施加竖直向上力 F 缓慢向上拉，物块 A 上升一段高度 h 静止后，两弹簧的总长度刚好等于原长之和。两弹簧始终在弹性限度范围内，重力加速度 $g=10\mathrm{m/s^2}$。求：



(1)弹簧 P 的劲度系数；

(2)物块 A 上升的高度 h 和此时拉力 F 的大小。

【答案】(1)1000N/m　　(2)10N

【解析】（1）根据平衡条件得

$$mg = k_1\left(l - l_1\right)$$

解得

$$k_1 = 1000\text{N/m}$$

（2）两个弹簧的形变量相等，设为 x，根据平衡条件得

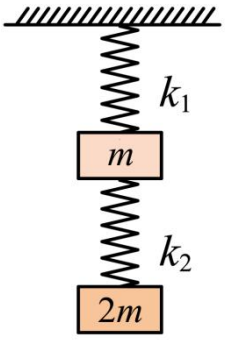
$$k_1 x + k_2 x = mg$$

$$F = k_2 x$$

解得

$$F = 10\text{N}$$

18．如图所示，原长分别为L_1和L_2，劲度系数分别为k_1和k_2的两轻质弹竖直悬挂在天花板上，两弹簧之间有一质量为m的物体，最下端挂着质量为$2m$的另一物体，整个装置处于静止状态。



(1)求这时两弹簧的总长度；

(2)若用一平板把下面的物体竖直缓慢地向上托起，直到两弹簧的总长度等于两弹簧的原长之和，求这时平板对下面物体的弹力大小。

【答案】(1) $L_1 + L_2 + \dfrac{3mg}{k_1} + \dfrac{2mg}{k_2}$　　(2) $\dfrac{k_2 mg}{k_1 + k_2} + 2mg$

【解析】（1）劲度系数为k_1轻质弹簧设它的伸长量为x_1，对整体，根据胡克定律有

$$\left(m + 2m\right)g = k_1 x_1$$

劲度系数为k_2轻质弹簧设它的伸长量为x_2，对下面个物体，根据胡克定律有

$$2mg = k_2 x_2$$

这时两个弹簧的总长度为

$$L = L_1 + L_2 + x_1 + x_2$$

联立可得

$$L = L_1 + L_2 + \frac{3mg}{k_1} + \frac{2mg}{k_2}$$

（2）用一个平板把下面的物体竖直缓慢地向上托起，直到两个弹簧的总长度等于两弹簧的原长之和时，设此时下面的弹簧应被压缩 x，上面的弹簧被拉伸 x，,以 m 为对象，根据平衡关系有：

$$\left(k_1 + k_2\right)x = mg$$

以 $2m$ 为对象，设平板对 $2m$ 的支持力为 F_{N}，根据平衡关系有

$$F_{\mathrm{N}} = k_2 x + 2mg$$

联立可得

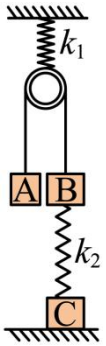
$$F_{\mathrm{N}} = \frac{k_2 mg}{k_1 + k_2} + 2mg$$

由牛顿第三定律可知这时平板对下面物体的弹力大小为

$$F'_{\mathrm{N}} = F_{\mathrm{N}} = \frac{k_2 mg}{k_1 + k_2} + 2mg$$

综合演练

19．如图所示，A、B、C 三个物体的质量是 m_A=m，m_B=m_C=2m，A、B 两物体通过绳子绕过定滑轮相连，B、C 用劲度系数 k_2 的弹簧相连，弹簧 k_1 一端固定在天花板上，另一端与滑轮相连．开始时，A、B 两物体在同一水平面上，不计滑轮、绳子、弹簧的重力和一切摩擦。现用竖直向下的力缓慢拉动 A 物体，在拉动过程中，弹簧、与 A、B 相连的绳子始终竖直，到 C 物体刚要离开地面（A 尚未落地，B 没有与滑轮相碰），此时 A、B 两物体的高度差（　）



A．$\frac{4mg}{k_2} + \frac{6mg}{k_1}$　　B．$\frac{6mg}{k_2} + \frac{16mg}{k_1}$

C．$\frac{6mg}{k_2}+\frac{12mg}{k_1}$　　D．$\frac{3mg}{k_2}+\frac{12mg}{k_1}$

【答案】C

【解析】开始时弹簧 k2 处于压缩状态，有

$$k_2x_{k_2}=2mg-mg$$

解得

$$x_{k_2}=\frac{mg}{k_2}$$

弹簧 k1 处于拉伸状态，有

$$k_1x_{k_1}=2mg$$

解得

$$x_{k_1}=\frac{2mg}{k_1}$$

C 物体刚要离开地面时，弹簧 k2 的弹力为 2mg，弹簧 k2 处于伸长状态，有

$$k_2x'_{k_2}=2mg$$

解得

$$x'_{k_2}=\frac{2mg}{k_2}$$

弹簧 k1 处于拉伸状态，有

$$k_1x'_{k_1}=2\times(2mg+2mg)$$

解得

$$x'_{k_1}=\frac{8mg}{k_1}$$

可知 A 下降的距离

$$\Delta h_{\mathrm{A}}=x_{k_2}+x'_{k_2}+2(x'_{k_1}-x_{k_1})$$

B 上升的高度

$$\Delta h_{\mathrm{B}}=x_{k_2}+x'_{k_2}$$

则 A、B 的高度差

$$\Delta L=\Delta h_{\mathrm{A}}+\Delta h_{\mathrm{B}}=\frac{6mg}{k_2}+\frac{12mg}{k_1}$$

故选 C。

20.（多选）出门戴口罩是一种良好的习惯，为了佩戴舒适，口罩两边的弹性绳的劲度系数比较小。某同学将弹性绳拆下，在弹性绳下端悬挂一支钢笔时，弹性绳的长度为 20cm，如图所示。当悬挂两支相同的钢笔时，弹性绳的长度为 24cm，悬挂一块橡皮时，弹性绳的长度为 18cm。若弹性绳满足胡克定律，且弹性绳始终在弹性限度内，不计弹性绳受到的重力，则（　　）

A．弹性绳的原长为 16cm

B．弹性绳的劲度系数为 12.5N/m

C．该橡皮的质量约为钢笔质量的$\frac{1}{2}$

D．将上述一支钢笔和一块橡皮挂在弹性绳下端，弹性绳长 22cm

【答案】ACD

【解析】ABC．设弹性绳原长为 L0，劲度系数为 k，钢笔重力为 G1，橡皮的重力为 G2，由胡克定律可知

$$G_1 = k(L_1 - L_0)$$

$$2G_1 = k(L_2 - L_0)$$

$$G_2 = k(L_3 - L_0)$$

联立解得

$$L_0 = 16\text{cm}$$

$$G_1 = 2G_2$$

根据已知条件无法计算 k，故 AC 正确，B 错误；

D．将一块橡皮和一支钢笔一起挂在弹性绳下端时，由胡克定律可知

$$G_1 + G_2 = k(x - L_0)$$

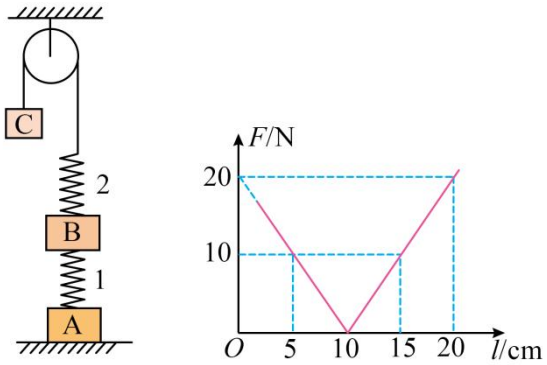
解得

$$x = 22\text{cm}$$

故 D 正确。

故选 ACD。

21．如图甲所示，物体 A 放在水平地面上，弹簧 1 的两端与物体 A 和物体 B 相连，弹簧 2 的一端与物体 B 相连，另一端与绳子相连，绳子绕过定滑轮另一端与物体 C 相连，三个物体 A、B、C 的质量分别是 $m_A=0.3$ kg，$m_B=0.2$ kg，$m_C=0.1$ kg，弹簧 1 和弹簧 2 完全相同，每一根弹簧的弹力 F 与弹簧总长度 l 的关系如图乙所示。现用竖直向下的力缓慢拉动物体 C，直到物体 A 刚要离开地面。不计弹簧与绳子的重力和一切摩擦，重力加速度大小 g 取 10 m/s^2。求：



甲　　乙

(1)未拉动物体 C 之前弹簧 1 的形变量和弹簧 2 的形变量；

(2)物体 A 刚要离地时，物体 C 向下移动的距离。

【答案】(1)0.005 m，0.005 m　　(2)0.04 m

【解析】（1）由图乙可知，弹簧的原长为 10 cm，弹簧的劲度系数为

$$k=\frac{\Delta F}{\Delta x}=\frac{10}{5\times10^{-2}}\text{N/m}=200\text{N/m}$$

初始时，弹簧 2 处于伸长状态，对 C 有

$$m_C g=kx_2$$

对 B 有

$$m_B g=kx_2+kx_1$$

联立解得

$$x_1=x_2=0.005\text{m}$$

弹簧 1 处于压缩状态；

（2）物体 A 刚要离地时，对 A 有

$$m_A g=kx_1'$$

所以

$$x_1' = 0.015\text{m}$$

弹簧 1 处于伸长状态，对 B 有

$$m_{\text{B}}g + kx_1' = kx_2'$$

解得

$$x_2' = 0.025\text{m}$$

所以物体 C 向下移动的距离为

$$x = (x_2' - x_2) + (x_1 + x_1') = 0.04\text{m}$$

进阶检测

（考试时间：60 分钟 试卷满分：100 分）

一、单选题（5 分/题，共 35 分）

1．下列有关重力和重心的说法正确的是（　　）

A．重力的施力物体是地球

B．重力是一种接触力，只有物体与地球接触才会产生

C．重心的位置只与物体的形状有关

D．重心可以看作物体所受重力的作用点，因此重心一定在物体的几何中心

【答案】A

【解析】A．由于地球的吸引而使物体受到的力叫作重力，可知，重力的施力物体是地球，故 A 正确；

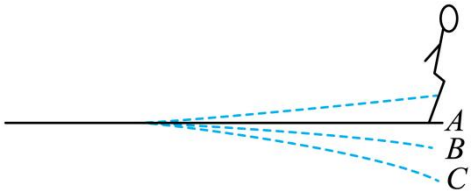
B．重力不是接触力，即使物体不与地球接触也能产生，故 B 错误；

C．重心的位置与物体的形状、物体内质量的分布有关，故 C 错误；

D．重心可以看作物体各部分所受重力的等效作用点，因此重心不一定在物体的几何中心，其还与物体的质量分布有关，故 D 错误。

故选 A。

2．某跳水运动员在 3m 长的踏板上起跳，我们通过录像观察到踏板和运动员要经历如图所示的状态，其中 A 为无人时踏板静止点，B 为人站在踏板上静止时的平衡点，C 为人在起跳过程中人和踏板运动的最低点，则下列说法正确的是（　　）



A．运动员在整个过程中受到踏板的支持力方向总是竖直向上。

B．运动员和踏板由 A 向 C 运动过程中，踏板对运动员的弹力越来越大

C．运动员受到的支持力，是运动员的脚发生形变而产生的

D．踏板发生形变，运动员的脚没有发生形变

【答案】B

【解析】A．根据弹力产生的条件可知，运动员在整个过程中受到踏板的支持力方向总是垂直于接触面向上，并不总是竖直向上，故 A 错误；

B．运动员和踏板由 A 向 C 运动过程中，踏板的形变量越来越大，则踏板对运动员的弹力越来越大，故 B 正确；

C．运动员受到的支持力，是踏板发生形变而产生的，故 C 错误；

D．踏板发生形变，运动员的脚也发生了形变，故 D 错误。

故选 B。

3．为探究摩托车避震系统弹簧的劲度系数，小明从摩托车修理店中买来两根摩托车避震系统的弹簧，并委托师傅将两根弹簧并联后加上坐垫，小明测得自身体重是 100kg，弹簧坐垫竖直放置时的长度是 40cm，小明站上坐垫后静止时同学测得弹簧的长度变为 37.5cm，g 取 10m/s^2，则根据以上数据可测得一根避震系统的弹簧劲度系数为（　　）

A．10000N/m　　B．20000N/m　　C．40000N/m　　D．80000N/m

【答案】B

【解析】对小明受力分析，有 $mg = 2k\Delta x$

将 $\Delta x = 40$ cm-37.5cm=2.5cm 代入解得 k=20000N/m

故选 B。

4．在仰韶文化时期，生活中常用到的工具中有一款“虚则欹、中则正、满则覆”的汲水瓶，它是古人们对重心知识的巧妙应用。下列有关重力与重心的说法正确的是（　　）

A．汲水瓶和水整体的重心位置一定会随瓶盛水的增加而变高

B．随着汲水瓶盛水量的增加汲水瓶所受重力变小

C．如果把汲水瓶由河南搬到海南，汲水瓶所受重力不会发生改变

D．汲水瓶未装水且静止时所受重力的方向与两条绳子所在的方向交于同一点

【答案】D

【解析】A．瓶本身的重心位置不变，水比较少时，随着水的增加，整体的重心位置可能先降低然后再随着水的增加逐渐升高，故 A 错误；

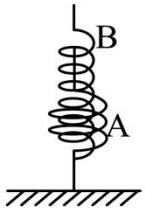
B．随着汲水瓶盛水量的增加汲水瓶所受重力变大，选项 B 错误；

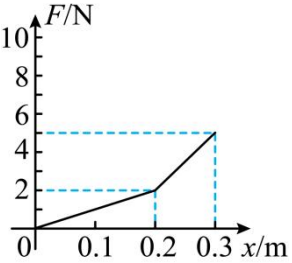
C．如果把汲水瓶由河南搬到海南，重力加速度减小，则汲水瓶所受重力减小，选项 C 错误；

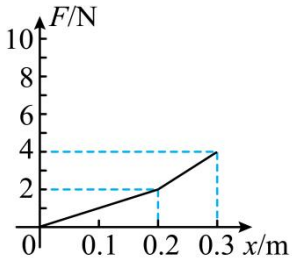
D．根据三力平衡原理，汲水瓶未装水且静止时所受重力的方向与两条绳子所在的方向交于同一点，选项 D 正确。

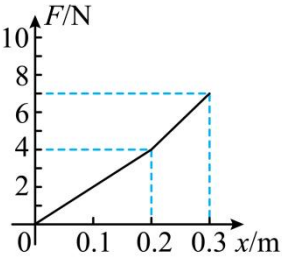
故选 D。

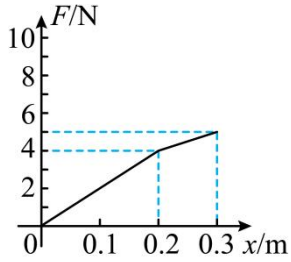
5．如图所示，A、B 两个劲度系数分别为$k_1=10\mathrm{N/m}, k_2=20\mathrm{N/m}$的大小两个轻质弹簧套在一起均下端固定在水平地面上，此时，小弹簧 B 高出大弹簧 A0.2m。当在该弹簧组的正上方施加一个竖直向下的力缓慢压缩弹簧后，测得压力 F 与压缩距离 x 之间的关系（$F-x$图像）可能是下图中的哪一图（　　）



A.


B.


C.


D.


【答案】C

【解析】根据胡克定律知，$F-x$图像的斜率为弹簧的劲度系数，开始下压 0.2m 的过程，劲度系数为

$$k_2=20\mathrm{N/m}$$

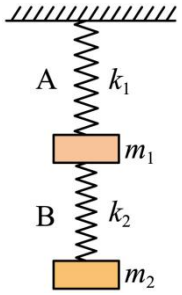
与 CD 选项的斜率相同，之后两弹簧相当于是并联连接，劲度系数为

$$k=k_1+k_2=30\mathrm{N/m}$$

与 C 项第二段的斜率相同。

故选 C。

6．如图所示，A、B 两轻质弹簧原长分别为 l_1 和 l_2，劲度系数分别为 k_1 和 k_2，竖直地悬挂在天花板上，两弹簧之间连接有一质量为 m_1 的物体，最下端挂着质量为 m_2 的另一物体，整个装置处于静止状态。现用一个平板把下面的物体缓慢向上托起，直到两个弹簧的总长度等于两弹簧原长之和，则（　　）



A．此时 A、B 两弹簧均处于原长状态　　B．此时 A 弹簧处于压缩状态，B 弹簧处于拉伸状态

C．此时 A、B 两弹簧弹力相等　　D．此过程 m_2 上升的高度是 $\frac{m_2g}{k_2}+\frac{(m_1+m_2)g}{k_1}$

【答案】D

【解析】托起前，两个弹簧的形变量分别为

$$x_1=\frac{(m_1+m_2)g}{k_1}$$

$$x_2=\frac{m_2g}{k_2}$$

托起后，若两个弹簧的总长度等于两弹簧原长之和，则此时 A 弹簧处于拉伸状态，B 弹簧处于压缩状态，且两弹簧的形变量相等，设该形变量为 x，由平衡条件得

$$k_1x+k_2x=m_1g$$

此过程 m2 上升的高度是

$$h=(x_1-x)+(x_2+x)=x_2+x_1=\frac{m_2g}{k_2}+\frac{(m_1+m_2)g}{k_1}$$

A．此时两个弹簧都不是原长，A 错误；

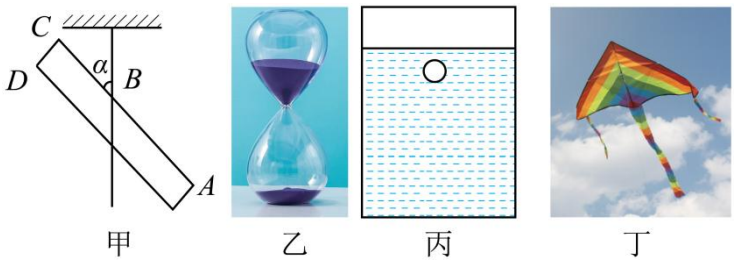
B．此时 A 弹簧处于拉伸状态，B 弹簧处于压缩状态，B 错误；

C．此时 A、B 两弹簧弹力不相等，C 错误；

D．此过程 m2 上升的高度是 $\frac{m_2g}{k_2}+\frac{(m_1+m_2)g}{k_1}$，D 正确。

故选 D。

7．下列几个有关重心的问题，说法正确的是（　）



A．如图甲所示，规则长方形薄板长 $AC=60\text{cm}$，宽 $CD=10\text{cm}$，在 B 点用轻绳悬挂，$AB=35\text{cm}$。当板处于平衡状态时，轻绳和薄板边缘 CA 的夹角 α 应是 45°

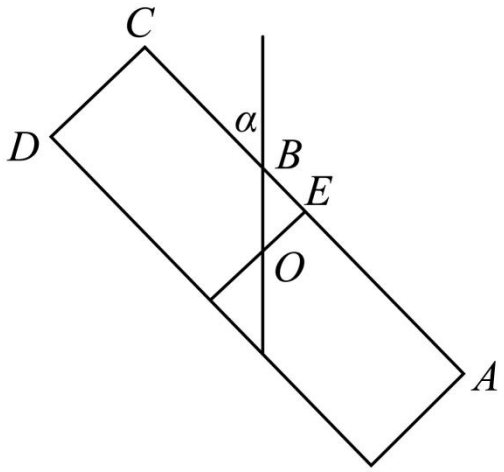
B．如图乙所示，沙漏由两个玻璃球和一个狭窄的连接管道组成，初始时上方玻璃球中装满沙子，下方玻璃球内无沙子。沙子穿过管道流入底部空玻璃球的过程中，上方玻璃球和内部沙子的重心位置一直下降。

C．如图丙所示，在水杯中将一颗实心铁球从图中位置释放直到触碰杯底，则整个杯子的重心位置一直降低

D．如图丁所示，风筝升空后，越升越高，说明风筝的重心相对风筝的位置越来越高

【答案】A

【解析】A．如图



重心 O 在长方形薄板片的中心位置，根据二力平衡，O 点一定在悬绳的下方，过 O 点做 OE 垂直于 AC，则

$$\tan\alpha=\frac{OE}{BE}=\frac{5}{35-30}=1$$

可知

$$\alpha=45^\circ$$

A 正确；

B．开始随着细沙下降，重心下降，当细沙所占比例过小时，随着细沙的下降，重心升高，当细沙流完后，重心又升高到原来球心位置，B 错误；

C．铁球下降的过程中，铁球所占的位置相当于将相应的水球挤压到上方，等效成水球上升，此时整个杯子的重心升高，C 错误；

D．风筝上升，风筝的重心相对风筝的位置不变，D 错误。

故选 A。

二、多选题（漏选得 3 分，全对得 5 分，错选得 0 分，共 20 分）

8．未来的某天，一名宇航员在月球上做自由落体实验。让一个质量为 1kg 的小球从离月球表面 20m 的高度处自由下落，测得小球经过 5s 刚好落到月球表面上。则（　　）

A．月球表面的重力加速度大小为$1.6\mathrm{m/s^2}$　　B．小球在月球表面受到的重力大小为 10N

C．小球刚落到月球表面时的速度大小为$50\mathrm{m/s}$　　D．小球刚落到月球表面时的速度大小为$8\mathrm{m/s}$

【答案】AD

【解析】根据自由落体运动公式

$$h=\frac{1}{2}gt^2$$

可得月球表面的重力加速度大小为

$$g=\frac{2h}{t^2}=\frac{2\times 20}{5^2}\mathrm{m/s^2}=1.6\mathrm{m/s^2}$$

小球在月球表面受到的重力大小为

$$G=mg=1.6\mathrm{N}$$

小球刚落到月球表面时的速度大小为

$$v=gt=8\mathrm{m/s}$$

故选 AD。

9．在日常生活及各项体育运动中，有弹力出现的情况比较普遍。如图所示，一跳水运动员踩压跳板使跳板弯曲到最低点，下列说法正确的是（　　）

A．跳板发生的弹性形变越大，产生的弹力也越大

B．运动员受到的支持力是跳板发生形变而产生的

C．在最低点时运动员对跳板的压力就是运动员的重力

D．在最低点时跳板对运动员的支持力方向是竖直向上

【答案】AB

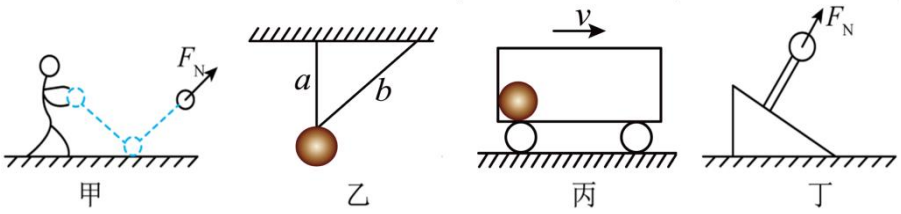
【解析】A．弹力的大小与弹性材料及发生形变的程度有关，同样的条件下，弹性形变越大，弹力越大，A正确；

B．运动员受到的支持力是由于弹性板发生形变而对与它接触的物体产生的力，B正确；

C．压力与重力是两种不同性质的力，既使在某些特定情况下，压力的大小等于重力的大小，也不能简单说压力就是重力，C错误；

D．在最低点时，弹性板不是水平的，故支持力的方向不是竖直向上的，而是垂直于弹性板向上，D错误。故选AB。

10．下列情境中关于球所受弹力的描述，正确的是（　　）



A．甲图，反弹出去的排球在空中运动时，受到沿运动方向的弹力

B．乙图，小球静止，其中a绳处于竖直方向，则b绳对小球无拉力

C．丙图，小球随车厢（底部光滑）一起向右做匀速直线运动，车厢左壁对小球无弹力

D．丁图，静止在杆顶端的铁球受到沿杆向上的弹力

【答案】BC

【解析】A．反弹出去的排球在空中运动时，只受到重力作用，不受沿运动方向的弹力作用，故A错误；

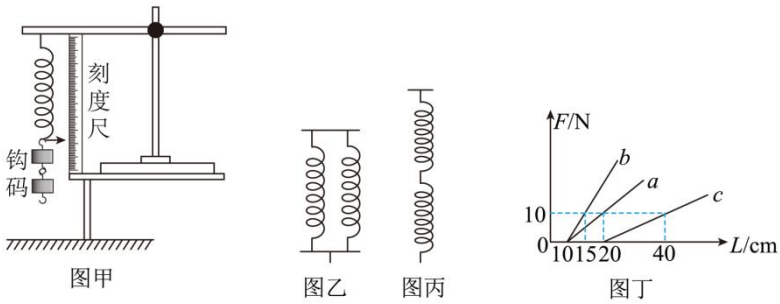
B．小球被a、b两轻绳悬挂而静止，其中a绳处于竖直方向，则小球的重力和a绳的拉力平衡，故b绳对小球一定没有拉力，故B正确；

C．小球随车厢（底部光滑）一起向右做匀速直线运动，速度不变，则水平方向不受力的作用，车厢左壁对小球无弹力，故C正确；

D．静止在杆顶端的铁球，由平衡条件可知，受到竖直向上的弹力，故D错误；

故选BC。

11．如图甲所示，在探究弹簧弹力与形变量的关系实验中，某实验小组以弹簧的弹力F为纵轴，弹簧的长度L为横轴建立直角坐标系，作出了F-L图像，然后该小组将与甲图中完全相同的两根弹簧相继以图乙、图丙的方式连接后变成一个新弹簧重复甲图中的实验操作，最后依次作出了图丁中a、b、c三条图线，忽略弹簧自身的质量，则下列说法正确的是（　　）



A．图丙中弹簧的等效原长是 2.0m

B．图乙中两根弹簧的等效劲度系数是 200N/m

C．三个实验说明弹簧的劲度系数与弹簧的伸长量有关

D．在相同外力作用下，图乙的伸长量最小

【答案】BD

【解析】AB．根据图丁中得 a 图线可知弹簧得劲度系数为

$$k=\frac{\Delta F}{\Delta l}=100\,\mathrm{N/m}$$

图 c 对应于图丙的两个弹簧串联的等效劲度系数为

$$k_{串}=\frac{10}{0.4-0.2}=50\,\mathrm{N/m}$$

图 b 对应于图乙中并联的等效劲度系数为

$$k_{并}=\frac{10}{0.15-0.10}=200\,\mathrm{N/m}$$

根据图像可知图像 c 为串联的弹簧，当弹力为零时，弹簧的长度为弹簧原长，所以弹簧原长为 20cm，故 A 错误，B 正确；

C．三个实验说明弹簧的弹力与弹簧伸长量之间的关系，弹簧的劲度系数与弹簧的伸长量无关，故 C 错误；

D．根据胡克定律

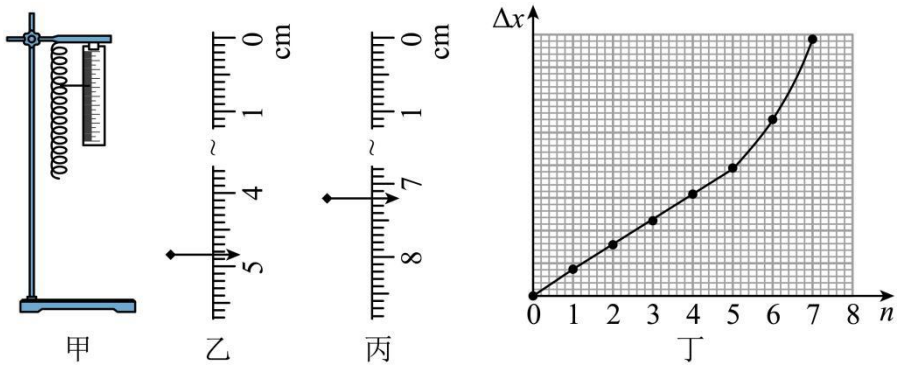
$$F=k\Delta x$$

可知在相同外力作用下图乙的伸长量最小，故 D 正确。

故选 BD。

三、实验题（2 分/空，共计 20 分）

12．某同学在进行“探究弹簧弹力和伸长量的关系”实验时发现实验室的刻度尺的长度不够，于是他设计了如图甲所示的方案进行实验。将轻质指针固定在轻质弹簧上，指针下面部分弹簧的圈数是指针上面圈数的 2 倍。



(1)实验通过在弹簧下方悬挂钩码（钩码规格相同）改变弹簧弹力，未挂钩码时指针所指示数如图乙所示，读数为____cm。

(2)之后较为规范的操作应为：____（填“逐个”或“任意”）改变悬挂钩码的个数，记录钩码的个数 n 和静止时指针所指刻度值，并计算出弹簧的伸长量 Δx；如图丙所示为挂 4 个钩码时指针所指刻度值，该示数为____cm，此时弹簧的形变量

(3)图丁为描绘出的弹簧的伸长量 Δx 和钩码个数 n 的关系图，图线前半段为倾斜直线，后半段为曲线，这是由于____，利用图丁____（填“仍能”或“不能”）用来计算弹簧的劲度系数。

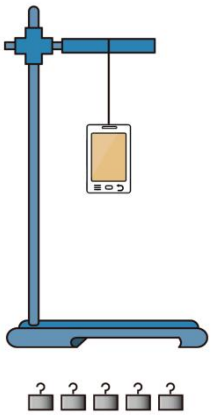
【答案】(1)4.83/4.84/4.82　　(2) 逐个　7.20　7.11　　(3) 超过了弹簧的弹性限度　仍能

【解析】（1）该刻度尺最小分度为 0.1cm，故图乙读数为 4.83cm。

（2）[1][2][3]规范的操作为逐个增加钩码个数；图丙的读数为 7.20cm；由于指针固定在弹簧三分之一处，弹簧的形变量应为 $3\times(7.20-4.83)\text{cm}=7.11\text{cm}$。

（3）[1][2]前半段为倾斜直线说明在弹簧的弹性限度内，胡克定律仍成立，可以用来计算弹簧的劲度系数；后半段为曲线是由于超过了弹簧的弹性限度，胡克定律不再成立。

13．某实验小组利用如图所示的实验装置来测量橡皮绳的劲度系数 k。将手机悬挂在橡皮绳下，利用手机内置传感器结合软件可获得手机运动的位移。



（1）该实验小组进行了如下主要的实验步骤：

①安装实验器材，橡皮绳分别与手机和铁架台连接，手机重心和橡皮绳在同一竖直线；

②手掌托着手机，使橡皮绳处于原长状态，打开手机软件；

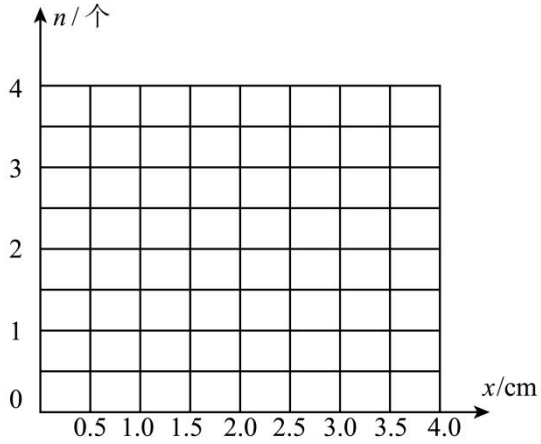
③缓慢释放手机，当手机平衡时记录下手机下降的高度x_0；

④在手机正下方悬挂不同个数的钩码，每个钩码的质量$m=50\text{g}$，缓慢释放，当钩码平衡时，记录下从橡皮绳原长开始下降的伸长量x；

⑤重复上述第 4 步操作，数据记录如表所示；

（2）根据表格中的数据，在答题纸图中描点作出钩码数量与手机位移$n-x$图像___；

钩码数量n	0	1	2	3	4
手机下落高度x/cm	1.50	2.01	2.51	2.99	3.50



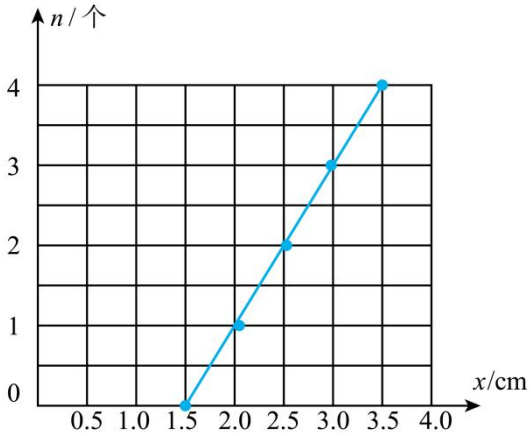
（3）根据$n-x$图像，可知不挂钩码时，橡皮绳的伸长量为$x_0=$___cm；

（4）已知每个钩码的质量为 50g，重力加速度$g=10\text{m}/\text{s}^2$，由图像可以求得弹力绳的劲度系数为___N/m，由此计算出手机的质量为___g。（结果保留三位有效数字）

（5）某同学查阅相关资料得知当地重力加速度的值为$9.78\text{m}/\text{s}^2$，若考虑此因素的影响，实验测得的劲度系数结果___（填“大于”、“小于”或“等于”）真实值。

【答案】 见解析 1.50 100 0.150 大于

【解析】（2）[1]将表格中的数据在图中描点作出钩码数量与手机位移$n-x$图像如图所示



（3）[2]当手机平衡时记录下手机下降的高度 x_0，根据胡克定律与平衡条件有 $mg = kx_0$

钩码平衡时，记录下从橡皮绳原长开始下降的伸长量 x，根据胡克定律与平衡条件有 $mg + nm_0g = kx$

解得 $n = \dfrac{k}{m_0g}x - \dfrac{kx_0}{m_0g}$

将坐标（1.5cm，0）代入上式解得 $x_0 = 1.50\text{cm}$

（4）[3]结合上述有 $\dfrac{k}{m_0g} = \dfrac{4}{(3.50-1.50)\times10^{-2}}\text{m}^{-1}$

解得 $k = 100\text{N/m}$

[4]由于 $mg = kx_0$

结合上述解得 $m = 0.150\text{kg}$

（5）[5]结合上述，劲度系数是根据图像的斜率求解，即有 $\dfrac{k}{m_0g} = k_0$

解得 $k = k_0m_0g$

由于当地重力加速度的值为 9.78m/s^2，而实验中重力加速度取 10m/s^2，可知，实验测得的劲度系数结果大于真实值。

三、解答题（14 题 4 分，15 题 6 分，16 题 7 分，17 题 8 分，共计 25 分）

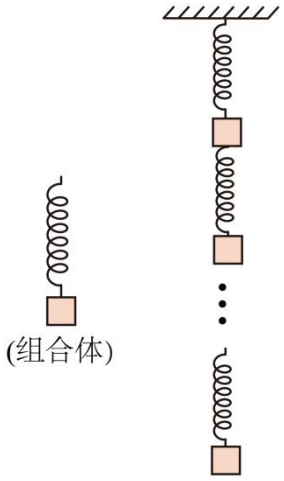
14．蚂蚁可称为“六脚大力士”，一只质量约为 5mg 的蚂蚁，能举起质量是它自身质量 20 倍的树枝，蚂蚁对这个树枝的支持力约是多大？（g 取 9.8m/s^2）

【答案】$9.8\times10^{-4}\text{N}$

【解析】一只蚂蚁的质量约为 $m = 5\times10^{-6}\text{kg}$，由于蚂蚁对树枝的支持力大小等于树枝的重力，则有

$$F = 20mg = 20\times5\times10^{-6}\times9.8\text{N} = 9.8\times10^{-4}\text{N}$$

15．如图是一个原长l_0为10cm，劲度系数k为100N/m的轻质弹簧与质量m为100g可视为质点的物块的组合体，物块下方有大小可忽略的挂钩可以悬挂弹簧，弹簧的弹性限度足够大，重力加速度取$10\mathrm{m/s^2}$，求：



(1)将此一个组合体的弹簧最上端竖直悬挂在水平天花板上，求弹簧的伸长量。

(2)在（1）中组合体的下方继续悬挂另一个相同的组合体，求第二个组合体的物块离天花板的距离。

(3)继续在上一个组合体下方悬挂相同的组合体，当n个组合体被悬挂时，求最下方的物块离天花板的距离。

【答案】(1)1cm　　(2)23cm　　(3)$\frac{n^2+21n}{2}\mathrm{cm}$

【解析】（1）由平衡可得

$$mg=k\Delta x$$

$$\Delta x=\frac{mg}{k}=0.01\mathrm{m}=1\mathrm{cm}$$

（2）从下往上依次弹簧伸长量为Δx_1、Δx_2，有

$$2mg=k\Delta x_2$$

$$mg=k\Delta x_1$$

第二个组合体的物块离天花板的距离

$$l=2l_0+\frac{mg}{k}+\frac{2mg}{k}=23\mathrm{cm}$$

（3）从下往上依次弹簧伸长量为Δx_1、Δx_2……Δx_i，有

$$img=k\Delta x_i$$

最下方的物块离天花板的距离

$$l=nl_0+\frac{mg}{k}+\frac{2mg}{k}+\ldots+\frac{nmg}{k}$$

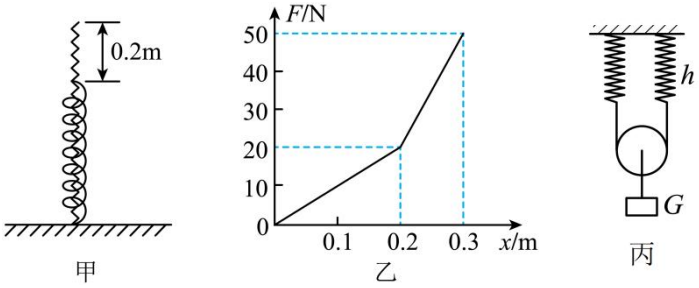
解得

$$l=10n+\frac{n(n+1)}{2}\text{cm}=\frac{n^2+21n}{2}\text{cm}$$

16.（1）一根轻质大弹簧内套一根轻质小弹簧，小弹簧比大弹簧长 0.2m，它们的一端齐平并固定在地面上，另一端保持自由状态，如图甲所示，当压缩此组合弹簧时，测得的力与压缩距离之间的关系如图乙所示，求这两根弹簧的劲度系数 k_1（小弹簧）和 k_2（大弹簧）分别为多少?

（2）一根轻质均匀弹簧，若下端挂重量为 G 的重物，其伸长量为 x，将其截去 $\frac{1}{10}$，则剩余弹簧下端挂重量为 $2G$ 的重物，其伸长量为多少?

（3）a、b 两个轻质弹簧，下端分别挂重量为 G 的重物时，a、b 伸长量分别为 x_1、x_2。现用细线通过轻质光滑滑轮将 a、b 连接，如图丙所示，若在滑轮上挂一重量为 G 的重物，平衡时滑轮下降的距离为多少?



【答案】（1）100N/m，200N/m；（2）1.8x；（3）$\frac{x_1+x_2}{4}$

【解析】（1）设小弹簧劲度系数为 k1，大弹簧劲度系数为 k2，根据胡克定律

$$F=k\Delta x$$

在 0 到 0.2m 范围内

$$20=0.2\times k_1$$

在 0.2m 到 0.3m 范围内

$$50=0.3\times k_1+0.1\times k_2$$

解得

$$k_1=100\text{N/m}，\quad k_2=200\text{N/m}$$

（2）将其截去 $\frac{1}{10}$，剩余部分的劲度系数为

$$k=\frac{G}{\frac{9}{10}x}=\frac{10G}{9x}$$

则剩余弹簧下端挂重量为 2G 的重物，其伸长量为

$$x=\frac{2G}{k}=1.8x$$

（3）两根弹簧所受的拉力都为$\frac{G}{2}$；所以 a 的伸长量为$\frac{x_1}{2}$；b 的伸长量为$\frac{x_2}{2}$；平衡时滑轮下降的距离为 a、b 伸长量的一半

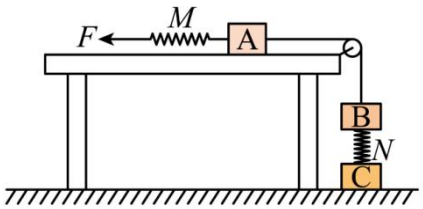
$$h=\frac{1}{2}\left(\frac{x_1}{2}+\frac{x_2}{2}\right)=\frac{x_1+x_2}{4}$$

17．如图所示，A、B、C 是三个质量均为 m 的物块，A 置于固定的水平桌面上，A 与桌面间的动摩擦因数为 0.5，C 置于水平地面上，物块 A 的左端连接劲度系数为 k_1 的弹簧 M，AB 间通过轻质细绳相连，连接 A 与滑轮的轻绳水平，连接 B 与滑轮的轻绳竖直，BC 间通过劲度系数为 k_2 的弹簧 N 相连，开始时轻绳伸直但无作用力，弹簧 M 恰好为原长，重力加速度大小为 g。现在弹簧 M 的左端施加一水平向左的外力 F 缓慢拉动弹簧，求：

（1）未施加外力 F 时，弹簧 N 的形变量；

（2）当弹簧 N 的弹力为原来的一半且处于压缩时，弹簧 M 的左端移动的距离；

（3）当弹簧 N 的弹力为原来的一半且处于拉伸时，弹簧 M 的左端移动的距离。



【答案】（1）$\frac{mg}{k_2}$；　　（2）$mg\left(\frac{1}{2k_2}+\frac{1}{k_1}\right)$；　　（3）$mg\left(\frac{3}{2k_2}+\frac{2}{k_1}\right)$

【解析】（1）未施加外力 F 时，弹簧 N 的形变量为 x_1，则

$$mg=k_2x_1$$

解得

$$x_1=\frac{mg}{k_2}$$

（2）当弹簧的弹力为原来一半时 N 的形变量为 x_2，则

$$\frac{mg}{2}=k_2x_2$$

解得

$$x_2=\frac{mg}{2k_2}$$

当弹簧 N 处于压缩时 M 的形变量为 x_3，则

$$k_1 x_3 = \mu mg + mg - k_2 x_2$$

解得

$$x_3 = \frac{mg}{k_1}$$

所以弹簧 M 的左端移动的距离为

$$x = x_1 - x_2 + x_3 = mg\left(\frac{1}{2k_2} + \frac{1}{k_1}\right)$$

（3）当弹簧 N 处于拉伸时 M 的形变量为 x_4，则

$$k_1 x_4 = \mu mg + mg + k_2 x_2$$

解得

$$x_4 = \frac{2mg}{k_1}$$

所以弹簧 M 的左端移动的距离为

$$x = x_1 + x_2 + x_4 = mg\left(\frac{3}{2k_2} + \frac{2}{k_1}\right)$$

衔接点 10 摩擦力

学习要求

初中阶段	高中阶段
在初中阶段，学生需了解摩擦力的基本概念，知道摩擦力产生于两个相互接触且挤压、接触面粗糙、有相对运动或相对运动趋势的物体之间。能够区分滑动摩擦、静摩擦与滚动摩擦，比如明白走路时鞋与地面间是静摩擦，汽车刹车时车轮与地面间是滑动摩擦，用圆珠笔写字时笔尖与纸面间是滚动摩擦。要掌握滑动摩擦力大小与压力大小、接触面粗糙程度有关，压力越大、接触面越粗糙，滑动摩擦力越大，且学会通过实验探究这一关系，会用弹簧测力计测量滑动摩擦力（利用二力平衡原理，使物体做匀速直线运动时，弹簧测力计示数等于滑动摩擦力大小）。同时，了解增大和减小摩擦力的方法，如增大压力、使接触面粗糙、变滚动为滑动可增大有益摩擦，减小压力、使接触面光滑、变滑动为滚动、使接触面分离（加润滑油、气垫船、磁悬浮列车等）可减小有害摩擦。	高中阶段对摩擦力的学习更为深入。学生要精确理解摩擦力的概念，能精准判断摩擦力的有无及方向，不仅要掌握初中的条件法、假设法，还要学会运用状态法（结合物体的平衡状态或运动状态，依据牛顿定律等判断）、相互作用判断法（根据力的相互性判断）。对于静摩擦力，要明白其是被动力，大小随外力变化而在 0 到最大静摩擦力之间改变，掌握用二力平衡条件求解静摩擦力大小的方法；对于滑动摩擦力，要深刻理解公式 $F_f=\mu F_N$（其中 μ 为动摩擦因数，F_N 为正压力），理解动摩擦因数与接触面材料、粗糙程度有关，且能运用该公式进行相关计算。还要认识到摩擦力的突变情况，如“静-静”突变（静摩擦力方向变化）、“动-动” 突变（滑动摩擦力方向改变）、“静-动” 突变（静摩擦力变为滑动摩擦力）、“动-静”突变（滑动摩擦力变为静摩擦力）等，并能结合具体物理过程进行分析。

衔接指引

初中阶段考查形式：多采用选择题，填空题和实验题。

高中阶段考查形式：选择题、实验题和计算题。

知识衔接

回顾初中知识

1.摩擦力的定义：两个相互接触的物体，当它们发生__相对运动__或具有__相对运动的趋势__时，就会在接触面上产生__阻碍相对运动__的力，这种力就叫做摩擦力。

2.摩擦力产生条件：①两物体相接触且接触面不光滑；②两物体间有压力；③两物体间有相对运动的趋势或者相对运动。

3.怎样测出摩擦力的大小

（1）木块放在水平面上，用弹簧测力计水平拉动木块，使它沿木板做__匀速直线运动__。根据__二力平衡__的知识，木块在水平桌面上做匀速直线运动，拉力和摩擦力平衡，读出拉力即测出摩擦力。

（2）主要实验方法：__控制变量法__、__转换法__。

（3）滑动摩擦力的大小跟接触面所受的压力有关。接触面粗糙程度相同时，压力越大，滑动摩擦力__越大__。

（4）滑动摩擦力的大小跟__接触面的粗糙程度__有关。压力相同时，__接触面越粗糙__，滑动摩擦力__越大__。

（5）摩擦力的大小与__压力的大小__和__接触面的粗糙程度__有关，而与接触面积的大小和运动速度无关。

4.增大有益摩擦的方法：

①__增大压力__；②__增大接触面粗糙程度__；③__用滑动代替滚动__。

5.减小有害摩擦的方法：

①__减小接触面粗糙程度__；②__减小压力__；③__使两个相互接触的表面隔开__；④__用滚动代替滑动__。

知新高中知识

一、滑动摩擦力

1、滑动摩擦力

（1）定义：一个物体在另一个物体表面上相对于另一个物体__滑动__的时候，要受到另一个物体阻碍它相对滑动的力，这种力叫做__滑动摩擦力__。

（2）产生条件：①接触面__粗糙__；②有__弹力__；③有__相对运动__。

（3）滑动摩擦力的方向：总跟接触面相切，并且跟物体的__相对运动方向相反__。

（4）滑动摩擦力的大小：滑动摩擦力跟__正压力__成正比，也就是跟一个物体对另一个物体表面的垂直作用力成正比。公式：$F=\mu F_N$，F表示滑动摩擦力大小，F_N表示正压力的大小，μ叫__动摩擦因数__。

（5）效果：总是阻碍物体间的相对运动，但并不总是阻碍物体的运动，可能是__动力__，也可能是__阻力__。

2、动摩擦因数

（1）定义：彼此接触的物体做相对运动时 **摩擦力** 和 **正压力** 之间的比值，称为动摩擦因数μ．当物体处于水平运动状态时，正压力=重力。

（2）影响因素：不同材质的物体的动摩擦因数不同，μ与接触面的材料、接触面的粗糙程度有关，无单位。

注意：动摩擦因数与压力无关、与接触面积大小无关、与滑动摩擦力的大小无关、与相对运动的速度大小无关。动摩擦系数是物体本身的属性，只与 **物体本身** 有关，与有没有进行相对运动，以及有没有正压力无关。所以不能说动摩擦系数与摩擦力成正比，与正压力成反比。只能说摩擦力与正压力和动摩擦系数成正比，也就是f=μN。

二、静摩擦力与最大静摩擦力

1、静摩擦力

（1）定义：互相接触的两物体存在相对运动的趋势而又保持 **相对静止** 时，在接触面上产生的阻碍相对运动趋势的力，叫 **静摩擦力**。

（2）产生条件：a.相互接触且发生 **弹性形变**；b.有 **相对运动趋势**；c.接触面 **粗糙**。

（3）方向：总是与物体的 **相对运动趋势方向相反**。

（4）作用效果：总是起着阻碍物体间相对运动趋势的作用。

2、最大静摩擦力和静摩擦力的大小

（1）静摩擦力有一个最大的限度，即 **最大静摩擦力F_{max}**，静摩擦力的大小范围是$0<F\leqslant F_{max}$。

（2）最大静摩擦力略大于滑动摩擦力，在中学阶段讨论问题时，如无特殊说明，可认为它们数值相等。

三、摩擦力的判断和计算

1、滑动摩擦力的判断和计算

（1）判断滑动摩擦力的有无：根据接触面的性质和物体间是否产生相对运动，确定物体之间是否存在滑动摩擦力。

（2）求解方法的选取

①如果物体做匀速直线运动，可根据二力平衡法和公式法求解滑动摩擦力大小。

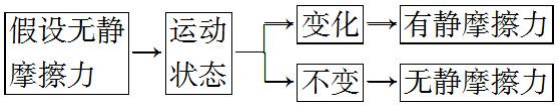
②如果物体做非匀速直线运动，可根据公式$F_f=\mu FN$求解滑动摩擦力的大小。

2、静动摩擦力的判断和计算

（1）四种方法判断静摩擦力的有无

①条件判断法：接触面之间有压力、粗糙且有相对运动趋势。

②假设法：假设两物体间无静摩擦力，看物体是否相对滑动，判断思路如下：



③力的作用效果判断法：如果相互接触的物体间存在摩擦力，则必有相应的作用效果——平衡其他作用力或改变受力物体的运动状态，可据此确定有无静摩擦力。

④相互作用判断法：利用力的相互作用性，若甲对乙有静摩擦力，则乙对甲也有静摩擦力，据此可以

判断物体是否受静摩擦力。

（2）静摩擦力的大小随着运动趋势强弱变化而在 0～最大静摩擦力 F_m 之间变化，跟相对运动趋势强弱程度有关，但跟接触面相互挤压力 F_N 无直接关系，由受力物体所处的运动状态根据平衡条件或牛顿第二定律来计算。

四、探究影响滑动摩擦力大小的因素

1、实验目的：找出影响滑动摩擦力大小的因素。

2、实验原理：使物体静止在做匀速直线运动水平面上，根据二力平衡，得出摩擦力=拉力。

3、实验类型：探究型。

4、实验流程：假设⇒设计⇒实验⇒结论。

5、实验器材：弹簧秤、带钩的盒子、一个 50 克的砝码、一块表面光滑的玻璃、表面粗糙的木板。

6、实验步骤

（1）通过日常生活中碰到的情况加以分析，假设问题的结论与物体对接触面的压力有关，然后设计实验：

①用弹簧秤钩住盒子分别放在玻璃和粗糙的木板上，拉着玻璃或木板缓慢的做匀速直线运动，记下弹簧秤的读数。

②盒子上再放上砝码，再用弹簧秤钩住盒子分别放在玻璃和粗糙的木板上，拉着玻璃或木板和前面同样的速度缓慢的做匀速直线运动，记下弹簧秤上的读数。

③把记下的读数填入下表

试验次数	接触面材料	压力（N）	摩擦力（N）
1	玻璃	0.5	0.11
2	玻璃	1.23	0.36
3	木材	0.49	0.2
4	木材	1.47	0.6

④分析比较数据得出结论：

比较试验次数（1）和（2）；（3）和（4），可以得出，滑动摩擦力的大小和滑动物体对接触面的压力大小有关，物体材质一样的情况下，物体对接触面压力大的摩擦力大。

（2）假设问题的结论与拉动物体的速度有关，然后设计实验：

①用弹簧秤钩住盒子放在玻璃和粗糙的木板上，拉着玻璃或木板以 0.5m/s 的速度做匀速直线运动，记下弹簧秤的读数。

②用弹簧秤钩住盒子放在玻璃和粗糙的木板上，拉着玻璃或木板以 1m/s 的速度做匀速直线运动，记下弹簧秤的读数。

③把记下的读数填入下表

试验次数	接触面材料	速度（m/s）	摩擦力（N）
1	玻璃	0.5	0.11
2	玻璃	1.0	0.11
3	木材	0.5	0.2
4	木材	1.0	0.2

④分析比较数据得出结论：比较试验次数（1）和（2）；（3）和（4），可以得出，在压力和物体材质一样的情况下，滑动摩擦力的大小和拉动滑动物体的速度大小没有关系。

（3）假设问题的结论与物体与接触面的材质有关，然后设计实验：

①弹簧秤钩住盒子放在玻璃和粗糙的木板上，拉着玻璃或木板做匀速直线运动，记下弹簧秤的读数。

②在盒子上加上一个砝码，用弹簧秤钩住盒子放在玻璃和粗糙的木板上，拉着玻璃或木板匀速直线运动，记下弹簧秤的读数。

③把记下的读数填入下表

试验次数	接触面材料	压力（N）	摩擦力（N）
1	玻璃	0.5	0.11
2	木材	0.5	0.2
3	玻璃	1.47	0.47
4	木材	1.47	0.6

④分析比较数据得出结论：比较试验次数（1）和（2）；（3）和（4），可以得出，物体对接触面的压力一定时，滑动摩擦力的大小和滑动物体与接触面的粗糙程度有关，接触面越粗糙，滑动摩擦力就越大.

（4）假设问题的结论与物体与接触面的面积有关，然后设计实验：

①把盒子面积小的一面（$2CM^2$）分别水平放在光滑的玻璃和粗糙的木板上，再用弹簧秤钩住盒子，拉着玻璃或木板做匀速直线运动，记下弹簧秤的读数.

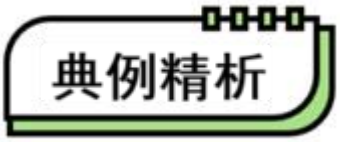
②把盒子面积大的一面（$3CM^2$）分别水平放在光滑的玻璃和粗糙的木板上，用弹簧秤钩住盒子，拉着玻璃或木板做匀速直线运动，记下弹簧秤的读数.

③把记下的读数填入下表

试验次数	接触面材料	接触面积（CM^2）	摩擦力（N）
1	玻璃	2.0	0.11
2	玻璃	3.0	0.11
3	木材	2.0	0.2
4	木材	3.0	0.2

④分析比较数据得出结论：比较试验（1）和（2）；（3）和（4）可以得出，在压力和物体与接触面的材质一样的情况下，滑动摩擦力的大小和滑动物体与接触面的接触面积没有关系。

7、实验结论：滑动摩擦力的大小和滑动物体对接触面的__压力__大小有关，还和接触面的__材料性质__、__粗糙程度__有关。当物体对接触面间的压力越大，接触面越粗糙时，滑动摩擦力越大。



例 1、关于摩擦力，下列说法正确的是（　　）

A．瓶子静止在粗糙的水平桌面上时，一定受到水平方向的静摩擦力作用

B．瓶子静止在倾斜的桌面上时，一定受到沿斜面向上的静摩擦力的作用

C．瓶子被握在手中且瓶口朝上静止时，瓶子可能受到竖直向下的滑动摩擦力作用

D．瓶子压着一张纸条，扶住瓶子把纸条抽出，纸条受滑动摩擦力作用，瓶子受静摩擦力作用

【答案】B

【解析】A．瓶子静止在粗糙的水平面上，瓶子相对于水平面即无相对运动也无相对运动趋势，所以瓶子不受摩擦力作用，故 A 错误；

B．瓶子静止在倾斜的桌面上，由于瓶子的重力有沿斜面向下的分力，瓶子处于平衡态，所以瓶子受到沿斜面向上的静摩擦力，故 B 项正确；

C．瓶子被握在手中，瓶口朝上时，由于瓶子受向下的重力，瓶子处于平衡态，瓶子与手相对静止，所以瓶子受到向上的静摩擦力，故 C 项错误；

D．瓶子压着一纸条，扶住瓶子把纸条抽出，瓶子与纸条间有弹力，还有相对运动，且接触面粗糙，所以存在滑动摩擦力，故 D 项错误。

故选 B。

例 2、关于摩擦力与动摩擦因数，下列说法正确的是（　　）

A．动摩擦因数与物体间压力的大小成正比

B．物体所受摩擦力的方向一定与其运动的方向相反

C．两物体间的滑动摩擦力总是大于它们之间的静摩擦力

D．相互接触的物体相对静止时，物体间可能存在静摩擦力

【答案】D

【解析】A．动摩擦因数由物体的材料、接触面的粗糙程度决定的，与物体间压力的大小无关，故 A 错误；

B．物体所受摩擦力的方向总是与物体的相对运动方向或者相对运动趋势的方向相反，不一定与其运动的方向相反，故 B 错误；

C．两物体间的滑动摩擦力略小于它们之间的最大静摩擦力，故两物体间的滑动摩擦力不总是大于它们之间的静摩擦力，故 C 错误；

D．相互接触的物体相对静止时，物体间可能存在相对运动趋势，物体间可能存在静摩擦力，故 D 正确。

故选 D。

例 3、关于摩擦力，下列说法正确的是（　　）

A．受滑动摩擦力的物体一定是运动的　　B．滑动摩擦力的方向总是和物体的运动方向相反

C．受静摩擦力的物体一定是静止的　　D．运动的物体可能受到静摩擦力的作用

【答案】D

【解析】A．受滑动摩擦力的物体相对于接触面滑动，但不一定是运动的，故 A 错误；

B．滑动摩擦力的方向总是与相对接触面的运动方向相反，但不一定和物体的运动方向相反，故 B 错误；

CD．受静摩擦力的物体相只是对于接触面静止，但物体不一定是静止的，运动的物体可能受到静摩擦力的作用，故 C 错误，D 正确。

故选 D。

方法点拨

1. 明确摩擦力类型：先判断是滑动摩擦（有相对运动）还是静摩擦（有相对运动趋势），静摩擦需结合平衡态或运动状态分析，滑动摩擦需满足 “接触、挤压、粗糙、相对运动” 四条件。

2. 抓 “相对” 关键词：摩擦力方向与 “相对运动” 或 “相对运动趋势” 方向相反，而非 “运动方向”。

3. 动摩擦因数 μ 的特性： μ 只与材料、接触面粗糙程度和表面状况有关，与压力无关，且滑动摩擦力略小于最大静摩擦力，静摩擦力大小随趋势变化。

4. 受力分析结合平衡条件：静止物体受静摩擦时必处于平衡状态，运动物体需判断相对运动方向是否与摩擦力方向一致。

例 4、一同学用力向右推放在水平地面上的课桌，课桌没有动，下列说法正确的是（　　）

A．课桌上的书不受摩擦力

B．课桌上的书受到向右的静摩擦力

C．课桌受到地面的摩擦力方向向右

D．桌面上的书受到的支持力是由书发生形变产生的

【答案】A

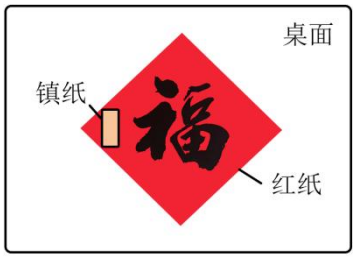
【解析】AB．课桌上的书，处于平衡状态，没有运动趋势，所以不受摩擦力作用，故 A 正确，B 错误；

C．课桌没有推动，处于平衡状态，根据平衡条件可得推力等于静摩擦力，且课桌受到地面的摩擦力方向向左，故 C 错误；

D．书受到的支持力是由于桌面的形变产生的，故 D 错误。

故选 A。

例 5、（多选）2024 年 12 月 4 日，我国“春节”申遗成功。春节贴“福”字是民间由来已久的风俗，某同学正写“福”字，他在水平桌面上平铺一张红纸，并用“镇纸”压住红纸边缘以防止打滑，整个书写过程中红纸和“镇纸”始终保持静止，则该同学在书写过程中（　　）



A．提笔静止时，手对毛笔的摩擦力大小与握力成正比

B．向右行笔时，毛笔对红纸的摩擦力方向向右

C．向右行笔时，桌面对红纸的摩擦力方向向右

D．书写过程中，镇纸始终不受摩擦力作用

【答案】BD

【解析】A．提笔静止时，手对毛笔的摩擦力与毛笔的重力等大反向，与握力大小无关，选项 A 错误；

B．向右行笔时，毛笔受红纸的摩擦力向左，可知毛笔对红纸的摩擦力方向向右，选项 B 正确；

C．向右行笔时，对红纸分析，毛笔对红纸的摩擦力方向向右，则桌面对红纸的摩擦力方向向左，选项 C 错误；

D．书写过程中，镇纸没有运动趋势，则始终不受摩擦力作用，选项 D 正确。

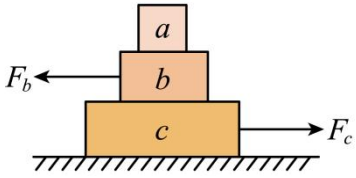
故选 BD。

方法点拨

摩擦力的有无及方向的三种判断方法

假设法	
状态法	根据平衡条件、牛顿第二定律，判断静摩擦力的有无及方向
转换法	先确定受力较少的物体受到的静摩擦力的方向，再根据“力的相互性”确定另一物体受到的静摩擦力方向

例 6 、如图所示，物体 a、b 和 c 叠放在水平面上，水平力为 $F_b=3\text{N}$，$F_c=6\text{N}$，分别作用于物体 b、c 上，a、b 和 c 仍保持静止，以 f_1、f_2、f_3 分别表示 a 与 b、b 与 c、c 与桌面间的静摩擦力的大小，则（　　）



A．$f_1=3\text{N}$，$f_2=3\text{N}$，$f_3=3\text{N}$　　B．$f_1=3\text{N}$，$f_2=0\text{N}$，$f_3=6\text{N}$

C．$f_1=0$，$f_2=3\text{N}$，$f_3=3\text{N}$　　D．$f_1=0$，$f_2=6\text{N}$，$f_3=3\text{N}$

【答案】C

【解析】对 a 受力分析，受重力和 b 对 a 支持力，a 相对于 b 没有相对运动趋势，所以物体 a 不受 b 的静摩擦力，即为 $f_1=0$

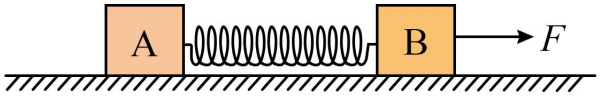
把物体 ab 看做一个整体，对其受力分析，受重力、物体 c 对 b 的支持力和水平向左的水平力 F_b，ab 整体相对 c 有向左的运动趋势，所以会受到 c 的向右的静摩擦力 f_2，由力的平衡可知 $f_2=F_b=3\text{N}$

把物体 abc 三者看做一个整体，受力分析，受重力、地面的支持力、水平向左的力 F_b、水平向右的力 F_c，整体有向右的运动趋势，在水平方向上由力的平衡有 $f_3 = F_c - F_b = 6\text{N} - 3\text{N} = 3\text{N}$

方向水平向左。

故选 C。

例 7、木块 A、B 分别重 50N 和 60N，它们与水平地面之间的动摩擦因数均为 0.25，夹在 A、B 之间的轻弹簧被压缩了 2cm，弹簧的劲度系数为 400N/m，系统置于水平地面上静止不动。现用 F=1N 的水平拉力作用在木块 B 上，如图所示，则以下关于力 F 作用后木块 A、B 所受摩擦力 F_A，F_B 的大小，说法正确的是（　　）



A．F_A=12.5N　　B．F_A=8N

C．F_B=15N　　D．F_B=1N

【答案】B

【解析】木块 A 与地面间的最大静摩擦力为 $f_{\text{mA}} = \mu G_{\text{A}} = 0.25 \times 50\text{N} = 12.5\text{N}$

木块 B 与地面间的最大静摩擦力为 $f_{\text{mB}} = \mu G_{\text{B}} = 0.25 \times 60\text{N} = 15\text{N}$

弹簧弹力为 $kx = 400 \times 2 \times 10^{-2}\text{N} = 8\text{N}$

施加水平拉力 F 后，对 B 物体受力分析，水平方向受向右的弹簧弹力和拉力，由于 B 木块与地面间的最大静摩擦力为 15N，大于弹簧弹力和拉力之和，故木块 B 静止不动，所以 $F_{\text{B}} = kx + F = 9\text{N}$

施加水平拉力 F 后，弹簧长度没有变化，弹力不变，故木块 A 相对地面有向左的运动趋势，其受到向右的静摩擦力，且与弹力平衡，所以 $F_{\text{A}} = kx = 8\text{N}$

故选 B。

方法点拨

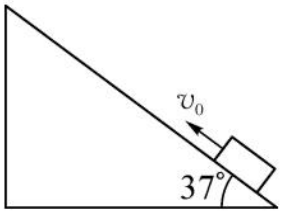
静摩擦力大小的计算方法

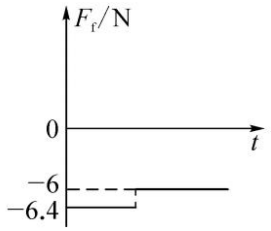
(1)物体处于静止状态，利用力的平衡条件求解静摩擦力的大小。

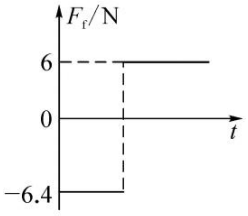
(2)物体有加速度时，若只受摩擦力，则 Ff＝ma，如匀速转动的圆盘上与圆盘相对静止的物块靠静摩擦力提供向心力产生向心加速度。若除摩擦力外，物体还受其他力，则 F 合＝ma，

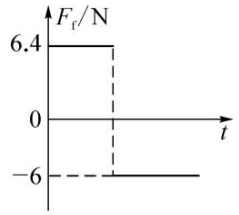
需先求合力再求摩擦力。

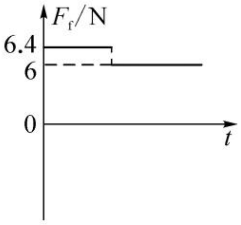
例 8 、如图所示，斜面固定在地面上，倾角为$\theta=37°$（$\sin37°$取 0.6，$\cos37°$取 0.8）。质量为1kg 的滑块以初速度v_0从斜面底端沿斜面向上滑行（斜面足够长，该滑块与斜面间的动摩擦因数为 0.8），则该滑块所受摩擦力F_f随时间变化的图像是下图中的（取初速度v_0的方向为正方向，g取10m/s^2）（　　）



A.


B.


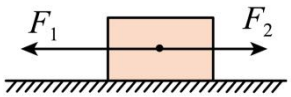
C.


D.


【答案】B

【解析】滑块上升过程中受滑动摩擦力，$F_f=\mu F_N, F_N=mg\cos\theta$，联立得$F_f=6.4\text{N}$，方向沿斜面向下。当滑块的速度减为零后，由于重力的分力$mg\sin\theta<\mu mg\cos\theta$，滑块不动，滑块受到的摩擦力为静摩擦力，由平衡条件得$F_f'=mg\sin\theta=6\text{N}$，方向沿斜面向上，故 B 正确。

例 9 、如图，水平面上有一质量为 2kg 的物体，受到$F_1=5\text{N}$和$F_2=3\text{N}$的水平力作用而保持静止，已知物体与水平地面间的动摩擦因数为$\mu=0.2$，物体所受的最大静摩擦等于滑动摩擦力，重力加速度g取10m/s^2，求：



(1)此时物体所受到的摩擦力大小和方向；

(2)若将F_1散去后，物体受的摩擦力大小和方向？

(3)若将$F_2=3\text{N}$撤去后，物体在运动的过程中受的摩擦力大小和方向？

【答案】(1)2N，方向水平向右　(2)3N，方向水平向左　　(3)4N，水平向右

【解析】（1）受到$F_1=5\text{N}$和$F_2=3\text{N}$的水平力作用而保持静止，根据平衡条件可知，此时物体所受摩擦力大小为

$$f_1=F_1-F_2=5\text{N}-3\text{N}=2\text{N}$$

方向水平向右。

（2）假设F_1散去后，物体保持静止，物体受到的摩擦力大小为

$$f_2=F_2=3\text{N}$$

物体所受的最大静摩擦力为

$$f_m=\mu F_N=\mu mg=0.2\times2\times10\text{N}=4\text{N}>f_2$$

故假设成立，物体保持静止，物体所受到的摩擦力大小为3N，方向水平向左。

（3）假设$F_2=3\text{N}$撤去后，物体运动，物体所受到的摩擦力大小为

$$f_m=\mu F_N=\mu mg=0.2\times2\times10\text{N}=4\text{N}$$

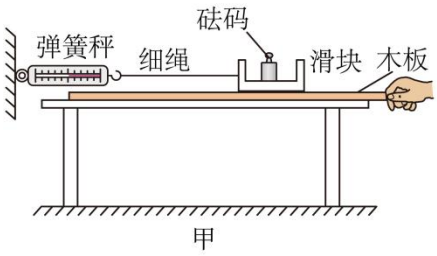
方向水平向右。

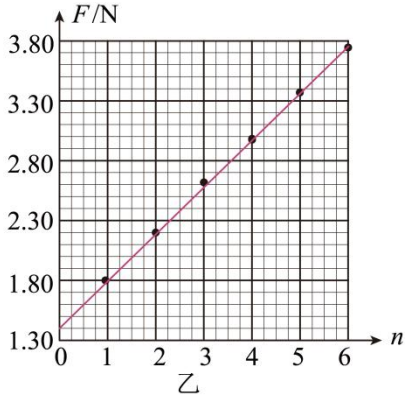
方法点拨

滑动摩擦力大小的计算方法

公式法	若μ已知，则$F_f=\mu F_{压}$，$F_{压}$是两物体间的正压力
状态法	若μ未知，可结合物体的运动状态和其他受力情况，利用平衡条件求解

例10、某实验小组利用如图甲所示的实验装置，测量滑块与木板之间的动摩擦因数。





(1)下列关于实验操作的说法正确的是_____。

A．实验前，应在竖直方向对弹簧测力计调零

B．实验前须调节桌面水平

C．实验时，需将木板匀速向右拉出

D．实验时，可将木板向右加速拉出

(2)由于木板与桌面间的摩擦力不能忽略，会导致动摩擦因数的测量值与真实值相比_____（选填“偏大”“偏小”或“无影响”）。

(3)选取若干质量均为 $50g$ 的砝码，每次往滑块上添加一个砝码，正确操作并记录弹簧测力计示数和砝码数量。根据实验数据，作出弹簧测力计示数 F 与砝码个数 n 的关系图像如图乙所示，重力加速度取 9.8m/s^2，则滑块与木板间的动摩擦因数为_____（结果保留 2 位有效数字）。

【答案】(1)BD　　(2)无影响　　(3)0.80

【解析】（1）A．实验前，应在水平方向对弹簧测力计调零，减小读数误差，故 A 错误；

B．实验调节桌面水平使得正压力等于重力，便于获得正压力，故 B 正确；

CD．不管木板如何运动，木块都是处于平衡状态，即细线的拉力都等于摩擦力，所以没有必要一定要匀速拉出木板，故 C 错误 D 正确。

故选 BD。

（2）缓慢向右拉动水平放置的木板，当滑块和砝码相对桌面静止且木板仍在继续滑动时，弹簧秤的示数即为滑块受到的滑动摩擦力的大小。因此木板与桌面间的摩擦力对滑块摩擦力的测量无影响。

（3）弹簧测力计示数等于木块受到的滑动摩擦力大小 F=f＝μnmg+μMg

结合题图乙 F-n 图像中斜率为 $k=\mu mg=\dfrac{3.75-1.40}{6}\text{N}=0.39\text{N}$

解得 μ＝0.80

例 11、某同学用如图甲所示的装置测量木块与木板之间的动摩擦因数。跨过光滑定滑轮的细线两端分别与放置在木板上的木块和弹簧测力计相连。

(1)下列说法正确的是_____。

A．实验前，应先将弹簧测力计调零　　B．实验时，木板一定要匀速向左拉出

C．实验时，细线与木板水平平行　　D．实验时，拉木板的速度越慢越好

(2)图乙所示是某次实验中弹簧测力计示数放大图，木块受到的滑动摩擦力 $F_{\mathrm{f}}=$____N。

(3)为进行多次实验，该同学采取了在木块上增加砝码个数的方法。木块的质量为 m_0，砝码的总质量为 m、木块与木板之间的动摩擦因数为 μ，测得多组数据后，该同学描绘的 $F_{\mathrm{f}}-m$ 图像如图丙所示，图像直线未过原点，根据图像可得，木块的质量 $m_0=$___，动摩擦因数 $\mu=$___；（结果保留 2 位有效数字，取 $g=10\mathrm{m/s^2}$）。

【答案】(1)AC　　(2)2.40　(3)0.50　0.38

【解析】（1）A．实验前，应先将弹簧测力计调零，否则读数不准确，故 A 正确；

BD．在该图中滑动摩擦力的大小与物体的相对运动速度无关，无论是否匀速拉出，木板对木块的滑动摩擦力都不变，因此只需要保证木板与木块有相对运动即可，故 BD 错误；

C．实验时，细线与木板必须水平平行，保证弹簧测力计的示数等于木块受到的摩擦力大小，且木块对木板的正压力大小等于其重力大小，故 C 正确。

故选 AC。

（2）在木板抽出的过程中，木块受绳子的拉力与木板给其的摩擦力而平衡，根据平衡条件有

$$T=F_{\mathrm{f}}$$

而绳子上的张力等于弹簧测力计所测力的大小，即有

$$T=F$$

根据图乙可读得弹簧那个测力计的示数为

$$F=2.40\mathrm{N}$$

由此可知

$$F_{\mathrm{f}}=F=2.40\mathrm{N}$$

（3）[1][2]木块受到的滑动摩擦力

$$F_{\mathrm{f}}=\mu\left(m_0+m\right)g$$

可知图像的斜率表示 μg，根据图像可得

$$\mu g=\frac{2.8-2.0}{0.18-0.02}\mathrm{m/s^2}$$

解得

$$\mu=0.50$$

当摩擦力为 2.0N 时，砝码质量为 0.02kg，代入公式可解得

$$m_0=0.38\mathrm{kg}$$

方法点拨

1.实验操作要点

调零与水平：实验前需水平调零弹簧测力计，调节桌面水平确保正压力等于重力。

木板运动状态：木板无需匀速拉动，只要滑块相对桌面静止，弹簧测力计示数即等于滑动摩擦力。

装置规范：细线与木板需水平平行，保证拉力与摩擦力共线且正压力恒定。

2.误差与影响分析

木板与桌面间摩擦力不影响滑块所受滑动摩擦力测量，因其作用对象不同。

3.数据处理与计算

利用公式 $f=\mu F_N=\mu(m+M)g$ 建立函数关系，结合 F - n 或 F - m 图像斜率求解动摩擦因数μ斜率 $k=\mu g$。

读取弹簧测力计示数时注意分度值，结合二力平衡确定滑动摩擦力大小

对点集训

1．对于三大常见力，即重力、弹力、摩擦力的认识，下列说法正确的是（　　）

A．地球对物体的重力作用在物体重心上

B．物体受到弹力作用是因为自身发生了弹性形变

C．两个运动物体的接触面上有可能产生静摩擦力

D．人站在水平地面静止不动时，人对地面的压力就是人体受到的重力

【答案】C

【解析】地球对物体的各部分都有吸引，重心只是重力的等效作用点，A 错误；物体受到弹力作用是因为与它接触的物体发生了弹性形变，该弹力可以使物体自身发生弹性形变，B 错误；两个相对静止的运动物体有相对运动趋势时，接触面上有可能产生静摩擦力，C 正确；重力和压力是不同性质的力，则人站在水平地面静止不动时，只能说人对地面的压力大小等于人体受到的重力大小，D 错误．

2．近期深圳市高级中学在足球场组织师生足球比赛。比赛热火朝天，同学们通过这次活动锻炼了身体，也增强了师生友谊。下列四种与足球有关的情景，说法正确的是（　　）

A．足球静止在草地上，足球对草地的压力就是足球的重力

B．静止在水平草地上且相互接触的两个足球之间不一定存在相互作用的弹力

C．踩在脚下且静止在水平草地上的足球一定受到 3 个力的作用

D．运球过程中摩擦力总是对学生的运动起阻碍作用

【答案】B

【解析】A．压力和重力是不同性质的两种力，足球静止在草地上，只能说足球对草地的压力大小等于足球的重力大小，选项 A 错误；

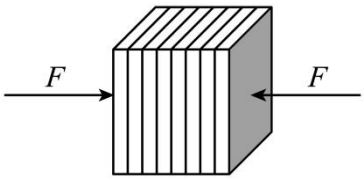
B．静止在水平草地上且相互接触的两个足球之间不一定有弹性形变，则不一定存在相互作用的弹力，选项 B 正确；

C．踩在脚下且静止在水平草地上的足球可能受到 3 个力的作用，也可能受 4 个力，例如脚踩在足球侧面，则受重力、支持力、压力和摩擦力四个力平衡，故 C 错误；

D．运球过程中地面对学生的静摩擦力总是阻碍相对运动，相对学生的运动可能是动力，也可能是阻力，选项 D 错误。

故选 B。

3．如图所示，某同学用双手水平夹起一摞书，并停留在空中。已知手掌与书间的动摩擦因数 $\mu_1=0.3$，书与书间的动摩擦因数 $\mu_2=0.2$，设最大静摩擦力的大小等于滑动摩擦力大小。若每本书的质量为 0.2kg，该同学对书的水平正压力为 100N，每本书均呈竖直静止状态，重力加速度 $g=10\mathrm{m/s^2}$，则下列说法正确的是（　　）



A．每本书受到的摩擦力的合力大小不等　　B．书与书之间的摩擦力大小均相等

C．他最多能夹住 22 本书　　D．他最多能夹住 30 本书

【答案】C

【解析】A．因为每本书均呈竖直静止状态，所以每本书所受的摩擦力的合力都能与书的重力平衡，即每本书受到的摩擦力的合力大小相等，故 A 错误；

B．越靠近外侧书与书之间的摩擦力越大，即书与书之间的摩擦力大小不相等，故 B 错误；

CD．先将所有的书（设有 n 本）当作整体，受力分析，竖直方向受重力，静摩擦力，根据二力平衡条件得 $2\mu_1F\geq nmg$

则有 $n\leq\frac{2\mu_1F}{mg}=30$

再考虑除最外侧两本书（$n-2$ 本）外的其他书，受力分析，竖直方向受重力，静摩擦力，根据二力平衡条件得 $2\mu_2F\geq(n-2)mg$

则有 $n\leq\frac{2\mu_2F}{mg}+2=22$

故最多可以有 22 本书，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

4．为研究木板与物块之间的摩擦力，某同学在粗糙的木板上放置一个质量为 1kg 的物块，物块通过细线连接固定在实验台上的力传感器，如图甲所示。水平向左拉木板，传感器记录的 F–t 像如图乙所示。取重力加速度 $g=10\mathrm{m/s^2}$，下列说法中正确的是（　　）

A．物块受到的摩擦力方向始终水平向右

B．物块与木板间的动摩擦因数为 0.2

C．2s 时刻，弹簧的伸长量为 1cm，则弹簧的劲度系数为 2N/m

D．最大静摩擦力为 2N

【答案】B

【解析】A．当向左拉木板时，物块相对于木板有向右运动的趋势或相对向右运动，根据摩擦力的方向与相对运动或相对运动趋势方向相反，物块受到的摩擦力方向始终水平向左，A 错误；

B．物块静止时，根据平衡条件，细线的拉力等于摩擦力。当物块和木板发生相对滑动后，摩擦力为滑动摩擦力，此时拉力趋于稳定。由图乙可知，滑动摩擦力 $f=2\text{N}$

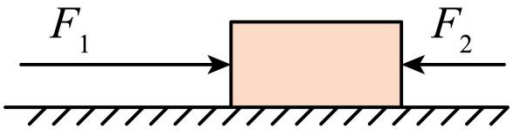
物块对木板的压力 $N=mg=10\text{N}$，根据滑动摩擦力公式 $f=\mu\text{N}$，可得 $\mu=\dfrac{f}{N}=0.2$，B 正确；

C．2s 时刻，物块处于平衡状态，细线的拉力 $F=f=2\text{N}$，根据胡克定律 $F=kx$，已知 $x=1\text{cm}=0.01\text{m}$，则 $k=\dfrac{F}{x}=200\text{N/m}$，C 错误；

D．从图像 F-t 可知，当物块即将发生相对滑动时，细线拉力达到最大值，即最大静摩擦力等于此时拉力，由图可得最大静摩擦力略大于 2N，D 错误。

故选 B。

5．如图所示，木块放在粗糙的水平桌面上，外力 F_1、F_2 沿水平方向作用在木块上，$F_1=6\text{N}$，$F_2=2\text{N}$，木块处于静止状态。撤去 F_1 后（　　）



A．木块将向左运动　　B．木块受到的合力为 6N

C．木块受到向右的摩擦力为 2N　　D．木块受到向左的摩擦力为 4N

【答案】C

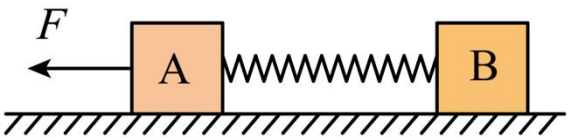
【解析】AB．对木块，由平衡条件可知，静摩擦力 $f=F_1-F_2=4\text{N}\le f_{\max}$ （ $f_{\max}$ 为最大静摩擦力）

撤去 F_1 后，由于 $F_2<f_{\max}$，所以木块仍静止，合力为 0，故 AB 错误；

CD．撤去 F_1 后，木块静止，由平衡条件可知，静摩擦力与 F_2 等大反向，由于 F_2 方向向左、大小为 2N，所以木块受到向右静摩擦力、大小为 2N，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

6．木块 A、B 分别重 50N 和 60N，它们与水平地面之间的动摩擦因数均为 0.25。夹在 A、B 之间的轻弹簧被压缩了 2cm，弹簧的劲度系数为 400N / m。系统置于水平地面上静止不动。现用 $F=2\text{N}$ 的水平拉力作用在木块 A 上，如图所示，力 F 作用后（　　）



A．木块 B 所受摩擦力 F_{f} 是 15N　　B．木块 B 所受摩擦力 F_{f} 是 13N

C．木块 A 所受摩擦力 F_{f} 是 6N　　D．木块 A 所受摩擦力 F_{f} 是 10N

【答案】D

【解析】A 物体的最大静摩擦力为

$$f_{\text{Am}}=F_{\text{NA}}\mu=12.5\text{N}$$

物体 B 的最大静摩擦力为

$$f_{\text{Bm}}=F_{\text{NB}}\cdot\mu=15\text{N}$$

$$F_{\text{弹}}=k\cdot x=8\text{N}$$

力 F 作用后对 A

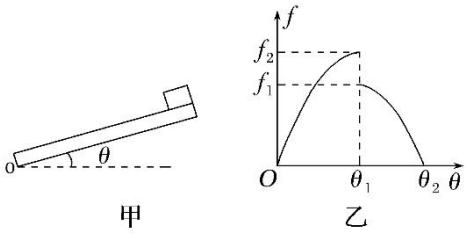
$$F+F_{\text{弹}}=10\text{N}<f_{\text{Am}}=12.5\text{N}$$

所以力 F 作用后 A 处于静止状态，则物体 B 也静止。物体 B 在力 F 作用前后摩擦力都为 8N，力 F 作用后 A 物体所受摩擦力为

$$f_{\text{A}}=F+F_{\text{弹}}=10\text{N}$$

故选 D。

7．如图所示，长木板上表面的一端放有一个木块，木块与木板接触面上装有摩擦力传感器。当木板以远离木块的另一端 O 为轴，由水平位置缓慢向上转动（即木板与地面的夹 θ 变大），如图甲所示。摩擦力传感器记录了木块受到的摩擦力 f 随角度 θ 的变化图像如图乙所示。重力加速度为 g，下列判断正确的是（　　）



甲　　乙

A．木块一直相对木板静止

B．木板与地面的夹角为 θ_2 时，木块做自由落体运动

C．木块与木板间的动摩擦因数 $\mu=\tan\theta_2$

D．木块与木板间的动摩擦因数 $\mu=\dfrac{f_1}{mg\cos\theta_1}$

【答案】D

【解析】A．根据图乙可知，摩擦力在夹角为 θ_1 时发生了突变，可知，在夹角小于 θ_1 时木块相当于木板静止，在夹角大于 θ_1 时木块相当于木板运动，故 A 错误；

B．结合上述可知，当夹角等于 θ_1 时，木块开始向下加速滑动，当木板与地面的夹角为 θ_2 时，即等于 90°，木块加速度为重力加速度，但木块此时有一初速度，可知，木块不是做自由落体运动，故 B 错误；

CD．结合上述可知，当夹角等于 θ_1 时，木块恰好开始向下滑动，则有

$$f_1=\mu N，\quad N=mg\cos\theta_1$$

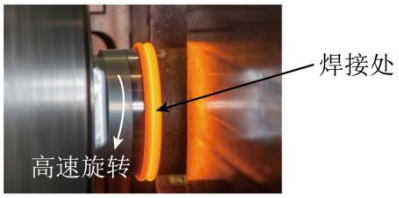
解得

$$\mu=\frac{f_1}{mg\cos\theta_1}$$

故 C 错误，D 正确。

故选 D。

8．“摩擦焊接”是利用摩擦产生的热量使金属熔化，从而达到焊接金属的目的，如图所示，焊接时工件在两侧压力的作用下，并使工件高速旋转，从增大滑动摩擦力大小的角度，下列措施在实际操作中可行的是（　　）



A．增大工件的动摩擦因数　　B．增大工件间的压力

C．增大转速　　D．减小工件的接触面积

【答案】B

【解析】滑动摩擦力的大小为

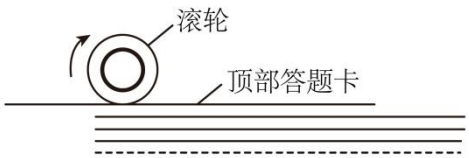
$f=\mu N$

由题图和题意可知，工件之间的相对运动产生摩擦热，对确定的工件的动摩擦因数不能改变，又工件已是高速旋转，一般都不变，滑动摩擦力与工件的接触面无关，因此只有增大工件间的压力可以增大滑动摩擦力。

故选 B。

9．图（a）为答题卡扫描仪，其内部结构如图（b）所示。扫描仪内部有一个摩擦滚轮放置在水平答题卡上方。正常工作时滚轮对顶部答题卡的正压力为 F，摩擦滚轮顺时针转动，摩擦力只带动与之接触的顶部答题卡进入扫描仪内部进行逐张扫描，直至所有答题卡扫描完毕。已知每张答题卡的质量均为 m，摩擦滚轮与答题卡间的动摩擦因数恒为 $\mu=0.8$，各答题卡间的动摩擦因数 μ' 范围为 $0.4\le\mu'\le0.5$，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度大小为 g。要使该扫描仪能一直正常工作，正压力 F 的最大取值范围为（　）

图(a)



图(b)

A．$\frac{5}{3}mg<F\le3mg$　　B．$\frac{5}{3}mg<F\le2mg$

C．$mg<F\le3mg$　　D．$mg<F\le2mg$

【答案】A

【解析】要使扫描仪正常工作，每次只能带动顶部答题卡，需满足：滚轮对顶部答题卡的摩擦力大于顶部与下方答题卡间的最大静摩擦力，则由平衡条件及摩擦力的计算公式可得 $\mu F>\mu'(F+mg)$

由题知 $\mu=0.8$

令 $\mu'=0.5$（取最大值保证所有 μ' 情况）

解得 $F>\frac{5}{3}mg$

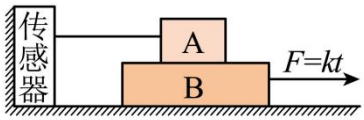
同时第二张答题卡不能动，需满足：第一张答题卡给第二张答题卡的最大滑动摩擦力小于等于第二张答题卡受到的最大静摩擦力，即 $0.5\left(F+mg\right)\le0.4\left(F+2mg\right)$

解得 F≤3mg

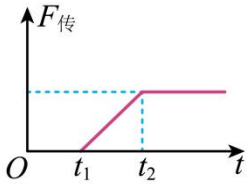
综上可得 $\frac{5}{3}mg < F \le 3mg$

故选 A。

10．如图甲所示，A、B 两个物体叠放在水平面上，B 的上下表面均水平，A 物体与一拉力传感器相连接，连接拉力传感器和物体 A 的细绳保持水平。从 $t=0$ 时刻起，用一水平向右的力 $F=kt$（k 为常数）作用在 B 物体上，拉力传感器的示数随时间变化的图线如图乙所示，已知 k、t_1、t_2，且最大静摩擦力等于滑动摩擦力。据此可求（　　）



甲



乙

A．A、B 两物体之间的弹力

B．水平面与物体 B 之间的滑动摩擦力

C．A、B 两物体之间的动摩擦因数 μ_{AB}

D．物体 B 与水平面间的动摩擦因数 μ

【答案】B

【解析】B．当 F 大于物体 B 与地面间的最大静摩擦力后，拉力传感器才有示数，地面对物体 B 的最大静摩擦力为

$$F_{fm}=kt_1$$

A、B 两物体相对滑动后，拉力传感器的示数保持不变，则

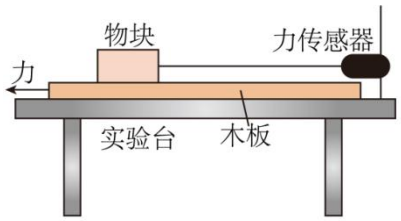
$$F_{fAB}=kt_2-F_{fm}=k\left(t_2-t_1\right)$$

选项 B 正确；

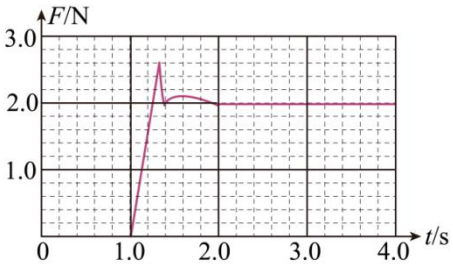
ACD．由于 A、B 两物体的质量未知，则 A、B 两物体之间的弹力、μ_{AB} 和 μ 都不能求出，选项 ACD 错误。

故选 B。

11．为研究木板与物块之间的摩擦力，某同学在粗糙的长木板上放置一物块，物块通过细线连接固定在试验台上的力传感器，如图（a）。水平向左拉木板，传感器记录的 F-t 图像如图（b）。下列说法中正确的是（　　）



图(a)



图(b)

A．物块受到的摩擦力方向始终水平向右

B．1.0~1.2s 时间内，木板与物块间的摩擦力大小与物块对木板的正压力成正比

C．1.0~1.2s 时间内，物块与木板之间的摩擦力是静摩擦力

D．2.4~3.0s 时间内，木板一定做匀速直线运动

【答案】C

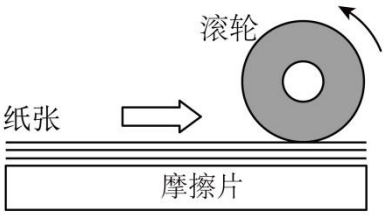
【解析】A．由题意可知，木板始终有向左运动或向左运动的趋势，物块相对木板始终有向右的运动趋势，则物块受到的摩擦力方向始终水平向左，A 错误；

BC．由图（b）可知，在 1.0~1.2s 时间内，木板与物块间的摩擦力大小在随时间逐渐增大，可知此时的摩擦力是静摩擦力，而静摩擦力的大小与物块对木板的正压力无关，B 错误，C 正确；

D．由于最大静摩擦力略大于滑动摩擦力，滑动摩擦力不变化，因此可知在 2.4~3.0s 时间内，木板与物块间的摩擦力是滑动摩擦力，由于木板的受力情况不确定，只能确定木板与物块间一定产生相对滑动，不能确定木板运动情况，木板可能做匀速直线运动，也可能做变速直线运动，D 错误。

故选 C。

12．如图所示是打印机进纸系统的简化示意图。滚轮压住一叠白纸，正常工作时，进纸系统每次只进一张纸，滚轮按图示方向转动并带动最上面的第 1 张纸向右运动，第 1 张白纸以下依次为第 2 张、第 3 张、…。则下列说法正确的是（　　）



A．滚轮对第 1 张纸的摩擦力方向水平向左

B．进第 1 张纸时，第 2 张纸与第 1 张纸间产生的是静摩擦力

C．进第 1 张纸时，第 2 张纸与第 3 张纸间摩擦力为 0

D．进第 1 张纸时，若仅加快滚轮转速，对第 1 张纸的摩擦力大小不变

【答案】D

【解析】A．滚轮相对于第 1 张纸向右运动，第 1 张纸对滚轮的摩擦力方向水平向左，则滚轮对第 1 张纸的摩擦力方向水平向右，故 A 错误；

B．进第 1 张纸时，第 1 张纸相对第 2 张纸向右运动，则第 2 张纸与第 1 张纸间产生的是动摩擦力，故 B 错误；

C．进第 1 张纸时，第 1 张纸对第 2 张纸的滑动摩擦力水平向右，但第 2 张纸处于静止状态，根据受力平衡可知，第 3 张纸对第 2 张纸的静摩擦力水平向左，故 C 错误；

D．进第 1 张纸时，若仅加快滚轮转速，根据滑动摩擦力表达式 $f=\mu F_{\mathrm{N}}$，由于滚轮对第 1 张纸的压力不变，所以对第 1 张纸的摩擦力大小不变，故 D 正确。

故选 D。

13．（多选）有关滑动摩擦力的下列说法中，正确的是（　　）

A．有压力一定有滑动摩擦力

B．有滑动摩擦力一定有压力

C．滑动摩擦力的方向总是与接触面上的压力的方向垂直

D．只有运动物体才受滑动摩擦力

【答案】BC

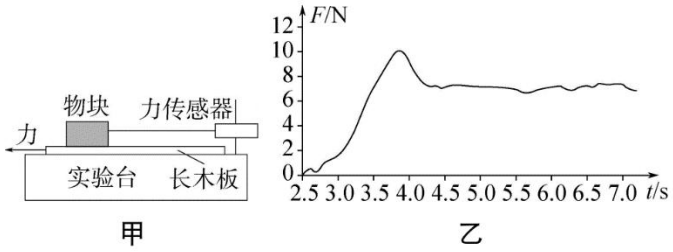
【解析】AB．依据滑动摩擦力产生的条件，则有摩擦力一定有压力，而有压力不一定有滑动摩擦力，因还要涉及接触面是否光滑和是否有相对运动。故 A 错误；B 正确；

C．滑动摩擦力的方向与接触面相切，而压力垂直于接触面，所以滑动摩擦力的方向跟接触面所受压力的方向垂直。故 C 正确；

D．擦黑板时，黑板相对地面是静止的，但相对黑板擦是运动的，也受滑动摩擦力，所以关键是“相对运动”。故 D 错误。

故选 BC。

14．（多选）某同学利用如图甲所示装置研究摩擦力的变化情况．实验台上固定一个力传感器，传感器用棉线拉住物块，物块放置在粗糙的长木板上．水平向左拉木板，传感器记录的 F-t 图像如图乙所示．下列说法正确的是（　）



A．实验时必须让木板保持匀速运动

B．图乙中曲线就是摩擦力随时间的变化曲线

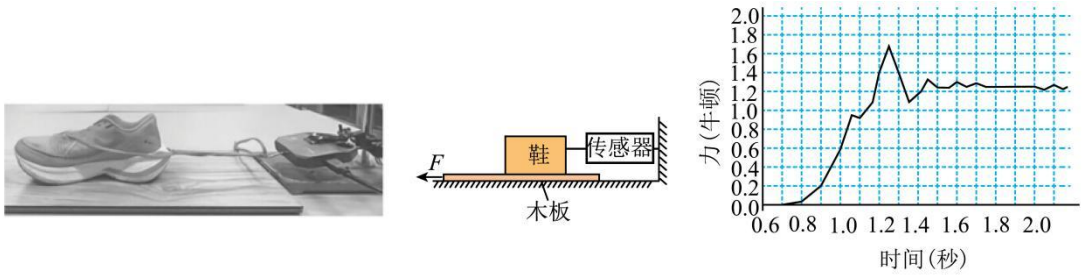
C．滑动摩擦力约为 7N

D．只用图乙中数据可求出物块与木板之间的动摩擦因数 μ

【答案】BC

【解析】当物块与长木板发生相对运动后，不管木板做匀速运动还是变速运动，物块的受力不变，故木板不需要保持匀速运动，A 错误；根据物块的受力可知，传感器记录的力与物块所受的摩擦力等大反向，故可以说题图乙中曲线就是摩擦力随时间的变化曲线，B 正确；由题图乙可知，滑动摩擦力约为 7N，根据公式 $F_f = \mu F_N = \mu mg$ ，由于 m 未知，故无法求出动摩擦因数，C 正确，D 错误。

15．（多选）为研究鞋子的防滑情况，实验小组想利用力的传感器测定鞋与木板间的动摩擦因数，如图所示安装实验装置。缓慢拉动木板左侧，使木板由静止向左运动的过程中，采集力传感器的数据，如下图。下列说法正确的是（　　）



A．拉动木板时，要确保木板处于匀速运动状态

B．木板所受的压力是由于鞋子的形变导致的

C．1.2s 时，木板和鞋处于相对静止状态

D．若鞋子的重力为 3.4N，由图可知鞋子和木板的动摩擦因数约为 0.6

【答案】BC

【解析】A．拉动木板时，由于鞋处于静止状态，传感器示数等于鞋受到的滑动摩擦力大小，所以不需要确保木板处于匀速运动状态，故 A 错误；

B．木板所受的压力是由于鞋子的形变导致的，故 B 正确；

C．由采集力传感器的数据图可知，1.2s 时，木板和鞋之间的摩擦力为静摩擦力，所以木板和鞋处于相对静止状态，故 C 正确；

D．由采集力传感器的数据图可知，滑动摩擦力大小约为1.25N，根据

$$f=\mu N=\mu G$$

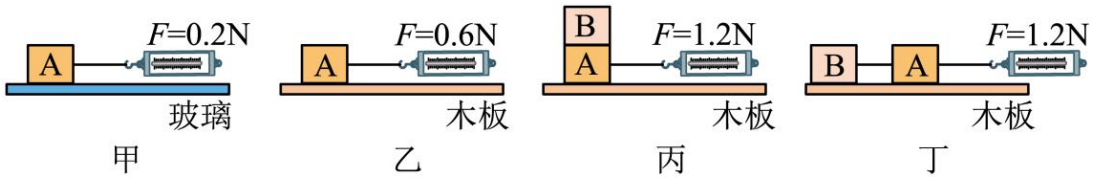
可得鞋子和木板的动摩擦因数约为

$$\mu=\frac{f}{G}=\frac{1.25}{3.4}\approx 0.37$$

故 D 错误。

故选 BC。

16．为了探究“滑动摩擦力大小与什么因素有关”，小明利用完全相同的两块木块 A、B 设计了如图所示的实验。

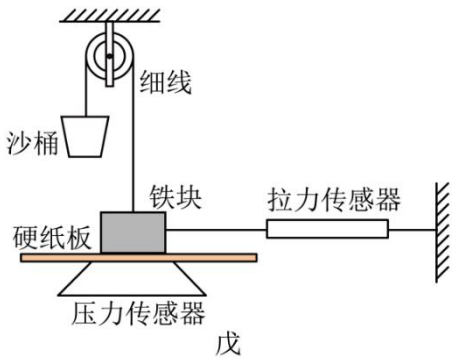


(1)测量前，发现弹簧测力计指针不在零刻度线上，实验前应该先在___方向对弹簧测力计的指针调零；实验中要做到匀速直线拉动物体，为了满足实验原理___；

(2)比较图中甲、乙两次实验说明：___；

(3)图丙中木块 A、B 一起做匀速直线运动时，则木块 B 受到的摩擦力为___N；图丁中物体 A、B 间绳子受到的拉力是___；

(4)小明对实验装置进行了改进，如图戊所示。两个传感器可分别显示拉力和压力的大小。往沙桶中加减沙子的目的是探究滑动摩擦力的大小与___的关系；实验过程中，___（选填“需要”或“不需要”）匀速拉动长木板，实验中滑轮的作用是___。



【答案】(1)水平　二力平衡　(2)图甲、乙两次压力相同，乙中接触面粗糙，测力计示数也大，实验说明：在压力相同时，接触面越粗糙，滑动摩擦力越大　(3)0　0.6N　(4) 压力　不需要　改变力的方向

【解析】（1）[1][2]测量前，观察弹簧测力计，发现指针不在零刻度线，为了准确测量滑动摩擦力，实验前应该先在水平方向对弹簧测力计的指针调零；实验中要做到匀速直线拉动物体，物体受到的拉力和摩擦力是平衡力，由二力平衡条件得到摩擦力和拉力大小相等。

（2）图甲、乙两次压力相同，乙中接触面粗糙，测力计示数也大，实验说明：在压力相同时，接触面越粗糙，滑动摩擦力越大。

（3）[1][2]图丙中木块 A、B 一起做匀速直线运动时，B 相对 A 没有相对运动的趋势，则木块 B 受到的摩擦力为 0N；图乙中绳子对 A 的拉力为 0.6N，可知 A 受到的滑动摩擦力为 0.6N，A 和 B 质量相同，对支持面的压力相同，丁图中 A 受到水平向右的拉力、水平向左的摩擦力和绳子的拉力，三个力平衡，绳子的拉力

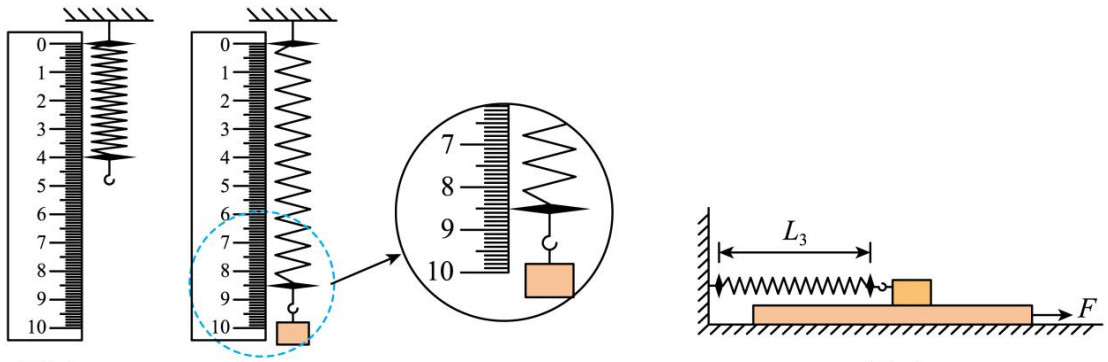
$$F=1.2N-0.6N=0.6N$$

（4）[1]两个传感器可分别显示拉力和压力的大小，往沙桶中加减沙子，改变了对铁块的拉力，从而改变铁块对纸板的压力，而接触面粗糙程度不变，目的是探究滑动摩擦力的大小与压力的关系。

[2]实验过程中，铁块相对地面处于静止状态，受到力传感器的拉力与受到板施加的滑动摩擦力为一对平衡力，大小相等，方向相反，故不需要匀速拉动长木板。

[3]图中滑轮是定滑轮，可以改变力的方向。

17．某实验兴趣小组为了测量物体间的动摩擦因数，设计了如下实验：



图甲　　图乙　　图丙

（1）如图甲，将轻弹簧竖直悬挂，用刻度尺测出弹簧自由悬挂时的长度 $L_1=4.00\text{cm}$ 。

（2）如图乙，在弹簧的下端悬挂小木块，用刻度尺测出稳定时弹簧的长度 L_2＝___cm。

（3）将一长木板平放在水平面上，小木块放置于木板上，如图丙，将弹簧左端固定在竖直墙壁上，右端拴接小木块，使弹簧水平，用力 F 向右拉动长木板，长木板与小木块发生相对运动，当小木块静止后，测出此时弹簧的长度 $L_3=5.68\text{cm}$ 。若认为弹簧的原长仍为 L_1，则此时弹簧的伸长量ΔL＝___cm。

（4）根据上面的操作，可以得出小木块与长木板间的动摩擦因数μ＝___（结果保留两位有效数字）。

（5）若考虑弹簧自身重力，上述计算得到的弹簧伸长量ΔL将___（填“偏大”或“偏小”），动摩擦因数μ的测量值将___（填“偏大”或“偏小”）。

【答案】8.50 或 8.51　1.68　0.37　偏小　偏小

【解析】[1]刻度尺的分度值为 0.1cm，刻度尺的读数为 8.50cm，即用刻度尺测出稳定时弹簧的长度为 8.50cm；

[2]弹簧的伸长量为

$$\Delta L = L_3 - L_1 = 1.68\text{cm}$$

[3]根据平衡条件可得小木块的重力为

$$Mg = k(L_2 - L_1)$$

用力向右拉动长木板，长木板与小木块发生相对运动，当小木块稳定时，则有

$$f = F = k(L_3 - L_1)$$

可以得出小木块与长木板间的动摩擦因数为

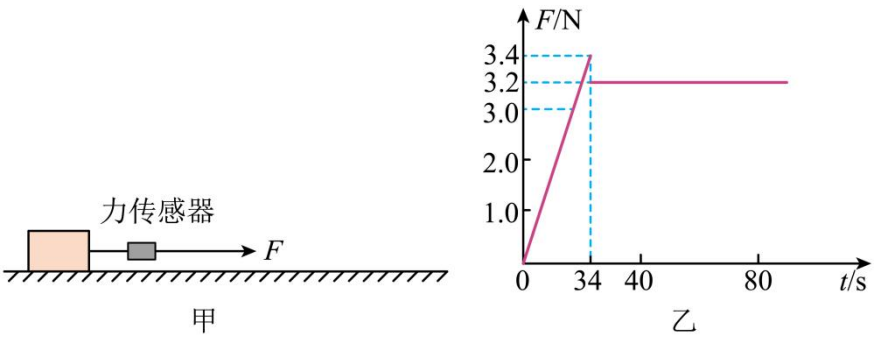
$$\mu = \frac{f}{Mg} = \frac{L_3 - L_1}{L_2 - L_1}$$

代入数据解得

$$\mu = 0.37$$

[4][5]若考虑弹簧自身重力，水平测量时弹簧的原长L_1将变小，弹簧的伸长量ΔL将变大，因此上述计算得到的弹簧伸长量将偏小，则动摩擦因数的测量值将偏小。

18．如图甲所示为测量静摩擦力的实验装置，质量为$m = 1.0\text{kg}$的木块放在水平桌面上。现用力沿水平方向拉木块，拉力F从 0 开始逐渐增大，木块先静止后运动。用力传感器采集拉力的大小F，并用计算机绘制出F随时间t变化的图像，如图乙所示。木块运动起来后，如果做匀速直线运动，拉力大小将保持为 3.2N。已知重力加速度大小$g = 10\text{m/s}^2$。



(1)由图可知，木块与水平桌面间的最大静摩擦力为多大？

(2)木块与桌面间的动摩擦因数μ是多大？

(3)现用F=10N的力来拉另外一个静止在水平桌面的木块，该木块的质量为$m'=5.0\text{kg}$，与桌面间的动摩擦因数依然为μ，求该木块与地面之间的摩擦力大小等于多少？

【答案】(1)3.4N　(2)0.32　(3)10N

【解析】（1）由图可知，木块与水平桌面间的最大静摩擦力为

$$f_{\text{m}}=3.4\text{N}$$

（2）由图可知，木块与水平面间的滑动摩擦力为

$$f=3.2\text{N}$$

根据滑动摩擦力公式

$$f=\mu F_{\text{N}}=\mu mg$$

解得

$$\mu=0.32$$

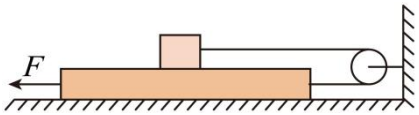
（3）另一个木块与桌面间的最大静摩擦力大小为

$$f_{\text{m}}'=\mu m'g=0.32\times5.0\times10\text{N}=16\text{N}$$

当用10N的力来拉木块时，因为拉力小于最大静摩擦力，所以木块与地面之间的摩擦力是静摩擦力，大小为

$$f'=10\text{N}$$

19．如图所示，质量为$m=4\text{kg}$的木板放在水平面上，质量为$M=2\text{kg}$的物块放在木板上，木板和物块之间用一条跨过光滑定滑轮的细绳相连。用水平向左的外力F拉动木板，当$F=10\text{N}$时木板和物块匀速运动，已知滑轮左侧的细绳与水平面平行，物块与木板之间、木板与水平面之间的动摩擦因数均为μ，重力加速度g取$10\text{m}/\text{s}^2$，求：



(1)绳子上的拉力大小；

(2)动摩擦因数μ的值。

【答案】(1)2N　(2)0.1

【解析】（1）由已知$m=2M$，设物块与木板之间的滑动摩擦力为F_{f1}，地面对长木板的摩擦力为F_{f2}

根据滑动摩擦力公式$F_{\text{f}_1}=\mu Mg$，$F_{\text{f2}}=\mu\left(mg+Mg\right)=\mu\left(2Mg+Mg\right)$

因此 $F_{f2}=3F_{f1}$

设绳子上的拉力为 T，由于物块匀速运动，则 $F_{f1}=T$

由于长木板匀速运动，则 $F=F_{f1}+T+F_{f2}$

联立解得 $T=\frac{1}{5}F=2\text{N}$

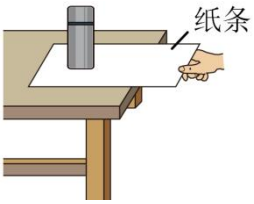
（2）动摩擦因数 $\mu=\frac{F_{f1}}{Mg}$

因为 $F_{f1}=T=1\text{N}$

所以 $\mu=\frac{F_{f1}}{Mg}=\frac{2}{2\times10}=0.1$

综合演练

20．水平桌面上水杯下压着一张纸条。沿水平方向将纸条缓慢抽出，用手扶住水杯，水杯始终保持静止状态。在纸条抽出过程中，水杯（　　）



A．受到的重力作用在纸条上，方向竖直向下

B．底部发生形变对桌面产生弹力，方向竖直向下

C．受桌面的静摩擦力作用，方向与纸条抽动方向相同

D．受纸条的滑动摩擦力作用，方向与纸条抽动方向相同

【答案】D

【解析】A．水杯受到的重力作用在水杯上，方向竖直向下，故 A 错误；

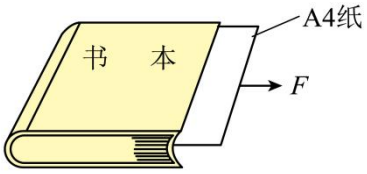
B．水杯底部没有和桌面接触，不会对桌面产生弹力的作用，故 B 错误；

C．因为水杯和桌面没有相互接触，所以不受到桌面的摩擦力，故 C 错误；

D．因为水杯和纸条间相对滑动，所以受纸条的滑动摩擦力作用，方向与相对运动方向相反，即与纸条抽动方向相同，故 D 正确。

故选 D。

21．一本质量为 M 的书平放在水平桌面上，将一张 A4 纸夹在书页间，如图所示。A4 纸与书页间的动摩擦因数为 μ_1，书与桌面间的动摩擦因数为 μ_2，$\mu_1=2\mu_2$。现用一水平向右的力 F 作用于 A4 纸上，若要使书与 A4 纸一同运动，则 A4 纸上面书页的质量 m 应满足（最大静摩擦力等于滑动摩擦力，A4 纸的质量忽略不计）（　　）



A．$m>\frac{1}{2}M$　　B．$m>\frac{1}{4}M$　　C．$m>\frac{1}{6}M$　　D．$m>\frac{1}{8}M$

【答案】B

【解析】书与 A4 纸恰好运动

$$F>\mu_2 Mg$$

由于 A4 纸的上下两面均有摩擦力，要想 A4 纸不滑出，则

$$F<2\mu_1 mg$$

整理得

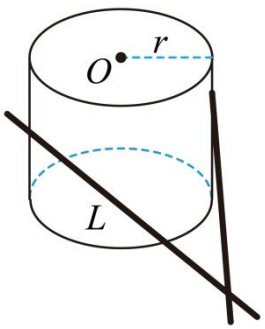
$$2\mu_1 mg>\mu_2 Mg$$

解得

$$m>\frac{1}{4}M$$

故选 B。

22．如图所示，某同学用一双筷子夹起质量为 m 的圆柱形重物，已知圆柱竖直、半径为 r，筷子水平，交叉点到圆柱接触点的距离均为 $L=4r$，每根筷子对圆柱的压力大小为 $2mg$，重力加速度大小为 g，下列说法正确的是（　）



A．每根筷子与圆柱体间的摩擦力大小为$\frac{1}{2}mg$

B．每根筷子与圆柱体间的摩擦力大小为$\frac{\sqrt{2}}{2}mg$

C．每根筷子与圆柱体间的摩擦力大小为$\frac{\sqrt{3}}{2}mg$

D．若增大筷子与圆柱间的压力，摩擦力大小不变

【答案】B

【解析】ABC．重物在竖直方向上由平衡条件可知

$$2f_y = mg$$

解得

$$f_y = \frac{mg}{2}$$

俯视水平方向受力分析如图

$$2N \times \frac{r}{\sqrt{17}r} = 2f_x \times \frac{4r}{\sqrt{17}r} \text{，} \quad N = 2mg$$

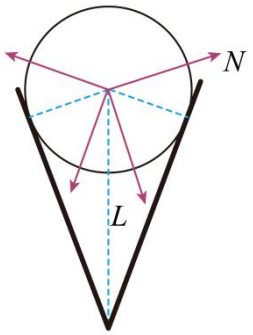
解得

$$f_x = \frac{mg}{2}$$

所以每根筷子与圆柱体间的摩擦力大小为

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \frac{\sqrt{2}mg}{2}$$

故 AC 错误，B 正确；



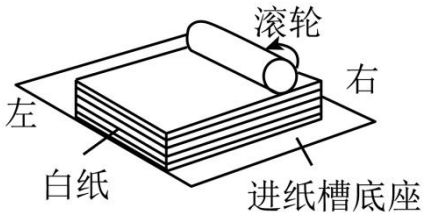
D．增大筷子与圆柱间的压力，摩擦力竖直分量仍等于重力大小，摩擦力水平分量增大，摩擦力变大。

故 D 错误。

故选 B。

23．如图所示，打印机进纸槽里叠放有一叠白纸，进纸时滚轮以竖直向下的力 F 压在第一张白纸上，并沿逆时针方向匀速转动，滚轮与第一张纸不打滑，但第一张纸与第二张纸间发生相对滑动。设最大静摩擦力

与滑动摩擦力相等。滚轮与白纸之间的动摩擦因数为μ_1，白纸之间、白纸与纸槽底座之间的动摩擦因数均为μ_2，每张白纸的质量为m，不考虑静电力的影响，重力加速度为g，则下列说法正确的是（　　）



A．滚轮对第一张白纸的摩擦力大小为$\mu_1 F$

B．第二、三张白纸间的摩擦力大小为$\mu_2\left(F+2mg\right)$

C．第三、四张白纸间的摩擦力大小为$\mu_2\left(F+mg\right)$

D．越靠近底座，白纸间的摩擦力越大

【答案】C

【解析】A．$\mu_1 F$为滚轮与第一张白纸间的滑动摩擦力，滚轮与第一张白纸间的摩擦力为静摩擦力，小于或等于最大静摩擦力。故A错误；

B．第一、二张白纸间的摩擦力为滑动摩擦力，大小为

$$f_{12}=\mu_2\left(F+mg\right)$$

第二张白纸处于静止状态，第二、三张白纸间的摩擦力为静摩擦力，大小等于第一、二张白纸间的摩擦力，即

$$f_{23}=\mu_2\left(F+mg\right)$$

故B错误；

C．第三张白纸处于静止状态，第三、四张白纸间的摩擦力为静摩擦力，大小等于第二、三张白纸间的摩擦力，即

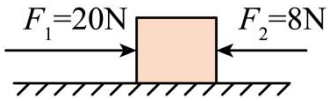
$$f_{34}=\mu_2\left(F+mg\right)$$

故C正确；

D．除第一张白纸外，所有白纸均处于静止状态，白纸间的摩擦力均为$\mu_2\left(F+mg\right)$，大小相等。故D错误。

故选C。

24.（多选）如图所示，一个质量为$m=5\text{kg}$的物块放在水平地面上，在$F_1=20\text{N}$和$F_2=8\text{N}$以及摩擦力作用下，物块以$v=12\text{m/s}$的速度向右匀速直线运动，某时刻撤去F_1并从此时开始计时，下列说法正确的是（　）



A．$t=5\text{s}$时地面对物块的摩擦力$f=8\text{N}$

B．前4s的平均速度为4.5m/s

C．$t=4\text{s}$时，物块的加速度为4m/s^2

D．$t=5\text{s}$时，物块距离$t=0$时的位置有10m远

【答案】AB

【解析】A．物块以$v=12\text{m/s}$的速度向右匀速直线运动，有

$$F_1=F_2+f$$

解得滑动摩擦力为

$$f=12\text{N}$$

方向向左。

撤去F_1，物块向右做匀减速运动，根据牛顿第二定律有

$$a_1=\frac{F_2+f}{m}=4\text{m/s}^2$$

减速到0的时间

$$t_0=\frac{v}{a_1}=3\text{s}$$

由于

$$F_2<f$$

之后物块静止。所以$t=5\text{s}$时物块已经静止，地面对物块的摩擦力为静摩擦力

$$f=F_2=8\text{N}$$

A正确；

C．$t=4\text{s}$时，物块静止，加速度为0，C错误；

B．物块向右做匀减速运动的位移

$$x=\frac{v^2}{2a_1}=18\text{m}$$

之后静止，所以$t=5\text{s}$时，物块距离$t=0$时的位置有18m远，D错误；

B．前4s的平均速度为

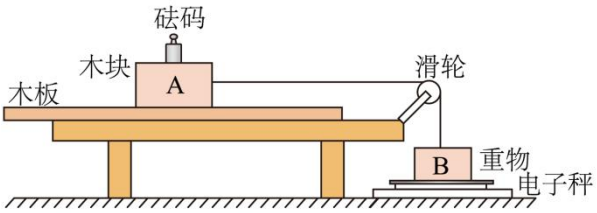
$$\bar{v}=\frac{x}{t'}=4.5\text{m/s}$$

B 正确。

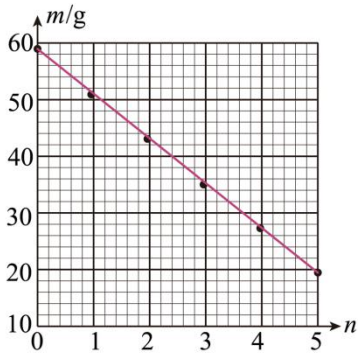
故选 AB。

25．某同学利用测质量的小型家用电子秤，设计了测量木块和木板间动摩擦因数μ的实验。

如图（a）所示，木板和木块 A 放在水平桌面上，电子秤放在水平地面上，木块 A 和放在电子秤上的重物 B 通过跨过定滑轮的轻绳相连。调节滑轮，使其与木块 A 间的轻绳水平，与重物 B 间的轻绳竖直。在木块 B 上放置 5 个砝码（电子秤称得每个砝码的质量m_0为5.0g），实验过程中从在木块 B 上取n个砝码置于木块 A 上，向左拉动木板的同时，记录电子秤的对应示数m。



图(a)



图(b)

（1）实验中，匀速拉动木板。

（2）用m_{A}和m_{B}分别表示木块 A 和重物 B 的质量，则m和m_{A}、m_{B}、m_0、μ、n所满足的关系式为$m=$____；

（3）根据测量数据在坐标纸上绘制出$m-n$图像，如图（b）所示，可得木块 A 和木板间的动摩擦因数$\mu=$（保留 2 位有效数字）；

（4）若开始时 B 放上电子秤前未注意到电子秤有读数，且实验时也未对电子秤校零，则动摩擦因数的测量值____真实值（填“偏小”、“相等”或“偏大”）。

【答案】$m=m_{\text{B}}+(5-n)m_0-\mu(m_{\text{A}}+nm_0)$　0.60　偏小

【解析】（2）[1]对木块、砝码以及重物 B 分析可得

$$\mu(m_{\text{A}}+nm_0)g+mg=m_{\text{B}}g+(5-n)m_0g$$

整理解得

$$m=m_{\text{B}}+(5-n)m_0-\mu(m_{\text{A}}+nm_0)$$

（3）[2]由于

$$m = m_{\mathrm{B}} + (5-n)m_0 - \mu(m_{\mathrm{A}} + nm_0)$$

整理可得

$$m = (-\mu m_0 - m_0)n + 5m_0 + m_{\mathrm{B}} - \mu m_{\mathrm{A}}$$

结合图像可得

$$\mu m_0 + m_0 = \frac{59-19}{5}$$

故

$$\mu = 0.60$$

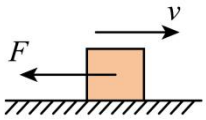
（4）[3]若开始时 B 放上电子秤前未注意到电子秤有读数，且实验时也未对电子秤校零，则放上 B 后，m 值偏大，$m-n$ 图像的纵截距 $b = 5m_0 + m_{\mathrm{B}} - \mu m_{\mathrm{A}}$ 的测量值偏大，由于 m_{A} 不变、m_{B} 不变，因此动摩擦因数的测量值偏小。

进阶检测

（考试时间：60 分钟 试卷满分：100 分）

一、单选题（5 分/题，共 35 分）

1．如图所示，质量为 10kg 的物体以初速度 v 沿水平地面向右运动，受到水平向左、大小为 25N 的拉力 F 作用。物体与地面间的动摩擦因数为 0.10，g 取 10m/s^2。物体在向右运动的过程，受到的滑动摩擦力大小为（　　）



A．10N　　B．15N　　C．25N　　D．35N

【答案】A

【解析】根据题意知，滑动摩擦力大小为 $\mu mg=0.10\times10\times10=10\text{N}$

故选 A。

2．下列说法正确的是（　　）

A．由公式 $\mu=\dfrac{F_\text{f}}{F_\text{N}}$ 可知，动摩擦因数 μ 与滑动摩擦力 F_f 成正比

B．由公式 $k=\dfrac{F}{x}$ 可知，弹簧的劲度系数 k 与弹簧弹力 F 成正比

C．物体的重心不一定在物体上

D．重力就是地球对物体的吸引力

【答案】C

【解析】A．动摩擦因数是由两接触面的材料决定的，与滑动摩擦力以及压力均无关，A 错误；

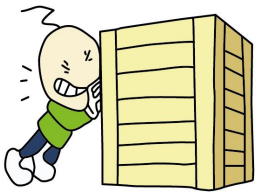
B．弹簧的劲度系数 k 是由弹簧本身决定的，与弹力以及形变量 x 均无关，B 错误；

C．物体的重心不一定在物体上，比如质量分布均匀的圆环，重心在圆环的圆心处，不在圆环上，C 正确；

D．重力是由于地球对物体的吸引而产生的，它只是该引力的一个分力，D 错误。

故选 C。

3．如图所示，一男孩用水平力推静止在水平地面上的大木箱，一开始没有推动，随着推力的逐渐增加，大木箱被推动了，推动后小男孩推着木箱往前走，以下对大木箱所受的摩擦力描述正确的是（　　）



A．没推动木箱是因为推力小于摩擦力

B．整个过程中木箱所受的摩擦力大小先变大后变小再不变

C．整个过程中木箱所受的摩擦力大小先变大后不变

D．整个过程中木箱所受的摩擦力大小一直变大

【答案】B

【解析】A．没推动木箱时，木箱处于静止状态，根据平衡条件可知，水平推力大小等于摩擦力，故 A 错误；

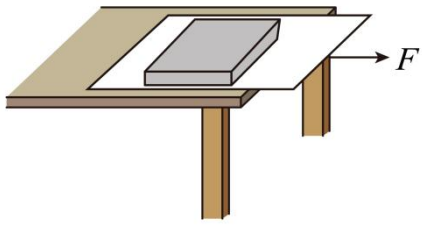
BCD．结合上述，没推动木箱时，水平推力大小等于静摩擦力，当达到最大静摩擦力时，木箱开始滑动，此时木箱受到滑动摩擦力为

$f=\mu N=\mu mg$

由于滑动摩擦力小于最大静摩擦力，可知，整个过程中木箱所受的摩擦力大小先变大后变小再不变，故 B 正确，C 错误；

故选 B。

4．如图所示，一张白纸放在水平桌面上，一本书放在白纸上，用大小为 F 的水平力拉动白纸，最终书和白纸一起在桌面上匀速运动，已知各个接触面的动摩擦因数相同，书的质量为 m、白纸的质量不计，重力加速度为 g，则书和白纸在桌面上匀速运动的过程中，下列说法正确的是（　　）



A．白纸对书的摩擦力方向水平向右

B．白纸对书的摩擦力方向水平向左

C．增大拉力，桌面对白纸的摩擦力增大

D．桌面和白纸间的动摩擦因数等于 $\frac{F}{mg}$

【答案】D

【解析】AB．由于书和白纸一起做匀速运动，因此书不受摩擦力作用，故 AB 错误；

D．对书、纸整体研究，桌面对纸的摩擦力 $\mu mg = F$

因此有 $\mu = \dfrac{F}{mg}$

由于各个接触面的动摩擦因数相同，则桌面和白纸间的动摩擦因数等于 $\dfrac{F}{mg}$，故 D 正确；

C．增大拉力，桌面与纸之间的动摩擦因数不变，正压力不变，则桌面对纸的滑动摩擦力不变，故 C 错误。

故选 D。

5．如图 1 所示，长木板放在水平桌面上，质量 $m = 1.5\text{kg}$ 的物块放在长木板上，物块右端拴一根细绳，细绳与固定在桌面上的力传感器相连，某同学在向左拉动木板过程中，传感器的读数 F 随时间 t 变化的图像如图 2 所示。设物块与长木板之间的动摩擦因数为 μ，重力加速度 g 取 10m/s^2，请根据图像数据判断下面各式可能正确的是（　　）

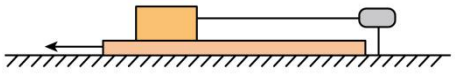


图1

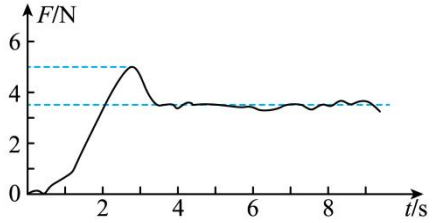


图2

A．$\mu = \dfrac{7}{30}$　　B．$\mu = 0.7$　　C．$\mu = 0.1$　　D．$\mu = \dfrac{1}{3}$

【答案】A

【解析】由乙图可知滑动摩擦力约为 $f = F = 3.5\text{N}$

则有 $\mu = \dfrac{f}{mg} = \dfrac{3.5}{1.5 \times 10} = \dfrac{7}{30}$

故选 A。

6．在学习了摩擦力的知识后，小张对摩擦力的相关知识产生了浓厚的兴趣，他在水平地面上放一个质量为 2kg 的物体，物体与地面间的动摩擦因数为 0.3。若取重力加速度大小 $g = 10\text{m/s}^2$，认为最大静摩擦力等于滑动摩擦力，则当他依次用大小分别为 5N、6N、7N 的水平拉力拉该物体时，物体受到的摩擦力大小依次为（　　）

A．5N、5N、5N　　B．6N、6N、6N　　C．5N、6N、6N　　D．5N、6N、7N

【答案】C

【解析】物体与地面间得最大静摩擦力为 $f_{\max} = \mu N = \mu G = 0.3 \times 2 \times 10\text{N} = 6\text{N}$

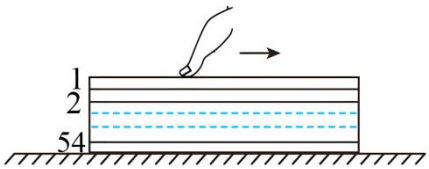
用 5N 的水平拉力拉此物体时，物体处于静止状态，物体受到静摩擦力作用，则有 $f_1 = 5\text{N}$

用 6N 的水平拉力拉此物体时，物体刚要滑动，其摩擦力的等于滑动摩擦力，则有 $f_2=6\mathrm{N}$

用 7N 的水平拉力拉此物体时，物体处于运动状态，物体受到滑动摩擦力作用，则有 $f_3=\mu G=6\mathrm{N}$

故选 C。

7．如图所示，水平桌面上平放一叠共计 54 张的扑克牌，每一张的质量均为 m。用一手指以竖直向下的力压第 1 张牌，并以一定速度向右移动手指，确保手指与第 1 张牌之间有相对滑动。设最大静摩擦力与滑动摩擦力相同，手指与第 1 张牌之间的动摩擦因数为 μ_1，牌间的动摩擦因数均为 μ_2，第 54 张牌与桌面间的动摩擦因数为 μ_3，且有 $\mu_1>\mu_2>\mu_3$。则下列说法正确的是（　　）



A．第 1 张和第 2 张牌一定保持相对静止

B．第 54 张牌受到水平桌面的摩擦力向右

C．第 2 张牌到第 53 张牌之间不可能发生相对滑动

D．第 2 张牌到第 53 张牌之间可能发生相对滑动

【答案】C

【解析】A．手指对第 1 张牌的压力为 F，则手指对第 1 张牌的摩擦力为

$$f_{手}=\mu_1 F$$

第 1 张牌与第 2 张牌间的弹力大小为

$$N_{12}=F+mg$$

第 1 张牌与第 2 张牌间的最大静摩擦力大小为

$$f_{12}=\mu_2(F+mg)$$

由于

$$\mu_1>\mu_2$$

故可能存在

$$f_{手}=\mu_1 F>f_{12}=\mu_2(F+mg)$$

即第 l 张牌和第 2 张牌可能发生相对滑动，故 A 错误；

B．以第 2 张牌到第 54 张牌为整体，该整体受到第 l 张牌对它水平向右的摩擦力，整体相对于水平桌面向右运动（或有向右的运动趋势），故水平桌面对第 54 张牌的摩擦力向左，故 B 错误；

C D．对第 2 张牌分析，它跟第 3 张牌间的弹力大小为

$$N_{23}=F+2mg$$

第 2 张牌与第 3 张牌间的最大静摩擦力大小为

$$f_{23}=\mu_2(F+2mg)$$

而第 1 张牌与第 2 张牌间的摩擦力最大为

$$f_{12}=\mu_2(F+mg)$$

可知

$$f_{12}<f_{23}$$

则第 2 张牌与第 3 张牌之间不发生相对滑动，同理，第 3 张到第 53 张牌也不发生相对滑动，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

二、多选题（漏选得 3 分，全对得 5 分，错选得 0 分，共 20 分）

8．如图所示，桌布铺在桌子上，将一个杯子放置在桌布上，向左将桌布从杯子下拉出，拉出桌布后，杯子在桌面上滑行一段距离后停在桌面上。则在上述运动过程中（　　）

A．桌布对杯子的摩擦力的方向向右

B．桌面对杯子的摩擦力的方向向右

C．若只增大拉出桌布的速度，桌布对杯子的摩擦力不变

D．若只增大杯子的重量，桌面对杯子的摩擦力不变

【答案】BC

【解析】A．向左拉桌布，杯子没有滑离桌布时，杯子相对于桌布向右运动，杯子受到的摩擦力向左，故 A 错误；

B．拉出桌布后，杯子在桌面上向左滑动，桌面对杯子的摩擦力的方向向右，故 B 正确；

CD．杯子受到的摩擦力为滑动摩擦力，其大小与桌布的速度无关，只与正压力和动摩擦因数有关，因此增大桌布的速度时，摩擦力不变，若只增大杯子的重量，桌面对杯子的摩擦力变大，故 C 正确，D 错误。故选 BC。

9．摩擦力宛如隐形之手，于动静间掌控万物，利弊共存影响生活万象。下列关于摩擦力的说法中，正确的是（　）

A．摩擦力总是阻碍物体的运动

B．静止的物体可能受到滑动摩擦力的作用

C．滑动摩擦力的大小与物体的重力成正比

D．有摩擦力必有弹力，且摩擦力的方向总是与相对运动方向或相对运动趋势的方向相反

【答案】BD

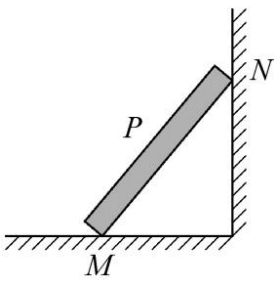
【解析】A．摩擦力总是阻碍物体的相对运动或相对运动趋势，不一定阻碍物体的运动，比如人走路时，摩擦力是动力，故 A 错误；

B．静止的物体可能受到滑动摩擦力的作用，比如擦黑板时，黑板静止，但受到滑动摩擦力的作用，故 B 正确；

C．滑动摩擦力的大小与正压力成正比，而不是重力，故 C 错误；

D．有摩擦力必有弹力，且摩擦力的方向总与相对运动方向或相对运动趋势的方向相反，故 D 正确。故选 BD。

10．如图所示，原木 P 斜靠在光滑竖直墙和粗糙水平面间静止。关于原木 P 在支撑点 M、N 处受力的方向，下列说法正确的是（　　）



A．M 处受到的支持力竖直向上

B．N 处受到的支持力竖直向上

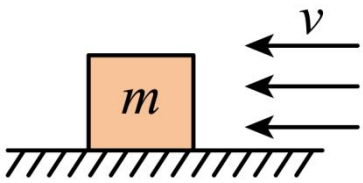
C．M处受到的静摩擦力沿地面向右

D．N处受到的静摩擦力沿墙壁向上

【答案】AC

【解析】原木 P 受到支撑点 M、N 处弹力垂直于接触面，M 处的支持力竖直向上，N 处的支持力垂直墙壁水平向左，A 正确，B 错误；原木有沿地面向左滑动的趋势，M 处受到的静摩擦力沿地面向右，C 正确；光滑竖直墙 N 处不受静摩擦力作用，D 错误。

11．风洞实验室中可产生水平方向、大小可调的风力。如图，一正方体物块静置于风洞内的水平面上，其一面与风速垂直，风速从零开始逐渐增大，当风速为 3m/s 时刚好能推动此物块。已知风对物块的推力 $F \propto Sv^2$，其中 v 为风速、S 为物块迎风面积。（　　）



A．风速由 1m/s 变为 2m/s 时，物块受到地面的摩擦力变大

B．风速由 1m/s 变为 2m/s 时，物块受到地面的摩擦力不变

C．风速由 4m/s 变为 6m/s 时，物块受到地面的摩擦力变大

D．风速由 4m/s 变为 6m/s 时，物块受到地面的摩擦力不变

【答案】AD

【解析】AB．由题可知，当风速小于 3m/s 时，物块静止，推力与摩擦力平衡，所以随着风速增大，推力增大，摩擦力增大，故 A 正确，B 错误；

CD．当风速大于 3m/s 时，物块处于运动状态，摩擦力为滑动摩擦力，大小不变，故 C 错误，D 正确。故选 AD。

12．关于摩擦力，下列说法正确的是（　　）

A．静摩擦力可能是动力，但滑动摩擦力一定是阻力

B．静止的物体也可能受到滑动摩擦力，运动的物体也可能受到静摩擦力

C．有弹力的接触面才有可能产生摩擦力

D．人沿爬杆从杆底匀速向上爬，人所受的摩擦力的方向沿杆向上。

【答案】BCD

【解析】A．把木块轻轻的放在正在运转的水平的传送带上，木块所受的滑动摩擦力是木块运动的动力，A 错误；

B．木块在静止的木板上滑动，静止的木板受到滑动摩擦力；木块随倾斜的传送带一起向上运动时，运动的木块受到静摩擦力，B 正确；

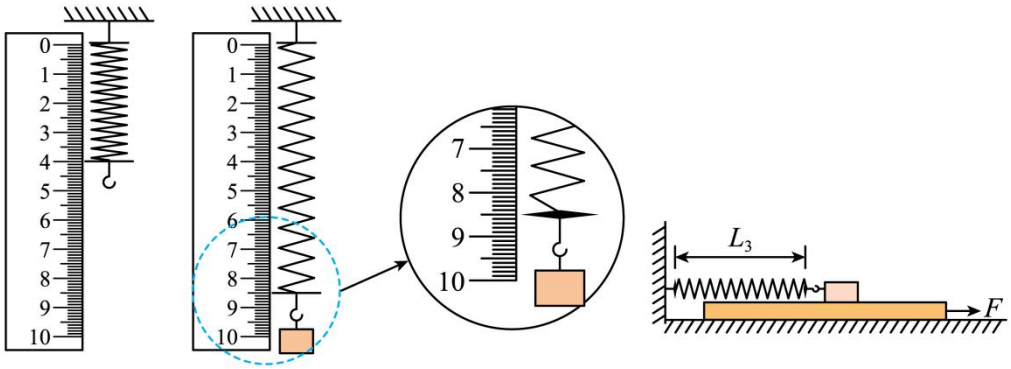
C．弹力是产生摩擦力的条件之一，C 正确；

D．人沿爬杆从杆底匀速向上爬，人所受的摩擦力的方向沿杆向上，D 正确。

故选 BCD。

三、实验题（2 分/空，共计 20 分）

13．某实验兴趣小组为了测量物体间的动摩擦因数，设计了如下实验：



图甲　　图乙　　图丙

（1）如图甲，将轻弹簧竖直悬挂，用刻度尺测出弹簧自由悬挂时的长度 $L_1 = 4.00$ cm。

（2）如图乙，在弹簧的下端悬挂小木块，用刻度尺测出稳定时弹簧的长度 $L_2 =$ ____cm。

（3）将一长木板平放在水平面上，小木块放置于木板上，如图丙，将弹簧左端固定在墙壁上，右端拴接小木块，使弹簧水平，用力 F 向右拉动长木板，长木板与小木块发生相对运动，当小木块静止后，此时弹簧的长度 $L_3 = 5.68$ cm。

（4）根据上面的操作，可以得出小木块与长木板间的动摩擦因数$\mu =$ ____（结果保留两位有效数字）。

（5）若考虑弹簧自身重力，动摩擦因数μ的测量值将____（填“偏大”、“偏小”或“不变”）。

（6）为消除弹簧自身重力影响，该同学又将弹簧水平放置，测出其自由伸长时长度为 L_4，动摩擦因数μ可表示为：____。（用 L_1、L_2、L_3、L_4 表示）

【答案】8.50　0.37　偏小　$\dfrac{L_3 - L_4}{L_2 - L_1}$

【解析】[1]图乙可知，刻度尺最小分度值为 0.1 cm，故读数估读到 0.01 cm，故弹簧长度

$$L_2 = 8.50\text{cm}$$

[2]设弹簧劲度系数为 k，结合图甲乙，由平衡条件可知小木块重力

$$mg = k\Delta L = k\left(L_2 - L_1\right)$$

由平衡条件，结合图丙可得小木块滑动摩擦力为

$$f = k\left(L_3 - L_1\right)$$

根据

$$f = \mu F_{\mathrm{N}} = \mu mg$$

联立整理解得

$$\mu = \frac{L_3 - L_1}{L_2 - L_1}$$

代入题中数据，解得

$$\mu \approx 0.37$$

[3]若考虑弹簧自身重力，由胡克定律可知，测量小木块重力无影响，即重力测量是准确的，但水平测量时弹簧的原长 L1 将减小，弹簧的伸长量将变大，因此上述计算得到的弹簧伸长量 Δ L 偏小，故动摩擦因数偏小；

[4]]以上分析可知小木块重力

$$mg = k\Delta L = k\left(L_2 - L_1\right)$$

水平放置，测出其自由伸长时长度为 L4，由平衡条件可得小木块滑动摩擦力为

$$f = k\left(L_3 - L_4\right)$$

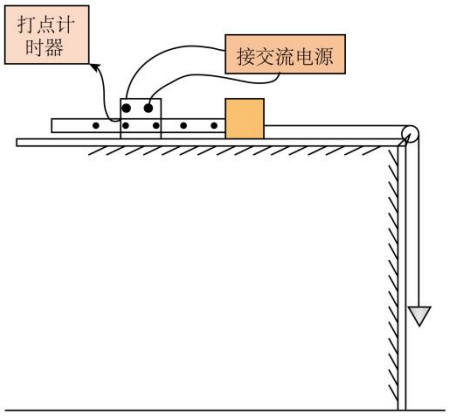
根据

$$f = \mu F_{\mathrm{N}} = \mu mg$$

联立整理解得

$$\mu = \frac{L_3 - L_4}{L_2 - L_1}$$

14．某学习兴趣小组学习完滑动摩擦力的概念后，设计了一个如图所示的实验装置来测量滑块与水平桌面间动摩擦因数，用到的实验器材有：打点计时器、学生用交流电源、滑块、多个钩码、定滑轮、细绳、天平、砂桶（含细砂），实验步骤如下：



（1）按图示顺序连接好实验装置，滑块与穿过打点计时器的纸带相连，固定滑块。

（2）往沙桶内加入适量的细砂。

（3）启动打点计时器电源，释放滑块，滑块牵引纸带运动，在纸带上打出一系列的点。

（4）取下纸带，用天平称量滑块（含钩码）质量，记为 m_1；称量沙桶（含细砂）质量，记为 m_2。

（5）通过在滑块上增减砝码的方式改变滑块（含钩码）的质量，同时改变沙桶（含　细砂）的质量，重复以上实验步骤。

回答下列问题：

(1)沙桶内加入适量的细砂后，确保小车做_____（填匀速直线运动或匀加速直线运动或匀减速直线运动），小车做该种运动的判断依据是_____。

(2)忽略滑轮和纸带的阻力，滑块和桌面间动摩擦因数可表示为_____（用 m_1，m_2，g 表示）。

(3)该小组根据实验数据，以 m_1 为纵轴，m_2 为横轴，作出 m_1-m_2 图像为一条倾斜的直线，求出图像的斜率为 k，则滑块和桌面间动摩擦因数μ=___。

(4)若考虑滑轮和纸带的阻力（保持不变），根据图像，动摩擦因数的测量值将___（填偏小、不变、变大）。

【答案】(1)匀速直线运动　纸带上打出的点迹间距相等　(2)$\frac{m_2}{m_1}$　(3)$\frac{1}{k}$　(4)不变

【解析】（1）[1][2]沙桶内加入适量的细砂后，确保小车做匀速直线运动，小车做该种运动的判断依据是纸带点迹间距相等；

（2）小车做匀速直线运动时，小车合力为 0，此时绳子拉力等于沙桶重力 m_2g，设动摩擦因数为 μ，由平衡条件得

$$m_2g=\mu m_1g$$

解得

$$\mu=\frac{m_2}{m_1}$$

（3）结合以上分析得

$$m_2 g = \mu m_1 g$$

整理得

$$m_1 = \frac{1}{\mu} m_2$$

可知图像斜率

$$k = \frac{1}{\mu}$$

故动摩擦因数

$$\mu = \frac{1}{k}$$

（4）若有阻力，设阻力为 f，则根据实验原理有

$$m_2 g - f = \mu m_1 g$$

整理得

$$m_1 = \frac{1}{\mu} m_2 - \frac{f}{\mu g}$$

可知斜率

$$k = \frac{1}{\mu}$$

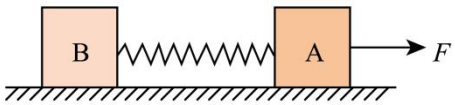
故动摩擦因数

$$\mu = \frac{1}{k}$$

所以若考虑滑轮和纸带的阻力（保持不变），根据图像，动摩擦因数的测量值不变。

三、解答题（14 题 6 分，15 题 8 分，16 题 11 分，共计 25 分）

15．如图所示，木块 A、B 用轻弹簧连接，在水平拉力 F 作用下匀速运动，已知木块 A 的质量为 $m = 1\text{kg}$，木块 B 的质量为 $M = 2\text{kg}$，弹簧原长为 10cm，弹簧的劲度系数为 200N/m，木块 A、B 与水平面间的动摩擦因数均为 0.2，取 $g = 10\text{m/s}^2$，求：



(1)弹簧的长度；

(2)拉力 F 的大小。

【答案】(1) 12cm　(2) 6N

【解析】（1）设弹簧的伸长量为 x，根据木块 B 受力平衡有

$$kx = \mu Mg$$

弹簧的长度

$$l = l_0 + x$$

联立，求得

$$l = 12\text{cm}$$

（2）将两木块看作整体，由整体受力平衡有

$$F = \mu mg + \mu Mg$$

代入数据，求得

$$F = 6\text{N}$$

16．重为400 N的木箱放在水平地面上，木箱与地面间的最大静摩擦力是120 N，木箱在水平地面上做匀速直线运动时的水平推力为100 N。求

(1)用70 N的水平力推木箱，木箱受到的摩擦力为多少？

(2)木箱与水平地面间的动摩擦因数为多少？

(3)当木箱做匀速直线运动时，增大水平推力变为150 N，木箱受到的摩擦力又是多少？

【答案】(1)70N　(2)100N　(3)100N

【解析】（1）当用70N的水平力推木箱时，水平力小于最大静摩擦力120N，故木箱不动，所以此时木箱受的摩擦力是静摩擦力，大小与水平力推力相等，则有静摩擦

$$f_1 = F_1 = 70\text{ N}$$

（2）由题知，木箱在水平地面上做匀速直线运动时的水平推力为100 N，根据二力平衡，滑动摩擦力为$F = 100\text{ N}$，则有

$$F = \mu F_{\text{N}}，\quad F_{\text{N}} = G = 400\text{N}$$

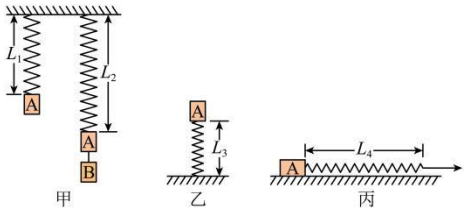
解得

$$\mu = 0.25$$

（3）用150N的水平力推木箱时，物体仍在运动，此时受的摩擦力是滑动摩擦力，滑动摩擦力的大小为

$$F = 100\text{ N}。$$

17．如图甲所示，小明同学先将弹簧竖直悬挂，而后在弹簧下端挂上重$G = 4$ N的钩码A，静止时弹簧的长度$L_1 = 28$ cm；再挂上一个相同的钩码B，静止时弹簧的长度$L_2 = 36$ cm。忽略弹簧自身的重力，弹簧始终在弹性限度内。



(1)求弹簧的劲度系数 k；

(2)若将该弹簧竖直固定在地面上，将钩码 A 放在弹簧上端，如图乙所示，求静止时弹簧的长度 L_3；

(3)若用该弹簧拉着钩码 A 沿着地面匀速运动，如图丙所示，弹簧长度 $L_4=24$ cm，求钩码 A 与地面之间的动摩擦因数μ。

【答案】(1)50 N/m　(2)12 cm　(3)0.5

【解析】（1）设弹簧的原长为 L，图甲中第一种情况

$$G=k\left(L_1-L\right)$$

第二种情况

$$2G=k\left(L_2-L\right)$$

解得弹簧的劲度系数

$$k=50\mathrm{N/m}$$

（2）由（1）可知弹簧的原长

$$L=20\mathrm{cm}$$

图乙中，有

$$G=k\left(L-L_3\right)$$

解得

$$L_3=12\mathrm{cm}$$

（3）弹簧长度 L4 = 24 cm 时，拉力

$$F=k\left(L_4-L\right)$$

钩码匀速运动，又有

$$F=\mu G$$

可得钩码与地面之间的动摩擦因数

$$\mu=0.5$$

衔接点 11 牛顿第三定律

学习要求

初中阶段	高中阶段
学生需知道力的作用是相互的，能通过生活实例，如手拍桌子手疼、划船时桨推水船前进等，理解一个物体对另一个物体施力时，另一个物体也会对其施加反作用力。能从定性角度，简单分析常见情境中相互作用力的特点，了解相互作用的力同时存在、方向相反，且作用在不同物体上。初步区分相互作用力与平衡力，如知道静止在桌面上的物体，其重力与桌面对它的支持力是平衡力，而物体对桌面的压力与桌面对物体的支持力是相互作用力 。	学生要精确理解牛顿第三定律，即两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等、方向相反，且作用在同一条直线上。能运用该定律，结合具体物理情境，定量分析物体间的相互作用，如分析物体在粗糙平面上滑动时，物体对平面的摩擦力与平面对物体的摩擦力大小关系。会通过实验探究作用力与反作用力的关系，像利用弹簧测力计或力传感器进行实验，收集数据并基于证据进行推理。能熟练区分一对作用力和反作用力与一对平衡力，在复杂受力分析中，准确判断力的性质与作用关系，为解决动力学问题奠定基础 。
衔接指引	
初中阶段考查形式：多采用选择题，填空题。 高中阶段考查形式：选择题。	

知识衔接

回顾初中知识

1. 力的概念：力是__物体__对__物体__的作用。

2. 力的作用是相互的

（1）一个力必然联系着__两个__物体，对一个力来说，一定有__施力__物体也一定有__受力__物体。

（2）一个物体在对别的物体__施加__力的同时，也要__受到__别的物体对它施加的力，因此，物体间力的作用是__相互__的。力总是__成对__出现的，我们把其中的一个力叫做__作用力__，另一个力叫做反作用力。

（3）物体间的相互作用力是__同时__产生，__同时__消失的，没有__先后__之分。

（4）物体间的相互作用力的__性质__是相同的，但各有各的__作用效果__。

3. 力的作用效果

（1）力可以改变物体的__运动状态__；

（2）力可以改变物体的__形状__。

4. 一对平衡力的特点

作用在一个物体上的两个力，如果大小__相等__、方向__相反__，并且作用在__同一条__直线上，这两个力就彼此平衡。

知新高中知识

一、作用力与反作用力

1. 概念：相互作用的一对力，一个力称为作用力， 另一个力则称为反作用力。

2. 相同点

（1）作用力和反作用力大小总是相等（__等大__）。

（2）作用力和反作用力作用在一条直线上（__共线__）。

（3）作用力和反作用力总是同时产生、同时变化、同时消失（__同时__）。

（4）作用力和反作用力是同一性质的力。

3. 不同点

（1）作用力和反作用力方向相反（__反向__）。

（2）作用力和反作用力作用在不同的物体上（__异物__）。

（3）作用力和反作用力效果不能相互抵消，不能认为合力为零（__异效__）。

二、牛顿第三定律

1. 内容：两个物体之间的作用力和反作用力总是__大小相等__，__方向相反__，作用在__同一条直线__上。

2、牛顿第三定律表达式：__F＝－F′__，式中的“－”号表示作用力与反作用力方向相反。

3.牛顿第三定律的适用范围

牛顿第三定律是个普遍规律。所阐明的作用力与反作用力的关系不仅适用于静止的物体之间，也适用于相对运动的物体之间，这种关系与作用力的性质、物体质量大小、作用方式(是否接触)、物体运动状态及参考系的选择均__无关__。

4.对牛顿第三定律的进一步理解

(1)作用力和反作用力的三个特征：①　等值　；②　反向　；③　共线　。

(2)作用力和反作用力的四个性质：①　异体性　；②　同时性　；③　相互性　；④　同质性　。

5. 应用牛顿第三定律分析问题时应注意以下几点

（1）不要凭日常观察的直觉印象随便下结论，分析问题需严格依据科学理论。

（2）理解应用牛顿第三定律时，一定抓住“总是”二字，即作用力与反作用力的这种关系与物体的运动状态无关。

（3）与平衡力区别应抓住作用力和反作用力分别作用在两个物体上。

三、相互作用力与平衡力的区别和联系

1、　比较作用力和反作用力与平衡力的异同点：

		一对作用力与反作用力	一对平衡力
相同点	大小	相等	相等
	方向	相反	相反
	是否共线	共线	共线
不同点	性质	一定相同	不一定相同
	作用时间	同时产生、同时消失	不一定同时产生、同时消失
	作用对象	不同（异体）	相同（同体
	作用效果	两个力在不同物体产生不同效果，不能抵消	两个力在同一物体上使物体达到平衡的效果

2、区分作用力、反作用力和平衡力的方法：区分作用力、反作用力和平衡力，最简单的方法是看涉及的物体的个数。

（1）作用力与反作用力只涉及两个相互作用的物体，是甲物体对乙物体，乙物体对甲物体的关系。

（2）平衡的一对力涉及三个物体，即两个施力物体同时作用在一个受力物体上。

四、物体受力的初步分析

1．受力分析

把指定的物体（研究对象）在特定的物理环境中受到的所有力找出来，并画出力的示意图。

2．受力是否存在的依据判断

（1）条件判断法：根据是否满足力的产生条件来判断物体是否受到某个力的作用；

例如：①弹力产生的条件是物体相互接触并且发生了弹性形变；②摩擦力产生的条件是物体间存在弹力、接触面粗糙、有相对运动或相对运动额趋势；

（2）效果判断法：根据力的作用效果是否得以体现来判读物体是否受到某个力的作用；

（3）互作用判断法：利用力的作用的相互性，从一个物体是否受到某个力的作用来判断另一个物体是否受到相应的反作用力；

3.受力分析的基本步骤

（1）明确研究对象：确定需要受力分析的物体，研究对象可以是单个物体，也可以是多个物体的组合；

（2）隔离物体分析：将研究对象从周围的物体中隔离出来，进而分析周围有哪些物体对它施加了力的作用；

（3）画出受力分析示意图：进行分析并将力一一画在受力示意图上，准确标出各力的方向；

（4）检查受力分析是否有误：检查画出的每个力是否有施力物体，检查分析结果能否使研究对象处于题目所给的状态，防止“多力”和“漏力”；

典例精析

例 1、如图所示为温州龙舟运动比赛场景，多艘龙舟在水面上全力向终点划行，下列说法正确的是（　　）

A．某一龙舟以其他龙舟为参考系，它一定是运动的

B．在研究队员的划桨姿势时，可以将队员视作质点

C．当船体加速前进时，船桨对水的作用力等于水对船桨的作用力

D．当船体加速前进时，船桨对水的作用力大于水对船桨的作用力

【答案】C

【解析】A．若某一龙舟以其他龙舟为参考系，该龙舟的相对位置没有发生变化，该龙舟处于相对静止状态，可知，某一龙舟以其他龙舟为参考系，它不一定是运动的，故 A 错误；

B．在研究队员的划桨姿势时，队员的形状和体积对所研究问题的影响不能忽略，此时不能将队员视作质点，故 B 错误；

CD．根据牛顿第三定律可知，当船体加速前进时，船桨对水的作用力与水对船桨的作用力是一对相互作用力，大小相等，方向相反，即当船体加速前进时，船桨对水的作用力大小等于水对船桨的作用力大小，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

例 2、室内跑步机履带运行的动力来源是人对履带的摩擦力，其反作用力是（　　）

A．人所受的重力　　B．人对履带的压力

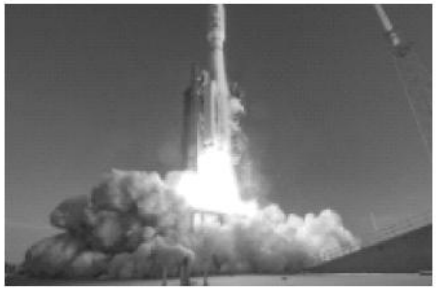
C．履带对人的支持力　　D．履带对人的摩擦力

【答案】D

【解析】人对履带的摩擦力与履带对人的摩擦力是一对作用力和反作用力，故人对履带的摩擦力，其反作用力是履带对人的摩擦力。

故选 D。

例 3、（多选）中国首颗火星探测器“天问一号”搭载着“长征五号”重型运载火箭在海南文昌发射场顺利发射，火箭点火后，燃气以很大的速度从火箭喷口喷出，火箭获得推力而升空，下列说法正确的是（　　）



A．火箭飞离地面后，将不受重力作用

B．加速上升过程中地球对火箭的作用力等于火箭对地球的作用力

C．喷出的燃气对火箭的作用力与火箭的重力是一对作用力与反作用力

D．火箭对喷出燃气的作用力与喷出燃气对火箭的作用力是一对作用力与反作用力

【答案】BD

【解析】火箭飞离地面后仍然受重力作用，A 错误；地球对火箭的作用力和火箭对地球的作用力是一对相互作用力，大于始终相等，B 正确；喷出的燃气对火箭的作用力远大于火箭的重力，故不是相互作用力，C 错误；火箭对喷出燃气的作用力与喷出燃气对火箭的作用力是一对作用力与反作用力，D 正确。

方法点拨

1. 判断是否为相互作用力

确定研究对象间的相互作用关系。

若两力满足 “甲对乙” 和 “乙对甲” 的对应关系，则为作用力与反作用力。

2. 排除干扰选项技巧

运动状态干扰：如火箭加速上升、龙舟加速前进时，相互作用力大小仍相等（与加速度无关）。

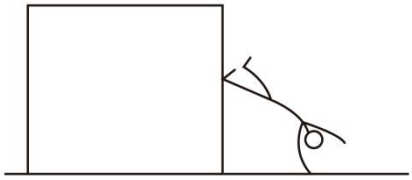
受力对象混淆：反作用力的施力物体和受力物体需互换。

性质不符陷阱：如重力、支持力等非相互作用的力需排除，不是反作用力。

3. 参考系与质点问题辅助判断

若题目涉及参考系，需先明确相对位置是否变化；涉及质点判断时，若研究对象的形状、动作对问题有影响，则不能视为质点。

例 4、如图所示，在水平地面上，一位同学单手倒立斜靠在一大木箱上（木箱侧面光滑），已知同学的质量小于木箱质量，同学和木箱均保持静止状态，则下列说法正确的是（　　）



A．同学受到地面的摩擦力小于木箱受到地面的摩擦力

B．同学受到地面的摩擦力与木箱受到地面的摩擦力是一对平衡力

C．同学受到木箱向右的弹力与地面对人向左的摩擦力是作用力与反作用力

D．同学受到的重力的平衡力是地面对他向上的弹性力

【答案】D

【解析】A．对同学和木箱的整体分析，水平方向受合外力为零，则同学受到地面的摩擦力与木箱受到地面的摩擦力大小相等，方向相反，选项 A 错误；

B．同学受到地面的摩擦力与木箱受到地面的摩擦力因作用在两个物体上，不是一对平衡力，选项 B 错误；

C．弹力和摩擦力是不同性质的力，则同学受到木箱向右的弹力与地面对人向左的摩擦力不是作用力与反作用力，选项 C 错误；

D．同学受到的重力的平衡力是地面对他向上的弹性力，选项 D 正确。

故选 D。

例 5、一位参观者用手推水平地面上的汽车但未推动，下列说法正确的是（　　）

A．人对汽车的推力和汽车对人的力是一对平衡力

B．汽车受到的重力和地面对汽车的支持力是一对相互作用力

C．人对汽车的推力和地面对汽车的摩擦力是一对平衡力

D．地面对汽车的支持力和汽车对地面的压力是一对平衡力

【答案】C

【解析】A．人对汽车的推力和汽车对人的力，这两个力分别作用在汽车和人这两个不同物体上，根据相互作用力的定义，它们是一对相互作用力，而非平衡力（平衡力是作用在同一物体上的），故 A 错误；

B．汽车受到的重力方向竖直向下，地面对汽车的支持力方向竖直向上，这两个力都作用在汽车上，且汽车在竖直方向静止，满足平衡力“同体、等大、反向、共线”的条件，是一对平衡力，并非相互作用力（相互作用力是作用在两个物体上），故 B 错误；

C．人对汽车有推力，汽车未被推动处于静止状态，在水平方向上受到平衡力作用，此时地面对汽车有摩擦力，推力和摩擦力都作用在汽车上，方向相反且大小相等，满足平衡力条件，是一对平衡力，故 C 正确；

D．地面对汽车的支持力作用在汽车上，汽车对地面的压力作用在地面上，这两个力分别作用在两个不同物体上，是一对相互作用力，不是平衡力，故 D 错误。

故选 C。

方法点拨

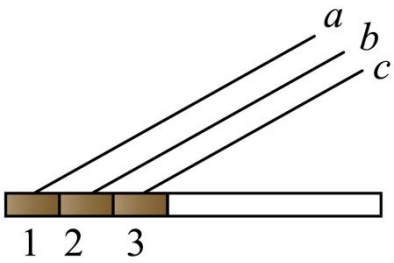
区分作用力、反作用力和平衡力的方法

区分作用力、反作用力和平衡力，最简单的方法是看涉及的物体的个数.

(1)作用力与反作用力只涉及两个相互作用的物体，是甲物体对乙物体，乙物体对甲物体的关系.

(2)平衡的一对力涉及三个物体，即两个施力物体同时作用在一个受力物体上.

例 6、如图所示，设桥体中三块相同的钢箱梁 1、2、3 受到钢索 a、b、c 拉力的方向相同，相邻钢箱梁间的作用力均沿水平方向，下列说法正确的是（　　）



A．钢箱梁 1 对 2 的作用力大于钢箱梁 2 对 1 的作用力

B．钢箱梁 3 所受合力最大

C．钢箱梁 2、3 间作用力大于钢箱梁 1、2 间作用力

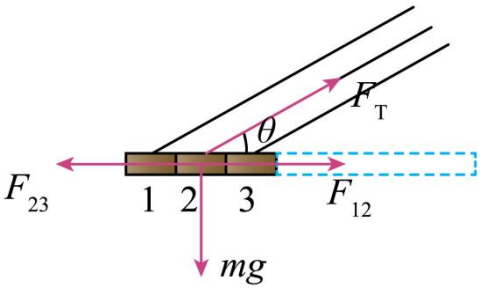
D．钢索 c 上的拉力大于钢索 b 上的拉力

【答案】C

【解析】A．钢箱梁 1 对 2 的作用力与钢箱梁 2 对 1 的作用力是作用力与反作用力，大小相等，方向相反，故 A 错误；

B．每个钢箱梁都处于平衡状态，合力均为零，故 B 错误；

C．对钢箱梁 2 受力分析，设钢索的拉力与水平方向的夹角为 θ，如图所示



由平衡条件得 $F_{23}=F_{12}+F_T\cos\theta$

所以钢箱梁 1、2 间作用力小于钢箱梁 2、3 间作用力，故 C 正确；

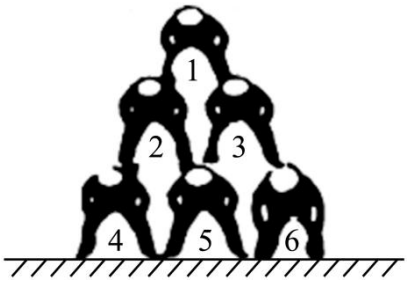
D．由竖直方向受力平衡得 $F_T\sin\theta=mg$

可得 $F_T=\dfrac{mg}{\sin\theta}$

钢索拉力的方向相同，所以三块钢箱梁受到钢索的拉力大小相等，故 D 错误。

故选 C。

例 7、叠罗汉，是中国民间的传统节目，也是一种传统的体育游戏，由若干人互相配合组成造型。质量均为 m=40kg 的表演者紧靠在一起竖直叠在水平地面上如图所示，假设下面表演者的受力点均在其顶端（即弹力在竖直方向上）。重力加速度大小 g 取 $10\mathrm{m/s^2}$，则（　　）



A．表演者 1 给表演者 2 的压力大小为 400N

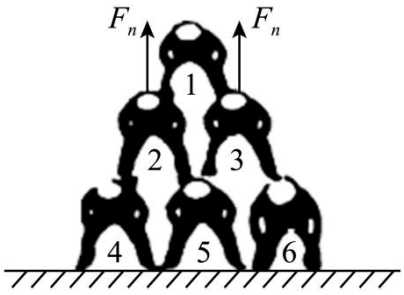
B．表演者 2 对表演者 5 的压力比对表演者 4 的压力大

C．表演者 4 顶端受到的压力大小为 400N

D．表演者 5 右端对地面的压力大小为 500N

【答案】D

【解析】A．分别对 6 个表演者受力分析如图所示（仅画出表演者 1）



由平衡条件得 $F_{21}=F_{31}=\frac{1}{2}mg=200\text{N}$

根据牛顿第三定律可知，1 给 2 的压力大小为 200N，故 A 错误；

BC．同理可得 $F_{42}=F_{52}=\frac{1}{2}(F_{12}+mg)=\frac{3}{4}mg=300\text{N}$

根据牛顿第三定律可知，2 对 5 的压力与对 4 的压力均为 300N，故 BC 错误；

D．对 5 受力分析可得 $F_{地5左}=F_{地5右}=\frac{1}{2}(mg+F_{25}+F_{35})$

根据牛顿第三定律可得 $F_{25}=F_{52}=\frac{3}{4}mg$，$F_{35}=F_{53}=F_{63}=\frac{1}{2}(mg+F_{13})=\frac{3}{4}mg$

解得 $F_{地5右}=\frac{5}{4}mg$

根据牛顿第三定律可知，5 右端对地面的压力大小为 $\frac{5}{4}mg=500\text{N}$

故 D 正确。

故选 D。

方法点拨

1. 牛顿第三定律应用

作用力与反作用力大小相等，与物体运动状态无关。

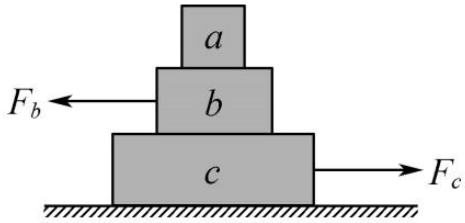
作用对象必为相互作用的两个物体，且性质相同（如压力的反作用力必为压力）。

2. 平衡状态的合力特征

静止或匀速直线运动时，物体所受合力为零。

叠加体中某一层的压力需通过上层总重力累加求解。

例 8 、图所示，a、b 和 c 三个物块叠放在水平面上，水平力 F_b、F_c 分别作用于物块 b、c 上，$F_b=3\text{N}$，$F_c=6\text{N}$，a、b 和 c 均保持静止．以 f_1、f_2、f_3 分别表示 a 与 b、b 与 c、c 与桌面间的静摩擦力大小，则（　　）



A．$f_1=3\text{N},f_2=3\text{N},f_3=3\text{N}$　　B．$f_1=0,f_2=3\text{N},f_3=3\text{N}$

C．$f_1=3\text{N},f_2=0,f_3=6\text{N}$　　D．$f_1=0,f_2=6\text{N},f_3=3\text{N}$

【答案】B

【解析】以 a 为研究对象，根据二力平衡可知 b 对 a 的静摩擦力大小 $f_1=0$，以 a、b 整体为研究对象，根据二力平衡可知 $f_2=F_b=3\text{N}$，再以三个物体整体为研究对象，根据二力平衡可知 $f_3=F_c-F_b=3\text{N}$，故 B 正确．

例 9 、叠放在水平地面上的四个完全相同的排球如图所示，质量均为 m，相互接触，球与地面间的动摩擦因数均为 μ，则下列说法正确的是（　　）

A．上方球与下方三个球间均没有弹力

B．下方三个球与水平地面间均有摩擦力

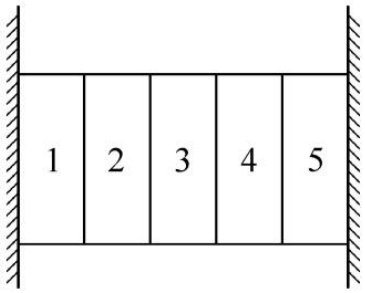
C．水平地面对下方三个球的支持力均为$\frac{mg}{3}$

D．水平地面对下方三个球的摩擦力均为$\frac{4\mu mg}{3}$

【答案】B

【解析】对上方球分析可知，小球受重力和下方球斜向上的支持力而处于平衡状态，所以上方球一定与下方球有弹力的作用，A 错误；下方球由于受上方球斜向下的弹力作用，所以下方球有运动的趋势，故下方球受摩擦力作用，B 正确；对四个球的整体分析，整体受重力和地面的支持力而处于平衡状态，所以三个小球受支持力大小为 4mg，每个小球受支持力为$\frac{4mg}{3}$，C 错误；三个下方小球受到的是静摩擦力，故不能根据滑动摩擦力公式进行计算，D 错误。

例 10、（多选）建筑工人除了以勤劳、朴实的态度工作、生活，也通过越来越发达的网络平台，向人们展示了工地“打工人”的不易。如图所示，工地上的建筑工人用砖夹搬运 5 块相同的砖，当砖处于平衡状态时，下列说法正确的是（　　）



A．砖夹对砖块的水平压力越大，1、5 两块砖受到的摩擦力越大

B．3 受到 2 施加的摩擦力大小等于自身重力的一半

C．4 对 3 的摩擦力方向竖直向下

D．1 受到 2 施加的摩擦力与 4 受到 5 施加的摩擦力不相同

【答案】BD

【解析】只有滑动摩擦力和最大静摩擦力才和正压力成正比，A 错误；对 3 受力分析，根据平衡条件可知，3 受到 2 和 4 施加的摩擦力之和等于重力，由对称性可知，2、4 对 3 施加的摩擦力大小相等，方向均向上，B 正确，C 错误；1 受到 2 施加的摩擦力与 4 受到 5 施加的摩擦力大小相等，方向相反，D 正确。

方法点拨

1. 受力分析的一般顺序

一般先分析重力；再分析弹力，环绕物体一周，找出跟研究对象接触的物体，并逐个分析这些物体对研究对象是否有弹力作用；然后分析摩擦力，对凡有弹力作用处逐一进行分析；最后是其他力.

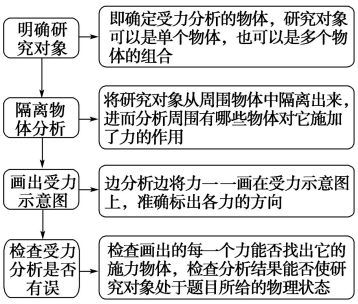
2．受力分析常用的方法

(1)整体法与隔离法

	整体法	隔离法
概念	将加速度相同的几个物体作为一个整体来分析的方法	将研究对象与周围物体分隔开分析的方法
选用原则	研究系统外的物体对系统整体的作用力或系统整体的加速度	研究系统内物体之间的相互作用力
注意问题	受力分析时不要再考虑系统内物体间的相互作用力	一般隔离受力较少的物体

(2)假设法：在受力分析时，若不能确定某力是否存在，可先对其作出存在或不存在的情况假设，然后再就该力存在与否对物体运动状态影响的不同来判断该力是否存在.

3．受力分析的步骤



对点集训

1．如图，足球运动员用脚踩在足球上面，让足球保持静止，下列说法正确的是（　　）

A．人对足球施加了压力，就是人右脚的重力

B．如果足球气打得足一点，足球可能不发生形变

C．人对足球施加的压力和足球对人产生的反作用力没有先后之分

D．足球对地面的压力是由于地面发生弹性形变引起的

【答案】C

【解析】A．人对足球施加的压力与运动员右脚的重力是两种不同性质的力，不能说人对足球施加了压力，就是运动员右脚的重力，故 A 答案错误；

B．如果足球气打得足一点，足球发生形变的不明显，但仍然有形变，故 B 答案错误；

C．根据牛顿第三定律可得人对足球施加的压力和足球对人产生的反作用力是同时产生的，没有先后之分，故 C 答案正确；

D．足球对地面的压力是由于足球发生弹性形变引起的，故 D 错误；

故选 C。

2．如图所示，是龙舟比赛时的照片，若某一单桨推水的力 $F_{\text{桨推水}}=400\text{N}$，则水推该单桨的力 $F_{\text{水推桨}}$ 大小为（　　）

A．100N　　B．300N

C．400N　　D．700N

【答案】C

【解析】桨推水的力和水推桨的力为一对相互作用力，根据牛顿第三定律可知，这两个力大小相等，方向相反，同时产生同时消失，则有 F 水推桨=F 桨推水=400 N。

故选 C。

3．玻璃杯掉落到地面摔碎了。玻璃杯对地面的作用力是F_1，地面对玻璃杯的作用力是F_2，关于F_1与F_2的关系，下列说法中正确的是（　　）

A．F_1先于F_2产生　　B．F_1的大小大于F_2的大小

C．F_1的方向与F_2的方向是相反的　　D．F_1存在的时间比F_2存在的时间长

【答案】C

【解析】玻璃杯对地面的作用力F_1和地面对玻璃杯的作用力F_2是一对相互作用力，根据牛顿第三定律，可知F_1和F_2是同时产生，同时消失，大小相等，方向相反，分别作用于两个物体上，得F_1和F_2是同时产生，F_1的大小等于F_2的大小，F_1的方向与F_2的方向相反，F_1存在的时间等于F_2存在的时间。

故选 C

4．如图，某同学脚穿旱冰鞋去推一张放在水平地面上的桌子，结果没推动。下列说法正确的是（　　）

A．此时桌子受到重力、支持力和推力等 3 个力　　B．他推桌子的力小于桌子对他的推力

C．他推桌子的力与桌子对他的推力是平衡力　　D．他推桌子的力与桌子对他的推力是作用与反作用力

【答案】D

【解析】A．同学脚穿旱冰鞋去推一张放在水平地面上的桌子，结果没推动，则桌子受重力、支持力、推力、摩擦力 4 个力的作用，故 A 错误；

BCD．根据牛顿第三定律可知，他推桌子的力与桌子对他的推力是一对相互作用力，大小相等，故 BC 错误，D 正确；

故选 D。

5．河北省第五届冰雪运动会短道速滑比赛（社会组、高校组）中，邢台市运动员取得了 4 金 2 银 8 铜的优异成绩。下列说法正确的是（　　）

A．研究短道速滑运动员的动作细节时，可将运动员视为质点

B．短道速滑运动员比赛时的位移大小不可能大于路程

C．短道速滑运动员的速度越大，加速度也越大

D．短道速滑运动员对冰面的压力大于冰面对运动员的支持力

【答案】B

【解析】A．研究短道速滑运动员的动作细节时，不可将运动员视为质点，A 错误；

B．短道速滑运动员比赛时做曲线运动，其位移大小不可能大于路程，B 正确；

C．加速度描述的是速度变化的快慢，短道速滑运动员的速度大时加速度不一定大，C 错误；

D．根据牛顿第三定律可知，短道速滑运动员对冰面的压力与冰面对运动员的支持力大小相等，D 错误。

故选 B。

6．2024 年 10 月 27 日，在 WTA500 东京站女单决赛中，头号种子、中国球员郑钦文以 2-0 战胜前澳网冠军肯宁，夺得冠军。比赛中，运动员用球拍击球瞬间，网球被挤压变形，下列说法正确的是（　　）

A．此时的网球没有惯性

B．网球被击出后，网球的惯性会随速度变化而变化

C．运动员用球拍击球时，运动员对球拍的力的大小等于球拍对运动员的力的大小

D．运动员用球拍击球的弹力与球对球拍的弹力是一对平衡力

【答案】C

【解析】A．网球具有质量，即有惯性，故 A 错误；

B．惯性只和质量有关，与速度无关，B 错误；

C．运动员对球拍的力的大小和球拍对运动员的力是作用力与反作用力，等大反向，C 正确；

D．运动员用球拍击球的弹力与球对球拍的弹力是一对作用力与反作用力，故 D 错误。

故选 C。

7．如图为甲、乙两人打夯简化示意图，目的是把松散的地面夯实。已知夯体重量为 G，绳子质量不计，则下列说法正确的是（　　）

打夯

A．若夯体在加速上升，甲对地面的压力大小大于地面对甲的支持力大小

B．若夯体在加速上升，甲对地面的摩擦力大小等于地面对甲的摩擦力大小

C．若夯体在空中静止不动，乙对绳子的拉力大小等于 G

D．若夯体在空中静止不动，乙对绳子的拉力大小大于 G

【答案】B

【解析】A．人对地面的压力与地面对人的支持力是一对相互作用力，大小相等，与夯体的运动无关，故 A 错误；

B．人对地面的摩擦力与地面对人的摩擦力是一对相互作用力，大小相等，与夯体的运动无关，故 B 正确；

CD．由于不知道绳子与地面的夹角，无法判断乙对绳子的拉力大小，故 CD 错误。

故选 B。

8．杭州第 19 届亚运会的赛艇项目女子轻量级双人双桨决赛中，中国选手邹佳琪和邱秀萍以 7 分 06 秒 78 的成绩斩获本届亚运会首金，则下列说法正确的是（　　）

A．研究运动员的划桨技术，可以将运动员视为质点

B．赛艇在加速前进时其惯性增大

C．赛艇能加速前进是由于水推桨的力大于桨推水的力

D．“7 分 06 秒 78”是指夺金的时间间隔

【答案】D

【解析】A．研究比赛中运动员的划桨技术技巧时，运动员的大小和形状不能忽略，运动员不能被看作质点，故 A 错误；

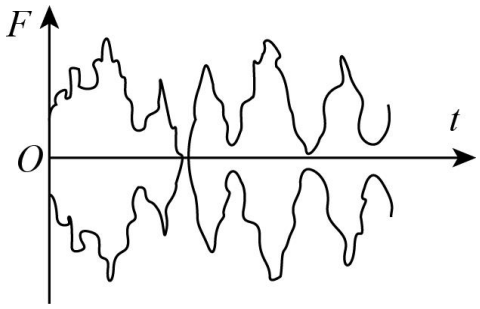
B．惯性只与质量有关，与运动状态无关，故赛艇在加速前进时其惯性不变，故 B 错误；

C．水推桨的力与桨推水的力是一对作用力与反作用力，大小相等，方向相反，作用在不同的物体上，故 C 错误；

D．时间间隔是在时间轴上对应的一段时间，时刻是时间轴上对应的一个点，故“7 分 06 秒 78”是指夺金的时间间隔，故 D 正确。

故选 D。

9．用计算机辅助实验系统（DIS）做验证牛顿第三定律的实验，如图所示是把两个测力探头的挂钩钩在一起，向相反方向拉动，观察显示器屏幕上出现的结果。观察分析两个力传感器的相互作用随着时间变化的曲线，以下结论中不正确的是（　）



A．作用力与反作用力是同时存在的

B．作用力与反作用力作用在不同的物体上

C．作用力与反作用力大小相等、方向相反

D．作用力与反作用力的合力大小为零

【答案】D

【解析】ABC．作用力与反作用力是同时产生，同时消失，作用在不同的物体上的大小相等，方向相反的力，故 ABC 正确；

D．作用力与反作用力作用在不同的物体上，不能进行合成，故 D 错误。

故选 D。

10．2022 年 7 月 24 日 14 时 22 分，搭载“问天实验舱”的“长征五号”B 遥三运载火箭点火发射，发射任务取得圆满成功。如图所示，火箭点火升空，燃料燃烧后的燃气以很大的速度从火箭喷口喷出，火箭获得推力而升空，则（　　）

A．火箭获得的推力来自空气

B．喷出燃气对火箭的作用力与火箭的重力是一对作用力与反作用力

C．喷出燃气对火箭的作用力与火箭对喷出燃气的作用力是一对作用力与反作用力

D．火箭飞离大气层后，不受重力作用

【答案】C

【解析】火箭获得的推力来自燃料燃烧后的燃气，故 A 错误；喷出燃气对火箭的作用力与火箭的重力都作用在火箭上，不是一对作用力与反作用力，故 B 错误；喷出燃气对火箭的作用力与火箭对喷出燃气的作用力是一对作用力与反作用力，故 C 正确；火箭飞离大气层后，没有脱离地球的引力范围，还受重力作用，故 D 错误。

11．2025 年 2 月，“杭州六小龙”之一的宇树科技公司发布了一款轮足机器人——“山猫”。如图所示，该机器人能在雪地和山坡上跋山涉水，顺利避开障碍物，能跑、能跳，还能空中翻转 360°，甚至单脚站立保持静止。“山猫”在（　　）

A．避开障碍物时可以被看作质点

B．空中翻转时重心位置始终保持不变

C．单脚静止时地面对它作用力的方向竖直向上

D．起跳时地面对它的作用力大于它对地面的作用力

【答案】C

【解析】A．避开障碍物时，“山猫”的大小形状不能忽略不计，不可以被看作质点，选项 A 错误；

B．空中翻转时“山猫”的形体结构会发生改变，则重心位置会发生变化，选项 B 错误；

C．单脚静止时地面对它作用力与重力等大反向，则地面对其作用力的方向竖直向上，选项 C 正确；

D．根据牛顿第三定律可知，起跳时地面对它的作用力等于它对地面的作用力，选项 D 错误。

故选 C。

12．蹦床是一项运动员利用从蹦床反弹中表现杂技技巧的竞技运动，它属于体操运动的一种，蹦床有“空中芭蕾”之称。在运动员进行蹦床比赛过程中（　　）

A．评委给运动员评分时可以把运动员看出质点

B．蹦床对运动员的弹力是由于蹦床的形变引起

C．运动员静止在蹦床上时，运动员对蹦床的压力就是运动受到的重力

D．从蹦床上弹起过程中蹦床对运动员的弹力大于运动员对蹦床的弹力

【答案】B

【解析】A．评委要根据运动员动作的完成度给运动员评分，故不能将运动员看做质点，A 错误；

B．蹦床对运动员的弹力是由于蹦床的形变引起的，B 正确；

C．运动员静止在蹦床上时，运动员对蹦床的压力大小等于运动员自身的重力大小，运动员对蹦床的压力和运动员的重力是两种性质力，不能说压力就是重力，C 错误；

D．蹦床对运动员的弹力与运动员对蹦床的弹力属于作用力与反作用力，由牛顿第三定律可知作用力与反作用力始终等大，D 错误。

故选 B。

13．2025 年 2 月哈尔滨亚冬会上，中国运动员在速度滑冰男子 500 米决赛中，以 34 秒 95 的成绩夺得冠军。如图所示，比赛中运动员正沿圆弧形弯道滑行，则下列说法正确的是（　　）

A．比赛中运动员的位移大小是 500m

B．运动员全程的平均速度是 14.3m/s

C．研究运动员的冲线技巧时，不可以把运动员看作质点

D．运动员在弯道滑行时，冰面对运动员的作用力大于运动员对冰面的作用力

【答案】C

【解析】A．位移大小由始末位置的直线距离决定，500 米是运动员运动轨迹的长度，即路程，而不是位移大小。在速度滑冰男子 500 米比赛中，运动员沿圆弧形弯道滑行，初末位置不同，位移大小小于 500 米，故 A 错误；

B．平均速度为$\overline{v}=\frac{x}{t}$

由 A 选项分析可知位移小于 500 米，时间$t=34.95\text{s}$，则平均速度$\overline{v}<\frac{500}{34.95}\approx 14.3\text{m/s}$

故 B 错误；

C．当物体的开关、大小对所研究的问题没有影响时，才可以把物体看作质点。研究运动员的冲线技巧时，运动员的肢体动作等对研究冲线技巧有重要影响，不能忽略其形状和大小，所以不可以把运动员看作质点，故 C 正确；

D．冰面对运动员的作用力与运动员对冰面的作用力是一对相互作用力，根据牛顿第三定律，相互作用力大小相等、方向相反、作用在同一条直线上，所以冰面对运动员的作用力等于运动员对冰面的作用力，故 D 错误。

故选 C。

14．如图为某居民小区门口的门禁卡识别装置，居民进入该小区时，需要将门禁卡放在该装置的斜面感应区上，门禁系统就可以识别居民的信息。若门禁卡始终静止在斜面感应区上，下列说法正确的是（　　）

A．门禁卡对斜面感应区的压力是由于斜面发生形变产生的

B．斜面感应区对门禁卡的摩擦力与门禁卡对斜面感应区的摩擦力是一对平衡力

C．若斜面感应区与水平面的夹角略微增大，则门禁卡受到的支持力减小

D．若斜面感应区与水平面的夹角略微增大，则门禁卡受到的摩擦力减小

【答案】C

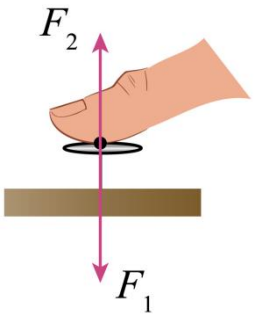
【解析】A．门禁卡对斜面感应区的压力是由于门禁卡发生形变而产生的，故 A 错误；

B．斜面感应区对门禁卡的摩擦力与门禁卡对斜面的摩擦力是一对相互作用力，故 B 错误；

CD．若斜面感应区与水平面的夹角略微增大，门禁卡仍静止，受力平衡，则有 $F_{\mathrm{f}}=mg\sin\theta$，$F_{\mathrm{N}}=mg\cos\theta$ 倾角略微增大，摩擦力增大，支持力减小，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

15．如图所示，小华将图钉按压进木板的过程中，若手对图钉的压力为 F_1，图钉对手的弹力为 F_2，则（　）



A．$F_1>F_2$　　B．F_1 与 F_2 是一对平衡力

C．F_1 与 F_2 是一对相互作用力　　D．F_2 是桌面发生形变产生的力

【答案】C

【解析】ABC．手对图钉的压力 F_1 与图钉对手的弹力 F_2，是一对作用力与反作用力，大小相等，故 AB 错误，C 正确；

D．F_2 是图钉发生形变产生对手的弹力，故 D 错误。

故选 C。

16．如图所示，当高铁匀速直线运动时，硬币能竖直立在高铁的水平窗台上。下列说法正确的是（　）

A．窗台对硬币的支持力是由硬币的形变产生的

B．窗台对硬币的摩擦力指向高铁前进方向

C．硬币的重力和窗台对硬币的支持力是一对相互作用力

D．硬币的重力和窗台对硬币的支持力是一对平衡力

【答案】D

【解析】A．窗台对硬币的支持力是由窗台的形变产生的，故 A 错误；

B．由于硬币随高铁做匀速直线运动，根据平衡条件可知，窗台对硬币的摩擦力为 0，故 B 错误；

CD．硬币的重力和窗台对硬币的支持力是一对平衡力，故 C 错误，D 正确。

故选 D。

17．如图是乒乓球比赛中运动员的削球动作，下列说法正确的是（　　）

A．乒乓球被削回的速度越大，惯性越大，飞得就越远

B．乒乓球被削回在空中飞行时受到重力、空气阻力和球拍摩擦力作用

C．削球时乒乓球拍对球的弹力是因为球拍形变产生的

D．削球时球拍对乒乓球施加的力大于乒乓球对球拍施加的力

【答案】C

【解析】A．乒乓球的惯性只与质量有关，与速度无关，选项 A 错误；

B．乒乓球被削回在空中飞行时受到重力、空气阻力作用，选项 B 错误；

C．削球时乒乓球拍对球的弹力是因为球拍形变产生的，选项 C 正确；

D．削球时球拍对乒乓球施加的力与乒乓球对球拍施加的力是相互作用力，总是等大反向，选项 D 错误。

故选 C。

18．有一种感应飞行器，它的底部设置了感应装置，只需要将手置于离飞行器底部一定距离处，就可以通过手控感应飞行。如图所示，当飞行器在空中悬停时（　　）

A．飞行器受到 4 个力的作用

B．空气对飞行器的作用力与手对飞行器的作用力是一对相互作用力

C．空气对飞行器的作用力与飞行器所受的重力是一对平衡力

D．当飞行器向上加速运动时，空气对飞行器的作用力大于飞行器对空气的作用力

【答案】C

【解析】AC．飞行器受到重力和空气对飞行器的作用力，即飞行器受到 2 个力的作用，根据平衡条件可知，空气对飞行器的作用力与飞行器所受的重力是一对平衡力，故 A 错误，C 正确；

BD．空气对飞行器的作用力和飞行器对空气的作用力是一对作用力和反作用力，大小总是相等，故 BD 错误。

故选 C。

19．（多选）太极拳是我国国家级非物质文化遗产。为增强学生身体素质，某学校积极开展太极拳的学习活动。如图所示，小红用力推小明时，两人均处于静止状态，则小红对小明的推力与小明对小红的推力（　　）

A．大小相等　　B．方向相同

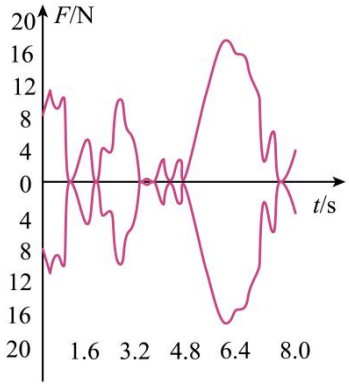
C．方向相反　　D．是一对相互平衡的力

【答案】AC

【解析】小红对小明的推力与小明对小红的推力是相互作用力，大小相等，方向相反。

故选 AC。

20．（多选）如图，为“验证牛顿第三定律”的实验中，两个力传感器的相互作用随着时间变化的曲线，根据图线可得出结论为（　　）



A．作用力与反作用力作用在同一物体上

B．作用力与反作用力是同时作用的

C．作用力与反作用力的合力始终为零

D．作用力与反作用力性质相同

【答案】BD

【解析】A．作用力与反作用力作用在不同物体上，故 A 错误；

B．作用力与反作用力是同时产生、同时消失的，故 B 正确；

C．作用力与反作用力作用在不同物体上，两者的效果不能够抵消，可知，不能够认为作用力与反作用力的合力为零，故 C 错误；

D．从力的性质来看，作用力与反作用力是同一种性质的力，故 D 正确。

故选 BD。

综合演练

21．如图是电影《哪吒之魔童闹海》中哪吒大战土拨鼠时的场景，下列说法中正确的是（　　）

A．哪吒的手指对土拨鼠的弹力作用是因为哪吒的手指发生了形变

B．哪吒对土拨鼠的作用力与土拨鼠对哪吒的作用力是一对平衡力

C．土拨鼠静止不动是因为哪吒对它的作用力小于它所受地面的摩擦力

D．哪吒所受地面的作用力方向竖直向上

【答案】A

【解析】A．哪吒的手指对土拨鼠的弹力作用是因为施力物体发生形变，即哪吒的手指发生了形变，故 A 正确；

B．哪吒对土拨鼠的作用力与土拨鼠对哪吒的作用力是一对作用力与反作用力，故 B 错误；

C．土拨鼠静止不动是因为哪吒对它的作用力小于它所受地面的最大静摩擦力，故 C 错误；

D．哪吒所受地面的支持力和摩擦力，合力方向斜向上，故 D 错误。

故选 A。

22．一字马在武术、舞蹈等领域是常见的基本功。如图所示为某演员表演一字马的画面，其左脚撑在粗糙水平地面上，右脚靠压在竖直光滑墙面间，处于静止状态，则该演员（　　）

A．受到地面的支持力方向沿左腿斜向上

B．受到地面的摩擦力方向沿水平向左

C．对地面的压力与其受到重力是一对平衡力

D．对墙面的压力与墙面对其的支持力是一对相互作用力

【答案】D

【解析】A．对演员受力分析可得，演员受地面的支持力垂直地面向上，故 A 错误；

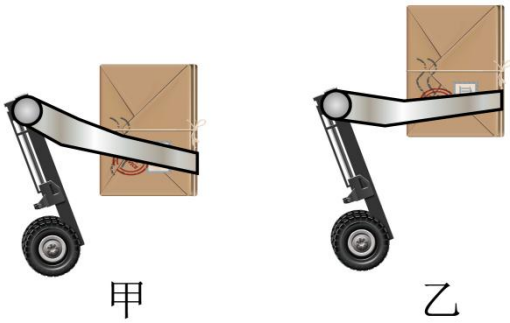
B．由题可知演员处于静止状态，则演员受墙面水平向左的支持力与地面的摩擦力等大反向，则摩擦力方向水平向右，故 B 错误；

C．演员受竖直向下的重力和地面的支持力是一对平衡力，演员对地面的压力与地面对演员的支持力大小相等，所以演员对地面的压力大小等于重力大小，但压力和重力不是一对平衡力，故 C 错误；

D．根据牛顿第三定律知，演员对墙面的压力与墙面对其的支持力是一对相互作用力，故 D 正确。

故选 D。

23．门框机器人在搬运货物方面有着独特优势，它可以按照设定的程序和路线，精准地抓取、移动并放置货物，能在物流仓储等场景提高搬运效率，减轻人力劳动强度。如图，门框机器人静止在原地并将货物缓慢抬起的过程中（图甲状态到图乙状态），下列说法中正确的是（　　）



A．机器人对货物的作用力斜向右上方

B．货物对机器人的作用力斜向右下方

C．地面对机器人的摩擦力水平向左

D．地面对机器人的作用力竖直向上

【答案】D

【解析】A．门框机器人在原地将货物缓慢抬起的过程中，货物受力始终平衡，机器人对货物的作用力竖直向上，故 A 错误；

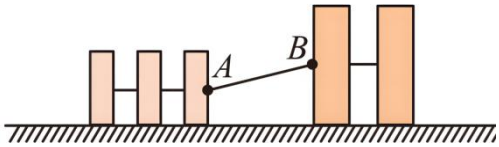
B．由牛顿第三定律可知，货物对机器人的作用力竖直向下，故 B 错误；

C．取整体为研究对象，地面对机器人的摩擦力为 0，故 C 错误；

D．取整体为研究对象，地面对机器人作用力竖直向上，故 D 正确。

故选 D。

24．小朋友队和大人队进行拔河比赛，小朋友队人数多，重心低，手握绳的位置低，此比赛可以简化为如图所示的模型，A、B 两点间绳倾斜。两队的总质量相等，脚与地面的动摩擦因数相同，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。相持阶段两队都静止，各队员手紧握绳不滑动，绳结实且质量不计。以下说法正确的是（　）



A．相持阶段大人队所受地面的摩擦力大于小朋友队所受地面的摩擦力

B．无论相持阶段还是胜败时，两队脚与地面的摩擦力大小永远相等

C．绳上拉力增大时，大人队会先败

D．绳上 A 点对 B 点的拉力，其大小一定等于 B 点对 A 点的拉力

【答案】D

【解析】A．对整体受力分析，可知相持阶段小朋友队和大人队脚下属于静摩擦力，永远相等，故 A 错误；

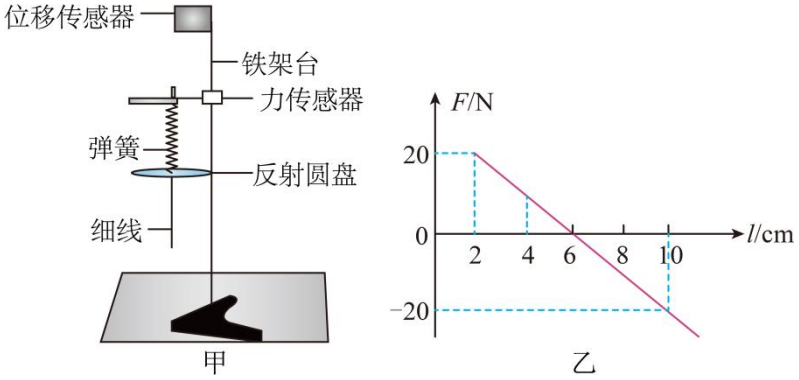
BC．当倾斜的绳上拉力增大时，大人队的压力更加大于其重力，最大静摩擦力也增大，而小朋友队和地面之间的压力小于其总重力，脚下会产生滑动摩擦力，平衡被打破，小朋友队败而且还有加速度，两队摩擦力大小不等，故 BC 错误；

D．作用力与反作用力永远相等，无论拔河的哪个阶段，绳上 A 点对 B 点的拉力，其大小一定等于 B 点对 A 点的拉力，故 D 正确。

故选 D。

25．随着技术的发展，各类传感器开始在中学实验室普及。图甲为“探究弹簧弹力与形变量的关系”的创新实验装置，轻质弹簧上端悬挂在力传感器上，下端与细线相连。力传感器能测量弹簧弹力 F 的大小，调

整位移传感器的位置，使之正对固定在弹簧末端的反射圆盘面，位移传感器能测量其到圆盘的距离l。某次探究活动得到的$F-l$的图像如图乙。下列说法正确的是（　　）



A．弹簧的原长为$6\,\mathrm{cm}$

B．随着F增大，弹簧的形变量减小

C．弹簧的劲度系数为$500\,\mathrm{N/m}$

D．弹簧给力传感器的力和力传感器给弹簧的力是一对平衡力

【答案】C

【解析】A．当位移传感器到反射圆盘的距离为6cm时，弹簧弹力为零，说明此时弹簧处于原长状态，根据装置图可知，弹簧原长小于6cm，故A错误；

B．根据胡克定律可知随着F增大，弹簧的形变量增大，故B错误；

C．弹簧的劲度系数为$k=\dfrac{20}{(6-2)\times10^{-2}}\mathrm{N/m}=500\mathrm{N/m}$

故C正确；

D．弹簧给力传感器的力和力传感器给弹簧的力是一对相互作用力，故D错误。

故选C。

26．如图，将一本书静止放在水平桌面上，以下说法正确的是（　　）

A．书受到的重力和支持力是一对作用力与反作用力

B．书对桌面的压力和桌面对书的支持力是一对平衡力

C．桌面受到弹力作用直接原因是书的形变

D．由于书是静止的，所以书不具有惯性

【答案】C

【解析】A．依题意，书静止在桌面上，受到的重力和支持力是一对平衡力，故 A 错误；

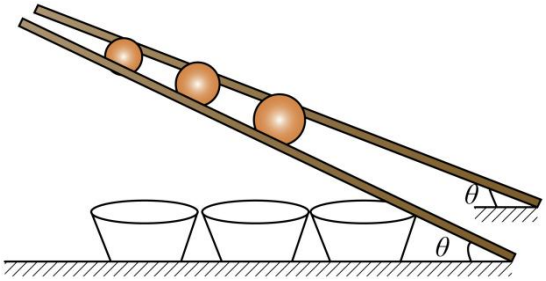
B．书对桌面的压力和桌面对书的支持力是一对相互作用力，故 B 错误；

C．桌面受到弹力作用直接原因是书的形变，故 C 正确；

D．质量是惯性的唯一量度，书处于静止状态时，也具有惯性，故 D 错误。

故选 C。

27．某农户采用自制的简易装置筛选橙子（近似球形）。如图所示，两根共面但不平行的直杆倾斜放置（与水平面夹角相等），橙子沿两杆向下加速运动，大小不同的橙子会落入不同筐中，下列说法正确的是（　　）



A．杆对橙子的弹力是由橙子发生的形变产生的

B．杆对橙子的作用力大于橙子对杆的作用力

C．杆对橙子的作用力方向竖直向上

D．同一个橙子在不同位置对单根杆的压力大小不同

【答案】D

【解析】A．杆对橙子的弹力是由杆发生的形变产生的，A 错误；

B．杆对橙子的作用力与橙子对杆的作用力是一对作用力与反作用力，根据牛顿第三定律可知，二者大小相等，方向相反，B 错误；

C．杆对橙子的弹力垂直于杆，杆对橙子的摩擦力沿杆与橙子接触面向上，由于橙子加速下滑，故橙子所受合外力的方向沿杆向下，因此杆对橙子作用力不可能沿竖直方向，C 错误；

D．橙子受到每根杆的弹力的方向都与杆垂直，但由于两杆不平行，两杆对橙子的弹力方向不断变化，而两杆对橙子的弹力的合力始终与橙子所受重力垂直于杆方向的分量相等，所以同一个橙子在不同位置对单根杆的压力大小不同，D 正确。

故选 D。

28．某学习小组在物理课上展示如图所示的小实验，将甲、乙两本书一页一页的交叉叠好后，竖直提起甲书，两本书都静止不动，则下列说法正确的是（　　）

A．手对甲书捏得越紧，甲书受到手的摩擦力越大

B．甲书受到乙书的摩擦力方向竖直向上

C．甲书对乙书的摩擦力和乙书对甲书的摩擦力是一对作用力和反作用力

D．手对甲书的摩擦力和甲书的重力是一对平衡力

【答案】C

【解析】A．手对甲书的摩擦力是静摩擦力，始终等于两本书的重力之和，保持不变，故 A 错误；

B．乙书受到甲书的摩擦力和重力平衡，方向竖直向上，由牛顿第三定律可知，甲书受到乙书的摩擦力竖直向下，故 B 错误；

C．结合牛顿第三定律的知识可知甲书对乙书的摩擦力和乙书对甲书的摩擦力是一对作用力和反作用力，故 C 正确；

D．甲书受到手的摩擦力和自身重力及乙书的摩擦力处于平衡状态，故 D 错误。

故选 C。

29.（多选）如图，马通过斜绳拉着雪橇在平直雪地上沿直线加速前进。不计空气阻力，关于力的大小关系，下列说法正确的是（　　）

A．斜绳拉雪橇的力大于雪橇拉斜绳的力

B．斜绳拉雪橇的力大于雪地对雪橇的摩擦力

C．斜绳拉雪橇的力可能等于雪地对雪橇的作用力

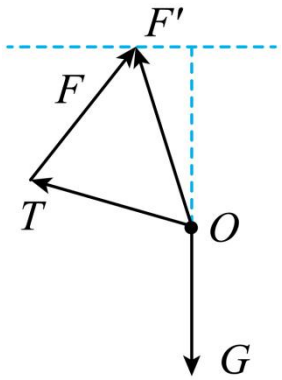
D．斜绳拉雪橇的力一定大于雪地对雪橇的作用力

【答案】BC

【解析】A．斜绳拉雪橇的力与雪橇拉斜绳的力是作用力与反作用力，根据牛顿第三定律，可知斜绳拉雪橇的力等于雪橇拉斜绳的力，故 A 错误；

B．由题知，雪橇在平直雪地上沿直线加速前进，根据牛顿第二定律，可知拉力的水平分力大于摩擦力，故斜绳拉力必大于雪地对雪橇的摩擦力，故 B 正确；

CD．雪地对雪橇的作用力 F 是指雪地对雪橇的摩擦力 f 和支持力 N 的合力，将 f 和 N 合成为 F 后，雪橇的受力可由四力等效为受重力 G、拉力 T 和 F，其中，T 斜向左上方向，F 斜向右上方向，将此二力再次合成为 F'，如图所示



只要满足 F' 的竖直分力与 G 平衡、水平分力产生加速度即可，由图可知，T 可大于、等于或小于 F，故 C 正确，D 错误。

故选 BC。

进阶检测

（考试时间：60 分钟 试卷满分：100 分）

一、单选题（4 分/题，共 48 分）

1．跳水是一项优美的水上运动。如图所示为一位女运动员在 3 米跳板项目中的起跳动作。设她对跳板的压力为F_1，跳板对她的支持力为F_2，则（　　）

A．跳板受到压力，是因为跳板发生了形变　　B．运动员受到支持力，是因为跳板发生了形变

C．F_1和F_2是一对平衡力　　D．运动员能跳得高的原因之一，是F_2大于F_1

【答案】B

【解析】A．跳板受到压力，施力物体是运动员，是因为运动员发生了形变，故 A 错误；

B．运动员受到支持力，施力物体是跳板，是因为跳板发生了形变，故 B 正确；

CD．F_1和F_2是一对作用力与反作用力，任何情况下大小都相等，故 CD 错误。

故选 B。

2．在 2024 年杭州亚运会上，以预赛第一的成绩闯进决赛的邹佳琪、邱秀萍在决赛中从一开始就一路领先，最终以 7 分 06 秒 78 的成绩夺冠。下列说法正确的是（　　）

A．运动员以及船的重力就是对水的压力

B．运动员对船的压力和船对运动员的支持力方向相反

C．运动员对船的压力和水对船的支持力是一对作用力与反作用力

D．在比赛中，赛艇能加速前进是由于水推桨的力大于桨推水的力

【答案】B

【解析】A．船对水的压力是由于船的弹性形变造成的，施力物体是船，运动员以及船的重力是由于地球的吸引而使运动员以及船受到的力，施力物体是地球，故 A 错误；

B．运动员对船的压力和船对运动员的支持力是一对作用力与反作用力，方向相反，故 B 正确；

C．运动员对船的压力受力物体是船，水对船的支持力受力物体也是船，不是一对作用力与反作用力，故 C 错误；

D．在比赛中，水推桨的力和桨推水的力是一对作用力与反作用力，大小相等，故 D 错误。

故选 B。

3．利用砚台将墨条研磨成墨汁时讲究“圆、缓、匀”，如图，在研磨过程中，砚台始终静止在水平桌面上，当墨条的速度方向水平向左时（　　）

A．桌面和墨条对砚台的摩擦力是作用力和反作用力

B．桌面对砚台的支持力与砚台对桌面的压力是一对平衡力

C．砚台对墨条的摩擦力方向水平向左

D．桌面对砚台的摩擦力方向水平向右

【答案】D

【解析】A．桌面和墨条对砚台的摩擦力大小相等，方向相反，作用在同一物体上，因此是一对平衡力，故 A 错误；

B．桌面对砚台的支持力与砚台对桌面的压力是一作用力与反作用力，故 B 错误；

C．墨条的速度方向水平向左，墨条受到向右的摩擦力，即砚台对墨条的摩擦力方向水平向右，故 C 错误；

D．结合上述可知，砚台对墨条的摩擦力方向水平向右，根据牛顿第三定律可知，墨条对砚台的摩擦力方向水平向左，砚台处于静止状态，根据平衡条件可知，桌面对砚台的摩擦力方向水平向右，故 D 正确。

故选 D。

4．如图所示，2024 年 8 月巴黎奥运会羽毛球混双项目中，衢州运动健儿黄雅琼与郑思维组合获得金牌。以下说法正确的是（　　）

A．羽毛球的重心在羽毛球的几何中心

B．球拍对羽毛球的弹力，是因为羽毛球发生弹性形变而产生的

C．羽毛球的速度越大，惯性越大

D．羽毛球撞击球拍时，球拍对羽毛球的力等于羽毛球对球拍的力

【答案】D

【解析】A．羽毛球不是质量分布均匀的物体，则其重心不在羽毛球的几何中心，选项 A 错误；

B．球拍对羽毛球的弹力，是因为球拍发生弹性形变而产生的，选项 B 错误；

C．羽毛球的惯性只与质量有关，与速度无关，选项 C 错误；

D．羽毛球撞击球拍时，球拍对羽毛球的力与羽毛球对球拍的力是相互作用力，总是等大反向，选项 D 正确。

故选 D。

5．某品牌激光打印机如图所示，打印时，滚轮压紧 A4 纸后转动带动纸张进入打印机。假设每张 A4 纸的质量均相等，纸张之间、纸张与底板之间的动摩擦因数均相同。则在第 1 张纸送入打印机的过程中，下列说法正确的是（　　）

A．第 1 张纸受到滚轮的摩擦力方向与纸张运动方向相反

B．第 1 张纸对第 2 张纸的压力大于第 2 张纸对第 1 张纸的支持力

C．滚轮与纸间的动摩擦因数小于纸张之间的动摩擦因数

D．若因潮湿导致纸张之间的动摩擦因数变大，则有可能多张纸一起被送入打印机中

【答案】D

【解析】A．第一张纸相对滚轮有向后的运动趋势，摩擦力方向总是与相对运动趋势方向相反，所以第一张纸受到滚轮的摩擦力方向与纸张的运动方向相同，故 A 错误；

B．第 1 张纸对第 2 张纸的压力和第 2 张纸对第 1 张纸的支持力是一对相互作用力，它们大小相等，故 B 错误；

C．设滚轮与纸间的动摩擦因数为 μ，纸张之间、纸张与底板之间的动摩擦因数为 μ'，滚轮对纸张的压力大小为 N，每张纸的质量为 m，对第 1 张纸受力分析有 $\mu N > \mu'(N+mg)$

所以滚轮与纸间的动摩擦因数大于纸张之间的动摩擦因数，故 C 错误；

D．若因潮湿导致纸张之间的动摩擦因数变大，则纸与纸之间的最大静摩擦力变大，则可能会导致多张纸一起被送入打印机中，故 D 正确。

故选 D。

6．在 2024 年杭州市中学生足球比赛的赛场上，下列说法正确的是（　　）

A．运动员将球踢出时，脚对球的作用大于球对脚的作用力

B．头球射门时，足球受到的弹力源于足球的形变

C．踢出后的足球在空中受到重力、阻力和推力

D．运动员踢出“香蕉球”，记录“香蕉球”的轨迹时，可将足球看成质点

【答案】D

【解析】A．根据牛顿第三定律，脚对球的作用力大小等于球对脚的作用力大小，A 错误；

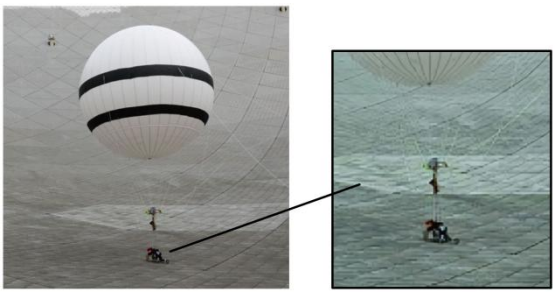
B．足球受到的弹力源于头的形变，B 错误。

C．足球在空中不受推力作用，C 错误；

D．记录“香蕉球”的轨迹时，足球的大小和形状对问题影响可以忽略，可将足球看成质点，D 正确。

故选 D。

7．为保护中国天眼（FAST）的反射面板，巡检维护工作需采用“微重力蜘蛛人”系统，如图所示，“微重力”是通过氦气球的浮力“减轻人的重量”实现的。某次作业过程中工作人员处于静止状态，其与氦气球连接的轻绳保持竖直，下列说法正确的是（　　）



A．人对面板的压力和面板对人的支持力是一对平衡力

B．绳对气球的力和绳对人的力是一对相互作用力

C．人对面板的作用力大小等于面板对人的作用力大小

D．气球对人的作用力大小等于人的重力大小

【答案】C

【解析】A．人对面板的压力和面板对人的支持力是一对相互作用力，故 A 错误；

B．绳对气球的力和绳对人的力是同一根轻绳施加的等大的两个力，即不是一对平衡力，也不是一对相互作用力，故 B 错误；

C．人对面板的作用力与面板对人的作用力是一对相互作用力，大小相等，故 C 正确；

D．由于工作人员需要在面板上巡检，所以与面板间一定存在作用力，根据平衡条件可知氦气球和面板对人的作用力的合力与重力平衡，且易知氦气球和面板对人的作用力都为竖直向上，所以二者都小于人的重力大小，故 D 错误。

故选 C。

8．我国有一种传统的民族体育项目叫做“押加”，实际上相当于两个人拔河，如果甲、乙两人在“押加”比赛中，甲获胜，则下列说法中正确的是（　　）

A．甲对乙的拉力大于乙对甲的拉力，所以甲获胜

B．只有当甲把乙匀速拉过去时，甲对乙的拉力大小等于乙对甲的拉力大小

C．当甲把乙加速拉过去时，甲对乙的拉力大于乙对甲的拉力

D．无论匀速还是加速拉过去，甲对乙的拉力大小始终等于乙对甲的拉力大小。

【答案】D

【解析】A．甲获胜是因为地面对甲的最大静摩擦力大于地面对乙的最大静摩擦力，乙受的拉力大于最大静摩擦力，故 A 错误；

BCD．由牛顿第三定律可知，甲对乙的拉力与乙对甲的拉力大小相等方向相反，与运动状态无关，故 BC 错误，D 正确。

故选 D。

9．2024 年巴黎奥运会中国体育代表团获得 40 金，创下参加境外奥运会金牌数最多的纪录，金牌总数第一。其中，曹缘获跳水男子 10 米跳台跳水冠军，陈梦乒乓球女子单打冠军，李发彬获举重男子 61 公斤级冠军，杨家玉获田径女子 20 公里竞走冠军。下列关于运动和力的概念说法，正确的是（　　）

A．研究陈梦在乒乓球比赛中乒乓球的旋转时，可以将乒乓球视为质点

B．曹缘跳水下落时看到水面迎面扑来是选择水面为参考系

C．杠铃对李发彬的压力与李发彬对杠铃的支持力是相互作用力

D．杨家玉竞走过程中所受地面的摩擦力为滑动摩擦力

【答案】C

【解析】A．能否把某物体视为质点，关键要看忽略物体的大小和形状后，对所研究的问题是否有影响，在乒乓球比赛中研究乒乓球的旋转时，显然研究对象的大小和形状忽略后，所研究的问题将无法进行，故 A 错误；

B．选择不同的参考系来观察同一物体的运动，其结果会有所不同，跳水运动员下落时，运动员看到水面迎面扑来，是选择自己为参考系的缘故，故 B 错误；

C．杠铃对李发彬有压力，根据牛顿第三定律，由于力的作用是相互的，李发彬对杠铃也有支持力的作用，它们是一对相互作用力，故 C 正确；

D．杨家玉竞走过程中脚与地面相对静止，竞走过程中所受地面的摩擦力为静摩擦力，故 D 错误。

故选 C。

10．火箭是世界上最先进的运载工具之一，它是利用喷射燃烧的气体获得动力的。若不计空气阻力，在火箭竖直加速升空时，下列叙述正确的是（　　）

A．喷出的气体对火箭的推力与火箭对喷出气体的推力是一对平衡力

B．喷出的气体对火箭的推力大于火箭对喷出气体的推力

C．喷出的气体对火箭的推力大于火箭的重力

D．喷出的气体对火箭的推力与火箭对喷出气体的推力都作用在火箭上

【答案】C

【解析】ABD．喷出的气体对火箭的推力与火箭对喷出气体的推力是一对相互作用力，两者等大反向，喷出的气体对火箭的推力作用在火箭上，火箭对喷出气体的推力作用在气体上，选项 ABD 错误；

C．火箭竖直加速上升，则喷出的气体对火箭的推力大于火箭的重力，选项 C 正确；

故选 C。

11．2024 年 11 月 13 日，在珠海航展兵器馆亮相的“机器狼”受到观众喜爱，成为名副其实的明星展品。关于机器狼下列说法正确的是（　　）

A．研究机器狼的避障动作时可以将其看成质点

B．机器狼在行走时与地面的摩擦力和它的重力成正比

C．机器狼受到的支持力是由于它的脚发生形变产生的

D．机器狼在行走时与地球之间有三对作用力与反作用力

【答案】D

【解析】A．当物体的大小、形状对所研究的问题没有影响或者影响很小，可以忽略不计时，可将物体看成质点，所以研究机器狼的避障动作时不可以将其看成质点，故 A 错误；

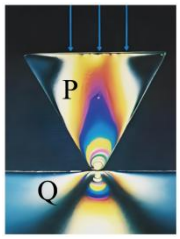
B．机器狼在行走时与地面的摩擦力为静摩擦力，其大小与重力无关，故 B 错误；

C．机器狼受到的支持力是由于地面发生形变产生的，故 C 错误；

D．机器狼在行走时受到重力、支持力和摩擦力，所以与地球之间有三对作用力与反作用力，故 D 正确。

故选 D。

12．如图所示，一块剖面为三角形的有机玻璃 P 压在另一块有机玻璃 Q 上，当特殊的光通过有机玻璃时，会产生花纹。对 P 施加向下压力，花纹会发生变化。下列说法正确的是（　　）



A．P 对 Q 的压力与 Q 对 P 的支持力是一对平衡力

B．由于 P 发生了形变，所以 Q 才对 P 有支持力

C．由于 Q 发生了形变，所以 P 才对 Q 有压力

D．对 P 施加向下压力，花纹会发生变化的原因是玻璃进一步发生形变

【答案】D

【解析】A．P 对 Q 的压力与 Q 对 P 的支持力是一对作用力和反作用力，故 A 错误；

B．由于 Q 发生了形变，所以 Q 才对 P 有支持力，故 B 错误；

C．由于 P 发生了形变，所以 P 才对 Q 有压力，故 C 错误；

D．对 P 施加向下压力，花纹会发生变化的原因是玻璃进一步发生形变，故 D 正确。

故选 D。

二、多选题（漏选得 3 分，全对得 5 分，错选得 0 分，共 30 分）

13.北京时间2016年9月15日晚10时04分，中国在酒泉卫星发射中心用“长征二号$F-T_2$”火箭将“天宫二号”空间实验室成功发射升空，顺利入轨并正常开展各项科研活动，关于“天宫二号”与火箭起飞的情形，下列叙述正确的是（　　）

A．“天宫二号”进入运行轨道之后，与地球之间不存在相互作用

B．运载火箭尾部向下喷气，喷出的气体对火箭产生反作用力，火箭获得向上的推力

C．运载火箭尾部喷出的气体对空气产生作用力，空气的反作用力使火箭获得飞行动力

D．运载火箭飞出大气层后，虽然没有空气，但喷出的气体对火箭依然产生反作用力，火箭可以获得前进的动力

【答案】BD

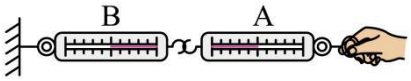
【解析】A．卫星进入运行轨道之后，与地球之间仍然存在一对作用力与反作用力，即地球对卫星的引力和卫星对地球的引力，故A错误；

BC．火箭尾部向下喷气，喷出的气体反过来对火箭产生一个反作用力，从而让火箭获得了向上的推力，故B正确，C错误；

D．火箭飞出大气层后，由于没有了空气，火箭向后喷气，喷出的气体反过来对火箭产生一个反作用力，从而让火箭获得了向上的推力，故D正确。

故选BD。

14．某实验小组在实验室中探究相互作用力的关系。如图所示，把A、B两个弹簧测力计连接在一起，B的左端固定，用手水平向右拉测力计A的右端；然后将B的左端释放，用手竖直向上拉A，使A、B处于静止状态。则关于两个弹簧测力计的示数大小分析正确的是（　　）



A．手水平向右拉时两测力计的示数总是等大

B．手竖直向上拉时两测力计的示数总是等大

C．手竖直向上拉时A测力计的示数大于B测力计的示数

D．因为弹簧自重的影响造成竖直拉时两测力计的示数不等

【答案】ACD

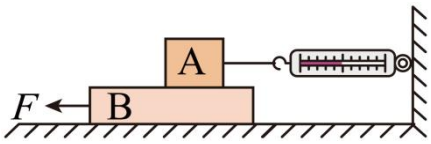
【解析】A．当手水平向右拉测力计A的右端时，由于A、B两个弹簧测力计是连接在一起的，它们之间的相互作用力会使两个弹簧发生相同的形变，因此两个测力计的示数总是等大的。故A正确；

BCD．当用手竖直向上拉A，使A、B处于静止状态时，由于B弹簧测力计倒挂，需要考虑B弹簧测力计自重的影响，将B弹簧测力计的自重分为外壳自重和弹簧自重，所以B弹簧测力计倒挂时的示数为B

弹簧的外壳自重和 B 弹簧自重，而 A 弹簧测力计的示数为 B 弹簧测力计外壳自重和 AB 弹簧自重之和。因此，在竖直方向上，A 测力计的示数会大于 B 测力计的示数，所以造成了竖直拉时两测力计示数不等的原因是弹簧自重的影响。故 B 错误，CD 正确。

故选 ACD。

15．用如图所示的方法可以测定木块 A 与长木板 B 之间的滑动摩擦力的大小。把木块 A 放在长木板 B 上，长木板 B 放在粗糙水平地面上，长木板 B 在大小为 F 的水平拉力作用下向左匀速运动，A 始终在木板 B 上。稳定时，水平弹簧测力计的示数为 F_T，下列说法正确的是（　　）



A．木块 A 受到的滑动摩擦力的大小等于 F_T

B．长木板 B 受到的滑动摩擦力的大小等于 F_T

C．木板 B 速度越大，木块 A 所受摩擦力越大

D．地面对 B 的摩擦力大小可能小于 F_T

【答案】AD

【解析】A．以 A 为研究对象，稳定时，A 静止不动，根据平衡条件得到，木块 A 受到的滑动摩擦力大小等于 FT，故 A 正确；

B．根据牛顿第三定律可得，长木板受到 A 的滑动摩擦力为 FT，还受到地面的滑动摩擦力，所以长木板 B 受到的滑动摩擦力的大小大于 FT，故 B 错误；

C．由于 A、B 间为滑动摩擦力，其大小与木板 B 的速度大小无关，故 C 错误；

D．由于外力 F 大小未知，所以地面对 B 的摩擦力大小可能小于 FT，故 D 正确。

故选 AD。

16．如图所示，一个易拉罐由于磕碰，底部边缘有处凹陷。在空易拉罐中注入少量的水后，将易拉罐凹陷处与桌面接触放置在水平桌面上，结果易拉罐“倾而不倒”。下列说法正确的是（　　）

A．易拉罐受重力、支持力和摩擦力作用

B．易拉罐受到的重力和支持力是一对平衡力

C．注少量水后的易拉罐重心位置降低

D．易拉罐受到的重力和桌面受到的压力是一对作用力与反作用力

【答案】BC

【解析】A．易拉罐受重力、支持力作用，故 A 错误；

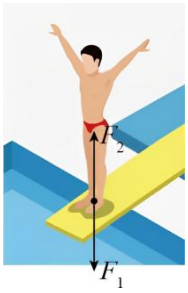
B．由于易拉罐处于静止状态，则易拉罐受到的重力和支持力是一对平衡力，故 B 正确；

C．注少量水后，易拉罐的质量分布不均匀，重心位置降低，故 C 正确；

D．易拉罐受到的支持力与桌面受到的压力是一对作用力与反作用力，故 D 错误。

故选 BC。

17．跳水一直是我国的优势项目，运动员站在3m跳板的边缘上保持静止。准备做起跳动作，F_1表示人对跳板的弹力，F_2表示跳板对人的弹力，G表示运动员的重力，则（　　）



A．运动员静止站立在跳板上，受到重力，支持力和人对跳板的压力

B．F_1和F_2的方向一定都垂直于跳板

C．F_1和F_2大小相等、方向相反，同时产生同时消失，是一对相互作用力

D．F_1的产生是由于跳板形变产生的

【答案】BC

【解析】A．运动员静止站立在跳板上，受到重力、支持力作用，故 A 错误；

B．F_1和F_2均为弹力，其方向一定都垂直于接触面，跳板，故 B 正确；

C．F1 和 F2 作用于不同物体上，是一对相互作用力，大小相等、方向相反、同时产生同时消失，故 C 正确；

D．根据弹力的定义知，F_1的产生是由于施力物体，人的形变产生的，故 D 错误。

故选 BC。

18．如图为某中学秋季运动会甲、乙两队拔河比赛的现场，经过激烈的对抗，最终甲队获得胜利。则下列说法正确的是（　　）

A．甲队对绳的拉力和绳对甲队的拉力是一对相互作用力

B．甲队对绳的拉力和绳对甲队的拉力是一对平衡力

C．甲队对绳的拉力大于绳对甲队的拉力，所以甲队获胜

D．无论谁获胜，甲队对绳的拉力和绳对甲队的拉力的大小均相等

【答案】AD

【解析】无论谁获胜，甲队对绳的拉力和绳子对甲队的拉力是一对相互作用力，总是大小相等，方向相反。

故选 AD。

三、实验题（2 分/空，共计 22 分）

19．某班级同学利用数字化实验装置分小组开展了以下实验：

(1)第一小组计划利用传感器完成“探究作用力和反作用力的关系”实验。

①下列传感器中需要用到的是_____。

力传感器

A

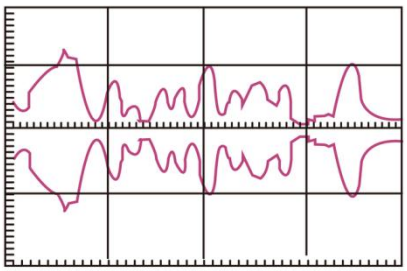
位移传感器

B

光电门传感器

C

②在实验中，第一小组同学得到了如图甲所示的图像，从中可以得出的结论是_____（多选）。

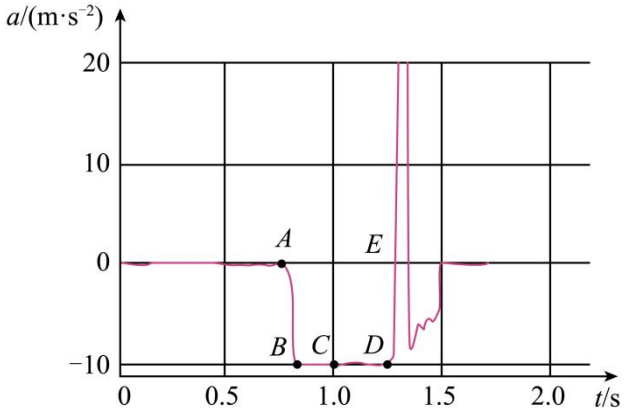


图甲

A．作用力与反作用力总是大小相等　B．作用力与反作用力总是同时变化的

C．作用力与反作用力总是性质相同的　D．作用力与反作用力总是作用在同一物体上

(2)第二小组利用手机自带的加速度传感器测量自由落体运动的加速度，实验步骤如下：在水平地面上铺上软垫，以保护手机；打开手机中的加速度传感器，让手机保持竖直状态，在距软垫一定高度处由静止释放；手机落到软垫后，得到全过程中手机的加速度 a 随时间 t 变化的图像，如图乙所示。



图乙

①本次实验中，选取的加速度正方向是_____（选填“竖直向上”或“竖直向下”）

②图中所示的 B 点到 D 点的时间内，所测得_____（选填“ B ”“ C ”或“ D ”）点的加速度最接近当地的重力加速度值。

【答案】(1) A　AB　　(2) 竖直向上　B

【解析】（1）[1]“探究作用力和反作用力的关系”实验中需要用到力传感器测量力的大小。

故选 A。

[2]通过图甲可看出作用力与反作用力的大小总是相等的而且同时变化，但从图中无法判断作用力与反作用力的性质是否相同，作用力与反作用力同时作用在不同物体上。

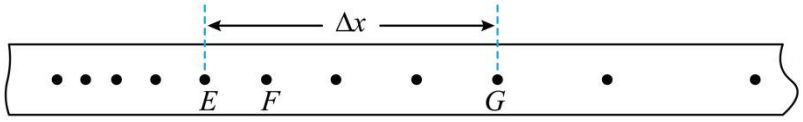
故选 AB。

（2）[1]由图乙可知，当手机下落过程中显示的加速度为 -10m/s^2，与规定的正方向相反，故选取的加速度正方向是竖直向上；

[2]从 B 点到 D 点的时间内，开始阶段空气阻力最小，加速度最大，最接近当地重力加速度，故选填 B。

20．物理学是一门实验科学，观察和实验是物理学研究的基础。物理学也是一门方法论科学，人们在认识世界、探究自然奥秘的过程中总结出许多思想方法。领悟物理学思想、掌握物理学方法是学好物理的保障和关键。

（1）在“测量纸带的平均速度和瞬时速度”实验中，图是利用打点计时器记录某物体运动情况的纸带，F 点在 E、G 两点之间，EG 两点间的位移用 Δx 表示，对应的时间用 Δt 表示。对于测量 F 点的瞬时速度，下列说法正确的是(　　)



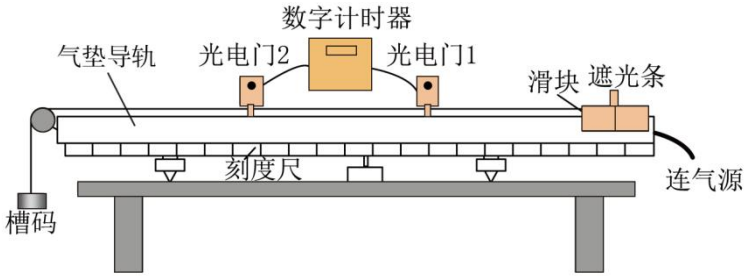
A．从理论上讲，选取包含 F 点在内的位移间隔越小，用 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 计算的结果越接近于 F 点的瞬时速度

B．从理论上讲，选取包含 F 点在内的位移间隔大小与测量 F 点的瞬时速度无关

C．从实验的角度看，如果选取包含 F 点在内的位移间隔越小，测量误差就会越小

D．从实验的角度看，测量误差与选取包含 F 点在内的位移间隔大小无关

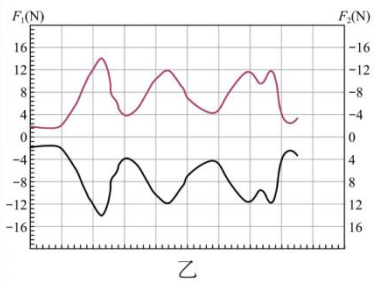
（2）为了测定气垫导轨上滑块的加速度，滑块上安装了宽度为5.0mm的遮光条。如图所示，滑块在牵引力作用下先后通过两个光电门，配套的数字计时器记录了遮光条通过第一光电门的时间 Δt_1 为0.020s，通过第二个光电门的时间 Δt_2 为0.005s，遮光条从开始遮住第一个光电门到开始遮住第二个光电门的时间 t 为2.5s，估算滑块的加速度大小为(　　)



A．$1.5m/s^2$　　B．$0.5m/s^2$　　C．$0.3m/s^2$　　D．$15m/s^2$

（3）某同学用传感器探究作用力与反作用力的关系。实验时他把两只力传感器同时连接在计算机上，其中一只系在墙上，另一只握在手中，如图甲所示。如图乙是他记录的两个物体间作用力和反作用力的变化图线。根据图线可以得出的结论是(　　)

甲



乙

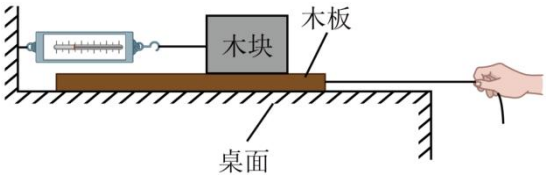
A．作用力大时反作用力小

B．作用力和反作用力的方向总是相反的

C．作用力变化后反作用力才随之发生变化

D．图中的两个力是一对平衡力

（4）图为研究木板与木块之间摩擦力大小的实验装置，将一木块和木板叠放于水平桌面上，轻质弹簧测力计一端固定，另一端用细线与木块水平相连。现在用绳子与长木板连接，用手向右水平拉绳子，使长木板在桌面上做直线运动。当弹簧测力计的示数稳定时，关于示数大小，下列说法中正确的是(　　)



A．一定与木板对木块的静摩擦力大小相等

B．一定与木板对木块的滑动摩擦力大小相等

C．一定与木板所受地面的滑动摩擦力大小相等

D．一定与木板所受的拉力大小相等

【答案】A　C　B　B

【解析】（1）[1]AB．瞬时速度，是表示物体在某一时刻或经过某一位置时的速度，该时刻相邻的无限短时间内的位移与通过这段位移所用时间的比值$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$，由于该定义是某一段含 F 点内的平均速度，当选取包含 F 点在内的位移间隔越小，计算的结果越接近于 F 点的瞬时速度，故 A 正确，B 错误；

CD．测量误差是不可避免的，但是在测量过程中可以通过选用准确度较高的测量仪器，改进实验方法，熟练实验技能等减小测量误差。从实验的角度看，如果选取包含 F 点在内的位移间隔稍大，对测量过程中操作、读数等来说都较方便准确，故 CD 错误。

故选 A。

（2）[2]极短时间内的平均速度等于瞬时速度的大小，则物块经过第一光电门的速度大小为

$$v_1=\frac{d}{\Delta t_1}=\frac{5.0\times10^{-3}}{0.020}\text{m/s}=0.25\text{m/s}$$

经过第二个光电门的速度大小为

$$v_2=\frac{d}{\Delta t_2}=\frac{5.0\times10^{-3}}{0.005}\text{m/s}=1.0\text{m/s}$$

根据加速度公式

$$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{1.0-0.25}{2.5}\text{m/s}^2=0.3\text{m/s}^2$$

故选 C。

（3）[3]ABC．根据图线可以得出的结论是作用力与反作用力总是大小相等、方向相反，且同时变化，故 AC 错误，B 正确；

D．图中的两个力作用在两个物体上，是一对作用力和反作用力，故 D 错误。

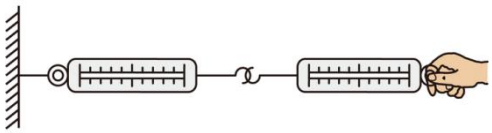
故选 B。

（4）[4]AB．当弹簧测力计的示数稳定时，木块处于静止状态，长木板在桌面上做直线运动，则木块在水平方向受弹簧测力计的拉力和木板对木块的滑动摩擦力，所以弹簧测力计的示数与木板对木块的滑动摩擦力大小相等。故 A 错误，B 正确；

CD．木块处于静止状态，长木板在桌面上做直线运动，则长木板在水平方向受向右的拉力、木块对木板向左的滑动摩擦力和地面对木板向左的滑动摩擦力；长木板的运动性质不确定，所以木块对木板的滑动摩擦力与拉力、木板所受地面的滑动摩擦力的大小关系不确定；即弹簧测力计的示数与拉力、木板所受地面的滑动摩擦力的大小关系不确定。故 CD 错误。

故选 B。

21．在“探究作用力与反作用力的关系”实验中，某同学将两个相同的弹簧测力计连接在一起对拉（如图所示），发现作用力与反作用力的大小__（选填“相等”或“不相等”）；作用力与反作用力的方向___（选填“相同”或“相反”）；同时发现作用力与反作用力的作用____（选填“有”或“没有”）先后。



【答案】相等　相反　没有

【解析】[1][2][3]根据牛顿第三定律可知，作用力与反作用力大小相等，方向相反，作用在同一条直线上，同时产生，同时变化，同时消失，

$$F=-F'$$

则作用力与反作用力的作用没有先后。

衔接点 12 力的合成和分解

学习要求

初中阶段	高中阶段
知道力的合成与分解的基本概念。理解合力与分力的等效替代关系，例如明白一个大人提水桶和两个小孩共同提水桶效果相同，从而认识到合力概念 。掌握同一直线上二力合成的计算，即同向时合力为二力之和，反向时合力为二力之差 。能对简单情景下的力进行分解，如将斜面上物体所受重力分解为沿斜面方向和垂直斜面方向的分力，以此来分析物体受力情况，且初步了解力的分解和合成在生活中的简单应用，像拔河时力的作用、用弹簧测力计测力等情景。	要求学生深刻理解合力与分力概念，能从力的作用效果等效性角度，准确判断不同力之间的合力、分力关系。通过实验探究，熟练掌握力的合成与分解遵循的平行四边形定则，并能运用其进行定量计算，包括求解多个共点力的合力大小与方向 。学会根据实际问题中力的作用效果，合理确定力的分解方向，能运用三角函数等数学工具进行力的合成与分解运算。此外，要明确矢量与标量的区别，清楚力作为矢量，其合成与分解遵循特殊法则，能在复杂物理情景，如物体在多个力作用下的平衡或加速运动问题中，准确进行受力分析与力的合成、分解处理 。
衔接指引	
初中阶段考查形式：多采用选择题，填空题、简答题和实验题。 高中阶段考查形式：选择题、实验题和计算题。	

知识衔接

回顾初中知识

1. 合力与分力的初步概念

若一个力单独作用产生的效果，和某几个力共同作用产生的效果 一致 ，这个力就是那几个力的合力，而那几个力则是这个力的分力。

2. 同一直线上二力合成

（1）方向相同：当两个力 F_1、F_2 在同一直线上且方向相同时，它们的合力 $F_{合}$ 大小等于 这两个力大小之和 ，即 $F_{合}=F_1+F_2$ ，合力方向与 F_1、F_2 的方向一致。

（2）方向相反：若两个力 F_1、F_2在同一直线上但方向相反，合力 $F_{合}$大小等于这两个力大小 之差的绝对值 ，即 $F_{合}=$ $|F_1-F_2|$ ，合力方向 与较大力的方向相同 。

3. 简单情景下的力分解

以斜面上的物体为例 。物体受到竖直向下的重力 G，由于斜面的存在，重力会产生两个效果：一是使物体有沿斜面向下滑动的趋势，对应的分力为 G_1；二是使物体压紧斜面，对应的分力为 G_2。这样的分解有助于分析物体在斜面上的受力情况，理解物体为何能在斜面上保持静止或运动状态 。

知新高中知识

一、合力与分力

1.**共点力**

几个力如果都作用在物体的 同一点 ，或者他们的作用线 相交于一点 ，这几个力叫做共点力。

2.合力与分力

假设一个力单独作用的效果跟某几个力共同作用的效果相同，这个力就叫做那几个力的 合力 ；那几个力就叫作这个力的 分力 。

3、合力与分力的关系

合力与分力在作用效果上是一种 等效替代 关系，而不是重新受力，因此在受力分析时，合力与分力不能同时分析。

(1)等效性：合力的作用效果与分力的共同作用效果 相同 ，它们在效果上可以相互 替代 。

(2)同体性：各个分力是作用在 同一物体上的 ，分力与合力为 同一物体 ，作用在不同物体上的力不能求合力。

(3)瞬时性：各个分力与合力具有 瞬时对应 关系，某个分力变化了，合力也同时发生变化。

二、力的合成和分解

1、力的合成

（1）力的合成:求几个力的合力的过程叫做 力的合成 。（力的合成就是找一个力去代替几个已知力，而不改变其作用效果）。

（2）力的合成的依据：作用效果相同（等效）。

2.力的分解：已知一个力求它的分力的过程叫 力的分解 .

3.力的合成与分解的区别和联系

	力的合成	力的分解
区别	各分力是实际受到的力，它们的合力不是实际受到的力。	合力是实际受到的力，它的各个分力不是实际受到的力。
	各分力不一定产生于同一个 施力物体，它们的合力往	合力和它的各个分力产生于同一个施力物体。

	往没有对应的施力物体。	
联系	力的合成与分解互为逆过程；都是针对同一物体所受的力进行合成与分解；都是利用等效替代的思想方法。	

3.实验：探究两个互成角度的力的合成规律

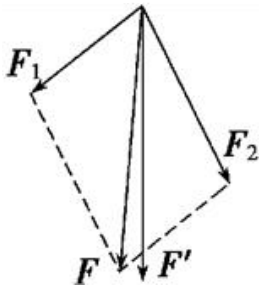
【实验目的】

（1）探究互成角度的两个共点力合成时的规律。

（2）培养学生应用作图法处理实验数据和得出结论的能力。

【实验原理】

等效法：一个力 F′ 的作用效果和两个力 F_1、F_2 的作用效果都是让同一条一端固定的橡皮条伸长到同一点，所以一个力 F′ 就是这两个力 F_1 和 F_2 的合力，作出力 F′ 的图示，如图所示；



【实验器材】

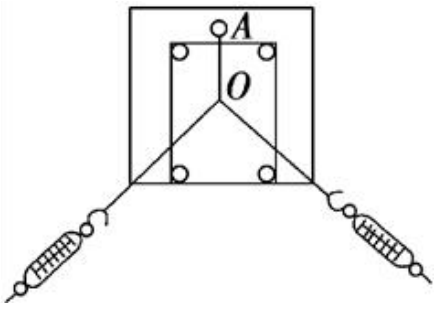
方木板一块、白纸、弹簧测力计（两只）、橡皮条、细绳套（两个）、三角板、刻度尺、图钉（几个）、细芯铅笔。

【实验步骤】

（1）在水平桌面上平放一块方木板，在方木板上铺一张白纸，用图钉把白纸固定在方木板上。

（2）用图钉把橡皮条的一端固定在板上的 A 点，在橡皮条的另一端拴上两条细绳，细绳的另一端系上细绳套。

（3）用两个弹簧测力计分别钩住细绳套，互成角度地拉橡皮条，将结点拉到某一位置 O，如图所示。



（4）用铅笔描下 O 点的位置和两条细绳的方向，读出并记录两个弹簧测力计的示数。

（5）用铅笔和刻度尺在白纸上从 O 点沿两条细绳的方向画直线，按一定的标度作出两个力 F_1 和 F_2 的图示。

（6）只用一个弹簧测力计，通过细绳把橡皮条的结点拉到同样的位置 O，读出并记录弹簧测力计的示数，记下细绳的方向，按同一标度用刻度尺从 O 点作出这个力 F′ 的图示。

【观察与猜想】

从力 F_1 和 F_2 与合力 F 的图示分布猜想：以 F_1 和 F_2 为邻边作平行四边形，F 即为该平行四边形中 F_1 和 F_2 所夹的对角线。

【验证】

（1）根据平行四边形定则作出力 F1 和 F2 的合力 F 的图示

（2）比较 F 和 F′ 的大小和方向是否相同，若在误差允许的范围内相同，则验证了猜想。

【注意事项】

（1）同一实验中的两只弹簧测力计的选取方法是：将两只弹簧测力计调零后互钩对拉，若两只弹簧测力计在对拉过程中，读数相同，则可选；若读数不同，应另换，直至相同为止；

（2）在同一次实验中，使橡皮条拉长时，结点 O 的位置一定要相同；

（3）用两只弹簧测力计钩住绳套互成角度地拉橡皮条时，夹角不宜太大也不宜太小，在 60°～100° 之间为宜；

（4）读数时应注意使弹簧测力计与木板平行，并使细绳套与弹簧测力计的轴线在同一条直线上，避免弹簧测力计的外壳与弹簧测力计的限位卡之间有摩擦；

（5）细绳套应适当长一些，便于确定力的方向．不要直接沿细绳套的方向画直线，应在细绳套末端用铅笔画一个点，去掉细绳套后，再将所标点与 O 点连接，即可确定力的方向；

（6）在同一次实验中，画力的图示所选定的标度要相同，并且要恰当选取标度，使所作力的图示稍大一些。

【误差分析】

（1）误差来源：除弹簧测力计本身的误差外，还有读数误差、作图误差等。

（2）减小误差的办法：

①实验过程中读数时眼睛一定要正视弹簧测力计的刻度，要按有效数字和弹簧测力计的精度正确读数和记录。

②作图时用刻度尺借助于三角板，使表示两力的对边一定要平行。

【结论】

平行四边形定则，以表示这两个力的线段为邻边作平行四边形，这两个力邻边的对角线就代表合力的大小和方向。

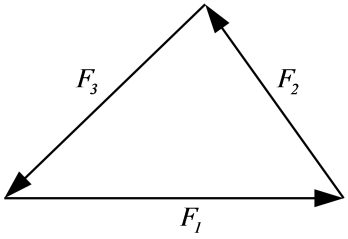
4. 力的合成与分解都遵循平行四边形定则。

5. 共点力合成时合力大小的范围

(1)两个共点力的大小：当两个分力的大小不变时，其合力随夹角的增大而减小。当两个分力 方向相反 时， 合力最小 ，为 $F_{\min}=F_1-F_2$（假设 $F_1>F_2$）；当两个分力 方向相同 时， 合力最大 ，为 $F_{\max}=F_1+F_2$；故合力的范围是 $F_1-F_2\le F_{合}\le F_1+F_2$

(2)三个共点力的大小：

①最大值：三个力共线且同向时合力最大，最大值为 $F_{\max}=F_1+F_2+F_3$



②最小值：任取两个力，求出其合力的范围，如果第三个力的这个范围内，则三个力的合力的的最小值为零，此时三个的大小和方向可以组成一个首尾相接的三角形,如上图所示；如果第三个力不在这个范围内，则合力的最小值为最大的一个力减去另外两个较小里的力的值。

6.分解力的方法

（1）按实际作用效果分解力

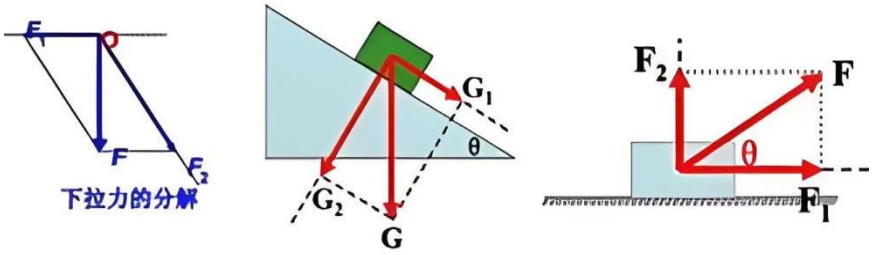
分解的步骤：

①分析力的作用效果

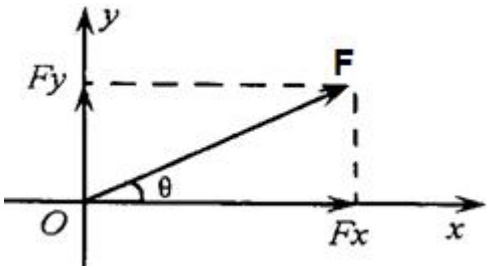
②据力的作用效果定分力的方向；（画两个分力的方向）

③用平行四边形定则定分力的大小；

④据数学知识求分力的大小和方向



（2）正交分解法：将一个力（矢量）分解成互相垂直的两个分力（分矢量），即在直角坐标系中将一个力（矢量）沿着两轴方向分解，如果图中 F 分解成 Fx 和 Fy，它们之间的关系为：



Fx=F•cos θ ①

Fy=F•sin θ ②

$$F=\sqrt{F_x^{\,2}+F_y^{\,2}}$$ ③

$$\tan\theta == \frac{F_y}{F_x}$$ ④

正交分解法是研究矢量常见而有用的方法，应用时要明确两点：

①x 轴、y 轴的方位可以任意选择，不会影响研究的结果，但若方位选择的合理，则解题较为方便：

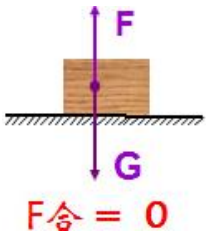
②正交分解后，Fx 在 y 轴上无作用效果，Fy 在 x 轴上无作用效果，因此 Fx 和 Fy 不能再分解.

（3）图解法：根据平行四边形定则，利用邻边及其夹角跟对角线长短的关系分析力的大小变化情况的方法，通常叫作图解法．也可将平行四边形定则简化成三角形定则处理，更简单．图解法具有直观、简便的特点，多用于定性研究，应用图解法时应注意正确判断某个分力方向的变化情况及其空间范围。

7.力的合成与分解的应用

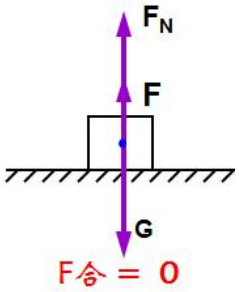
物体的受力分析

（1）放在水平地面上静止的物体。



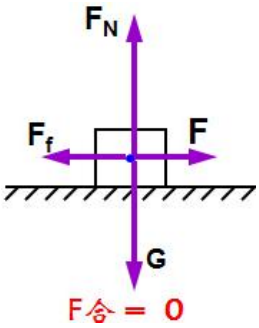
二力平衡：某个物体受两个力作用时，只要两个力大小相等，方向相反，作用在同一条直线上，则这两个力合力为零，物体处于 平衡状态 。

（2）放在水平地面上的物体（受到一个竖直向上的力 F 仍保持静止）



竖直方向上三力平衡：F+FN=G，即：竖直方向上合力为 0。

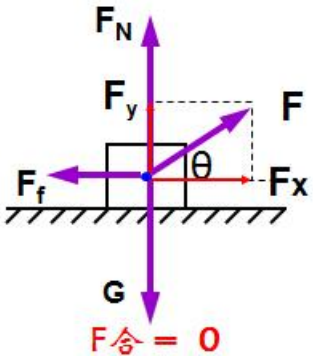
（3）放在水平地面上的物体（受到一个推力仍保持静止）



水平方向上二力平衡，即：水平方向上合力为 0。

竖直方向上二力平衡；即：竖直方向上合力为 0。

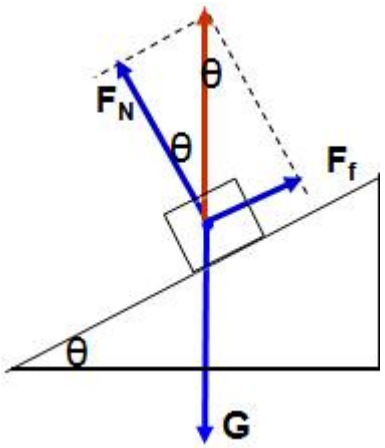
（4）放在水平地面上的物体（受到一个拉力 F 仍保持静止如图示）



水平方向上：$F_x=F_f$，即：水平方向上合力为 0。

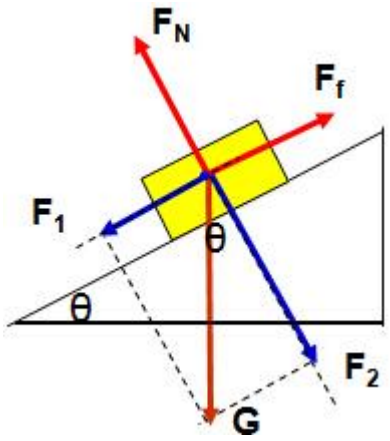
竖直方向上：$G=F_y+F_N$，即：竖直方向上合力为 0。

（5）力的合成解题：放在斜面上静止的物体



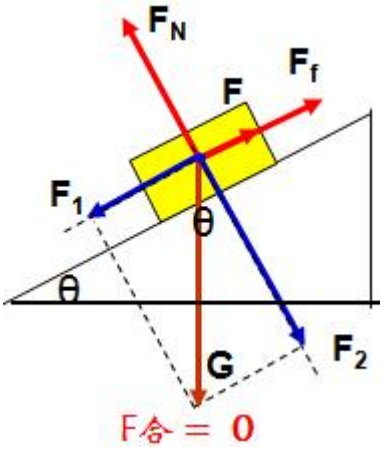
合成法：物体受几个力的作用，可先将某几个力合成，再将问题转化为二力平衡.

（6）力的分解解题：放在斜面上静止的物体



分解法：物体受几个力的作用，将某个力按效果分解，则其分力与其它几个力满足平衡条件.

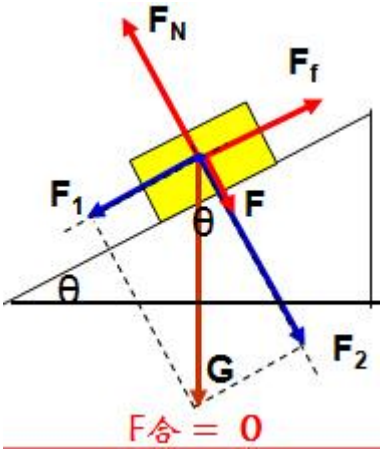
（7）放在斜面上的物体受到一个平行斜面向上的力 F 仍保持静止



平行斜面方向上：$F_1=F+F_f$，即：平行斜面方向方向上合力为 0。

垂直斜面方向上：$F_2=F_N$，即：垂直斜面方向上合力为 0。

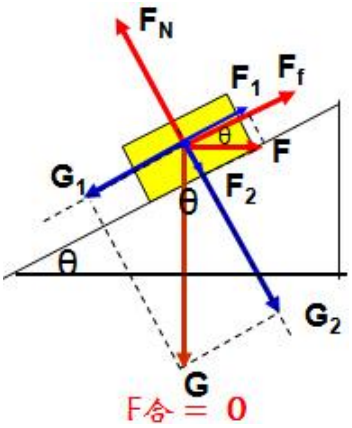
（8）放在斜面上的物体受到一个垂直斜面向下的力 F 仍保持静止



平行斜面方向上：$F_1=F_f$，即：平行斜面方向方向上合力为 0。

垂直斜面方向上：$F_2+F=F_N$，即：垂直斜面方向上合力为 0。

（9）放在斜面上的物体受到一个水平向右的力 F 仍保持静止



平行斜面方向上：$G_1=F_f+F_1$，即：平行斜面方向方向上合力为 0。

垂直斜面方向上：$G_2+F_2=F_N$，即：垂直斜面方向上合力为 0。

三、矢量和标量

1.矢量：既有大小又有方向，相加时遵从 平行四边形定则 的物理量。

2.标量：只有大小，没有方向，相加时遵从 算术法则 的物理量。

典例精析

例 1、关于分力和合力，下列说法正确的是（　　）

A．合力和分力同时作用在同一物体上

B．分力作用于物体上共同产生的效果与合力单独作用时产生的效果是相同的

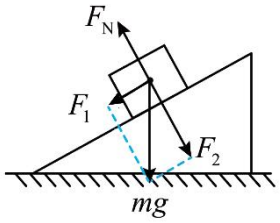
C．各个分力一定是同一性质的力才可以进行合成

D．各个分力可以是同一个物体不同时刻受到的力

【答案】B

【解析】合力是各个分力的等效替代，作用效果相同，合力和分力不能同时作用于物体上，A 错误，B 正确；各个分力可以是不同性质的力，也可以是同一性质的力，C 错误；各个分力必须是同一时刻同一物体受到的力，D 错误．

例 2、如图所示，将光滑斜面上的物体的重力 mg 分解为 F_1、F_2 两个力，下列结论正确的是（　　）



A．物体受 mg、F_N、F_1、F_2 四个力作用

B．物体受重力 mg、弹力 F_N 和摩擦力作用

C．F_1 是斜面作用在物体上使物体下滑的力，F_2 是物体对斜面的正压力

D．F_N、F_1、F_2 三个力的作用效果跟 mg、F_N 两个力的作用效果相同

【答案】D

【解析】AB．F1 和 F2 是重力的两个分力，物体只受重力 mg 和支持力 FN 两个力，故 A 错误，B 错误；

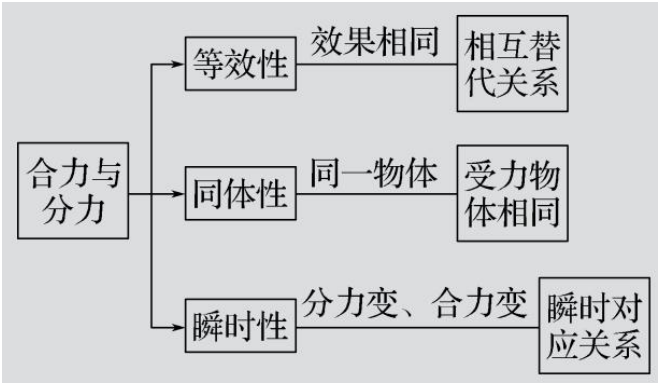
C．F1 是重力沿斜面方向向下的分力，不是斜面作用在物体上的力，F2 是重力垂直于斜面方向的分力，属于重力性质的力，物体对斜面的正压力是弹力性质的力，物体对斜面的正压力的大小等于 F2，故 C 错误；

D．重力 mg 分解为 F1、F2 两个力，根据合力与分力是等效替代关系，可知，力 FN、F1 和 F2 的三个力的作用效果跟 mg、FN 两个力的效果相同，故 D 正确。

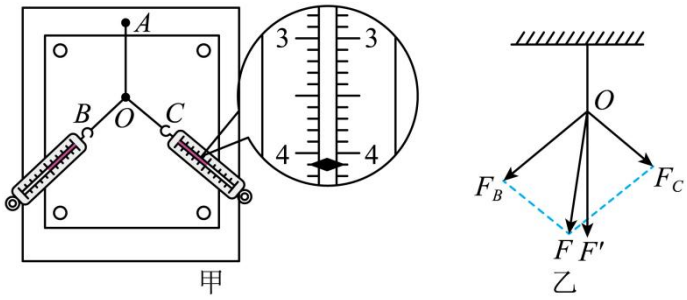
故选 D。

方法点拨

分力与合力的关系



例 3、某实验小组用橡皮条与弹簧秤验证“力的平行四边形定则”，实验装置如图甲所示。其中 A 为固定橡皮条的图钉，O 为橡皮条与细绳的结点，OB 和 OC 为细绳。



(1)本实验用的弹簧测力计示数的单位为 N，图甲中弹簧测力计的示数为_____N；

(2)本实验采用的科学方法是_____。

A．理想实验法　　B．等效替代法

C．控制变量法　　D．建立物理模型法

(3)实验时，主要的步骤是：

A．在桌上放一块方木板，在方木板上铺一张白纸，用图钉把白纸钉在方木板上；

B．用图钉把橡皮条的一端固定在板上的 A 点，在橡皮条的另一端拴上两条细绳，细绳的另一端系着绳套；

C．用两个弹簧测力计分别钩住绳套，互成角度地拉橡皮条，使橡皮条伸长，结点到达某一位置 0。读出两个弹簧测力计的示数，记下两条细绳的方向；

D．按选好的标度，用铅笔和刻度尺作出两只弹簧测力计的拉力 F_1 和 F_2 的图示，并用平行四边形定则求出合力 $F_{合}$；

E．只用一只弹簧测力计，通过细绳套拉橡皮条使其伸长，把橡皮条的结点拉到同一位置 O，读出弹簧测力计的示数，记下细绳的方向，按某一标度作出这个力 $F'_{合}$ 的图示；

F．比较 $F'_{合}$ 和 $F_{合}$ 的大小和方向，看它们是否相同，得出结论。

上述步骤中：①有重要遗漏的步骤的序号和遗漏的内容分别是_____和_____；

②有叙述内容错误的序号及正确的说法分别是_____和_____。

(4)根据实验结果作出力的图示如图乙所示。在图乙中用一只弹簧测力计拉橡皮条时拉力的图示为____；它的等效力是_____。

【答案】(1)4.2　(2)B　(3) C　C 中应加上“记录下 O 点的位置”　E　E 中应说明“按同一标度”　(4) F′　F

【解析】（1）1N 被分为 5 格，每小格表示 0.2N，读数时进行本位估读，故读数为 4.2N；

（2）本实验采用的科学方法是等效替代法，故选 B；

（3）[1]有重要遗漏的步骤的序号 C；

[2]步骤 C 中应加上“记录下 O 点的位置”；

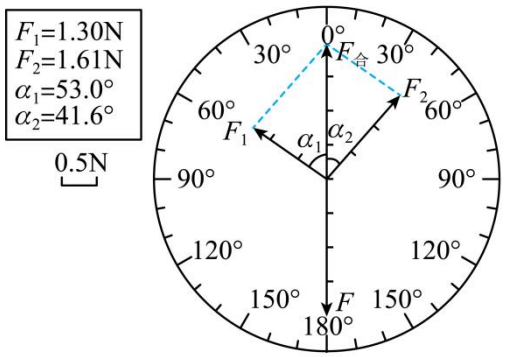
[3]有叙述内容错误的序号 E；

[4]步骤 E 中应说明“按同一标度”作力的图示；

（4）[1][2]由图乙可知，力 F 沿对角线方向，为两分力的合力的理论值，F′ 沿橡皮条方向，为一个弹簧测力计拉橡皮条时的拉力，其等效力为 F。

例 4、已知力传感器仅能测量沿其中轴线方向作用力的大小，对侧向作用力不显示。某同学用图（a）所示的装置探究两个互成角度的力的合成规律。先将传感器安装在竖直圆盘上，使其中轴线沿圆盘径向固定，细绳 OC 竖直悬挂一只钩码，细绳 OA、OB 分别挂在力传感器 1、2 的挂钩上，O 点为绳的结点，测量前将结点 O 调整至圆盘圆心处。图（b）为某次计算机根据测得细绳 OA、OB 上的拉力 F_1、F_2 作出的力的图示，α_1、α_2 分别为传感器 1、2 的中轴线与竖直方向的夹角。以 F_1、F_2 为邻边作平行四边形得到对角线，记为 $F_{合}$，细绳 OC 对结点 O 的拉力记为 F（说明：$F_{合}$ 与 F 的大小可由计算机算出）。已知砝码的质量 $m=202.5g$，重力加速度大小 $g=9.8\mathrm{m/s^2}$。

图(a)



图(b)

(1)根据实验数据可计算出 $F=$___N（结果保留 3 位有效数字）。若改变细绳 OA、OB 所成角度多次测量，在实验误差允许范围内，均有 $F_{合}$ 与 F___，则说明力的合成遵循平行四边形定则；

(2)实验中，圆盘未竖直安装，对实验结果___（选填“有”或“无”）影响；

(3)若在实验过程中将细绳的结点调节至圆盘圆心的正下方，则 $F_{合}$___（选填“大于”“小于”或“等于”）钩码的重力。

【答案】(1) 1.98　大小相等，方向相反　(2)有　(3)小于

【解析】（1）[1]根据二力平衡可得 $F=mg=202.5\times10^{-3}\times9.8\text{N}\approx1.98\text{N}$

[2]若改变细绳 OA、OB 所成角度多次测量，根据平衡条件可知在实验误差允许范围内，均有 $F_{合}$ 与 F 大小相等，方向相反。

（2）实验中，圆盘未竖直安装，由于力传感器仅能测量沿其中轴线方向作用力的大小，对侧向作用力不显示，则力传感器测量的是绳子拉力沿圆盘平面的分力，并不是绳子的实际拉力，所以对实验结果有影响。

（3）据受力平衡可知，F_1、F_2 的合力大小等于钩码的重力，若在实验过程中将细绳的结点调节至圆盘圆心的正下方，则角度 α_1、α_2 的测量值偏大，即 F_1、F_2 的夹角测量值偏大，根据平行四边形得到合力理论值 $F_{合}$ 偏小，则 $F_{合}$ 小于钩码的重力。

方法点拨

1. 实验基础操作与读数

弹簧测力计读数：明确分度值，根据指针位置进行本位估读。

实验原理记忆：牢记 “力的平行四边形定则” 实验采用等效替代法，即一个力（合力）与多个力（分力）作用效果相同可相互替代。

2. 实验步骤纠错与完善

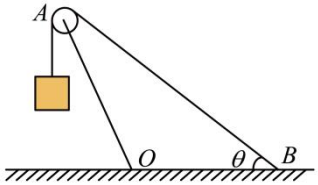
关键步骤检查：检查实验步骤是否遗漏关键信息，如记录力的大小、方向时，需同时记录　结点位置；作力的图示时，需确保　标度一致。

3. 实验结论验证与分析

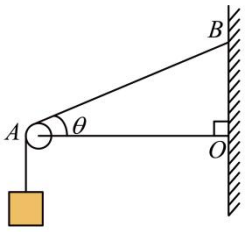
平行四边形定则验证：根据实验数据计算合力（理论值）与实际测量的合力（实际值），若二者　大小相等、方向相近，则验证平行四边形定则。

误差与影响因素分析：分析实验条件变化对结果的影响，如仪器安装位置；根据力的合成规律判断测量值与真实值关系　。

例 5、如图，甲、乙为两种吊装装置，杆 OA 的端点 O 分别固定在水平地面和竖直墙面上，另一端固定一个光滑定滑轮。轻绳绕过定滑轮，一端固定在 B 点，另一端连接两个相同的物块。装置中的 θ 均为 30°，乙装置中的杆 OA 水平，定滑轮的质量不计，则甲、乙装置中，定滑轮受到轻绳的作用力大小之比为（　　）



甲



乙

A．$\sqrt{3}:1$　　B．$1:\sqrt{3}$　　C．$\sqrt{3}:2$　　D．$2:\sqrt{3}$

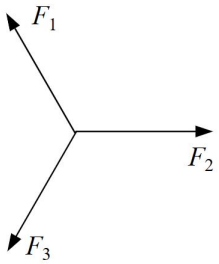
【答案】A

【解析】由题意，设重物重力为 G，可知甲、乙装置中，每段绳的拉力大小等于重物的重力大小 G，根据平行四边形定则，可得 $F_{甲}=2G\cos 30^{\circ}=\sqrt{3}G$，$F_{乙}=2G\cos 60^{\circ}=G$

所以 $F_{甲}:F_{乙}=\sqrt{3}:1$

故选 A。

例 6、如图所示，在同一平面内的三个共点力 F_1、F_2、F_3，其大小均为 50N，相互间的夹角均为 120°，其合力为____N；若 F_1、F_2 的方向不变，将 F_3 平面内转动 60°，则这三个力的合力大小为____N。



【答案】0　50

【解析】[1] F_1、F_2 的合力 F

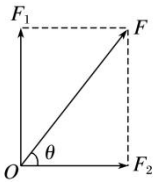
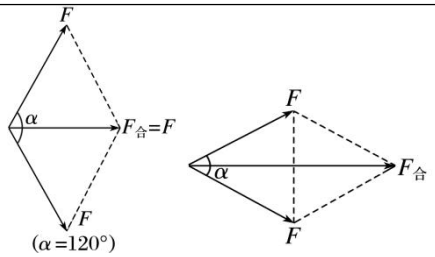
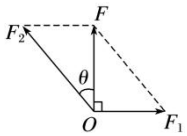
$F=2\times 50\times\cos 60^{\circ}\mathrm{N}=50\mathrm{N}$ F 与 F_3 等大反向，所以合力为 0；

[2]将 F_3 平面内转动 60°，与 F 的夹角为 120°，则这三个力的合力大小为

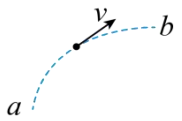
$F_{合}=2\times 50\times\cos 60^{\circ}\mathrm{N}=50\mathrm{N}$

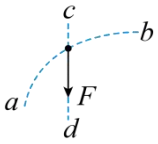
方法点拨

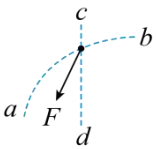
特殊角度力的合成规律

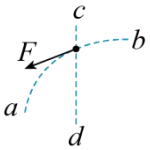
类型	作图	合力的计算
两分力相互垂直		大小：$F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$ 方向：$\tan\theta=\frac{F_1}{F_2}$
两分力等大，夹角为α		大小：$F=2F_1\cos\frac{\theta}{2}$，方向：$F$与$F_1$夹角为$\frac{\theta}{2}$ 若$\alpha=120°$，则$F_{合}=F_1$ 若$\alpha=60°$，则$F_{合}=\sqrt{3}F_1$
合力与其中一个分力垂直		大小：$F=\sqrt{F_2^2-F_1^2}$ 方向：$\sin\theta=\frac{F_1}{F_2}$

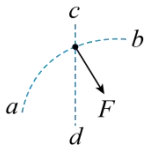
例 7、在伊犁篮球队训练时，某队员将篮球投出，篮球在空中飞行轨迹如图中虚线 ab 所示，篮球所受空气阻力始终与篮球运动方向相反，不考虑篮球的旋转，则篮球所受合力 F 的示意图（虚线 cd 表示竖直方向）可能正确的是（　　）



A. 

B. 

C. 

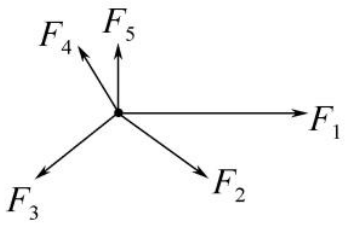
D. 

【答案】B

【解析】篮球在空中飞行时，受到竖直向下的重力和与速度方向相反的阻力作用，这两个力的合力方向介于竖直向下与轨迹切线之间。

故选 B。

例 8、如图所示，五个共点力的合力为 0，现在保持其他力不变，进行如下操作，其中正确的是（　　）



A．如果撤去 F_1，物体所受合力大小为 $2F_1$，方向和 F_1 方向相反

B．如果将 F_2 减半，合力大小为 $\frac{F_2}{2}$

C．如果将 F_3 逆时针旋转 $90°$，合力大小将变为 $2F_3$

D．如果将 F_5 逆时针旋转 $180°$，合力大小将变为 $3F_5$

【答案】B

【解析】由于五个共点力的合力为 0，故其中任意四个力的合力与第五个力等大、反向。此时如果撤去 F_1，物体所受合力大小为 F_1，方向和 F_1 方向相反，A 错误；同理如果将 F_2 减半，由于其他四个力不变，故其合力大小为 F_2，且方向与 F_2 反向，故此时五个力的合力大小为 $\frac{F_2}{2}$，B 正确；如果将 F_3 逆时针旋转 $90°$，由于其他力的合力仍与原来的 F_3 等大、反向，故合力大小将变为 $\sqrt{2}F_3$，C 错误；如果将 F_5 逆时针旋转 $180°$，合力大小将变为 $2F_5$，D 错误。

例 9、物体同时受到同一平面内的三个力作用，合力不可能为零的是（　）

A．5N、7N、8N　　B．2N、3N、5N　　C．1N、5N、10N　　D．1N、10N、10N

【答案】C

【解析】A．若三个力中，任意两个力的合力范围包含第三个力的大小，则这三个力的合力可能为零。5N 与 7N 合力范围为 2N 到 12N 之间，包含 8N，则 5N、7N、8N 合力可能为 0，故 A 正确，不符合题意；

B．2N 与 3N 合力范围为 1N 到 5N 之间，包含 5N，则 2N、3N、5N 合力可能为 0，故 B 正确，不符合题意；

C．1N 与 5N 合力范围为 4N 到 6N 之间，不包含 10N，则 1N、5N、10N 合力不可能为 0，故 C 错误，符合题意；

D．1N 与 10N 合力范围为 9N 到 11N 之间，包含 10N，则 1N、10N、10N 合力可能为 0，故 D 正确，不符合题意。

故选 C。

例 10、（多选）三个力，$F_1=3\text{N},F_2=7\text{N},F_3=9\text{N}$，关于三个力的合力，下列说法正确的是（　　）

A．三个力的合力的最小值为1N　　B．三个力的合力的最大值为19N

C．三个力的合力可能为9N　　D．三个力的合力不可能为3N

【答案】BC

【解析】因为F_1与F_2的合力范围为$4\text{N}\le F_{12}\le 10\text{N}$，包含$F_3=9\text{N}$，所以三个力的合力的最小值为 0，合力的最大值为19N，A、D 错误，B、C 正确。

方法点拨

1. 两力合成范围法：

先求任意两个力的合力范围，若该范围包含第三个力的大小，则三力合力可能为零。

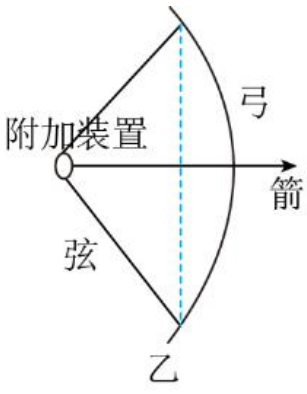
公式：若两力 F_1、F_2，则合力范围为$|F_1-F_2|\leqslant F_{合}\leqslant F_1+F_2$。

2. 特殊情况：

若三力能构成封闭三角形（即任意两边之和大于第三边，任意两边之差小于第三边），则合力可能为零（适用于三力大小已知且方向可调整的情况）。

例 11、奥运会射箭比赛中弓箭发射时弦和箭可等效为如图所示的模型，已知弦均匀且弹性良好，其弹力满足胡克定律，自由长度为 l，劲度系数为 k，发射箭时弦的最大长度为$\frac{5}{3}l$（弹性限度内）．此时弓的顶部跨度（虚线长）为 l（假设箭在弦的正中间，弦夹在类似动滑轮的附加装置上），箭被发射瞬间所受的弹力为（　　）

甲



乙

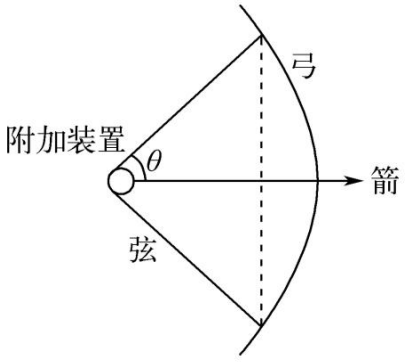
A．$\frac{16}{15}kl$　　B．$\sqrt{2}kl$　　C．$\sqrt{3}kl$　　D．$2kl$

【答案】A

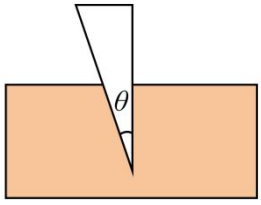
【解析】根据胡克定律 $F=kx$，可知弦上产生弹力大小 $F=k\left(\frac{5}{3}l-l\right)=\frac{2}{3}kl$，设弦与水平方向夹角为 θ，

如图所示，箭被发射瞬间所受的合力为 $F_{合}=2F\cos\theta$，几何关系可知 $\sin\theta=\frac{\frac{l}{2}}{\frac{5}{6}l}=0.6$，则 $\cos\theta=0.8$，，

联立以上可得 $F=\frac{16}{15}kl$，故箭被发射瞬间所受的弹力为 $\frac{16}{15}kl$，故 A 正确，B、C、D 错误。



例 12、某斧头砍木块、刃部进入木块的截面如图所示，刃部左侧面与右侧面的夹角为 θ，右侧面与木块水平表面垂直、斧头对木块的作用力竖直向下。当斧头刃部右侧面对木块的推力大小为 F 时、下列说法正确的是（　　）



A．斧头刃部左侧面对木块的推力大小为 $\frac{F}{\sin\theta}$

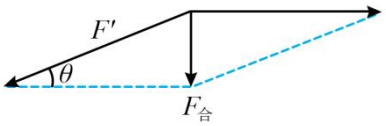
B．斧头刃部左侧面对木块的推力大小为 $\frac{F}{\cos\theta}$

C．斧头刃部对木块的作用力大小为 $F\sin\theta$

D．斧头刃部对木块的作用力大小为 $F\cos\theta$

【答案】B

【解析】如图所示



AB．根据力的平衡可知，设斧头刃部左侧面对木块的推力大小为F'，则$F'\cos\theta=F$

解得$F'=\dfrac{F}{\cos\theta}$

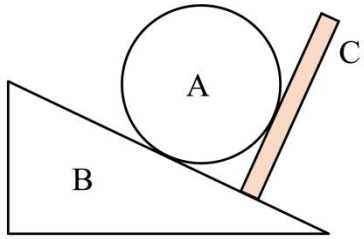
A 错误，B 正确；

CD．合力大小等于$F_{合}=F'\sin\theta=F\tan\theta$

CD 错误。

故选 B。

例 13、如图所示，水平地面上固定倾角为 30° 的斜面体 B，B 的斜面上垂直固定挡板 C，光滑小球 A 静止放置在斜面体与挡板之间，球 A 对斜面的压力大小为 F，则球 A 对挡板的压力大小为（　　）



A．$\dfrac{\sqrt{3}}{3}F$　　B．$\sqrt{3}F$　　C．$\dfrac{\sqrt{3}}{2}F$　　D．$\dfrac{1}{2}F$

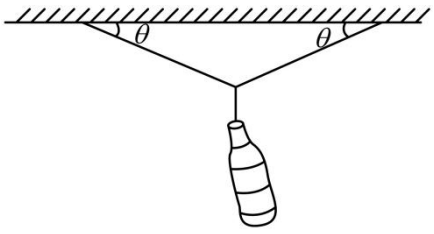
【答案】A

【解析】将球 A 的重力沿着垂直挡板方向和垂直斜面方向分解，重力沿着垂直挡板方向的分力大小等于球 A 对挡板的压力，沿着垂直斜面方向的分力大小等于球 A 对斜面的压力，设球 A 对挡板的压力为F'，根据几何关系$\dfrac{F'}{F}=\tan 30°$

解得$F'=F\tan 30°=\dfrac{\sqrt{3}}{3}F$

故选 A。

例 14、某兴趣小组利用一根橡皮筋和一个量角器，测量一个瓶的质量，该同学现将橡皮筋两端固定，两固定点间的距离恰好等于橡皮筋的原长，用轻质细绳将瓶子悬挂在橡皮筋的中点，静止后用量角器量出橡皮筋与水平方向夹角$\theta_1=37°$，将瓶子装满水，仍悬挂在橡皮筋中点，静止后用量角器量出橡皮筋与水平方向夹角为$\theta_2=53°$，利用瓶子上标注的容积和水的密度算出瓶中水的质量为 0.23 kg，则瓶子的质量为（　　）



A．0.06 kg　　B．0.09 kg　　C．0.27 kg　　D．0.32 kg

【答案】B

【解析】设橡皮筋的原长为 L，劲度系数为 k，空瓶子质量为m_0，根据平衡条件和胡克定律可知

$$2k\left(\frac{L}{\cos\theta_1}-L\right)\sin\theta_1=m_0 g$$

注入水后，根据平衡条件

$$2k\left(\frac{L}{\cos\theta_2}-L\right)\sin\theta_2=(m_0+m)g$$

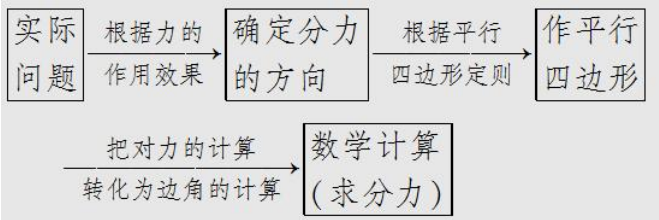
联立解得

$$m_0=0.09\ \text{kg}$$

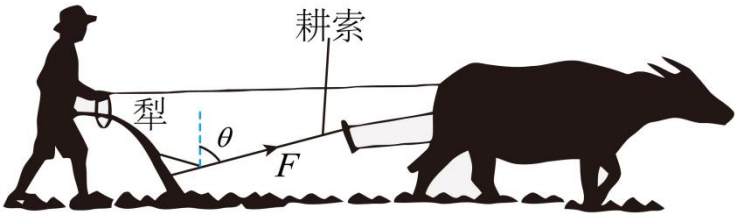
故选 B。

方法点拨

按作用效果分解力的一般思路



例 15、如图，耕地过程中，耕索与竖直方向成θ角，牛通过耕索拉犁的力为 F，犁对耕索的拉力为 T，忽略耕索质量，则（　　）

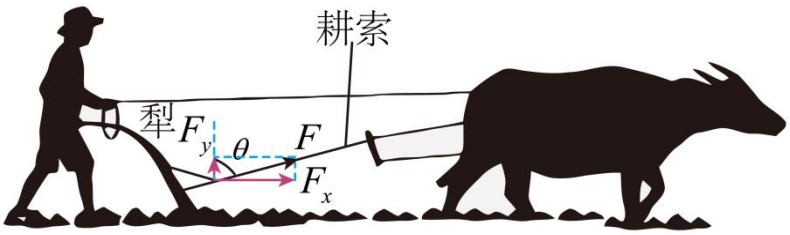


A．耕索对犁拉力的水平分力为 $F\cos\theta$　　B．耕索对犁拉力的竖直分力为 $F\sin\theta$

C．犁匀速前进时，F 和 T 的合力为零　　D．犁加速前进时，F 和 T 大小相等

【答案】D

【解析】AB．如图，将力 F 进行正交分解



可得

$$F_x = F\sin\theta$$

$$F_y = F\cos\theta$$

即耕索对犁拉力的水平分力为$F\sin\theta$，竖直分力为$F\cos\theta$，故 AB 错误；

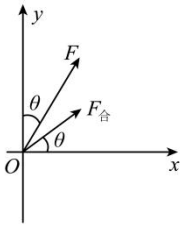
C．耕索拉犁的力 F 和犁对耕索的拉力 T 为一对相互作用力，作用在两个物体上，不能够进行合成，故 C 错误；

D．根据牛顿第三定律，耕索拉犁的力 F 和犁对耕索的拉力 T 为一对相互作用力，大小相等，方向相反，故 D 正确。

故选 D。

例 16、图（a）为运动员投掷铅球的某瞬间，以该时刻铅球球心为坐标原点建立如图（b）所示的直角坐标系，x,y轴分别沿水平方向和竖直方向，手对铅球的作用力F与y轴的夹角为θ，铅球受到的合力$F_{合}$与x轴的夹角也为θ。已知重力加速度为g，不计空气阻力，下列说法正确的是（　　）

图(a)



图(b)

A．F沿y轴方向的分力等于铅球的重力　　B．F、$F_{合}$沿x轴方向的分力不相等

C．铅球的质量为$\dfrac{F\cos 2\theta}{g\cos\theta}$　　D．$F_{合}$与F的关系为$F_{合}=F\sin\theta$

【答案】C

【解析】BD．铅球还受到重力的作用，作出力的矢量三角形，如图所示，可知$F_{合}$为F和铅球重力的合力，则F和$F_{合}$沿x轴方向的分力相等，即$F_{合}\cos\theta = F\sin\theta$

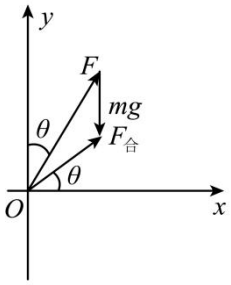
得$F_{合}=F\tan\theta$，BD 错误

AC．同理，沿 y 轴方向分解，有 $F\cos\theta-mg=F_{合}\sin\theta$

即 $F\cos\theta=F_{合}\sin\theta+mg$

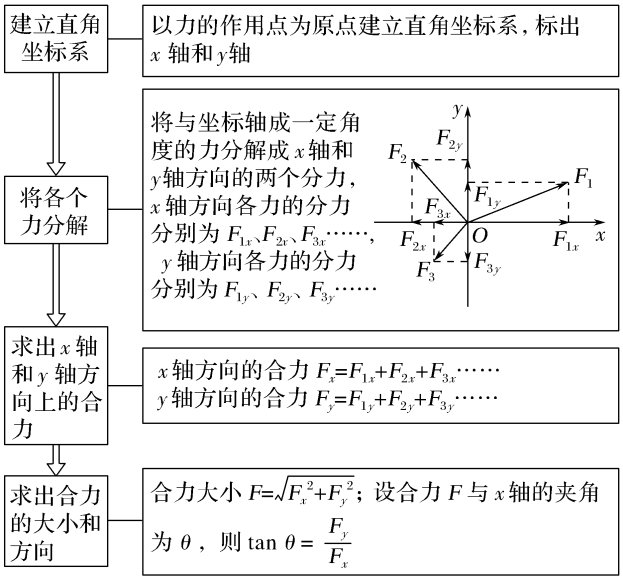
可得 $F\cos\theta>mg$，$m=\dfrac{F\cos2\theta}{g\cos\theta}$，A 错误，C 正确。

故选 C。

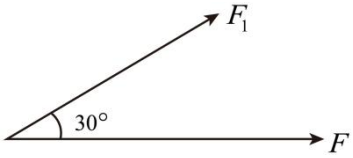


方法点拨

正交分解的步骤：



例 17、将大小为 40N 的力 F 分解为 F_1 和 F_2，其中 F_1 的方向与 F 的夹角为 30°，如图所示，则（　　）



A．当 $F_2<20\text{N}$ 时，有一个 F_1 的值与它相对应

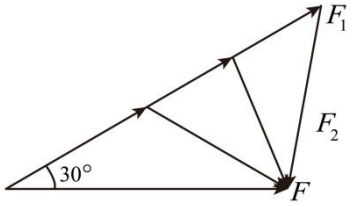
B．当 $F_2=20\text{N}$ 时，F_1 的值是 40N

C．当 $F_2>40\text{N}$ 时，只有一个 F_1 的值与它相对应

D．当 $10\text{N}<F_2<20\text{N}$ 时，有两个 F_1 的值与它相对应

【答案】C

【解析】AD．画出矢量三角形，如图所示



当 F2 的方向与 F1 垂直时，F2 最小，最小值为

$$F_2=F\sin 30°=40\times\frac{1}{2}\text{N}=20\text{N}$$

当 $F_2<20\text{N}$ 时，没有与它相对应的 F1 的值，故 AD 错误；

B．当 $F_2=20\text{N}$ 时，有

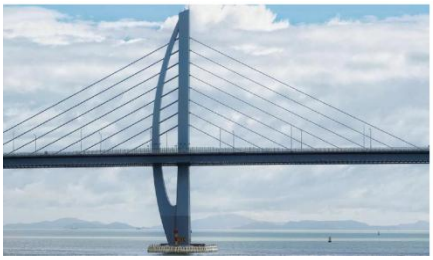
$$F_1=F\cos 30°=20\sqrt{3}\text{N}$$

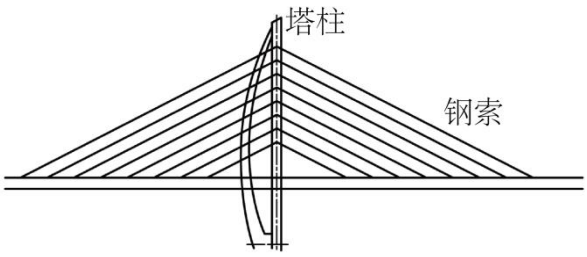
故 B 错误；

C．结合 A 选项分析可知，当 $F_2>40\text{N}$ 时，此时 F2 只能处于图中 F2 最小值右侧，故此时只有一个 F1 的值与它相对应，故 C 正确。

故选 C。

例 18、港珠澳大桥是目前全球最长的跨海大桥，风帆造型的九洲航道桥部分如图所示，这部分斜拉桥的一根塔柱两侧共有 8 对钢索，每对钢索等长。每一条钢索与塔柱成 α 角，底部穿过桥面固定在桥面下，若不计钢索的自重，且假设每条钢索承受的拉力大小均为 F，下列说法正确的是（　　）





A．该塔柱所承受的 8 对钢索的合力大小为 $16F\cos\alpha$

B．该塔柱所承受的 8 对钢索的合力大小为$\frac{16F}{\cos\alpha}$

C．若仅升高塔柱的高度，钢索承受的拉力变大

D．若仅升高塔柱的高度，钢索承受的拉力不变

【答案】A

【解析】AB．每一条钢索与塔柱成 α 角，则塔柱两侧每一对钢索对塔柱拉力的合力都沿竖直方向向下，所以 8 对钢索对塔柱的合力大小等于 16 条钢索沿竖直向下的分力的和，故

$$F_{合}=16F\cos\alpha$$

故 A 正确，B 错误；

CD．合力一定，分力间的夹角越小，则分力越小，若仅升高塔柱的高度，钢索与塔柱夹角变小，钢索承受的拉力变小，故 C 错误，D 错误。

故选 A。

方法点拨

1.建立矢量关系：根据题意画出合力 F 与分力 F_1 的方向，确定 F_2 的作用点和待求方向。

2.确定临界值：当 F_2 与 F_1 垂直时，F_2 取得最小值 $F_{2min}=F\sin\theta$，θ 为 F_1 与 F 的夹角。

3.根据 F_2 大小判断解的个数：

若 $F_2<F_{2min}\theta$：无解（无法构成矢量三角形）。

若 $F_2=F_{2min}\theta$：唯一解（F_2 与 F_1 垂直）。

若 $F_{2min}\theta<F_2<F$：两解（矢量三角形有两种可能）。

若 $F_2\geq F$：唯一解（F_2 与 F 夹角固定）。

对点集训

1．一个质点受到三个水平力的作用，这三个力的大小分别为 1N、2N 和 3N。这三个力的合力的最小值和最大值分别为（　　）

A．0，5N　　B．0，6N

C．3N，5N　　D．3N，6N

【答案】B

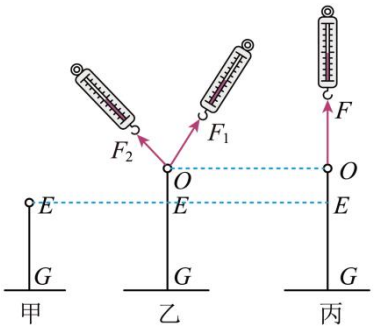
【解析】当三个力方向相同时，合力最大，则有 $F_{max}=1N+2N+3N=6N$

由于 1N+2N=3N

可知，当 1N 与 2N 这两个力方向相同，且与 3N 的力的方向相反时，合力最小值为 0。

故选 B。

2．在“探究两个互成角度的力的合成规律”实验中，如图甲所示，橡皮条的一端固定，另一端系一轻质小圆环，自然长度为 GE。图乙中，用手通过两个弹簧测力计共同拉动小圆环，小圆环在拉力 F_1、F_2 的作用下处于 O 点，橡皮条伸长的长度为 EO。图丙中，改用一个力 F 单独拉住小圆环，仍然使小圆环处于 O 点。则图乙所示步骤中不需要记录的是（　　）



A．EO 长度　　B．O 点位置

C．力 F_1、F_2 的方向　　D．弹簧测力计示数

【答案】A

【解析】CD．实验中需要确定力的大小与力的方向，即需要记录力 F_1、F_2 的方向与弹簧测力计示数，故 CD 不符合题意；

B．为了使用两根弹簧测力计拉橡皮条的效果与用一根弹簧测力计拉橡皮条的效果相同，实验中需要记录 O 点位置，故 B 不符合题意；

A．结合上述可知，为了作出平行四边形，需要记录力 F_1、F_2 的方向、弹簧测力计示数与 O 点位置，不需要记录 EO 长度，故 A 符合题意。

故选 A。

3．关于两个分力 F_1、F_2 及它们的合力 F，下列说法正确的是（　）

A．合力 F 一定与 F_1、F_2 共同作用产生的效果相同

B．两力 F_1、F_2 一定是同种性质的力

C．两力F_1、F_2与F是物体同时受到的三个力

D．以两个分力为邻边的平行四边形的对角线都是它们的合力

【答案】A

【解析】A．合力的定义就是与分力共同作用产生相同效果的力，这是合力的本质特征，故A正确；

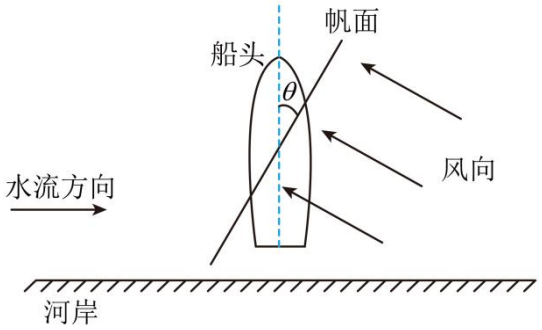
B．分力F_1、F_2可以是不同性质的力，比如一个是重力，一个是弹力，它们也能合成一个合力，故B错误；

C．合力与分力是等效替代关系，不是物体同时受到的三个力，在分析受力时，不能既考虑分力又考虑合力，故C错误；

D．以两个分力为邻边作平行四边形，只有以这两个分力的作用点为起点的那条对角线才表示它们的合力，并非所有对角线都是合力，故D错误。

故选A。

4．无动力帆船依靠风力垂直河岸渡河。船头正指对岸，通过调整帆面位置使风向垂直于帆面，此时帆面与航向间的夹角为θ。若风力的大小为F，河水沿平行河岸方向的阻力恒为f_1，沿垂直河岸方向的阻力大小$f_2=kv$（k为比例系数，v为航行速度），则帆船（　　）



A．先做加速度增大的加速运动，后匀速运动　　B．航行时的最大速度为$v_{\mathrm{m}}=\dfrac{F\cos\theta}{k}$

C．若风力大小加倍，最大速度也加倍　　D．若风力大小增大，为保持航向不变，θ也增大

【答案】D

【解析】A．垂直航向受力平衡，沿航向$F\sin\theta-kv=ma$

知先做加速度减小的加速运动，后匀速运动，故A错误；

B．根据题意可得$F\sin\theta=kv_{\mathrm{m}}$

解得$v_{\mathrm{m}}=\dfrac{F\sin\theta}{k}$

故B错误；

C．风力大小加倍，垂直航线方向不再平衡而产生加速度，速度不再沿船头指向，故 C 错误；

D．根据题意 $F\cos\theta = f_1$

知 F 增大时， θ 也增大，故 D 正确。

故选 D。

5．关于合力与其两个分力的关系，下列说法正确的是（　　）

A．两个共点力的合力的大小一定大于小的分力

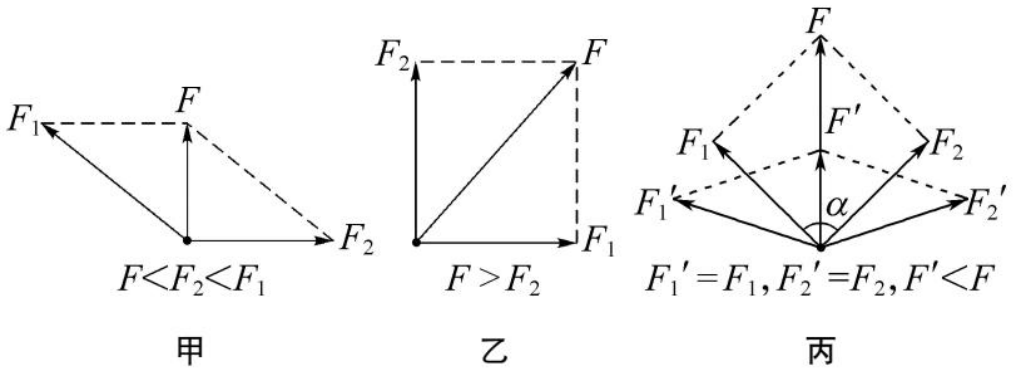
B．合力的大小随两分力夹角的增大而增大

C．合力的大小一定大于任意一个分力

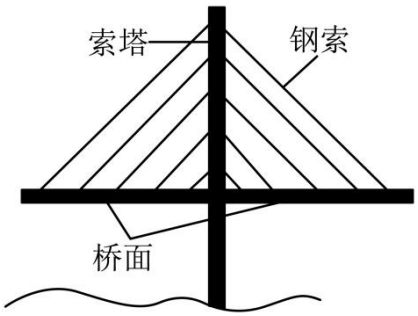
D．合力的大小可能大于大的分力，也可能小于小的分力

【答案】D

【解析】根据平行四边形定则可知，两个共点力的合力的大小不一定大于小的分力，如图甲所示；也不一定小于大的分力，如图乙所示；合力的大小随着夹角的增大而减小，如图丙所示；合力的大小可能大于大的分力，也可能小于小的分力，D 正确.



6．“世界桥梁看中国，中国桥梁看贵州”。目前贵州在建的世界第一高桥六安高速公路花江峡谷大桥于 2025 年 1 月 17 日在距离水面 625 米高空精准接龙，实现贯通。如图所示为斜拉桥的索塔与钢索的简单示意图，斜拉桥所有钢索均处在同一竖直面内，假设每根钢索对桥作用力大小相等、其与水平方向夹角相等（忽略钢索的质量及桥面高度的变化）。下列说法正确的是（　　）



A．仅减小索塔高度可减小每根钢索的拉力大小

B．仅增加索塔高度可减小每根钢索的拉力大小

C．仅增加钢索的数量可减小索塔受到的向下的压力

D．仅减少钢索的数量可减小索塔受到的向下的压力

【答案】B

【解析】AB．设桥面的质量为m，设有n根钢索，每根钢索的拉力为F，每根钢索与竖直方向的夹角均为θ，桥面的重力一定，根据平衡条件有$nF\cos\theta=mg$

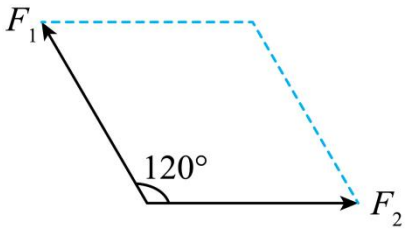
可得每根钢索的拉力为$F=\dfrac{mg}{n\cos\theta}$

若钢索数量不变，每根钢索的拉力大小减小，则可以使钢索与竖直方向的夹角减小，即需要增加索塔高度，可知，仅增加索塔高度可减小每根钢索的拉力大小，故A错误，B正确；

CD．对桥面受力分析可知，所有钢索对桥面拉力沿竖直方向向上的分力之和与桥面的重力大小相等、方向相反，则所有钢索对索塔拉力沿竖直方向向下的分力之和数与桥面的重力大小相等、方向相反，故增加或减少钢索的数量，钢索对索塔的压力大小恒定不变，故CD错误。

故选B。

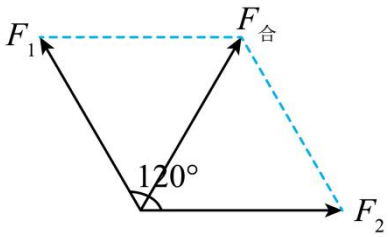
7．如图所示，已知两个力F_1=F_2=6N，两个力互成120°，且在一个平面上，求这两个力的合力（　　）



A．6N　　B．12N　　C．$6\sqrt{3}$N　　D．$12\sqrt{3}$N

【答案】A

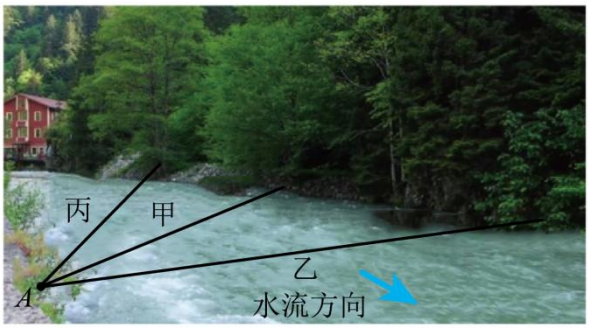
【解析】根据平行四边形定则可知，这两个力的合力如图所示



由于F1=F2=6N，两个力互成120°，由图可知两分力与合力刚好构成一等边三角形，则这两个力的合力大小为$F_{合}=F_1=F_2=6\text{N}$

故选A。

8．水域救援需要从 A 点借助水流横渡湍急的溪河到对岸。设置横渡绳索有以下图示的三种方式，其中甲垂直与河岸设置，乙沿着与河岸成 45° 向下游设置，丙沿着与河岸成 45° 向上游设置。其中可行的是（　　）



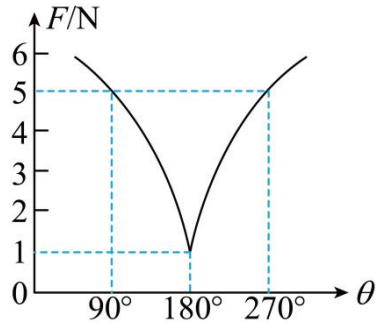
A．甲　　B．乙　　C．丙　　D．乙、丙均可

【答案】B

【解析】图中甲、丙两个方案中，要使船沿着绳索到达对岸，绳索不能提供拉力来抵消水对船向下的冲击力，船的合力不可能沿着绳索的方向，方案不可行；乙图中，绳索不需要提供拉力来抵消水对船向下的冲击力，船受到的合力可以沿着绳索的方向，船可以沿着绳索到达对岸，该方案可行。

故选 B。

9．两共点力的大小不变，它们的合力 F 与两共点力之间夹角 θ 的关系如图所示，则两共点力的合力最大为（　　）



A．9N　　B．7N　　C．5N　　D．1N

【答案】B

【解析】设两个力的大小分别为 F_1、F_2，且 $F_1>F_2$，由题图可知，当两个力的夹角为 $90°$ 时，有

$$F_1^2+F_2^2=(5\text{N})^2$$

当两个力的夹角为 $180°$ 时，有

$$F_1-F_2=1\text{N}$$

联立解得

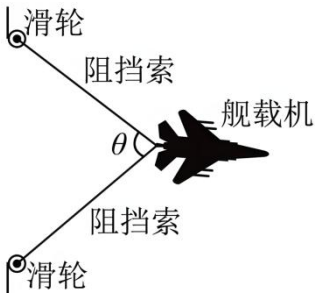
$$F_1=4\text{N}，\ F_2=3\text{N}$$

当夹角为 0 时，两共点力的合力最大为

$$F_{\max}=F_1+F_2=7\text{N}$$

故选 B。

10．如图所示，舰载机在匀速航行的航母上降落时受到阻拦而静止，此时阻拦索夹角θ=120°，阻拦索始终给舰载机恒定阻力 F，空气阻力和甲板阻力不计，则阻拦索承受的张力大小为（　　）



A．$2F$　　B．$4F$　　C．F　　D．$0.5F$

【答案】C

【解析】根据平行四边形定则得，因为它们之间的夹角是 120°，又因两个力的大小相等，且 F 合=F

则两个分力均等于 F。

故选 C。

11．两个共点力F_1、F_2的夹角为θ，合力为 F，则下列说法正确的是（　　）

A．若仅增大θ，则 F 可能增大　　B．若仅增大F_1，则 F 一定增大

C．若仅减小F_1，则 F 的大小一定改变　　D．F 一定小于或等于F_1和F_2的代数和

【答案】D

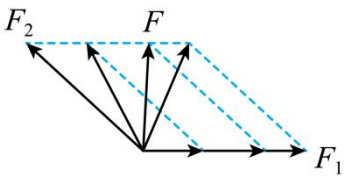
【解析】A．根据力的合成公式

$$F=\sqrt{F_1^2+F_2^2+2F_1F_2\cos\theta}$$

若仅增大θ，cos θ 减小，则 F 减小，故 A 错误；

B．若$\theta=180°$，仅增大F_1，则 F 有可能会减小，故 B 错误；

C．若θ为钝角，如图所示



仅减小F_1，则 F 的大小可能不改变，故 C 错误；

D．由力的合成方法可知，两力合力的范围

$$\left|F_1-F_2\right| \le F \le F_1+F_2$$

所以 F 一定小于或等于F_1和F_2的代数和，故 D 正确；

故选 D。

12．（多选）作用在同一个物体上的两个共点力，合力为5N，它们方向之间的夹角未知，其中一个力大小是3N，另一个力大小可能是（　　）

A．1N　　B．3N　　C．5N　　D．7N

【答案】BCD

【解析】因为两个力的合力范围为$\left|F_1-F_2\right| \le F_{合} \le F_1+F_2$，所以若$F_1=3\text{N}$，则$2\text{N} \le F_2 \le 8\text{N}$，B、C、D 正确。

13．（多选）在“探究两个互成角度的力的合成规律”实验中，下列操作有利于减小实验误差的是（　　）

A．拉力F_1和F_2的夹角尽可能大一些

B．拉力F_1和F_2的夹角尽可能小一些

C．实验过程中，弹簧测力计、橡皮筋、细绳应尽可能贴近木板，并与其平行

D．记录一个力的方向时，标记的两个点应尽可能远一些

【答案】CD

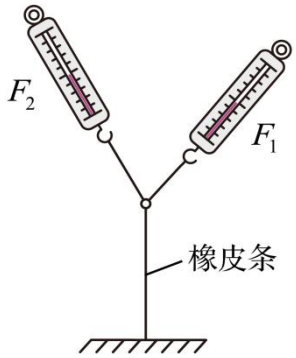
【解析】AB．用两弹簧秤沿不同方向同时拉两条细绳时，细绳间的夹角适当大一些可减小误差，但不是尽可能的大一些，故 AB 错误；

C．为了减小误差，拉橡皮筋时，弹簧秤、橡皮筋、细绳应贴近木板且与木板面平行，故 C 正确；

D．拉橡皮筋的细绳要适当长些，标记同一细绳方向时两点要适当远些，故 D 正确。

故选 CD。

14．（多选）如图所示，在“探究两个互成角度的力的合成规律”实验中，先用两个弹簧测力计共同拉动小圆环。小圆环静止时，由两个测力计的示数得到拉力F_1和F_2的大小，此外还必须（　　）



A．记录小圆环的位置　　B．记录F_1和F_2的方向

C．测量两细线的夹角　　D．测量橡皮条的伸长量

【答案】AB

【解析】探究两个互成角度的力的合成规律需要保证两个共点力的共同作用效果相同，所以需要记录小圆环的位置，还需要记录两个力的大小，以及两个力的方向，故 AB 选项符合题意。

故选 AB。

15．（多选）某力的大小为8N，该力可以分解为（　　）

A．大小均为20N 的两个分力　　B．大小均为2N 的两个分力

C．大小分别为1N 和5N 的两个分力　　D．大小分别为6N 和12N 的两个分力

【答案】AD

【解析】A．大小均为20N 的两个力的合力范围是$0 \le F \le 40\,\mathrm{N}$

合力可能为 8N，故 A 正确；

B．大小均为2N 的两个力的合力范围是$0 \le F \le 4\,\mathrm{N}$

合力不可能为 8N，故 B 错误；

C．大小分别为1N 和5N 的两个力的合力范围是$4\,\mathrm{N} \le F \le 6\mathrm{N}$

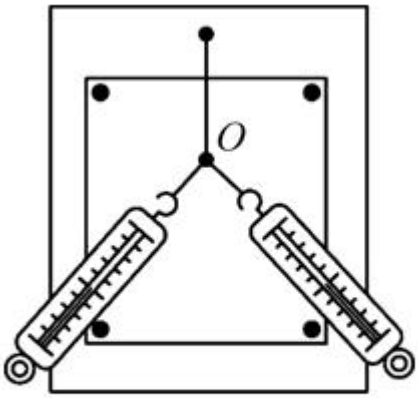
合力不可能为 8N，故 C 错误；

D．大小分别为6N 和12N 的两个力的合力范围是$6\,\mathrm{N} \le F \le 18\mathrm{N}$

合力可能为 8N，故 D 正确。

故选 AD。

16．(1)某同学做“探究两个互成角度的力的合成规律”的实验装置如图甲所示。



甲

① 为了使实验能够顺利进行，且尽量减小误差，下列说法正确的是____。

A．拉着细绳套的两只弹簧测力计，每次稳定后读数应相同

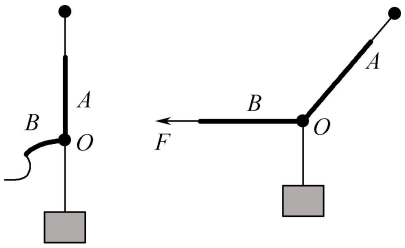
B．测量时，橡皮条、细绳和弹簧测力计应贴近并平行于木板

C． 用弹簧测力计拉两个细绳套时，两拉力夹角越大越好

② 本实验采用的科学方法是____。

A．理想实验法　　B．等效替代法　　C． 控制变量法

(2)某同学找到两条遵循胡克定律的相同橡皮筋 A、B，利用如下实验器材探究两个互成角度的力的合成规律：刻度尺、三角板、铅笔、细绳、白纸、木板、钉子、质量不同的小重物若干。实验方案如下：



a. 将橡皮筋 A、B 的一端连接于 O 点，另一端分别与两条细绳相连，测出橡皮筋的原长；

b. 将橡皮筋 A 的细绳端用钉子固定在竖直木板上，在 O 点用细绳系住重物，使重物自然下垂，如图乙所示；

c. 在橡皮筋 B 的细绳端施加水平向左的力 F，拉起重物并使 O 点静止在某处，如图丙所示。

① 为完成本实验，下列还必须测量的物理量为____。

A． 细绳的长度　　B．图乙中橡皮筋 A 的长度　　C． 图丙中橡皮筋 A、B 的长度

② 图丙中保持橡皮筋 A 的方向不变，顺时针缓慢旋转橡皮筋 B，直至 B 竖直。此过程中橡皮筋 A 长度的变化情况是____，橡皮筋 B 长度的变化情况是_____。

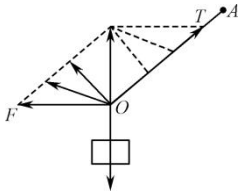
【答案】(1) B　B　　(2) BC　一直变短　先变短再变长

【解析】（1）① 拉着细绳套的两只弹簧测力计每次稳定后的读数可以不相同，故 A 错误；测量时，橡皮条、细绳和弹簧测力计应贴近并平行于木板，故 B 正确；用弹簧测力计拉两个细绳套时，两拉力夹角要适当大一点，但不是越大越好，故 C 错误。故选 B。

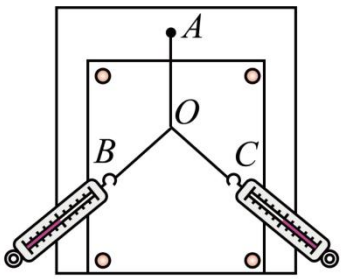
② 本实验采用的科学方法是等效替代法。故选 B。

（2）① 本实验中，细绳的作用是确定力的方向，不需要测出细绳的长度，故 A 错误；橡皮筋遵守胡克定律，要测量拉力可以通过测量橡皮筋的长度和原长，得到橡皮筋的伸长量，研究拉力与伸长量的倍数，根据比例作出力的图示，故 B、C 正确。故选 BC。

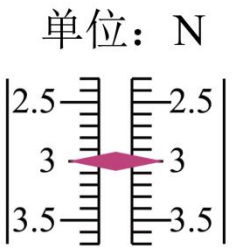
② 顺时针缓慢旋转橡皮筋 B，直至 B 竖直，该过程中受力情况变化如图所示。可知橡皮筋 A 的拉力一直减小，橡皮筋 B 的拉力先减小，在 B 与 A 垂直时达到最小，随后拉力逐渐增大，所以橡皮筋 A 的长度一直变短，橡皮筋 B 的长度先变短再变长。



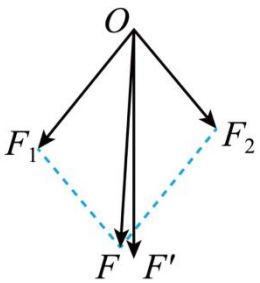
17．在“验证力的平行四边形定则”实验中，某同学将橡皮条一端固定在水平放置的木板上，另一端通过细绳套用两个弹簧测力计互成角度地拉橡皮条，实验情况如图甲所示，其中 A 为固定橡皮条的图钉位置，O 为橡皮条与细绳的结点，OB 和 OC 为细绳。某次实验中，弹簧测力计的指针位置如图乙所示，其读数为__N；如果没有操作失误，图丙中的 F 与 F' 两力中，方向一定沿 AO 方向的是___。



甲



乙



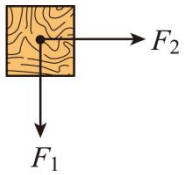
丙

【答案】 3.00 F'

【解析】[1]弹簧测力计的分度值为 0.1N，根据题图可知其读数为 3.00N；

[2]根据题图可知 F 是用平行四边形定则所作出的合力，由于误差 F 方向不一定沿 AO 方向，F' 是用一个力拉节点到同一位置的力，方向一定沿 AO 方向。

18．如图所示，在水平地面上放一质量为 1 kg 的木块，木块与地面间的动摩擦因数为 0.6，在水平方向上对木块同时施加相互垂直的两个拉力 F_1、F_2，已知 $F_1=3$ N、$F_2=4$ N，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，g 取 10 m/s^2，则



(1)F_1 与 F_2 的合力是多少？

(2)木块受到的摩擦力为多少？

(3)若将图中 F_2 顺时针转 90°，此时木块受的摩擦力大小为多少？

【答案】(1)5 N (2)5 N （3）6 N

【解析】（1）木块受到的 F1 与 F2 的合力为

$$F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}=5\text{N}$$

（2）木块与地面的最大静摩擦力为

$$f_{\text{m}}=\mu mg=6\text{N}>F$$

木块处于静止状态，受到的静摩擦力为

$$f=F=5\text{N}$$

（3）若将 F2 顺时针转 90°，则 F1 与 F2 重合，两个力的合力为

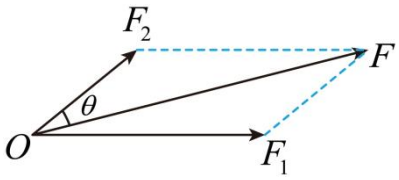
$$F'=F_1+F_2=7\text{N}>f_{\text{m}}$$

木块在地面上滑动，木块受的摩擦力大小为

$$f'=\mu mg=6\text{N}$$

综合演练

19．某兴趣小组探究分力 F_1、F_2 与合力 F 的关系。保持合力 F 的大小和方向不变，分力 F_2 的大小不变，在如图所示平面内改变分力 F_2 的方向，分力 F_1 的箭头的轨迹图形为（　　）



A.

B.

C.

D.

【答案】A

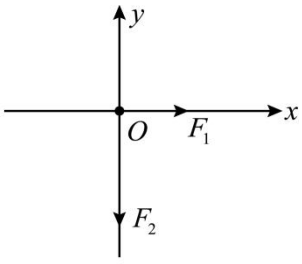
【解析】若以 O 点为坐标原点，以 F 的方向为 x 轴正向建立坐标系，设 F_2 与 F 的夹角为 θ，则合力 F_1 的箭头的坐标满足 $x+F_2\cos\theta=F$，$y=-F_2\sin\theta$

联立化简得 $(x-F)^2+y^2=F_2^2$

因保持合力 F 的大小和方向不变，分力 F_2 的大小不变，则使 F_2 与 F 的夹角从 0° 逐渐增大到 360° 的过程中，F_1 的箭头的轨迹图形为圆，A 正确。

故选 A。

20．在平面内有作用于同一点的四个力，以力的作用点为原点 O 建立直角坐标系，如图所示，其中 F_1 的大小为 2N，方向沿 x 轴正方向，F_2 的大小为 4N，方向沿 y 轴负方向，F_3 的方向沿 x 轴负方向，F_4 的方向沿 y 轴正方向，F_3 与 F_4 未在图中标出。下列四种组合中，可使这四个力的合力方向指向第三象限的是（　　）



A．$F_3=1\text{N}$，$F_4=6\text{N}$　　B．$F_3=4\text{N}$，$F_4=6\text{N}$

C．$F_3=1\text{N}$，$F_4=2\text{N}$　　D．$F_3=4\text{N}$，$F_4=2\text{N}$

【答案】D

【解析】A．当 $F_3=1\text{N}$、$F_4=6\text{N}$ 时，F_1 与 F_3 的合力沿 x 轴正方向，F_2 与 F_4 的合力沿 y 轴正方向，这四个力的合力方向指向第一象限，故 A 错误；

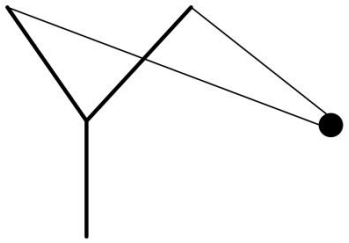
B．当$F_3=4\text{N}$、$F_4=6\text{N}$时，F_1与F_3的合力沿x轴负方向，F_2与F_4的合力沿y轴正方向，这四个力的合力方向指向第二象限，故B错误；

C．当$F_3=1\text{N}$、$F_4=2\text{N}$时，F_1与F_3的合力沿x轴正方向，F_2与F_4的合力沿y轴负方向，这四个力的合力方向指向第四象限，故C错误；

D．当$F_3=4\text{N}$、$F_4=2\text{N}$时，F_1与F_3的合力沿x轴负方向，F_2与F_4的合力沿y轴负方向，这四个力的合力方向指向第三象限，故D正确。

故选D。

21．如图所示，一个“Y”字形弹弓顶部两端系着两根相同的橡皮条，橡皮条的原长均为L，橡皮条的末端连接裹片（长度不计），将弹丸放在裹片中，每根橡皮条均被拉伸至长度为$2L$，释放裹片，可将弹丸弹出，若此时两橡皮条间的夹角为$60°$，释放瞬间弹丸受到的弹力大小为F，已知橡皮条的弹力满足胡克定律且橡皮条始终处于弹性限度内，则橡皮条的劲度系数为（　）



A．$\dfrac{F}{L}$　　B．$\dfrac{\sqrt{3}F}{L}$　　C．$\dfrac{\sqrt{3}F}{2L}$　　D．$\dfrac{\sqrt{3}F}{3L}$

【答案】D

【解析】每根橡皮条被拉伸至长度为$2L$时，据胡克定律可知，每根橡皮条的弹力大小为

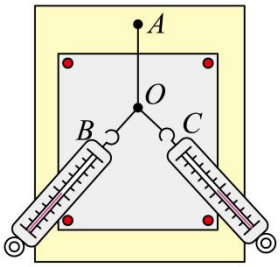
$F_{弹}=k(2L-L)=kL$

根据几何关系得$F=2F_{弹}\cos\dfrac{60°}{2}=\sqrt{3}F_{弹}$

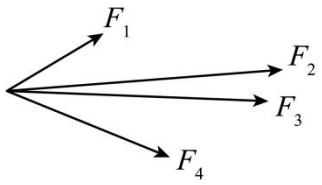
方程联立解得劲度系数$k=\dfrac{\sqrt{3}F}{3L}$

故选D。

22．某同学在用如图甲所示的装置完成“探究两个互成角度的力的合成规律”时，在白纸上留下了代表四个力的4根有向线段，如图乙所示，则与弹性绳OA共线的是（　　）



甲



乙

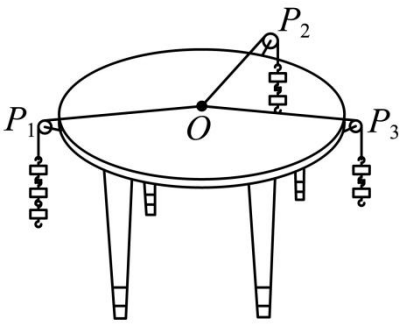
A．F_1　　B．F_2　　C．F_3　　D．F_4

【答案】B

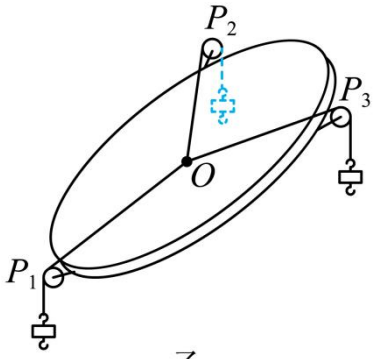
【解析】以 F1、F4 为邻边所作平行四边形的对角线 F_3 是理论值，F_2 是实际单独一个力拉的合力实际值，故一定与弹性绳 OA 共线的是 F_2。

故选 B。

23．某实验小组利用如图甲所示的实验器材探究“两个互成角度的力的合成规律”，在水平圆形桌面上平铺固定一张白纸，在桌子边缘同一高度安装三个不计摩擦的滑轮，其中，滑轮 P_1 固定在桌边，滑轮 P_2、P_3 可沿桌边移动。三根绳子的结点为 O，每根绳子另一端可挂一定数量的钩码，使系统达到平衡，回答下列问题：



甲



乙

(1)为验证力的平行四边形定则，不必要的步骤有（　　）

A．标记结点 O 的位置

B．用刻度尺测量三根绳子的长度

C．记录三根绳子的方向

D．记录三根绳子所挂钩码数量

(2)实验过程中，改变钩码数量，使系统再次达到平衡，绳子的结点 O 的位置_____（填“必须”或“不必”）保持不变。

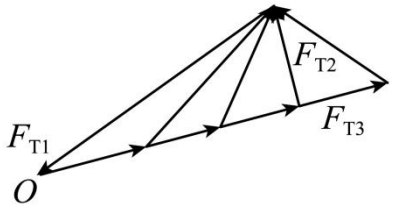
(3)改变桌面倾角，如图乙所示，系统平衡后，增加P_3所挂钩码个数，改变P_2所挂钩码个数并将P_2_____（填“逆时针”或“顺时针”）移动（俯视），可使结点O位置不动。

【答案】(1)B　(2)不必　(3)逆时针

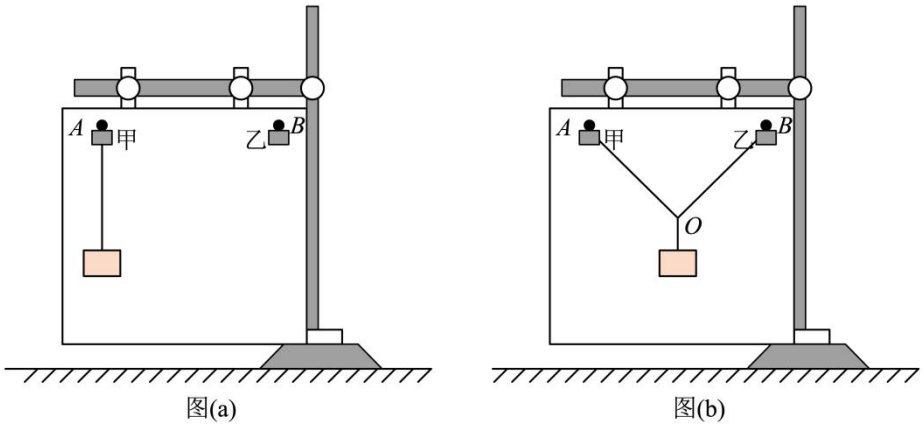
【解析】（1）为了验证力的平行四边形定则，必要的步骤是标记结点O的位置，并记录力的大小和方向，即记录三根绳子的方向和三根绳子所挂钩码数量，三根绳子的长度无需测量，故 B 错误，符合题意。故选 B。

（2）[1]实验时，改变钩码数量，使系统再次达到平衡，绳子的结点O的位置不必保持不变，只要保证OP_2与OP_3两根绳子的拉力的合力与OP_1的拉力等大反向即可。

（3）[1]三力平衡，三力可构成一个闭合的三角形，结点O位置不动及绳子拉力F_{T1}大小方向不变，绳子的拉力F_{T3}方向不变，大小增大，则绳子的拉力F_{T2}的变化如图所示，所以要使结点O位置不动，应将P_2逆时针转动。



24．遵义市某中学在验证“力的平行四边形定则”中采用了如图所示的实验装置。长木板和铁架台固定在竖直面内，板上固定一张白纸。甲、乙两个力传感器分别固定在木板上的A、B两点，A、B两点可在木板上移动。



①如图（a）所示，将质量未知的重物用细绳竖直悬挂在力传感器甲上，重物静止时，记录力传感器甲的示数F_1；

②如图（b）所示，三根细绳通过结点 O 连接在一起，另一端分别与力传感器或重物相连，调节 A、B 两点的位置，重物静止时，记录结点 O 的位置、竖直细绳、连接甲、乙细绳的方向，以及甲、乙力传感器的示数 F_2、F_3；

③在 O 点根据 F_1、F_2、F_3 的大小和方向作力的图示，以及以 F_2、F_3 为邻边的平行四边形对角线 F'；

④比较 F_1、F' 的大小和方向；

⑤改变 A、B 两点的位置重复步骤（2）、（3）。

根据实验步骤回答下列问题：

(1)本实验中___（填 F_1 或 F'）是 F_2、F_3 的合力。

(2)在此实验中说法正确的是_____。

A．连接 AB 的细绳必须等长

B．本实验采用的科学方法是等效替代法

C．AB 两个滑轮位置必须一样高

(3)初始时 OA 绳与 OB 绳关于竖直方向对称，且夹角为 60°，若保持结点 O 的位置和乙力传感器位置不变，缓慢将 A 滑轮移动,将 OA 绳沿逆时针旋转至水平,此过程中对甲传感器示数大小变化描述正确的是_____。

A．一直增大　　B．先增大后减小　　C．一直减小　　D．先减小后增大

【答案】(1)F_1　(2)B　(3)D

【解析】（1）一根绳子的拉力与两根绳子拉力的效果相同，故 F_1 是 F_2、F_3 的合力；

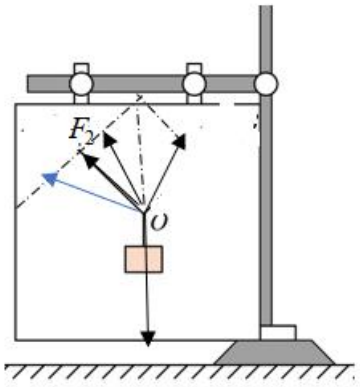
（2）A．连接 AB 的细绳不必等长，A 错误；

B．本实验采用的科学方法是等效替代法，B 正确；

C．AB 两个滑轮位置可以等高，也可以不等高，二者位置合适即可（不易使两绳子的夹角过大或过小），C 错误。

故选 B。

（3）根据矢量合成定则将力 F1、F2、F3 平移构成一个三角形，如图所示



由图可知，OA 绳沿逆时针旋转至水平过程中，F_2 先减小后增大。

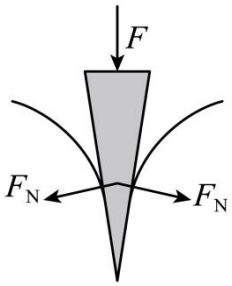
故选 D。

25．生活中经常用刀来劈开物体，如图所示是刀刃的横截面，F 是竖直向下作用在刀背上的力，若刀刃的横截面是等腰三角形，刀刃两侧的夹角为θ，（不考虑刀自身的重力）。

求：

（1）刀劈物体时对物体侧向推力 F_N 的大小

（2）说明为什么刀越锋利，越容易将物体劈开。



【答案】（1）$\dfrac{F}{2\sin\dfrac{\theta}{2}}$；（2）刀越锋利，θ 越小，刀对物体侧向推力 FN 越大，所以物体越容易劈开。

【解析】（1）由几何知识可得

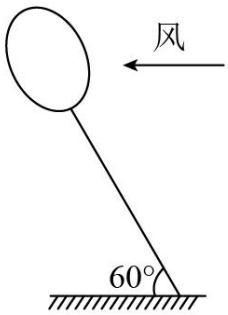
$$F_N=\frac{\frac{F}{2}}{\sin\frac{\theta}{2}}=\frac{F}{2\sin\frac{\theta}{2}}$$

（2）刀越锋利，θ越小，刀对物体侧向推力 F_N 越大，所以物体越容易劈开。

26．如图，氢气球被水平吹来的风吹成图示的情形，若测得绳子与水平面的夹角为 60°，已知气球受到空气的浮力为 $20\sqrt{3}$ N，忽略氢气球的重力。

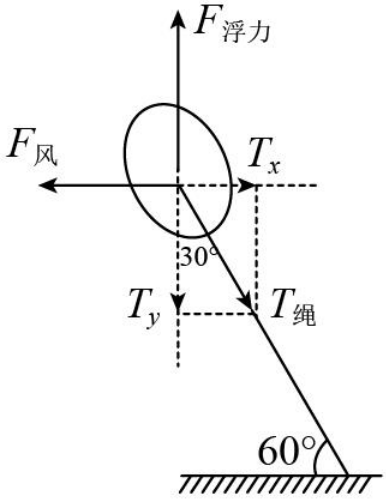
（1）画出气球受到的所有力的示意图；

（2）利用正交分解的方法，求：①氢气球受到的水平风力多大？②绳子对氢气球的拉力多大？



【答案】（1）见解析；（2）①20N；②40N

【解析】（1）如下图所示



（2）正交分解得

$$T_{绳}\sin 60°=F_{浮}$$

$$T_{绳}\cos 60°=F_{风}$$

带入数据联立解得

$$F_{风}=T_{绳}\cos 60°=20\text{N}$$

$$T_{绳}=\frac{F_{浮}}{\sin 60°}=40\text{N}$$

进阶检测

（考试时间：60 分钟 试卷满分：100 分）

一、单选题（5 分/题，共 40 分）

1．三个小孩往三个方向拉风筝，风筝处于静止状态，则这三个小孩对风筝的作用力大小可能是（　　）

A．12N，6N，3N　　B．10N，5N，3N

C．2N，6N，10N　　D．4N，6N，4N

【答案】D

【解析】A．三个共点力平衡，必须满足任意一个力在其它两个力的合力范围之内，6N 和 3N 的合力范围是 3N 到 9N，不包含 12N，三个力不能平衡，故 A 错误；

B．5N 和 3N 的合力范围是 2N 到 8N，不包含 10N，三个力不能平衡，故 B 错误；

C．2N 和 6N 的合力范围是 4N 到 8N，不包含 10N，三个力不能平衡，故 C 错误；

D．4N 和 4N 的合力范围是 0N 到 8N，包含 6N，所以这三个力可以平衡，故 D 正确。

故选 D。

2．两个力F_1和F_2之间的夹角为θ，其合力为F。下列说法正确的是（　　）

A．若F_1和F_2大小不变，θ角越大，合力F就越大

B．合力F总比分力F_1、F_2中的任何一个力都大

C．合力F的大小范围是$\left|F_1-F_2\right|<F<\left(F_1+F_2\right)$

D．若夹角θ不变，F_1大小不变，F_2增大，合力F可能先减小后增大

【答案】D

【解析】A．根据平行四边形定则可知，若F_1和F_2大小不变，θ角越大，合力 F 就越小，故 A 错误；

B．合力 F 可能比分力F_1、F_2中的任何一个力都大，也可能比分力F_1、F_2中的任何一个力都小，还可能等于分力F_1、F_2中的其中一个，故 B 错误；

C．合力 F 的大小范围是$\left|F_1-F_2\right| \le F \le \left(F_1+F_2\right)$，故 C 错误；

D．若夹角θ不变，F_1大小不变，F_2增大，若夹角θ大于$90°$，根据平行四边形定则可知，合力 F 可能先减小后增大，故 D 正确。

故选 D。

3．一物体受F_1、F_2、F_3三个共点力的作用，下面 4 组力的组合中，可以使物体处于平衡状态的是（　　）

A．$F_1=9\mathrm{N}$，$F_2=1\mathrm{N}$，$F_3=5\mathrm{N}$　　B．$F_1=4\mathrm{N}$，$F_2=2\mathrm{N}$，$F_3=10\mathrm{N}$

C．$F_1=8\mathrm{N}$，$F_2=3\mathrm{N}$，$F_3=15\mathrm{N}$　　D．$F_1=7\mathrm{N}$，$F_2=10\mathrm{N}$，$F_3=10\mathrm{N}$

【答案】D

【解析】A．F_1、F_2的合力范围为$9\mathrm{N}-1\mathrm{N}=8\mathrm{N} \le F_{12} \le 9\mathrm{N}+1\mathrm{N}=10\mathrm{N}$

则F_1、F_2、F_3的合力范围为$8\mathrm{N}-5\mathrm{N}=3\mathrm{N} \le F_{合} \le 10\mathrm{N}+5\mathrm{N}=15\mathrm{N}$

故 A 错误；

B．F_1、F_2的合力范围为$4\mathrm{N}-2\mathrm{N}=2\mathrm{N} \le F_{12} \le 4\mathrm{N}+2\mathrm{N}=6\mathrm{N}$

则F_1、F_2、F_3的合力范围为$10\mathrm{N}-6\mathrm{N}=4\mathrm{N} \le F_{合} \le 10\mathrm{N}+6\mathrm{N}=16\mathrm{N}$

故 B 错误；

C．F_1、F_2的合力范围为$8\mathrm{N}-3\mathrm{N}=5\mathrm{N} \le F_{12} \le 8\mathrm{N}+3\mathrm{N}=11\mathrm{N}$

则F_1、F_2、F_3的合力范围为$15\mathrm{N}-11\mathrm{N}=4\mathrm{N} \le F_{合} \le 15\mathrm{N}+11\mathrm{N}=26\mathrm{N}$

故 C 错误；

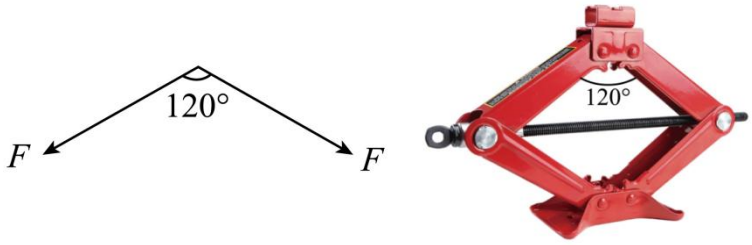
D．F_1、F_2的合力范围为$10\mathrm{N}-7\mathrm{N}=3\mathrm{N} \le F_{12} \le 10\mathrm{N}+7\mathrm{N}=17\mathrm{N}$

则F_1、F_2、F_3的合力范围为$0 \le F_{合} \le 17\mathrm{N}+10\mathrm{N}=27\mathrm{N}$

故 D 正确.

故选 D。

4．“千斤顶”顾名思义能顶起非常重的物体。如图所示，摇动把手使千斤顶的两臂靠拢，当汽车恰好被顶起时，千斤顶两臂间的夹角为120°，且对汽车的支持力大小为3.0×10^4 N，此时千斤顶每臂受到的压力F的大小是（　　）

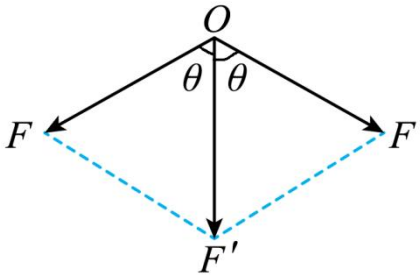


A．1.5×10^4 N　　B．3.0×10^4 N　　C．$3\sqrt{3}\times10^4$ N　　D．6.0×10^4 N

【答案】B

【解析】由牛顿第三定律可知，此时千斤顶对汽车的支持力大小等于汽车对千斤顶的压力大小，即$F_{压}=3.0\times10^4$ N

将汽车对千斤顶的压力分解为沿两臂的两个分力，如图



根据对称性可知，两臂受到的压力大小相等，有$2F\cos\theta=F_{压}$

解得此时千斤顶每臂受到的压力大小均为$F=3.0\times10^4$ N

故选 B。

【点睛】

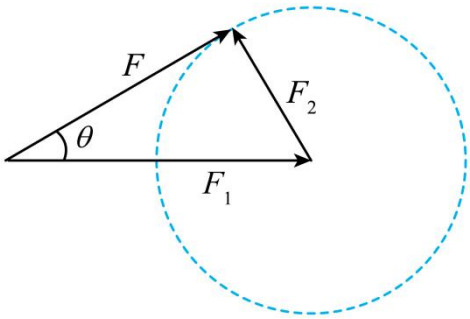
5．作用于同一点的两个力，大小分别为F_1=12N、F_2=6N，这两个力的合力F与F_1的夹角不可能为（　　）

A．5°　　B．15°　　C．25°　　D．35°

【答案】D

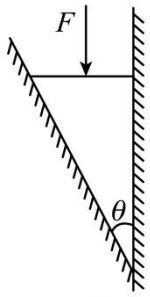
【解析】如图，当 F 与 F2 垂直时合力 F 与 F1 的夹角最大，易得 F1 与 F 的夹角最大为 30°，不可能是 35°。

故选 D。



6．榫卯结构是中国传统木建筑、木家具的主要结构方式，我国未来的月球基地将采用月壤烧制的带有榫卯结构的月壤砖建设。在木结构上凿削矩形榫眼用的是如图甲所示木工凿，凿削榫眼时用锤子敲击木工凿柄，将木工凿尖端钉入木头，木工凿尖端钉入木头时的截面如图乙所示，锤子对木工凿施加的力 F 沿竖直面向下，木工凿对木头的侧面和竖直面的压力分别为 F_1 和 F_2，下列说法正确的是（　　）

甲



乙

A．F_1 和 F_2 是 F 的两个分力

B．凿子尖端打磨的夹角不同，F_2 一定大于 F_1

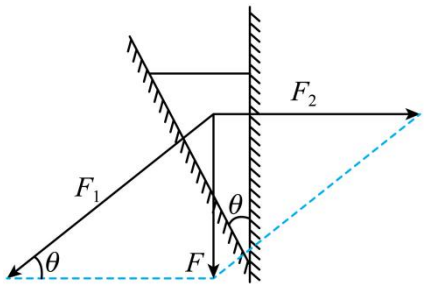
C．凿子尖端打磨的夹角不同，F_2 一定大于 F

D．凿子尖端打磨的夹角不同，F_1 一定大于 F

【答案】D

【解析】A．F_1 和 F_2 是凿子对木头的弹力，其大小等于 F 在垂直两接触面方向上的分力大小，故 A 错误；

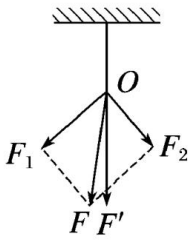
BCD．将 F 沿垂直两接触面分解，如图



分力大小分别等于F_1和F_2，则由数学知识可知F_1一定大于F和F_2；当$\theta<45°$时，$F_2>F$，当$\theta>45°$时，$F_2<F$，当$\theta=45°$时，$F_2=F$，故BC错误，D正确。

故选D。

7．在“探究两个互成角度的力的合成规律”实验中，用两根弹簧测力计将橡皮条O点和用一根弹簧测力计将橡皮条拉到O点，测得的数据处理如图所示，不是弹簧测力计实际测量的力是（　　）



A．F'　　B．F_1

C．F_2　　D．F

【答案】D

【解析】图中的F_1、F_2、F'是用弹簧测力计拉橡皮条时得到的实际测量值；F是根据平行四边形定则得到的和的合力的理论值。

故选D。

8．关于力的合成与分解，下列说法正确的是（　　）

A．一个5N的力和一个9N的力合成得到的合力可能是3N

B．两个共点力共同作用的效果与其合力单独作用的效果不一定相同

C．将一个力分解后，分力和合力同时作用于物体上

D．两个力的合力，可能小于任一个分力

【答案】D

【解析】A．一个5N的力和一个9N的力的合力范围为

$$9\text{N}-5\text{N}=4\text{N}\le F_{合}\le 9\text{N}+5\text{N}=14\text{N}$$

故A错误；

B．两个共点力共同作用的效果与其合力单独作用的效果一定相同，故B错误；

C．将一个力分解后，由分力和合力的关系可知，分力和合力不是同时作用于物体上，故C错误；

D．根据平行四边形定则可知，两个力的合力，可能小于任一个分力、可能大于任一个分力、也可能等于任一个分力，故 D 正确。

故选 D。

二、多选题（漏选得 3 分，全对得 5 分，错选得 0 分，共 25 分）

9．已知两力 F_1、F_2 的合力大小为 16N。其中 $F_1=7\text{N}$，则 F_2 的大小可能是（　）

A．7N　　B．8N　　C．11N　　D．16N

【答案】CD

【解析】已知两力 F_1、F_2 的合力大小为 16N，其中 $F_1=7\text{N}$，则 F_2 的大小最小值为 $F_2=F-F_1=9\text{N}$

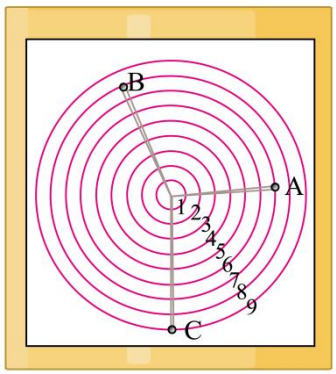
最大值为 $F_2=F+F_1=23\text{N}$

故 F_2 大小的范围是 $9\text{N}\le F_2\le 23\text{N}$

故 F_2 的大小可能是 11N，16N。

故选 CD。

10．小明做“验证两个互成角度的力的合成规律”的实验时，在方木板上固定一张白纸，纸上画好若干同心圆环，标记序号为 1，2，3……，相邻圆环间距与 1 号圆环半径相同，将三根相同的橡皮筋一端系在一起形成结点 O，让 O 处于圆心位置，随后将三根橡皮筋分别挂在图钉 ABC 上，皮筋处于原长时，三枚图钉恰好位于 5 号圆环。现将三根皮筋拉长，结点 O 仍处于圆心，三枚图钉的位置飞别在第 7、8、9 号圆环上，如图所示。皮筋的弹力符合胡克定律，下列说法正确的是（　）



A．三根橡皮绳的弹力之比为 7∶8∶9

B．实验时橡皮绳结点应保持在圆心

C．本实验不需要测出弹力大小也可以验证平行四边形定则

D．若某根皮筋承受拉力过大，可再并一根完全相同的皮筋进行测量

【答案】BC

【解析】A．根据胡克定律可知，三根橡皮绳的弹力之比等于伸长量之比；皮筋处于原长时，三枚图钉恰好位于 5 号圆环，将三根皮筋拉长，结点 O 仍处于圆心，三枚图钉的位置飞别在第 7、8、9 号圆环上，则三根橡皮绳的弹力之比为$2:3:4$，故 A 错误；

B．为了能确定橡皮绳的伸长量，实验时橡皮绳结点应保持在圆心，故 B 正确；

C．三根橡皮筋完全相同，根据胡克定律可知，可以用橡皮绳的伸长量等效代替弹力大小，则本实验不需要测出弹力大小，只需要得到对应的伸长量，也可以验证平行四边形定则，故 C 正确；

D．若某根皮筋承受拉力过大，再并一根完全相同的皮筋进行测量，此时皮筋的劲度系数与另外两根不相同，弹力大小不能用伸长量等效代替，故 D 错误。

故选 BC。

11．图 1 是木工用的凿子，图 2 是用凿子在木料上凿眼时的示意图。凿子凿头处的斜面与竖直面间的夹角为θ，不计凿子的重力及凿子与木料间的摩擦，在凿子的顶部施加竖直向下的力F时，凿子静止不动，凿子竖直面和斜面对木料的作用力大小分别为F_1和F_2，则下列说法正确的是（　　）

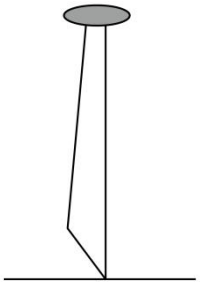


图 1

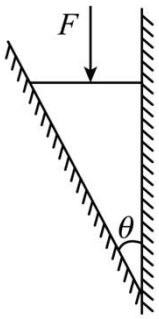


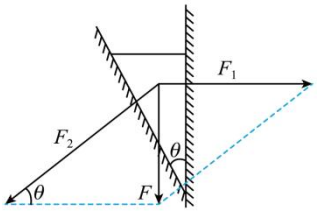
图 2

A．$F_1=0$　　B．F_2一定大于F

C．$\tan\theta=\dfrac{F_1}{F_2}$　　D．F一定时，θ越小，F_1、F_2均越大

【答案】BD

【解析】A．对 F 按效果分解可知，F_1不等于零，故 A 错误；



B．根据力的合成可知，F_1、F_2和 F 构成直角三角形，F_2是斜边，F_2一定大于 F，故 B 正确；

C．根据几何关系，$\tan\theta=\dfrac{F}{F_1}$

故 C 错误；

D．由于 $F_2=\dfrac{F}{\sin\theta}$，$F_1=\dfrac{F}{\tan\theta}$

因此 F 一定，θ越小，F_2越大，F_1越大，故 D 正确。

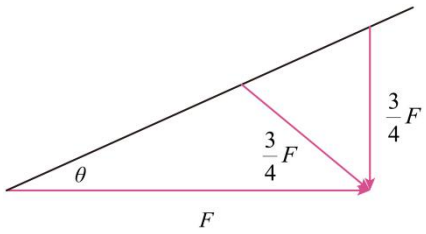
故选 BD。

12．F（大小已知）的一个分力F_1（大小未知）与F的夹角为 37°，另一个分力的大小为$\dfrac{3}{4}F$，方向未知，$\sin37^\circ=0.6$，$\cos37^\circ=0.8$，则F_1的大小可能是（　　）

A．$\dfrac{7}{20}F$　　B．$\dfrac{9}{20}F$　　C．$\dfrac{7}{4}F$　　D．$\dfrac{5}{4}F$

【答案】AD

【解析】物体受力的情况如下图所示



其中$\theta=37°$，由图可知存在两种情况，根据几何知识可知

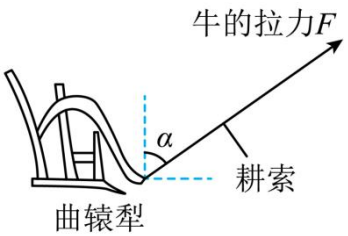
$$\cos\theta=\frac{F^2+F_1^2-\left(\frac{3}{4}F\right)^2}{2FF_1}=0.8$$

解得

$$F_1=\frac{7}{20}F \text{ 或 } F_1=\frac{5}{4}F$$

故选 AD。

13．唐代《耒耜经》记载了曲辕犁的示意图如图所示，耕地时牛通过耕索拉犁，拉力与竖直方向的夹角为α，忽略耕索的质量，耕地过程中，下列说法正确的是　（　　）



A．若该拉力的大小为F，将其分解成水平向右和竖直向上的两个分力，则水平分力的大小为$F\cos\alpha$

B．若该拉力的大小为 F，将其分解成水平向右和竖直向上的两个分力，则竖直分力的大小为 $F\cos\alpha$

C．曲辕犁匀速前进时，耕索对犁的拉力小于犁对耕索的拉力

D．曲辕犁加速前进时，耕索对犁的拉力与犁对耕索的拉力大小相等

【答案】BD

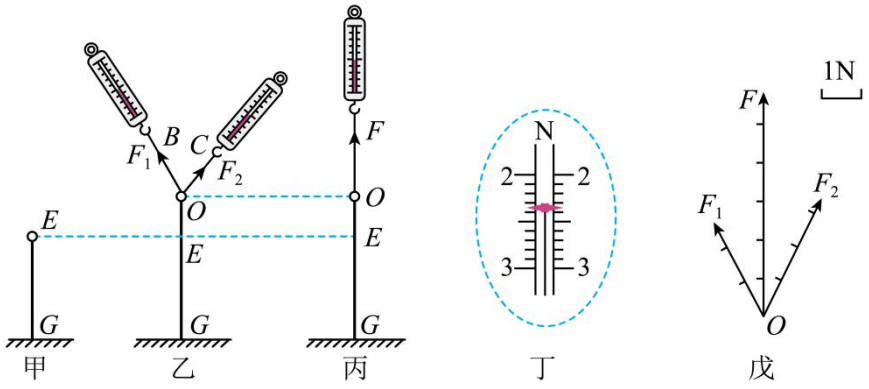
【解析】AB．若该拉力的大小为 F，将其分解成水平向右和竖直向上的两个分力，则水平分力的大小为 $F\sin\alpha$，竖直分力的大小为 $F\cos\alpha$，选项 A 错误，B 正确；

CD．耕索对犁的拉力与犁对耕索的拉力是一对相互作用力，无论是曲辕犁匀速前进还是加速前进，耕索对犁的拉力与犁对耕索的拉力总是大小相等，方向相反，选项 C 错误，D 正确。

故选 BD。

三、实验题（2 分/空，共计 22 分）

14．在“探究两个互成角度的力的合成规律”的实验中，如图甲所示，橡皮条的一端固定，一端挂一轻质小圆环，橡皮条的长度为 GE．如图乙所示，用手通过两个弹簧测力计共同拉动小圆环。圆环受到拉力 F_1、F_2 的共同作用，处于 O 点，橡皮条伸长的长度为 EO，撤去 F_1、F_2，改用一个力 F 单独拉住小圆环，如图丙所示，使小圆环仍处于 O 点。



(1)在实验操作中，力 F 单独作用时与力 F_1、F_2 共同作用时都使小圆环在 O 点保持静止。这样做的目的是___。体现__的物理思想。

(2)具体操作前，某同学提出了以下关于实验操作的建议，其中正确的是（　　）

A．图乙中，F_1 与 F_2 的方向必须相互垂直

B．重复实验再次进行探究时，圆环 O 的位置必须与前一次相同

C．用两弹簧测力计同时拉小圆环时，两弹簧测力计示数之差应尽可能大一些

D．使用弹簧测力计时，施力方向应沿弹簧测力计轴线方向，读数时视线应正对弹簧测力计刻度线

(3)图丁中弹簧测力计的示数为___N；

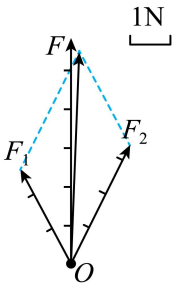
(4)在实验过程中，必须记录的有（　　）

A．甲图中 E 的位置　　B．乙图中 O 的位置

C．OB、OC 的方向　　D．弹簧测力计的示数

(5)某同学用力的图示法将两次实验记录的两个力 F_1、F_2 和 F 画在图戊中___，请你在图中以 F_1、F_2 为邻边作出平行四边形，根据作出的图可得出的结论是：_____。

【答案】(1) 使力 F 单独作用时与力 F1、F2 共同作用时对橡皮条的作用效果相同　等效替代 (2)D

(3)2.35 (4)BCD (5) 

在实验误差允许的范围内，两个互成角度的力的合成遵循平行四边形定则

【解析】（1）[1][2]力 F 单独作用时与力 F1、F2 共同作用时都使小圆环在 O 点保持静止，这样做的目的是使力 F 单独作用时与力 F1、F2 共同作用时对橡皮条的作用效果相同，体现了等效替代的物理思想。

（2）A．避免实验具有偶然性和特殊性，题图乙中，F1 与 F2 的方向无需垂直，故 A 错误；

B．重复实验再次进行探究时，避免实验具有偶然性和特殊性，圆环 O 的位置应与前一次不同，故 B 错误；

C．用两弹簧测力计同时拉小圆环时，应避免弹簧测力计示数过大或过小，导致读数不准确，则两弹簧测力计示数之差不宜过大，故 C 错误；

D．为保证读数准确，使用弹簧测力计时，施力方向应沿弹簧测力计轴线方向，读数时视线应正对弹簧测力计刻度线，故 D 正确。

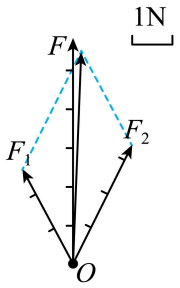
故选 D。

（3）弹簧测力计最小分度为 0.1N，读数要读到 0.01N，题图丁中读数为 2.35N。

（4）必须要记录的有 F、F1 和 F2 的大小和方向，力的大小通过弹簧测力计读出，两次都要将小圆环拉到 O 点位置，所以必须记录乙图中 O 的位置，OB、OC 的方向，弹簧测力计的示数。

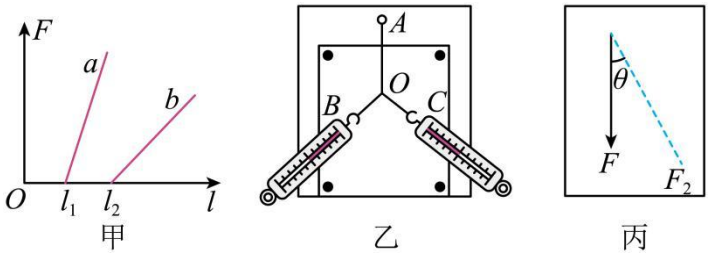
故 BCD。

（5）[1][2]如图所示



在实验误差允许的范围内，两个互成角度的力的合成遵循平行四边形定则。

15．某同学自制弹簧测力计做“探究共点力合成的规律”实验，弹簧弹力与弹簧长度的关系图像如图甲所示。



(1)用来制作弹簧测力计的弹簧有 a、b 两种型号，则选用_____（选填“a”或“b”）弹簧做测力计误差较小。

(2)该同学做“探究共点力合成的规律”的实验情况如图乙所示，其中 A 为固定橡皮条的图钉，O 为橡皮条与细绳的结点，OB 和 OC 为细绳。

①本实验采用的科学方法是_____（填正确答案前的标号）

理想实验法　　B．等效替代法　　C．控制变量法　　D．理想模型法

②如果将细绳换成橡皮条，那么实验结果_____（选填“会”或“不会”）发生变化。

③图丙是某次实验记录的部分信息，其中合力 F=12N，分力 F_2 方向确定、与合力 F 的夹角θ=30°，则另一分力 F_1 的最小值为_____N。

【答案】(1)b　(2)　B　不会　6

【解析】（1）因 $F-l$ 图像的斜率等于弹簧的劲度系数，由图甲可知 b 的劲度系数较小，相等的力作用在弹簧 b 上，形变量较大，则选用 b 弹簧做测力计误差较小。

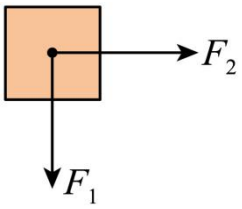
（2）①[1]本实验中两个力拉橡皮筋和一个力拉橡皮筋的作用效果相同，采用的科学方法是等效替代法。故选 B。

②[2]如果将细绳换成橡皮条，对拉力大小、方向均不会影响，实验结果不会发生变化。

③[3]根据闭合三角形定则可知，当另一分力 F_1 与 F_2 垂直时，F_1 有最小值，则有 $F_{1\min}=F\sin 30°=6\text{N}$

四、解答题　（13 分）

16．如图所示，在水平地面上放一质量为 1 kg 的木块，木块与地面间的动摩擦因数为 0.6，在水平方向上对木块同时施加相互垂直的两个拉力 F_1、F_2，已知 $F_1=3$ N、$F_2=4$ N，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，g 取 10 m/s^2，求：



(1)木块受到的摩擦力为多少？

(2)若将图中 F_1 逆时针转 90°，此时木块受到的摩擦力为多少？

(3)若缓慢增加图中 F_2 的大小至 6 N，写出木块受摩擦力大小随 F_2 大小变化的函数关系？

【答案】(1)5 N　　(2)6 N　(3) $f=\sqrt{9+F_2^2}\,\mathrm{N}$（$4\mathrm{N}\le F_2\le 3\sqrt{3}\mathrm{N}$）；f＝6 N（$3\sqrt{3}\mathrm{N}<F_2\le 6\mathrm{N}$）

【解析】（1）两个力的合力为

$$F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}=5\mathrm{N}$$

物块与地面间的最大静摩擦力

$$f_\mathrm{m}=\mu mg=6\mathrm{N}$$

可知物块不能被拉动，此时物块受到的摩擦力为静摩擦力，大小为

$$f=F=5\mathrm{N}$$

（2）若将图中 F1 逆时针转 90°，此时两个力的合力为

$$F'=F_1+F_2=7\mathrm{N}>f_\mathrm{m}$$

可知物块将被拉动，此时木块受到的摩擦力为滑动摩擦力，大小为

$$f'=\mu mg=6\mathrm{N}$$

（3）当物体所受拉力的合力等于最大静摩擦力时

$$f_\mathrm{m}=\sqrt{F_1^2+F_2'^2}=6\mathrm{N}$$

解得

$$F_2'=3\sqrt{3}\mathrm{N}$$

若缓慢增加图中 F2 的大小从 4 N 至$3\sqrt{3}\mathrm{N}$时，物块不动，此时受静摩擦力大小

$$f=\sqrt{F_1^2+F_2^2}=\sqrt{9+F_2^2}\,\mathrm{N}\quad（4\mathrm{N}\le F_2\le 3\sqrt{3}\mathrm{N}）$$

当 F2 的大小从$3\sqrt{3}\mathrm{N}$至 6 N 时，物块产生滑动，此时受滑动摩擦力大小

$$f=\mu mg=6\mathrm{N}\ （3\sqrt{3}\mathrm{N}<F_2\le 6\mathrm{N}\ ）$$

衔接点 13 共点力的平衡

学习要求

初中阶段	高中阶段
了解平衡状态的概念，知道物体保持静止或匀速直线运动状态时处于平衡状态。掌握二力平衡条件，即作用在同一物体上的两个力，大小相等、方向相反且在同一条直线上。能够对简单的二力平衡问题进行分析，如判断物体在两个力作用下是否平衡，或根据平衡条件求解力的大小和方向等。	理解共点力的概念，明确物体在共点力作用下的平衡条件是合力为零。能够运用平行四边形定则，结合共点力平衡条件，解决不在同一直线上的多个力的平衡问题，包括三力平衡及多力平衡。学会运用正交分解法、力的合成与分解法、矢量三角形法等方法处理共点力平衡问题，能将其应用于解决生活、生产中的实际问题，还需掌握动态平衡问题的分析方法。
衔接指引	
初中阶段考查形式：多以选择题、填空题为主。 高中阶段考查形式：选择题、计算题。	

知识衔接

回顾初中知识

1. 物体受到几个力的作用时，如果保持 静止 或 匀速直线运动状态 ，我们就说着几个力相互平衡，该物体处于平衡状态。（平衡力的合力为 0）；只要物体的运动状态发生了改变，它一定 受力 ，而且所受的力一定 不是平衡力 。

2. 二力平衡的条件（实验探究）：

（1）作用在 同一 物体上的两个力，如果大小 相等 、方向 相反 ，并且在 同一 直线上，这两个力就彼此平衡。

（2）二力平衡的应用：

① 可根据一个力的大小和方向确定另一个力的大小和方向；

② 根据物体的受力情况判断物体的运动状态。

知新高中知识

一、共点力平衡的条件

1. 平衡状态

（1）定义：物体受到几个力作用时，如果保持 静止 或 匀速直线运动状态 ，我们就说这个物体处于平衡状态。

（2）“静止”和“v=0”的区别和联系

当 v=0 时：

①a=0 时，__静止__，处于__平衡__状态

②a≠0 时，不__静止__，处于__非__平衡状态，如自由落体初始时刻

2.共点力平衡的条件

（1）条件：在共点力作用下物体平衡的条件是合力为__0__。

（2）公式：$F_{合}$=__0__，或 $F_{x合}$=__0__和 $F_{y合}$=__0__。

（3）由平衡条件得出的三个结论：

①二力平衡：二力__等大__、__反向__，是一对平衡力；

②三力平衡：任两个力的合力与第三个力__等大__、__反向__；

③多力平衡：任一力与其他所有力的合力__等大__、__反向__。

二、动态平衡问题

1.动态平衡：

物体受到的共点力中有几个力会发生“__缓慢__”变化，而变化过程中物体始终处于一种“动态”的__平衡__状态中，我们把这样的状态称为动态__平衡__状态。

2.动态平衡的处理方法

（1）解析法

①基本思路

解析法的核心是依据物体的平衡条件，即物体在共点力作用下处于平衡状态时，所受合外力为__零__（$\sum F=0$），在直角坐标系中将各个力进行正交分解，然后分别在 x 轴和 y 轴方向上建立平衡方程（$\sum F_x=0$，$\sum F=0$）。通过分析方程中各力的表达式，研究随着某个物理量的变化，其他力如何相应改变，进而解决动态平衡问题。

②解题步骤

【确定研究对象】

明确要分析的物体或系统，这是解题的基础。研究对象可以是单个物体，也可以是相互作用的多个物体组成的系统。例如，在分析斜面上的物体受力情况时，物体就是研究对象；如果是分析叠放在一起的多个物体，可根据问题需要，将整体或其中某个物体作为研究对象。

【进行受力分析】

对研究对象进行全面的受力分析，这是解析法的关键环节。按照 重力 、 弹力 、 摩擦力 的顺序，准确找出物体受到的所有力，并画出受力示意图。在画受力图时，要注意力的方向和作用点的准确性。比如，重力方向始终竖直向下，弹力方向垂直于接触面，摩擦力方向与相对运动或相对运动趋势方向相反。

【建立直角坐标系】

合理建立直角坐标系能简化问题的求解。一般原则是 让尽可能多的力落在坐标轴上 ，这样可以减少力的分解数量。例如，对于在斜面上的物体，通常沿斜面方向和垂直斜面方向建立直角坐标系；对于在水平面上受斜向上拉力的物体，可沿水平和竖直方向建立坐标系。

【正交分解各力】

将不在坐标轴上的力分解到 x 轴和 y 轴上。根据三角函数关系，将力分解为沿坐标轴方向的分力。如一个与水平方向夹角为θ的力 F，其水平分力 F_x =Fcosθ，竖直分力 F_y =Fsinθ。

【建立平衡方程并求解】

根据 x 轴和 y 轴方向上的合力为零，列出平衡方程$\sum F_x=0$ 和$\sum F_y=0$。通过联立方程，求解出未知力的表达式。然后分析表达式中变量的变化对未知力的影响，从而得出力的变化规律。

（2）图解法

①基本原理

物体在共点力作用下处于动态平衡时，合力始终为零，这些力可以构成 一个封闭的矢量三角形 （三个力作用时）或平行四边形（两个力合成时）。当物体的受力情况发生变化时，通过分析矢量三角形或平行四边形中 边和角 的变化，就能直观地得出各力大小和方向的变化趋势。其核心在于依据 力的矢量运算法则 ，将物理问题转化为 几何图形 的变化问题进行分析。

②解题步骤

【确定研究对象】

和解析法一样，首先要明确分析的对象，它可以是单个物体，也可以是多个物体组成的系统。比如研究斜面上被绳子拉住的木块，木块就是研究对象；若分析叠放在水平面上一起匀速运动的两个木块，可将两木块整体视为研究对象。

【进行受力分析】

对研究对象进行全面准确的受力分析，按照重力、弹力、摩擦力的顺序，找出物体受到的所有力，并画出受力示意图。在画受力图时，要注意每个力的方向和作用点都要准确无误，这是后续作图的基础。例如，物体受重力、支持力和拉力时，要明确重力竖直向下、支持力垂直于接触面、拉力沿着绳子方向。

【作出力的矢量三角形或平行四边形】

三个力作用时：若物体受三个共点力作用处于平衡状态，将这三个力按照首尾相连的方式依次画出，构成封闭的矢量三角形。一般先画出大小和方向都不变的力，再根据已知条件画出方向不变或大小不变的力，最后确定第三个力。

四个力及以上作用时：当物体受四个及以上共点力作用时，可先将其中两个力合成，再与其他力构成矢量三角形；或者通过平行四边形定则，逐步将多个力进行合成与分解，最终简化为三个力的平衡问题，进而作出矢量三角形。

【分析图形变化】

根据物体受力的变化情况，观察矢量三角形或平行四边形中边和角的变化。例如，当某个力的方向发生改变时，看矢量三角形的形状如何变化，从而判断其他力的大小和方向怎样改变；若某个力的大小发生变化，分析图形中边长和角度的改变，得出其余力的变化趋势。

【得出结论】

根据图形的变化情况，得出各力大小和方向的具体变化规律，从而解决共点力动态平衡问题。

（3）相似三角形法

①基本原理

物体在共点力作用下处于动态平衡，所受合力为零，这些力能构成封闭的 矢量三角形 。若存在一个由物体的 几何尺寸 构成的三角形与 力的矢量三角形 相似，那么对应边 成比例 ，即力的大小之比等于对应几何线段长度之比。通过分析几何线段长度在动态过程中的变化，就能确定力的大小变化情况 。

②相似三角形法解题步骤

【确定研究对象】

明确要分析的物体或系统，它是后续所有分析的基础。例如，分析悬挂在支架上的物体，该物体就是研究对象；若涉及多个相互作用的物体，需根据问题合理选取整体或部分作为研究对象。

【进行受力分析】

对研究对象进行全面、准确的受力分析，按照重力、弹力、摩擦力的顺序，找出所有受力，并绘制清晰的受力示意图。比如，物体受重力竖直向下，与接触面间的弹力垂直于接触面，摩擦力方向与相对运动或相对运动趋势方向相反。

【构建相似三角形】

先找出力的矢量三角形，一般由物体所受的三个力构成封闭三角形。再寻找与力的矢量三角形相似的几何三角形，这个几何三角形通常由物体的位置、支撑结构等几何关系确定。例如，物体悬挂在支架上，由悬挂点、支撑点和物体位置构成的三角形，就可能与力的矢量三角形相似。

【找出对应边的比例关系】

根据相似三角形的性质，确定力与几何线段的对应关系，列出比例等式。如力 F_1、F_2、F_3 构成的矢量三角形与几何三角形 ABC 相似，则有 $\frac{F_1}{AB}=\frac{F_2}{BC}=\frac{F_3}{CA}$。

【分析动态变化】

观察在物体运动或状态改变过程中，几何线段长度的变化情况。结合比例等式，判断力的大小如何相应变化，从而得出共点力动态平衡问题的解。

（4）拉密定理法

①基本原理

拉密定理指出：在同一平面内，当物体受到三个共点力作用而处于平衡状态时，每个力与另外两个力夹角的正弦值之比相等。即若物体受三个共点力 F_1、F_2、F_3 作用处于平衡，那么满足 $\frac{F_1}{\sin\alpha}=\frac{F_2}{\sin\beta}=\frac{F_3}{\sin\gamma}$，其中α是 F_2 与 F_3 的夹角，β是 F_1 与 F_3 的夹角，γ是 F_1 与 F_2 的夹角。其本质是基于力的平衡条件和三角函数关系推导得出，通过该定理可将力的平衡问题转化为三角函数的计算问题。

②解题步骤

【确定研究对象】

首先要明确分析的对象，这是后续解题的基础。研究对象可以是单个物体，如悬挂在支架上的重物；也可以是多个物体组成的系统，当系统内各物体相对静止且都处于平衡状态时，可将其视为整体进行分析。

【进行受力分析】

对研究对象进行全面、细致的受力分析，按照重力、弹力、摩擦力的顺序，准确找出物体受到的所有力。例如，对于斜面上的物体，要分析重力、斜面对物体的支持力以及可能存在的摩擦力。同时，清晰画出受力示意图，标注每个力的方向和作用点，以便后续确定力之间的夹角。

【确定力与夹角的关系】

根据受力示意图，准确找出三个共点力两两之间的夹角。在确定夹角时，要注意是力的作用线之间的夹角，且需在同一平面内。比如，力 F_1 与 F_2 的夹角是将两力作用线延长后相交形成的夹角。

【应用拉密定理列方程】

依据拉密定理$\frac{F_1}{\sin\alpha}=\frac{F_2}{\sin\beta}=\frac{F_3}{\sin\gamma}$，将已知力和夹角代入方程。若已知其中两个力和相应夹角，就可通过方程求解第三个力；若已知一个力和两个夹角，也能求出另外两个力的大小关系。

【求解方程并分析动态变化】

通过数学运算求解方程，得出未知力的大小或力之间的变化关系。在动态平衡问题中，当某个角度或力发生变化时，根据拉密定理方程分析其他力如何相应改变，从而得出问题的答案。

三、整体法和隔离法

1. 整体法和隔离法

（1）整体法：将运动状态相同的几个物体作为一个 整体 进行受力分析的方法。

（2）隔离法：将研究对象与周围物体分 隔开 进行受力分析的方法。

2. 整体法和隔离法选用原则

（1）整体法的选用原则：研究 系统外 的物体对系统整体的作用力，受力分析时不要再考虑 系统内 物体间的相互作用。

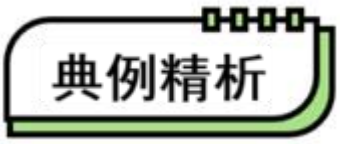
（2）隔离法的选用原则：研究 单个 物体所受的作用力，一般隔离受力 较少 的物体。

3. 解题步骤

（1）明确研究对象：在进行受力分析时，研究对象可以是某一个物体，也可以是保持相对静止的若干个物体（整体）。研究对象确定以后，只分析研究对象以外的物体施予 研究对象 的力（既研究对象所受的外力），而不分析研究对象施予 外界 的力。

（2）隔离研究对象，按顺序找力：把研究对象从实际情景中分离出来，按先 已知力 ，再 重力 ，再 弹力 ，然后 摩擦力 （只有在有弹力的接触面之间才可能有摩擦力），最后其它力的顺序逐一分析研究对象所受的力，并画出各力的 示意图 。

（3）只画 性质 力，不画 效果 力： 画受力图时，只能按力的性质分类画力，不能按作用效果（拉力、压力、阻力等）画力，否则将出现重复。



例 1、关于物体的平衡状态，下列说法中不正确的是（　　）

A．物体静止不动时，处于平衡状态

B．物体运动时，一定不处于平衡状态

C．运动的物体也可能处于平衡状态

D．物体保持静止或者做匀速直线运动的状态都叫作平衡状态

【答案】B

【解析】D．物体保持静止或者做匀速直线运动的状态都叫作平衡状态，故 D 正确；

A．物体静止不动时，处于平衡状态，故 A 正确；

BC．运动的物体也可能处于平衡状态，若物体做匀速直线运动时，物体处于平衡状态，故 B 错误；

由于本题选择错误的，故选 B。

例 2、下列情境中的对象，处于平衡状态的是（　　）

甲

乙

丙

丁

A．图甲中在轨运行的中国空间站　　B．图乙中骑着自行车正在转弯的骑手

C．图丙中站在匀速下行扶梯上的顾客　　D．图丁中下落到最低点时的蹦极挑战者

【答案】C

【解析】A．图甲中在轨运行的中国空间站绕地球做匀速圆周运动，不是平衡状态，选项 A 错误；

B．图乙中骑着自行车正在转弯的骑手做曲线运动，不是平衡状态，选项 B 错误；

C．图丙中站在匀速下行扶梯上的顾客处于平衡状态，选项 C 正确；

D．图丁中下落到最低点时的蹦极挑战者速度为零，但是加速度不为零，不是平衡状态，选项 D 错误。

故选 C。

方法点拨

1. 明确概念，精准剖析

首先要清晰回忆平衡状态的定义，即物体静止或做匀速直线运动时处于平衡状态。这是解题的理论基石，后续的所有判断都将围绕此展开。

2. 紧扣运动状态特征

对每个所描述的物体运动状态进行细致分析。对于涉及物体运动情况的描述，判断其是否满足平衡状态的条件。

（1）判断是否静止。

（2）判断是否为匀速直线运动。此时要明确，并非所有运动都不是平衡状态，像做匀速直线运动的物体，同样处于平衡状态。

（3）排除非平衡状态：对于做曲线运动、变速运动或虽然瞬间静止但加速度不为零的物体，都不属于平衡状态。

例 3、如题图所示，一名环卫工人拉着垃圾桶沿水平方向匀速向右运动，拉力 $F=200\text{N}$，方向与水平方向的夹角为 53°，已知 sin53°=0.8，cos53°=0.6，则垃圾桶受到地面的阻力大小为（　　）

A．80N　　B．120N

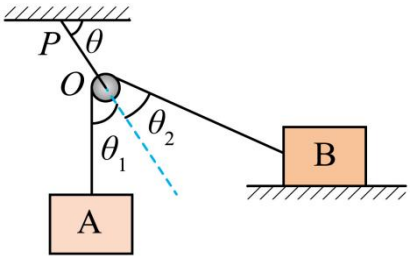
C．160N　　D．200N

【答案】B

【解析】根据垃圾桶水平方向受力平衡可知，垃圾桶受到地面的阻力大小为 $f=F\cos 53°=120\text{N}$

故选 B。

例 4、如图所示，物块 A 与 B 用跨过滑轮的轻绳相连，稳定后，轻绳 OP 与水平方向夹角为 $\theta=\frac{\pi}{3}$，OA 和 OB 与 OP 的延长线的夹角分别为 θ_1 和 θ_2。已知 $G_B=100\text{N}$，地面对物块 B 的弹力为 $N_B=80\text{N}$，不计滑轮的重力及轻绳和滑轮之间的摩擦，下列说法正确的是（　　）



A．$\theta_1<\theta_2$　　B．物体 A 的重力 40N

C．OP 绳子的拉力为 $20\sqrt{3}\text{N}$　　D．地面对物体 B 的摩擦力为 20N

【答案】B

【解析】A．由于滑轮两边绳子拉力大小相等，且滑轮两边绳子拉力的合力等于轻绳 OP 拉力的大小，故 OP 的方向沿着两根绳子拉力的夹角的角平分线上，故 $\theta_1=\theta_2=\frac{\pi}{6}$，故 A 错误；

B D．根据几关系，连接 B 物体的绳子部分与水平方向夹角为 $\frac{\pi}{6}$，故对 B 受力分析有

$f=T\cos\frac{\pi}{6}$，$N_B+T\sin\frac{\pi}{6}=G_B$

又 $T=G_{\text{A}}$

联立解得 $G_{\text{A}}=40\text{N}$，$f=20\sqrt{3}\text{N}$

故 B 正确，D 错误。

C．据前分析结合平行四边形法则 $F=2T\cos\frac{\pi}{6}=40\sqrt{3}\text{N}$

故 C 错误。

故选 B。

方法点拨

1. 明确研究对象，判断平衡状态

首要任务是确定研究对象。接着，根据题目描述判断研究对象是否处于平衡状态。由此可知研究对象所受合外力为零，可利用共点力平衡条件解题。

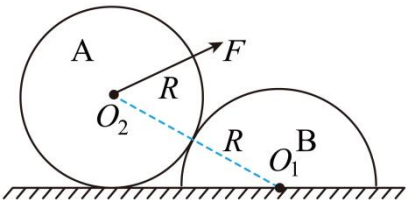
2. 全面受力分析，绘制清晰示意图

对研究对象进行细致的受力分析，按照重力、弹力、摩擦力、已知外力的顺序，逐一找出物体受到的所有力。

3. 合理选定方向，分方向建立方程求解

根据物体的受力特点，按作用效果对部分力进行分解，据受力平衡建立方程，再联立方程组求解。

例 5、如图所示，光滑圆柱 A 和半圆柱 B 紧靠着静置于水平地面上，二者半径均为 R。A 的质量为 m，B 的质量为 $\frac{m}{2}$，B 与地面间的动摩擦因数为 μ。现给 A 施加一拉力 F，使 A 缓慢移动，运动过程中拉力 F 与圆心连线 O_1O_2 的夹角始终为 $60°$ 保持不变，直至 A 恰好运动到 B 的最高点，整个过程中 B 保持静止，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g。下列说法正确的是（　　）

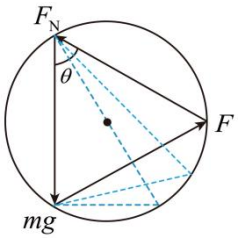


A．A、B 间弹力一直增大　　B．拉力 F 逐渐增大

C．动摩擦因数的最小值 $\mu_{\min}=\frac{1}{2}$　　D．A、B 间弹力的最大值 $F_{\max}=\frac{2\sqrt{3}}{3}mg$

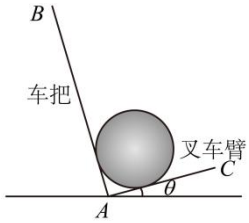
【答案】D

【解析】以 A 为研究对象，A 受到重力 mg、拉力 F 和 B 对 A 的弹力 F_N，由题意知，三个力的合力始终为 0，矢量三角形如图所示，在 F_N 转至竖直的过程中，A、B 间的弹力先增大后减小，拉力 F 逐渐减小，故 A、B 错误；当夹角 $\theta=30°$（F 水平向右）时，A、B 间弹力最大，且最大值为 $F_{\max}=\frac{mg}{\cos30°}=\frac{2\sqrt{3}}{3}mg$，故 D 正确；对 B 受力分析可得，水平方向的静摩擦力 $f=F_N\sin\theta$，竖直方向水平地面的支持力 $F_N'=\frac{1}{2}mg+F_N\cos\theta$，从图中可知静摩擦力逐渐减小，所以只要初状态不滑动，以后 B 就不会滑动，即 $f=\mu_{\min}F_N'$，初状态时，圆柱 A 对半圆柱 B 的弹力 $F_N=mg$，解得 $\mu_{\min}=\frac{\sqrt{3}}{2}$，故 C 错误。



例 6、（多选）如图甲所示，工人用叉车拉石墩时，可简化为如图乙所示的模型，$\angle BAC=90°$，叉车臂 AC 与水平方向夹角为 θ。不计球形石墩表面摩擦，叉车和石墩始终保持相对静止，在叉车匀速运动的过程中，若 θ 从 $0°$ 缓慢增加为 $90°$，叉车臂对石墩的作用力 F_{AC} 和车把对石墩的作用力 F_{AB} 的大小变化为（　　）

甲



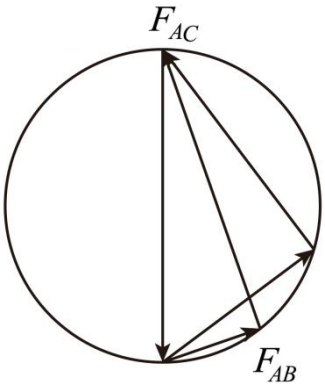
乙

A．F_{AB}一直增加　　B．F_{AB}先增加后减小

C．F_{AC}先减小后增加　　D．F_{AC}一直在减小

【答案】AD

【解析】在叉车匀速运动的过程中，对石墩进行受力分析，并将石墩所受的三个力进行平移构成一个首尾相接的矢量三角形，在θ从$0°$增加为$90°$过程中，该矢量三角形的三个顶点应落在一个圆上，如图所示



重力为圆的直径，由图可知，F_{AB}一直增加，F_{AC}一直在减小。

故选 AD。

方法点拨

1. 多物体关联问题

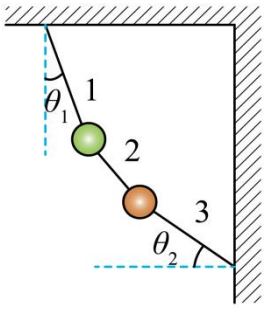
针对多个物体相互关联的动态平衡问题，采用“先分后合”策略。先选取关键物体进行受力分析，利用矢量三角形法判断其受力变化；再对另一物体分析，结合其平衡条件，找出与关键物体受力的关联，进而求解整体问题。分析时注意物体间相互作用力的关系，以及物体运动状态对受力的影响。

2. 角度变化问题

当题目中力的方向随角度变化时，以不变的力（通常是重力）为基准构建矢量三角形。将

力的方向变化转化为矢量三角形的角度或边长变化，借助圆的性质（如圆周角与直径的关系）等几何原理，直观判断其他力的大小变化趋势，高效解决问题。

例 7、如图所示，两个彩灯用电线 1、2、3 连接，悬吊在墙角，电线 1 与竖直方向的夹角 $\theta_1=30°$，电线 3 与水平方向的夹角 $\theta_2=37°$，不计电线的重力，$\sin37°=0.6$，$\cos37°=0.8$，则电线 1、3 上的拉力之比为（　）



A．5：6　　B．6：5　　C．8：5　　D．5：8

【答案】C

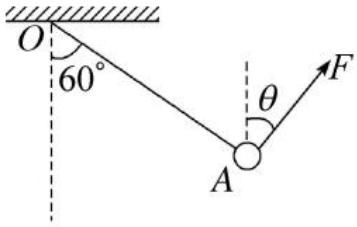
【解析】设电线 1、3 上的拉力大小分别为 F_1 和 F_2，对两个灯和电线 2 整体受力分析，根据平衡条件有

$F_1\sin30°=F_2\cos37°$

解得 $F_1:F_2=8:5$

故选 C。

例 8、如图所示，重力为 G 的小球用轻绳悬于 O 点，用力 F 拉住小球，使轻绳保持偏离竖直方向 60° 角且保持不变，当 F 与竖直方向的夹角为 θ 时 F 最小，则 θ、F 的值分别为（　　）

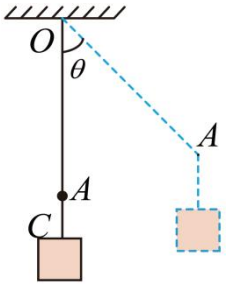


A．$\theta=60°$　　B．$\theta=45°$　　C．$F=\frac{\sqrt{3}}{2}G$　　D．$F=\frac{1}{2}G$

【答案】C

【解析】小球重力不变，位置不变，则绳 OA 拉力的方向不变，故当拉力 F 与绳 OA 垂直时，力 F 最小，故 $\theta=30°$，$F=G\cos\theta=\frac{\sqrt{3}}{2}G$，C 正确.

例 9、如图所示，细绳的一端悬于 O 点，细绳的另一端 C 点系一质量为 m 的物体，物体处于静止状态，现对细绳 OC 上的 A 点施加力 F（F 方向未知），缓慢地将物体拉起，使 OA 偏离竖直方向 $\theta=53°$，重力加速度为 g，$\sin53°=0.8$。则此时的 F 的最小值为（　）



A．$1.25mg$　　B．$0.6mg$　　C．$0.75mg$　　D．$0.8mg$

【答案】D

【解析】当 F 与 OA 垂直时，F 最小，故

$$F=mg\sin53^{\circ}=0.8mg$$

故选 D。

方法点拨

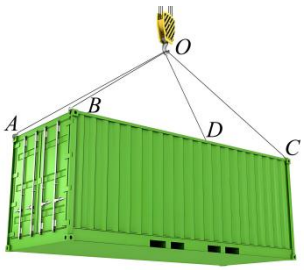
1. 连接体问题：整体 - 隔离法结合

对于连接体问题，若整体法无法求解全部未知量，需与隔离法结合。先整体分析确定部分力的关系，再隔离某个物体进一步研究内部相互作用力。

2. 动态平衡极值问题：抓不变量定方向

在动态平衡求极值的问题中，抓住不变的力（如小球重力大小和方向不变）和方向不变的力（轻绳拉力方向不变），通过构建力的矢量三角形。根据三角形的几何特性，当两个力的方向确定时，第三个力垂直于其中一个固定方向力时为最小值，以此快速确定极值力的方向和大小，无需复杂的数学推导，直观且高效。

例 10、如图所示，一质量为 m 的集装箱被吊在空中处于静止状态，集装箱 AB 宽 8 米，BC 长 20 米，钢索 AO、BO、CO、DO 的长度均为 14 米。已知钢索的质量远小于集装箱的质量，重力加速度为 g，则每根钢索的拉力大小为（　　）



A．$\frac{7\sqrt{5}}{50}mg$　　B．$\frac{7\sqrt{5}}{40}mg$　　C．$\frac{7\sqrt{5}}{30}mg$　　D．$\frac{7\sqrt{5}}{20}mg$

【答案】B

【解析】每根钢索与竖直方向夹角为θ，则$\sin\theta=\frac{\sqrt{AB^2+BC^2}}{2\times OA}=\frac{\sqrt{29}}{7}$

根据平衡条件得$4F_{\mathrm{T}}\cos\theta=mg$

解得$F_{\mathrm{T}}=\frac{7\sqrt{5}}{40}mg$

故选 B。

例 11、如图所示，无人机通过一根钢索与四根等长且不可伸长的轻绳连接运送至灾区的救灾物资，其中每根轻绳与竖直方向的夹角均为θ，救灾物资的质量为m，不计钢索的质量及空气阻力，重力加速度为g。若无人机竖直加速上升时，钢索上的拉力大小为F，则此时每根轻绳的拉力大小为（　　）

A．$\frac{mg}{4}$　　B．$\frac{mg}{4\cos\theta}$　　C．$\frac{F}{4\sin\theta}$　　D．$\frac{F}{4\cos\theta}$

【答案】D

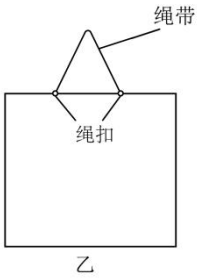
【解析】对轻绳和钢索的结点受力分析有$F=4T\cos\theta$

解得$T=\frac{F}{4\cos\theta}$

故选 D。

例 12、当今社会节能环保理念深入人心，每个公民都应尽量避免使用一次性塑料袋，减少白色污染。如图甲所示为一款环保袋，既可反复使用，又美观大方。手提环保袋静止时，简化示意图如图乙所示，设环保袋的重力大小为G，不考虑绳带的质量，下列说法正确的是（　　）

甲



乙

A．绳带中的张力大于$\frac{G}{2}$　　B．绳带中的张力等于$\frac{G}{2}$

C．若只缩短绳带长度，则绳带中的张力将减小　　D．若只减小两绳扣间距，则绳带中的张力将增大

【答案】A

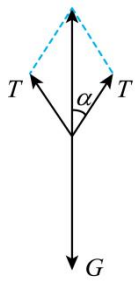
【解析】AB．对环保袋的受力分析如图所示，可知绳带中的张力$T=\frac{\frac{G}{2}}{\cos\alpha}>\frac{G}{2}$

故 A 正确，B 错误；

C．绳带长度缩短时，α 增大，$\cos\alpha$ 减小，绳带中的张力增大，故 C 错误；

D．减小两绳扣间距，α 减小，$\cos\alpha$ 增大，绳带中的张力减小，故 D 错误。

故选 A。



方法点拨

1. 对称结构简化

利用结构对称性，直接确定各拉力大小相等，只需分析一个方向的分力即可。

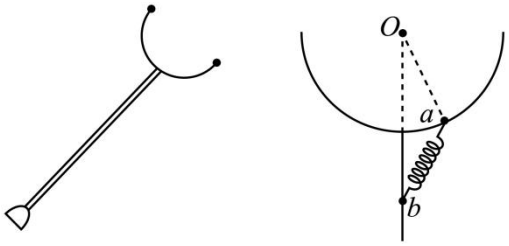
2. 几何关系优先

在空间力系中，几何关系是解题的关键。通过建立坐标系、计算距离和角度，将空间问题转化为平面问题。

3. 整体与隔离结合

根据问题需要，灵活选择整体法或隔离法。

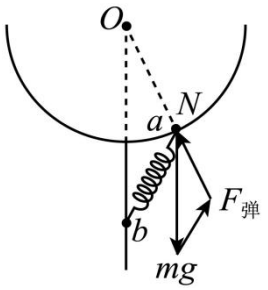
例 13、警用钢叉是一种常用的防暴器械，其前端为半圆形的叉头，后端为握柄。现将钢叉竖直放置，半圆环的圆心为 O，小球 a 套在半圆环上，小球 b 套在竖直杆上，两者之间用一轻弹簧连接。初始时小球 b 在外力作用下静止在竖直杆上，此时小球 a 静止在离半圆环最低点较近处，如图所示。现使小球 b 缓慢上移少许，两小球均可视为质点，不计一切摩擦，在移动过程中弹簧始终在弹性限度内，则半圆环对小球 a 的弹力（　）



A．一直增大　　B．一直减小　　C．先增大后减小　　D．先减小后增大

【答案】A

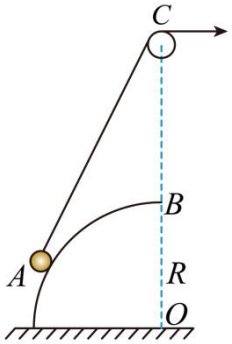
【解析】对 a 球受力分析，如图所示



由几何关系可知，力的矢量三角形与 $\triangle aOb$ 相似，则有 $\dfrac{mg}{Ob}=\dfrac{N}{Oa}$

在小球 b 缓慢上移过程中，Ob 逐渐减小，Oa 保持不变，则半圆环对小球 a 的弹力一直增大。

例 14、如图所示，圆心为 O、半径为 $R=1\text{m}$ 的四分之一圆形光滑轨道竖直固定在水平地面上，在 O 点正上方有一光滑的小定滑轮 C，小定滑轮到轨道最高点 B 的距离为 1.5m，轻绳的一端系一质量为 1kg 的小球（小球和小定滑轮均可视为质点），靠放在光滑圆形轨道上的 A 点，A 点到小定滑轮的距离为 2m，另一端绕过小定滑轮后用力拉住。重力加速度大小为 $g=10\text{m/s}^2$，则下列说法正确的是（　　）



A．小球静止在 A 点时，圆形轨道对小球的支持力大小 $F_{\mathrm{N}}=5\mathrm{N}$

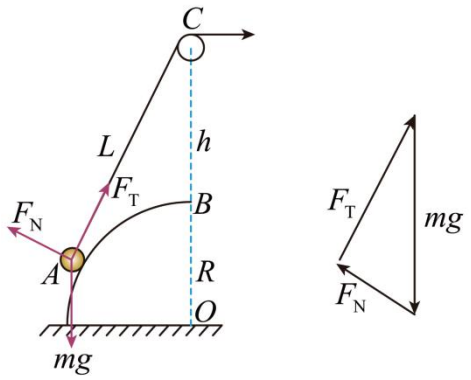
B．缓慢地拉轻绳使小球由 A 运动到 B，该过程中小球所受支持力大小不变

C．小球静止在 A 点时，绳对小球的拉力大小 $F_{\mathrm{T}}=10\mathrm{N}$

D．缓慢地拉轻绳使小球由 A 运动到 B，该过程中绳子拉力先变小后变大

【答案】B

【解析】AC．小球受力如图所示



由平衡条件可知，由图可知力的矢量三角形与几何三角形 $\triangle AOC$ 相似，则有 $\frac{mg}{R+h}=\frac{F_{\mathrm{N}}}{R}=\frac{F_{\mathrm{T}}}{L}$

解得 $F_{\mathrm{N}}=\frac{mgR}{R+h}=4\mathrm{N}, F_{\mathrm{T}}=\frac{mgL}{R+h}=8\mathrm{N}$，故 AC 错误；

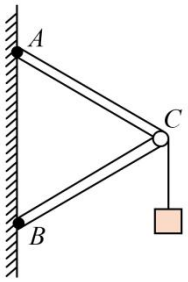
BD．缓慢地拉轻绳使小球由 A 运动到 B，根据 $F_{\mathrm{N}}=\frac{mgR}{R+h}, F_{\mathrm{T}}=\frac{mgL}{R+h}$，

其中 mg、R、h 均不变，L 逐渐减小，则由上式可知，F_{N} 不变，F_{T} 变小。

故 B 正确，D 错误。

故选 B。

例 15、（多选）如图所示，轻杆 AC 和轻杆 BC 的一端用光滑铰链连接在 C 点，另一端分别用光滑铰链固定在竖直墙壁上，将一质量为 m 的物块通过细线连接在 C 点并保持静止状态。已知重力加速度大小为 g，$AB=BC=AC$，下列说法正确的是（　　）



A．轻杆 AC 上的弹力大小为 mg

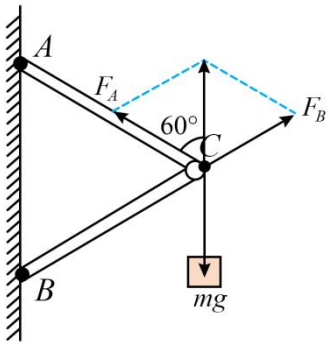
B．轻杆 BC 上的弹力大小为 $\frac{\sqrt{3}}{3}mg$

C．若将轻杆 AC 换成相同长度的细线，物块仍能静止在原来位置

D．若将轻杆 BC 换成相同长度的细线，物块仍能静止在原来位置

【答案】AC

【解析】AB．以 C 点为对象，进行受力分析，如图所示



由于 $\triangle ABC$ 为等边三角形，根据图中几何关系可得

$F_A = F_B = mg$

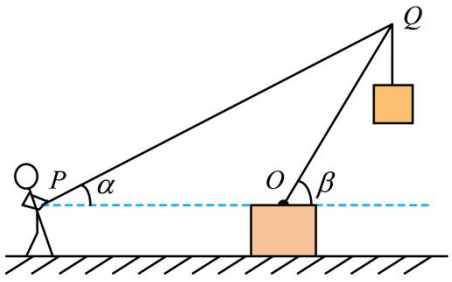
故 A 正确，B 错误；

C．若将轻杆 AC 换成相同长度的细线，则细线 AC 的拉力仍沿 AC 向上，物块仍能静止在原来位置，故 C 正确；

D．若将轻杆 BC 换成相同长度的细线，则细线 BC 的拉力应沿 CB 向下，物块不能静止在原来位置，故 D 错误。

故选 AC。

例 16、（多选）如图所示，小明用轻绳 PQ 拴住轻杆 OQ 的顶端，轻杆下端 O 用铰链固定在水平地面上某高度处，Q 端下方悬挂重物，轻绳 PQ 长度为定值。PQ 与水平方向夹角 $\alpha = 30°$，OQ 与水平方向夹角 $\beta = 60°$，下列说法正确的是（　）



A．轻绳 PQ 对 Q 端的拉力大于重物重力

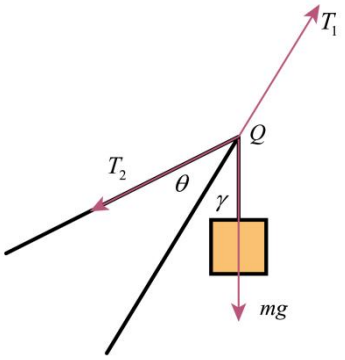
B．轻杆 OQ 对 Q 端的支持力等于重物重力的 $\sqrt{3}$ 倍

C．若小明拉住轻绳 P 端缓慢向右移动，轻绳 PQ 对 Q 端的拉力逐渐增大

D．若小明拉住轻绳 P 端缓慢向右移动，轻绳 PQ 对 Q 端的拉力逐渐减小

【答案】BC

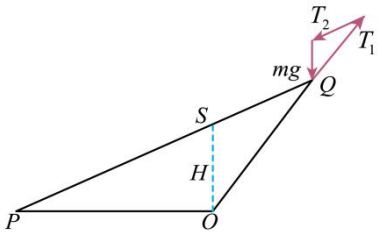
【解析】A．设物体的重力为 mg，轻杆的弹力为 T_1，轻绳的弹力为 T_2。选择 Q 点为研究对象，由于 OQ 为可旋转轻杆，则 Q 点所受杆的弹力方向沿杆指向 Q，Q 点所受轻绳的拉力沿绳指向 P。Q 点受力分析图如下



由几何关系可得，$\theta=\gamma=30^\circ$，OQ 为角平分线，则 $T_2=mg$，A 错误；

B．由 A 选项受力分析可知，$T_1=2mg\cos 30^\circ=\sqrt{3}mg$，B 正确；

CD．过 O 点向 PQ 做垂线交 PQ 于 S，设 O 距离水平 PQ 面的高度为 H，选择 Q 为研究对象，做矢量三角形如图所示



由几何关系可知，力的矢量三角形与几何三角形 OQS 相似，且满足 $\frac{mg}{SO}=\frac{T_2}{SQ}=\frac{T_1}{OQ}$，轻绳 P 端缓慢向右移动过程中，SO 减小，SQ 增大，则 T_2 增大，C 正确,D 错误。

故选 BC。

方法点拨

1. 精准分析受力：按重力、弹力、摩擦力、其他力顺序分析，标注力的方向和作用点。
2. 巧用整体隔离：整体法简化多物体分析，隔离法研究物体间内力。
3. 活用模型破题

对称结构：利用对称简化，结合几何求力。

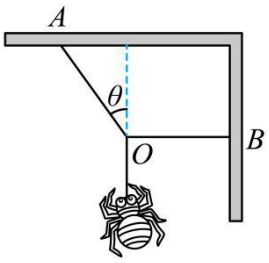
动态平衡：抓不变力，借矢量或相似三角形分析力的变化。

杆绳模型：轻绳受拉沿绳，轻杆弹力依类型确定。

4. 善用数学工具：用几何知识构建力的关系，计算后代入检验。

挖掘关键条件：关注 “缓慢”“光滑” 等临界、隐含条件，规范力的合成与分解 。

例 17、蜘蛛通过两根蛛丝（*OA* 和 *OB*）悬挂在树枝上保持平衡。初始时，蛛丝 *OA* 与竖直方向的夹角为θ，蛛丝 *OB* 水平，如图所示。若猎物在 *A* 点被蛛丝缠住并向右侧移动，蛛丝 *OB* 仍保持水平。蜘蛛始终静止，蛛丝形变量可忽略不计且蛛丝未断裂。下列说法正确的是（　　）



A．蛛丝 *OA* 的拉力逐渐减小，蛛丝 *OB* 的拉力逐渐增大

B．蛛丝 *OA* 的拉力逐渐增大，蛛丝 *OB* 的拉力逐渐减小

C．蛛丝 *OA* 和 *OB* 的拉力均逐渐增大

D．蛛丝 *OA* 和 *OB* 的拉力均逐渐减小

【答案】D

【解析】设蜘蛛的重力为 G，蛛丝 OA 的拉力为 F1，蛛丝 OB 的拉力为 F2，由平衡条件有$F_1\sin\theta=F_2$，

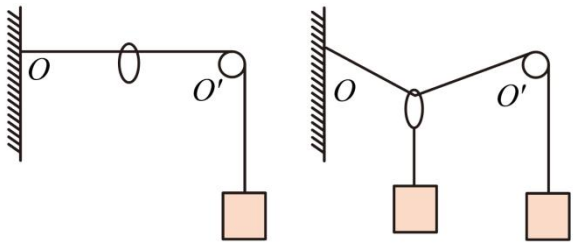
$F_1\cos\theta=G$

解得$F_1=\dfrac{G}{\cos\theta}$，$F_2=G\tan\theta$

当 θ 减小时，cos θ 增大，tan θ 减小，故 F1 减小，F2 也减小。

故选 D。

例 18、在例题中，若 *OO′* 段水平，长度为 *l*，轻绳上套有一可沿绳滑动的轻环。现在轻环上悬挂一重量为 *G* 的钩码，平衡后，下列说法正确的是（　　）

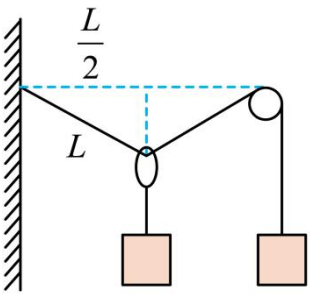


A．轻绳的张力变大　　B．物体上升的距离为 l

C．轻环一定在 OO' 这段绳的中间位置　　D．轻环下降的距离为 $\left(\sqrt{2}-1\right)l$

【答案】C

【解析】A．如图所示



挂上钩码后，绳子发生弯曲，但绳子的张力大小仍等于重物的重量 G，因此张力大小不变，故 A 错误；

B．根据力的平衡条件，绳子张角变为 $120°$，由于 OO' 段的距离为 l，根据三角形的边角关系，物体上升的距离 $H=2\times\dfrac{\frac{l}{2}}{\sin 60°}-l=\left(\dfrac{2\sqrt{3}}{3}-1\right)l$

故 B 错误；

C．由于两边对称，两边绳子拉力相等，因此轻环一定在 OO' 这段绳的中间位置，故 C 正确；

D．轻环下降的距离为 $h=\dfrac{\frac{1}{2}l}{\tan 60°}=\dfrac{\sqrt{3}}{6}l$

故 D 错误。

故选 C。

方法点拨

1. 受力分析抓关键：按序分析力，明确重力方向竖直向下，弹力（如蛛丝拉力）沿绳方向，确定力的方向与作用点。

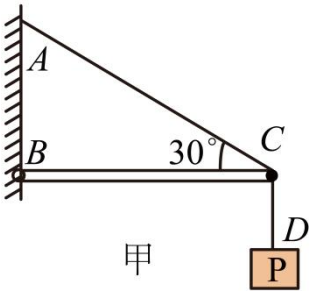
2. 平衡方程巧应用：利用物体平衡条件（合力为零）列方程，如正交分解建立水平、竖直方向平衡等式，求解拉力。

3. 变量分析定趋势：关注题目中变量（如角度、位置）变化，结合三角函数或几何关系判断力的变化，变化确定拉力增减。

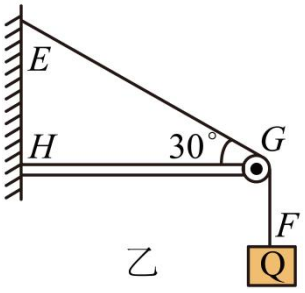
4. 对称特性助判断：针对对称结构，利用对称性判断，因两边拉力等大，确定轻环位置 。

5. 几何关系解问题：借助三角形边角关系等几何知识，求解力的大小或物体位置变化，如例 18 根据几何关系算物体上升、轻环下降距离。

例 19、如图甲所示，水平轻杆 BC 一端用光滑铰链固定在竖直墙上，另一端通过细绳 AC 固定，$\angle ACB=30°$，在轻杆的 C 端用轻绳 CD 悬挂一个重物 P；如图乙所示，水平轻杆 HG 一端固定在竖直墙上，另一端 G 处固定一个光滑定滑轮（重力不计），一端固定的轻绳 EG 跨过定滑轮栓接一个与 P 质量相等的重物 Q，$\angle EGH=30°$。BC、HG 两轻杆受到的弹力大小之比为（　　）



甲



乙

A．1:1　　B．$\sqrt{3}:1$　　C．$\sqrt{3}:2$　　D．$\sqrt{3}:3$

【答案】B

【解析】对图甲，以 C 点为研究对象，受力分析如图 1 所示，由平衡条件有 $F_1=\dfrac{mg}{\tan 30°}=\sqrt{3}mg$

根据牛顿第三定律可知，轻杆 BC 在 C 点受到的作用力大小 $F_1'=\sqrt{3}mg$

对图乙，以滑轮为研究对象，受力情况如图 2 所示，轻杆对滑轮的作用力与两绳对滑轮的合力等大反向，由几何关系有 $F_2=mg$

根据牛顿第三定律可知，轻杆 HG 在 G 点受到的作用力大小 $F_2'=mg$

故 $\dfrac{F_1'}{F_2'}=\dfrac{\sqrt{3}}{1}$

故选 B。

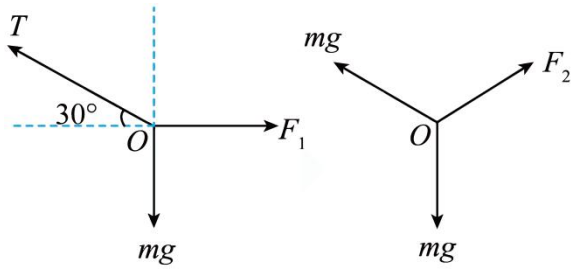
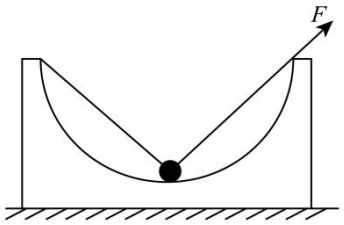


图1　　图2

例 20、如图，内壁截面为半圆形的光滑凹槽固定在水平面上，左右边沿等高。该截面内，一根不可伸长的细绳穿过带有光滑孔的小球，一端固定于凹槽左边沿，另一端过右边沿并沿绳方向对其施加拉力 F。小球半径远小于凹槽半径，所受重力大小为 G。若小球始终位于内壁最低点，则 F 的最大值为（　　）



A．$\frac{1}{2}G$　　B．$\frac{\sqrt{2}}{2}G$　　C．G　　D．$\sqrt{2}G$

【答案】B

【解析】分析可知当凹槽底部对小球支持力为零时，此时拉力 F 最大，根据平衡条件有 $2F_{\mathrm{m}}\cos 45^\circ = G$

解得 $F_{\mathrm{m}} = \frac{\sqrt{2}}{2}G$

故选 B。

方法点拨

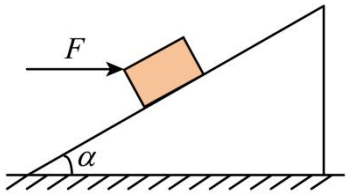
1. 精准对象选取与受力分析：明确研究对象（如结点、滑轮、小球），按重力、弹力等顺序分析受力，画示意图标注方向与作用点。

2. 巧用平衡条件与牛顿第三定律：利用物体平衡时合力为零列方程，结合牛顿第三定律确定施力物体受力，据此求轻杆受力大小。

3. 把握临界状态突破：关注临界条件（如支持力为零、物体即将滑动等）以凹槽对小球支持力为零为临界，求拉力最大值。

4. 几何关系辅助求解：借助三角函数、相似三角形等几何知识，根据力的矢量三角形或几何图形边角关系，确定力的大小和方向，通过几何关系计算力的大小比例。

例 21、在抗震救灾中，常常要把压在被困人员身上的建筑物抬起，以便施救。某次在山坡灾害救援中，为防止坡道上的石块下滑对下方被困人员造成二次伤害，救援人员采取适当的办法以防止石块下滑，可以简化如图，物体置于倾角为α的粗糙斜面上，斜面体放在粗糙的水平地面上，用水平力F推物体，物体及斜面体均保持静止，F适当减小时，物体、斜面体仍保持静止，则下列说法一定正确的是（　　）



A．物体所受的合力减小　　B．斜面体对物体的支持力减小

C．物体所受摩擦力减小　　D．地面对斜面体的支持力减小

【答案】B

【解析】A．因为物体始终保持静止，故物体所受合力始终为零，所以物体所受合力不变，故 A 错误；

B．对物体进行受力分析，物体受到重力mg、水平力F、斜面体的支持力N和摩擦力f，将重力沿斜面和垂直斜面方向分解，垂直斜面方向有$N=mg\cos\alpha+F\sin\alpha$

所以当F减小时斜面体对物体的支持力减小，故 B 正确；

C．摩擦力的方向需要分情况讨论

若$F\cos\alpha>mg\sin\alpha$，则摩擦力$f=F\cos\alpha-mg\sin\alpha$

F减小时，摩擦力减小

若$F\cos\alpha\le mg\sin\alpha$，则摩擦力$f=mg\sin\alpha-F\cos\alpha$

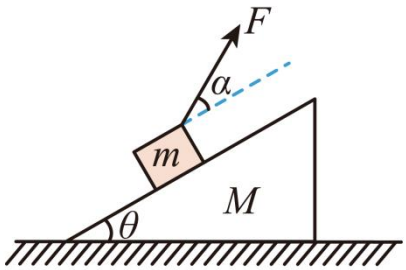
F减小时，摩擦力增大，所以物体所受摩擦力不一定减小，故 C 错误；

D．对物体和斜面体整体进行受力分析，整体受到重力$(M+m)g$、地面的支持力$N_{地}$、水平力F和摩擦力，在竖直方向上有$N_{地}=(M+m)g$

与F无关，所以地面对斜面体的支持力不变，故 D 错误。

故选 B。

例 22、质量为M的木楔倾角θ为$37°$，在水平面上保持静止。当将一质量为m的物块放在木楔斜面上时，它正好匀速下滑。如图所示，当用与木楔斜面成α角的力F拉物块，物块匀速上升（已知木楔在整个过程中始终静止）。可取$\sin37°=0.6$。下列说法正确的有（　　）



A．物块与斜面间的动摩擦因数为 0.75　　B．当 $\alpha=37°$ 时 F 有最小值

C．当 $\alpha=30°$ 时 F 有最小值　　D．F 的最小值为 $mg\sin 2\theta$

【答案】ABD

【解析】A．物块匀速下滑时，有 $mg\sin 37°=\mu mg\cos 37°$

解得 $\mu=0.75$

故 A 正确；

BCD．物块匀速上升时，有 $F\cos\alpha=mg\sin\theta+\mu\left(mg\cos\theta-F\sin\alpha\right)$

整理得 $F=\dfrac{mg\sin 2\theta}{\cos\left(\theta-\alpha\right)}$

可知当 $\alpha=\theta=37°$ 时 F 有最小值，最小值为 $F=mg\sin 2\theta$

故 BD 正确，C 错误。

故选 ABD。

方法点拨

1. 状态定合力：物体静止或匀速直线运动时合力为零，如例 21 中物体始终静止，合力不变，快速排除 A 选项。

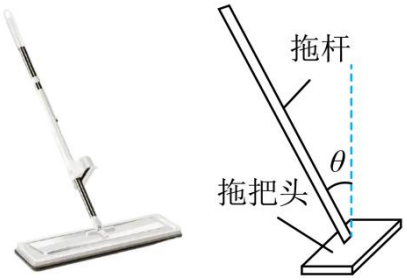
2. 对象巧选取：灵活用整体法与隔离法，例 21 对物体隔离分析支持力和摩擦力，对整体分析地面对斜面体支持力；例 22 隔离物块分析受力。

3. 正交分解析力：将力沿特定方向分解建立方程，例 21 将物体重力沿斜面和垂直斜面分解，确定支持力与 F 关系；例 22 沿斜面和垂直斜面方向建立方程求解。

4. 临界分类思：涉及摩擦力等方向不确定的力，要分类讨论，例 21 根据初始状态分情况分析 F 减小时摩擦力变化。

5. 公式变形寻优：对物理公式变形推导，如例 22 对力的平衡方程变形，结合三角函数性质求 F 最小值及对应条件。

例 23、（多选）拖把是由拖杆和拖把头构成的擦地工具（如图）。拖把头的质量为 m，拖杆质量可以忽略；拖把头与地板之间的动摩擦因数为常数μ，拖杆与竖直方向夹角为θ，重力加速度为 g，某同学用该拖把在水平地板上拖地时，沿拖杆方向施加力的作用。下列说法正确的是（　　）



A．若拖把静止，施加的推力大小不变，增大θ，拖把所受摩擦力一定增大

B．用大小不变的推力推动拖把运动时，增大θ，拖把所受摩擦力一定增大

C．若拖把做匀速直线运动，保持拖杆角度不变，沿拖杆方向推动与拉动所需力的比值为$\dfrac{\cos\theta+\mu\sin\theta}{\cos\theta-\mu\sin\theta}$

D．当θ小于某一个值时，无论用多大的力推动，都不能使拖把由静止开始运动

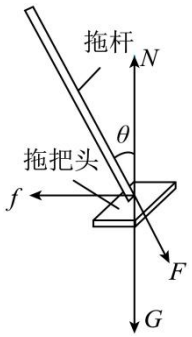
【答案】AD

【解析】A．若拖把静止，对其受力分析，由平衡条件，可得

$$F\sin\theta=F_{静}$$

施加的推力大小不变，增大 θ，拖把所受摩擦力一定增大，故 A 正确；

B．用大小不变的推力推动拖把运动时，对其受力分析，如图所示，



由平衡条件，可得

$$F\cos\theta+mg=N$$

根据

$$f=\mu N$$

联立，解得

$$f=\mu\left(F\cos\theta+mg\right)$$

增大 θ，拖把所受摩擦力一定减小，故 B 错误；

C．若拖把做匀速直线运动，保持拖杆角度不变，设沿拖杆方向推动所需的力为 F1，拉动所需力为 F2，由平衡条件，可得

$$F_1\sin\theta=\mu\left(F_1\cos\theta+mg\right),\quad F_2\sin\theta=\mu\left(mg-F_2\cos\theta\right)$$

联立，解得

$$\frac{F_1}{F_2}=\frac{\sin\theta+\mu\cos\theta}{\sin\theta-\mu\cos\theta}$$

故 C 错误；

D．设当 θ 小于某一个值时，无论用多大的力推动，都不能使拖把由静止开始运动，则有

$$F\sin\theta\le\mu\left(F\cos\theta+mg\right)$$

解得

$$\sin\theta-\mu\cos\theta\le\mu\frac{mg}{F}$$

上式右边总是大于零，且当 F 无限大时极限为零，则有

$$\sin\theta-\mu\cos\theta\le0$$

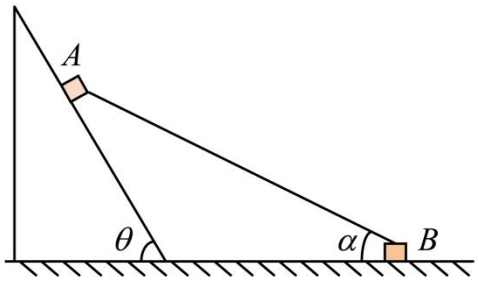
解得

$$\tan\theta\le\mu$$

可知当 θ 小于某一个值时，无论用多大的力推动，都不能使拖把由静止开始运动，故 D 正确。

故选 AD。

例 24、（多选）如图所示，质量 $M=3\text{kg}$，倾角 $\theta=60°$ 的斜面体放置在水平地面上，质量 $m_1=2\text{kg}$ 的物块 A（表面光滑）与质量 $m_2=1\text{kg}$ 的物块 B 通过轻杆连接在一起，连接处均为轻质铰链，物块 A 放置在斜面上，物块 B 放置在水平地面上，当轻杆与水平地面的夹角 $\alpha=30°$ 时，物块 A、B 与斜面体恰好静止。取重力加速度大小 $g=10\text{m/s}^2$，接触面间的最大静摩擦力等于滑动摩擦力。求：



(1)轻杆对物块 A 的弹力大小 F_1；

(2)物块 B 与水平地面间的动摩擦因数 μ_1；

(3)斜面体与水平地面间的动摩擦因数 μ_2。

【答案】(1)20N　　(2)$\frac{\sqrt{3}}{2}$　(3)$\frac{\sqrt{3}}{4}$

【解析】（1）对物块 A 受力分析，竖直方向上有

$$F_1\sin\alpha+FN_1\cos\theta=m_1g$$

水平方向上有

$$F_1\cos\alpha=FN_1\sin\theta$$

解得

$$F_1=m_1g=20N$$

（2）轻杆对物块 B 的弹力大小也为 F1 对物块 B 受力分析水平方向上有

$$F_1\cos\alpha=f_1$$

竖直方向上有

$$FN_2=m_2g+F_1\sin\alpha$$

其中

$$f_1=\mu_1FN_2$$

解得

$$\mu_1=\frac{\sqrt{3}}{2}$$

（3）对物块 A、斜面体构成的整体受力分析，竖直方向上有

$$FN_3+F_1\sin\alpha=(M+m_1)g$$

水平方向上有

$$F_1\cos\alpha=f_2$$

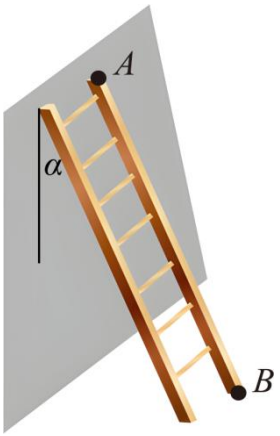
其中

$$f_2=\mu_2FN_3$$

解得

$$\mu_2=\frac{\sqrt{3}}{4}$$

例 25、如图所示，一架直梯斜靠在光滑的竖直墙壁上，下端处于粗糙的水平地面上，此时直梯和竖直墙的夹角为α，直梯处于静止状态。则下列说法正确的是（　　）



A．直梯受 5 个力作用

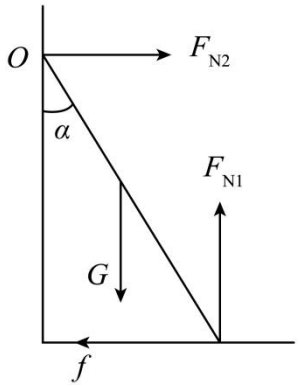
B．地面对直梯的支持力沿图中 BA 方向

C．若 α 角增大，直梯仍能静止，则地面对梯子的支持力增大

D．若 α 角增大，直梯仍能静止，则地面对梯子的摩擦力增大

【答案】D

【解析】AB．在竖直方向上，直梯受到重力、地面的支持力，因为竖直墙光滑，所以竖直墙对直梯没有摩擦力；在水平方向上，受到竖直墙的弹力，因为直梯处于静止状态，所以地面对梯子有向左的静摩擦力，因此直梯共受 4 个力的作用，地面对直梯的支持力与地面垂直，如图所示。



故 AB 错误；

C．地面对梯子的支持力与重力平衡，即有 FN1=G，与夹角无关，故 C 错误；

D．若 α 角增大，直梯仍能静止，以直梯与竖直墙的接触点 O 为转轴，设直梯长度为 L。

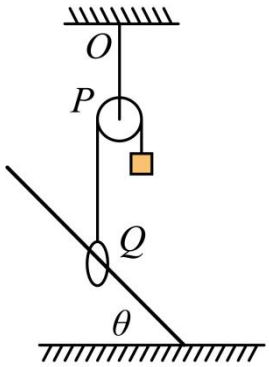
根据力矩平衡条件可得 $fL\cos\alpha+G\cdot\frac{L}{2}\sin\alpha=FN1L\sin\alpha$

则得 $f=\frac{1}{2}G\tan\alpha$

α 增大，则地面对梯子的摩擦力 f 增大，故 D 正确。

故选 D。

例 26、（多选）如图所示，将一光滑轻杆固定在水平地面上，杆与地面间的夹角为θ，一光滑轻环套在杆上，一个大小和质量都不计的滑轮用轻绳OP悬挂在天花板上，用另一轻绳绕过滑轮系在轻环上，轻绳另一端系一质量为m的小物块，用手扶住小物块使OP恰好在竖直方向。现用手扶着小物块使其缓慢向下运动，到达某位置时松手，小物块恰好可以保持静止，此时（已知重力加速度大小为g，小物块未碰杆或地面）（　　）



A．绳PQ与水平方向的夹角为$90°-\theta$　　B．绳PQ的张力大小为mg

C．绳OP与水平方向的夹角为$90°-\theta$　　D．绳OP的张力大小为$2mg\cos\frac{\theta}{2}$

【答案】ABD

【解析】A．再次平衡时，以轻环为对象，根据平衡条件可知，绳PQ与杆垂直，所以绳PQ与水平方向的夹角为$90°-\theta$，故 A 正确；

B．系统处于平衡状态，以小物块为对象，根据受力平衡可知，绳PQ的张力大小为mg，故 B 正确；

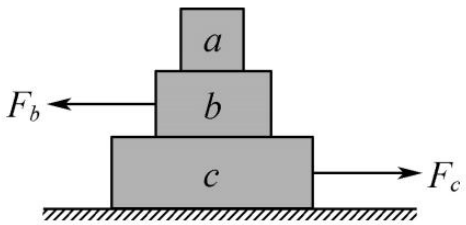
C．绳OP在PQ绳和系小物块的绳夹角的角平分线上，所以绳OP与水平方向的夹角为$90°-\frac{\theta}{2}$，故 C 错误；

D．根据平衡条件可得绳OP的张力大小为$T_{OP}=2T_{PQ}\cos\frac{\theta}{2}=2mg\cos\frac{\theta}{2}$

故 D 正确。

故选 ABD。

例 27、如图所示，a、b和c三个物块叠放在水平面上，水平力F_b、F_c分别作用于物块b、c上，$F_b=3\text{N}$，$F_c=6\text{N}$，a、b和c均保持静止．以f_1、f_2、f_3分别表示a与b、b与c、c与桌面间的静摩擦力大小，则（　　）



A．$f_1=3\text{N},f_2=3\text{N},f_3=3\text{N}$　　B．$f_1=0,f_2=3\text{N},f_3=3\text{N}$

C．$f_1=3\text{N},f_2=0,f_3=6\text{N}$　　D．$f_1=0,f_2=6\text{N},f_3=3\text{N}$

【答案】B

【解析】以a为研究对象，根据二力平衡可知b对a的静摩擦力大小$f_1=0$，以a、b整体为研究对象，根据二力平衡可知$f_2=F_b=3\text{N}$，再以三个物体整体为研究对象，根据二力平衡可知$f_3=F_c-F_b=3\text{N}$，故B正确．

方法点拨

1. 整体隔离 “灵活用”：多个物体时，状态相同且不涉及内力用整体法（如物块 A、斜面体整体）；需分析内力则隔离单个物体（如分别隔离物块 A、B）。

2. 平衡方程 “精准列”

正交分解：建立合适坐标系，将力分解列平衡方程，如拖把在水平和竖直方向列方程，物块 A 沿斜面和垂直斜面方向列方程。

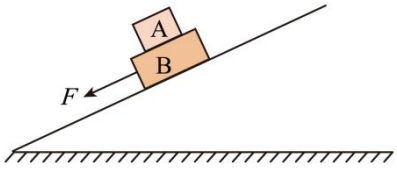
力矩平衡：有转动趋势物体，选转轴列力矩平衡方程，如直梯以与墙接触点为轴列方程。

3. 临界条件 “细挖掘”：关注 “恰好静止”“无论多大的力都不能” 等临界表述，如拖把推不动的临界情况，通过列方程求解临界值。

4. 几何关系 “辅助解”：利用力的矢量三角形、相似三角形、三角函数等，确定力的大小和方向关系，如轻环问题中利用几何关系确定绳与水平方向夹角 。

对点集训

1．如图所示，长方体物块A、B叠放在斜面上，B受到一个沿斜面方向的拉力F，两物块保持静止。B受力的个数为（　　）



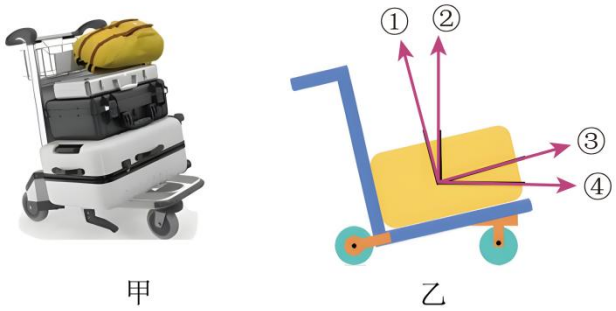
A．4　　B．5　　C．6　　D．7

【答案】C

【解析】根据题意，对 A 受力分析可知，受重力、B 的支持力，由于 A 静止，则 A 还受 B 沿斜面向上的静摩擦力，对 B 受力分析可知，受重力、斜面的支持力、A 的压力、拉力 F 、B 还受 A 沿斜面向下的摩擦力，由于 B 静止，则受沿斜面向上的摩擦力，即 B 受 6 个力作用。

故选 C。

2．2025 年 4 月 9 日，重庆江北国际机场 T3B 航站楼正式投用。小育同学在航站楼用如图甲所示的推车推着行李箱做匀速直线运动，推车及行李箱可以简化成如图乙所示模型。则推车对整个行李箱的作用力方向可能是（　　）



甲　　乙

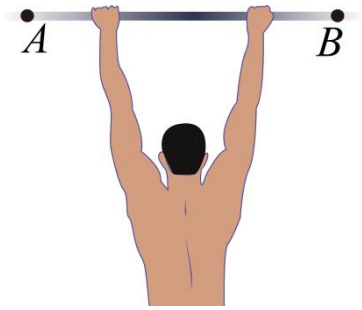
A．①　　B．②　　C．③　　D．④

【答案】B

【解析】行李箱做匀速直线运动，所受合外力为 0，推车对行李箱作用力与重力等大反向。

故选 B。

3．引体向上是锻炼人体臂力的一项重要体育项目。如图，某次某人双手吊在单杠上处于静止状态。下列说法正确的是（　　）



A．单杠对人的力和人受的重力是一对相互作用力

B．若两手改握单杠的 A、B 位置且仍处于静止状态，则人受的合力不变

C．若两手改握单杠的 A、B 位置且仍处于静止状态，则每只手臂上的力不变

D．单杠对人的力与单杠的微小形变方向相同

【答案】B

【解析】A．单杠对人的力和人对单杠的力是一对相互作用力，故 A 错误；

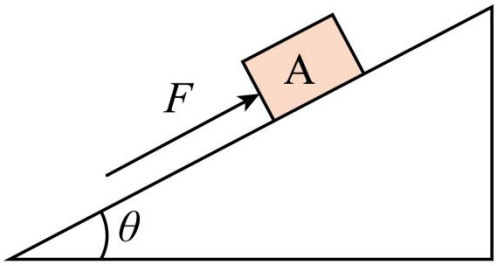
B．若两手改握单杠的 A、B 位置且人仍处于静止状态，则人受的合力仍为零，故 B 正确；

C．若两手改握单杠的 A、B 位置且人仍处于静止状态，由于两手臂力的夹角变大而合力不变，由力的合成知识可得，每只手臂上的力变大，故 C 错误；

D．单杠对人的力为弹力，弹力的方向与物体形变方向相反，单杠对人的弹力方向竖直向上，则单杠的微小形变方向竖直向下，与弹力方向相反，故 D 错误；

故选 B。

4．倾角为θ的斜面固定在水平面上，在斜面上放一个质量为M的物块 A，物块 A 和斜面之间的动摩擦因数为μ，且$\mu > \tan\theta$，现用一沿斜面向上的力F作用于 A 上，使其与斜面保持静止，则（　　）



A．物块 A 一定不受摩擦力的作用

B．当$F > mg\sin\theta$时，物块 A 所受摩擦力一定沿斜面向下

C．当$F < mg\sin\theta$时，物块 A 所受摩擦力摩擦力一定沿斜面向下

D．当$F < mg\sin\theta$的情况下逐渐增大时，物块 A 所受摩擦力一定沿斜面向下

【答案】B

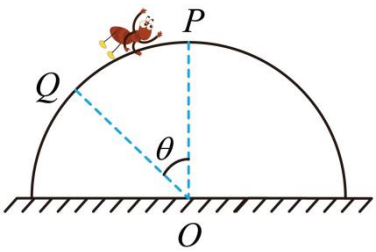
【解析】A．根据平衡条件可知，只有当$F = mg\sin\theta$时，物块 A 才不受摩擦力的作用，故 A 错误；

B．当$F > mg\sin\theta$时，由沿斜面方向受力平衡可知，物块 A 所受摩擦力沿斜面向下，故 B 正确；

CD．当$F < mg\sin\theta$时，由沿斜面方向受力平衡可知，物块 A 所受摩擦力摩擦力沿斜面向上，故 CD 错误。

故选 B。

5．如图所示，一个大理石半球静置在水平地面上，球心为O。一只小蚂蚁缓慢从图中Q点沿圆弧爬向半球面最高点P，运动过程中大理石半球始终保持静止。已知OQ与OP的夹角为$\theta = 45°$，在此过程中，下列说法正确的是（　）

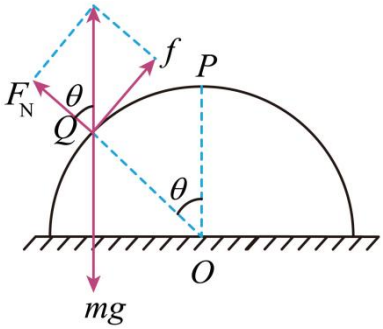


A．大理石半球对小蚂蚁的作用力变大　　B．大理石半球对小蚂蚁的支持力变小

C．地面对大理石半球的摩擦力始终为零　　D．地面对大理石半球的支持力变小

【答案】C

【解析】AB．对小蚂蚁受力分析如图所示



可知大理石半球对小蚂蚁的作用力为支持力与摩擦力的合力，大小始终等于蚂蚁的重力，保持不变；蚂蚁受到的摩擦力为 $f=mg\sin\theta$

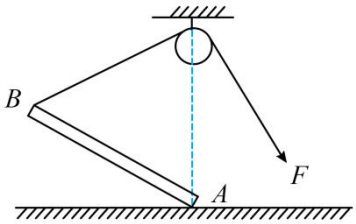
蚂蚁受到的支持力为 $F_N=mg\cos\theta$

小蚂蚁缓慢从图中 Q 点沿圆弧爬向 P 点的过程中 θ 逐渐变小，则小蚂蚁受到的支持力变大，摩擦力变小，大理石半球对小蚂蚁的作用力不变，故 AB 错误；

CD．选取大理石半球与小蚂蚁组成的整体为研究对象，可知二者只受到重力与地面的支持力，所以大理石半球受到地面的支持力始终大小等于二者重力的合力，保持不变，大理石半球与地面之间没有摩擦力的作用，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

6．如图所示，工人利用定滑轮通过绳索施加拉力 F，将一根均匀的钢梁 AB 拉起，定滑轮位于钢梁 A 端的正上方，拉起的过程中钢梁绕 A 端缓慢转动。拉力 F 的大小（　　）



A．始终不变　　B．逐渐增大

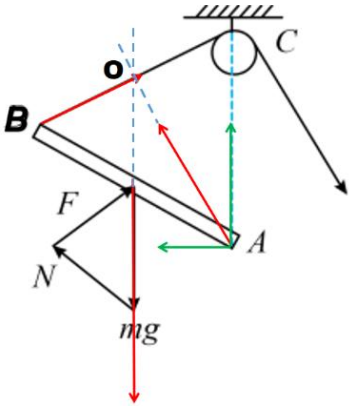
C．逐渐减小　　D．先增大后减小

【答案】C

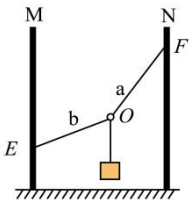
【解析】对钢梁 AB 受力分析，向下的重力 mg，细绳的拉力 F 以及地面对 A 点的作用力 N（摩擦力和支持力的合力），三个力的合力交于一点，组成力的封闭三角形，则由相似三角形可知 $\frac{mg}{CA}=\frac{F}{OC}$

则随着钢梁 B 点逐渐升高，则 OC 的减小，F 减小。

故选 C。



7．如图所示，竖直杆 M 、N 固定于地面，轻绳 a 一端固定于 N 杆上的 F 点，另一端与光滑轻质小圆环拴接于 O 点；轻绳 b 一端穿过小环后固定于 M 杆上的 E 点，另一端与小物体连接。若初始时刻 O 点的位置比 E 点高，整个系统处于静止状态，a 、b 绳上的拉力分别记为 F_a 和 F_b，则（　　）



A．仅将 E 点缓慢上移少许，F_a 增大　　B．仅将 E 点缓慢下移少许，F_b 增大

C．仅将 M 杆缓慢左移少许，F_b 减小　　D．仅将 M 杆缓慢左移少许，F_a 减小

【答案】D

【解析】A．两根绳子与水平方向的夹角分别为 α 、β，物块质量为 m，因为 b 绳跨过小圆环与物块相连，同一根绳子所以 $F_b=mg$

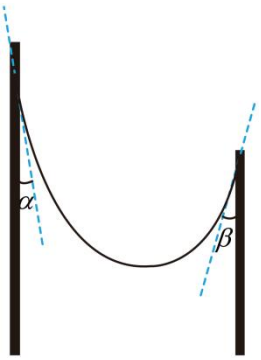
先将 E 点缓慢向上移动少许，两个 F_b 之间的夹角变大，所以两个力的合力减小，因为 F_a 与两个 F_b 的合力大小相等，方向相反，所以 F_a 减小，F_b 不变，A 错误；

B．将 E 点缓慢向下移动少许，两个 F_b 之间的夹角变小，所以两个力的合力变大，因为 F_a 与两个 F_b 的合力大小相等，方向相反，所以 F_a 变大，F_b 不变，B 错误；

CD．将 M 杆向左移动少许，β 减小，即两个 F_b 之间的夹角变大，所以两个力的合力变小，因为 F_a 与两个 F_b 的合力大小相等，方向相反，所以 F_a 减小，F_b 不变，C 错误，D 正确。

故选 D。

8．某登山营地在两座不等高的悬崖边缘设置了紧急救援滑索。滑索由质量为 m 的强化绳索制成，两端分别固定在高度不同的竖直支架上。安装时，左端绳索与支架的切线夹角为α，右端切线夹角为β。为确保受困人员滑降时的安全性，需计算滑索最低点（弧底）的张力大小。已知重力加速度为 g，求该张力表达式（　）

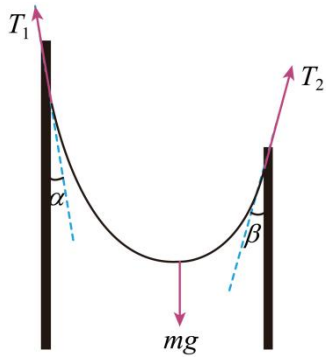


A．$mg\dfrac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin\alpha\sin\beta}$　　B．$mg\dfrac{\sin\alpha\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)}$

C．$mg\dfrac{\cos\alpha\cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)}$　　D．$mg\dfrac{\cos(\alpha+\beta)}{\cos\alpha\cos\beta}$

【答案】B

【解析】对绳子受力分析如图所示



其中 T_1、T_2 分别是左右悬点对绳子的拉力大小，设重绳最低点（弧底）的张力大小为 F，分析可知其方向为水平方向，对重绳最低点左半部分，由平衡条件有 $T_1\sin\alpha=F$

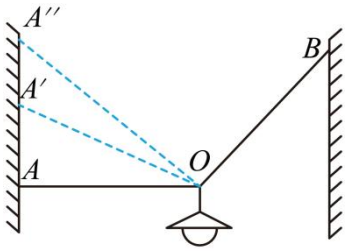
对重绳最低点右半部分，由平衡条件有 $T_2\sin\beta=F$

对重绳，由平衡条件有 $T_2\cos\beta+T_1\cos\alpha=mg$

联立解得 $F=mg\dfrac{\sin\alpha\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)}$

故选 B。

9．如图，重力为 G 的电灯悬挂于两墙壁之间，更换水平绳 OA，使连接点 A 沿墙向上移动而保持结点 O 的位置和 OB 绳的位置不变。则在 A 点向上移动的过程中，下列判断中正确的是（　　）

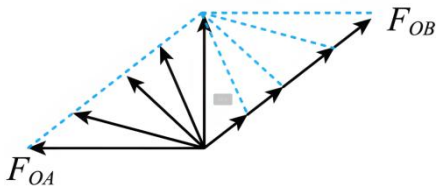


A．绳 OB 的拉力先增大后减小　　B．绳 OB 的拉力先减小后增大

C．绳 OA 的拉力先增大后减小　　D．绳 OA 的拉力先减小后增大

【答案】D

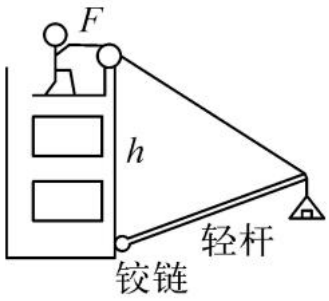
【解析】以 O 点为研究对象，O 处于平衡状态，根据受力平衡，则 AO 上的力与 BO 上的力的合力与重力大小相等，方向相反，如图



由图可知，在 A 点向上移动的过程中，绳子 OB 上的拉力逐渐减小，OA 上的拉力先减小后增大，D 选项符合题意。

故选 D。

10．市民居家隔离期间锻炼了厨艺的同时还产生了很多的奇思妙想。其中一位隔离者通过如图所示的装置在与志愿者不接触的情况下将吊篮中的生活用品缓慢拉到窗口，图中轻绳的一端拴在轻杆上，另一端绕过定滑轮（不计一切摩擦）。下列说法正确的是（　　）

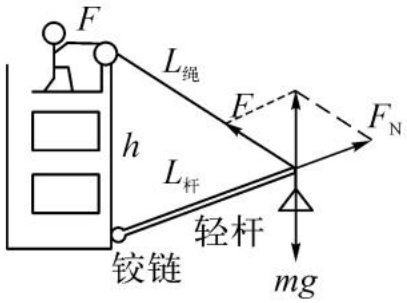


A．此人手上所受的拉力 F 始终不变　　B．此人手上所受的拉力 F 先减小，后增大

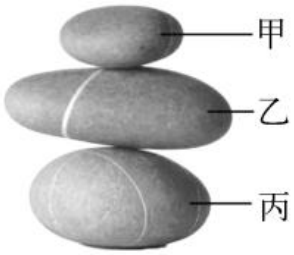
C．轻杆所受压力一直增大　　D．轻杆所受压力大小始终不变

【答案】D

【解析】受力分析如图所示，由几何关系可知$\frac{F}{L_{绳}}=\frac{mg}{h}=\frac{F_N}{L_{杆}}$，由题意可知，$mg$、h 和$L_{杆}$不变，$L_{绳}$变小，则 F 变小，$F_N$不变，D 正确。



11．如图所示，叠放在一起的甲、乙、丙三块石头均处于静止状态，下列说法中正确的是（　　）



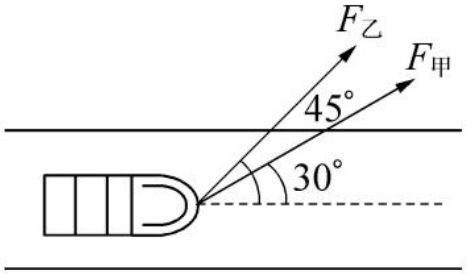
A．甲对乙的压力大于乙对甲的支持力　　B．丙对乙的支持力和甲对乙的压力的大小相等

C．乙受到两个力的作用　　D．甲对乙的压力和乙对甲的支持力是一对相互作用力

【答案】D

【解析】丙对乙的支持力等于甲、乙的重力之和，甲对乙的压力大小等于甲的重力，可知丙对乙的支持力大于甲对乙的压力的大小，B 错误；乙受到自身的重力、甲对乙的压力和可能存在的摩擦力，丙对乙的支持力和可能存在的摩擦力的作用，C 错误；甲对乙的压力和乙对甲的支持力是一对相互作用力，大小相等，A 错误，D 正确。

12．如图所示，甲、乙、丙三人分别在两岸用绳拉小船在河流中行驶，已知甲的拉力大小为800N，方向与航向夹角为30°，乙的拉力大小为600N，方向与航向夹角为45°，要保持小船在河流正中间沿虚线所示的直线行驶，则丙用力最小为（　　）

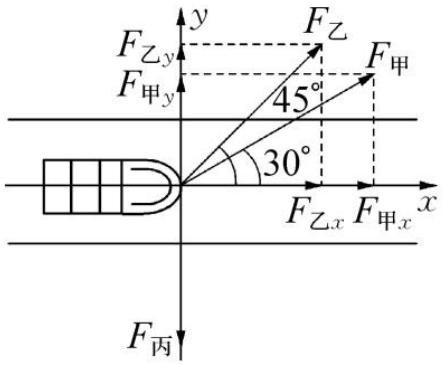


A．与$F_{甲}$、$F_{乙}$的合力方向相反，大小为1200N　　B．与$F_{甲}$、$F_{乙}$的合力方向相反，大小为$1000\sqrt{2}$N

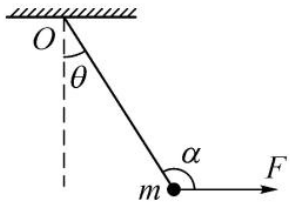
C．与河岸垂直，大小约为746N　　D．与河岸垂直，大小约为824N

【答案】D

【解析】如图所示，沿着河流方向建立平面直角坐标系，要保持小船在河流中间线方向直线行驶，甲、乙、丙合力必沿图中 x 轴正方向，即 y 方向合力为零，当 F 丙沿着 y 轴负方向并恰好等于$F_{甲y}$与$F_{乙y}$之和时值最小，由图可知，$F_{丙\min}=F_{乙}\sin 45°+F_{甲}\sin 30°=300\sqrt{2}\text{N}+400\text{N}\approx 824\text{N}$，D 正确。



13.（多选）将一可视为质点、质量为m的小球用轻质柔软的细线悬挂于天花板上的O点，在外力F、细线拉力F_T和重力mg的作用下处于平衡状态。细线与竖直方向的夹角为θ，与F的夹角为α，开始时F水平，则下列说法正确的是（　　）



A．保持θ角及小球位置不变，逐渐缓慢减小α角直至F竖直向上，则F、F_T都逐渐减小

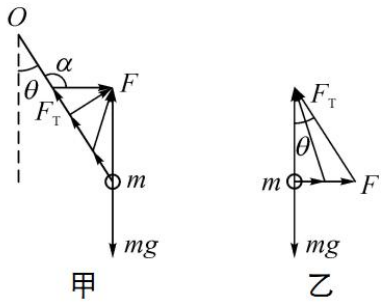
B．保持F水平，逐渐缓慢增大θ角，则F、F_T都逐渐增大

C．只增加细线的长度，其他条件不变，F、F_T 不变

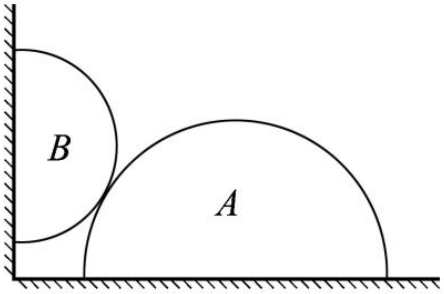
D．只增加细线的长度，其他条件不变，F、F_T 都减小

【答案】BC

【解析】对小球受力分析，如图甲所示，θ 角不变，α 角减小到 $90°$ 时，F 最小，因此 α 角减小的过程中，F_T 逐渐减小，F 先减小后增大，A 错误；保持 F 水平，如图乙所示，$F=mg\tan\theta, F_{\mathrm{T}}=\dfrac{mg}{\cos\theta}$，$\theta$ 增大时，F、F_T 都逐渐增大，B 正确；只增加细线的长度，对 F、F_T 没有影响，C 正确，D 错误。



14．（多选）如图所示，在粗糙水平地面上放着一个截面为半圆的柱状物体 A，A 与竖直墙之间放一光滑半圆球 B，整个装置处于静止状态。已知 A、B 两物体的质量分别为 m_A 和 m_B，则下列说法正确的是（　　）



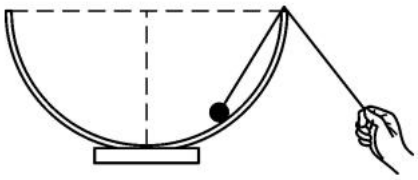
A．A 物体对地面的压力大小为 m_Ag　　B．A 物体对地面的压力大小为 $(m_A+m_B)g$

C．地面对 A 物体有向左的摩擦力　　D．地面对 A 物体没有摩擦力

【答案】BC

【解析】C 解析：对 A、B 整体，根据受力平衡可得 $N=(m_A+m_B)g$，由牛顿第三定律可知，A 物体对地面的压力大小为 $(m_A+m_B)g$，故 A 错误，B 正确；以 B 为研究对象，可知竖直墙对 B 有水平向右的弹力作用，对 A、B 整体，根据受力平衡可知，地面对 A 物体有向左的摩擦力，故 C 正确，D 错误。

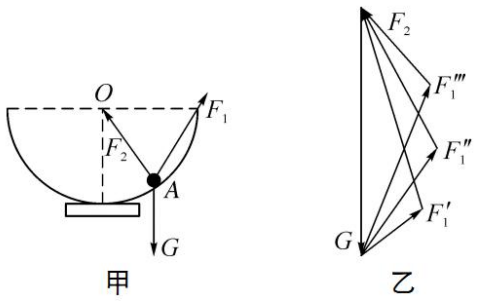
15．（多选）如图所示，有一表面光滑的半球形瓷碗，碗内壁有一可以看作质点的金属小球，用柔软的细绳系住小球，细绳跨过光滑的碗口，另一端用手拉住。设小球的重力为 G，细绳的拉力为 F_1，碗壁对小球的支持力为 F_2，在手拉细绳使得小球沿着碗壁缓慢上升的过程中，下面说法正确的是（　　）



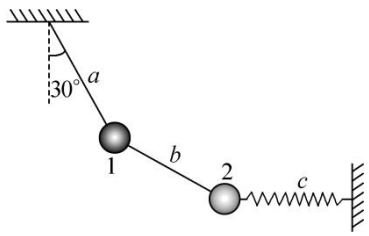
A．F_1逐渐增大　B．F_2逐渐增大　C．F_1先减小后增大　D．F_2逐渐减小

【答案】AD

【解析】对小球受力分析，如图甲所示。当小球逐渐向上移动时，画出力的矢量三角形，如图乙所示，F_1与竖直方向的夹角逐渐减小，F_2与竖直方向的夹角逐渐变大，由平行四边形法则可知F_1逐渐变大，F_2逐渐减小，A、D 正确，B、C 错误。



16．用两根细线 a、b 和一根轻弹簧 c 将质量均为 m 的两个小球 1 和 2 连接并悬挂，如图所示。两小球处于静止状态，细线 a 与竖直方向的夹角为 30°，弹簧 c 水平。重力加速度大小为 g，求：



(1)细线 a 与弹簧 c 分别对小球 1 和 2 的拉力大小；

(2)细线 b 对小球 2 的拉力大小。

【答案】(1)$F_a=\frac{4\sqrt{3}mg}{3}$，$F_c=\frac{2\sqrt{3}mg}{3}$　(2)$F_b=\frac{\sqrt{21}mg}{3}$

【解析】（1）对小球 1 与 2 组成的整体进行分析，由平衡条件可得 $F_a\cos 30°=2mg$

$F_a\sin 30°=F_c$

解得 $F_a=\frac{4\sqrt{3}mg}{3}$

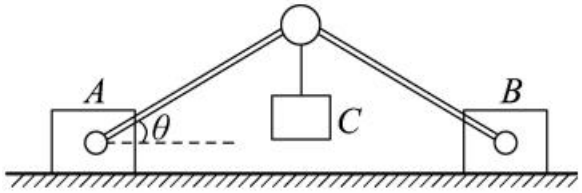
$F_c=\frac{2\sqrt{3}mg}{3}$

（2）对小球 2 进行受力分析，细线 b 对小球 2 的拉力大小为 $F_b=\sqrt{F_c^2+(mg)^2}$

解得 Fb＝$\frac{\sqrt{21mg}}{3}$

综合演练

17．如图所示，质量均为 M 的 A、B 两滑块放在粗糙水平地面上，两轻杆等长，杆与滑块、杆与杆间均用光滑铰链连接，在两杆铰合处悬挂一质量为 m 的重物 C．整个装置处于静止状态，设杆与水平地面间的夹角为 θ。下列说法错误的是（　　）



A．当 m 一定时，θ 越大，每根轻杆对滑块的弹力越小

B．当 M、m 一定时，每个滑块对地面的压力大小为 $(2M+m)g$

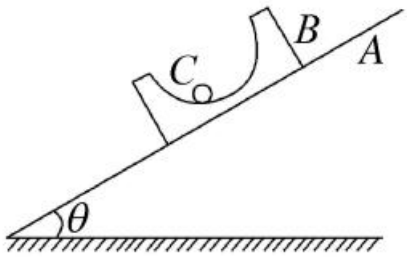
C．当 m 和 θ 一定时，每个滑块与地面间的摩擦力大小为 $\frac{mg}{2\tan\theta}$

D．若最大静摩擦力可视为等于滑动摩擦力，当 $\tan\theta \geq \frac{1}{\mu}$ 时，无论怎样增大 m，都不能使 M 沿地面滑动

【答案】B

【解析】根据力的平行四边形定则，有 $F_1 = F_2 = \frac{\frac{1}{2}mg}{\sin\theta} = \frac{mg}{2\sin\theta}$，故 m 一定时，θ 越大，轻杆受力越小，则轻杆对滑块的弹力越小，A 正确；对 A 、B 、C 整体进行受力分析可知，对地压力为 $F_{N1} = (2M+m)g$，因此每个滑块对地的压力大小为 $F_{N2} = Mg + \frac{1}{2}mg$，B 错误；对滑块 A 受力分析，受重力，杆的推力，地面的支持力和向右的摩擦力，根据平衡条件有 $f = F_1\cos\theta = \frac{mg}{2\tan\theta}$，C 正确；滑块不能沿地面滑动时满足 $\mu F_{N2} \geq F_1\cos\theta$，即 $\mu\left(Mg + \frac{1}{2}mg\right) \geq \frac{mg}{2\tan\theta}$，解得 $\mu \geq \frac{1}{\left(\frac{2M}{m}+1\right)\tan\theta}$，当 $m \to \infty$ 时，有 $\mu \geq \frac{1}{\tan\theta}$，即当 $\tan\theta \geq \frac{1}{\mu}$ 时，无论怎样增大 m，都不能使 M 沿地面滑动，D 正确。

18．如图所示，小球 C 置于光滑的半球形凹槽 B 内，B 放在长木板 A 上，整个装置处于静止状态。现缓慢减小 A 的倾角 θ，下列说法中正确的是（　　）



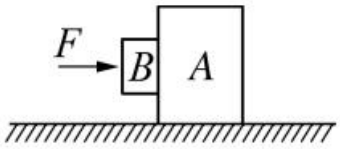
A．C 受到的支持力逐渐变大　　B．C 受到的支持力大小不变

C．C 对 B 的压力逐渐变大　　D．C 对 B 的压力逐渐变小

【答案】B

【解析】小球 C 受支持力和自身重力两个力的作用处于平衡状态，重力与支持力二力平衡，所以小球所受的支持力大小始终等于重力的大小，小球对 B 的压力等于小球所受的支持力，也保持不变，B 正确。

19．如图所示，滑块 A 置于水平地面上，滑块 B 在一水平力 F 作用下紧靠滑块 A（A、B 接触面竖直），此时 A 恰好不滑动，B 刚好不下滑，已知 A 与 B 间的动摩擦因数为 μ_1，A 与地面间的动，摩擦因数为 μ_2，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，则 A 与 B 的质量之比为（　　）

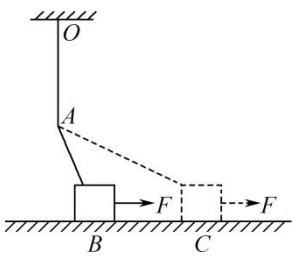


A．$\dfrac{1}{\mu_1\mu_2}$　　B．$\dfrac{1-\mu_1\mu_2}{\mu_1\mu_2}$　　C．$\dfrac{1+\mu_1\mu_2}{\mu_1\mu_2}$　　D．$\dfrac{2+\mu_1+\mu_2}{\mu_1\mu_2}$

【答案】B

【解析】B 恰好不下滑时，以滑块 B 为研究对象，$\mu_1 F = m_B g$；A 恰好不滑动，以 A、B 整体为研究对象，则 $F = \mu_2\left(m_A g + m_B g\right)$，所以 $\dfrac{m_A}{m_B} = \dfrac{1-\mu_1\mu_2}{\mu_1\mu_2}$，B 正确.

20．如图所示，橡皮筋的一端固定在 O 点，另一端拴一个物体（可视为质点），O 点的正下方 A 处有一垂直于纸面的光滑细杆，OA 为橡皮筋的自然长度。已知橡皮筋的弹力与伸长量成正比，现用水平拉力 F 使物体在粗糙的水平面上从 B 点沿水平方向匀速向右运动至 C 点，运动过程中橡皮筋处于弹性限度内，且物体对水平面始终有压力。下列说法正确的是（　　）



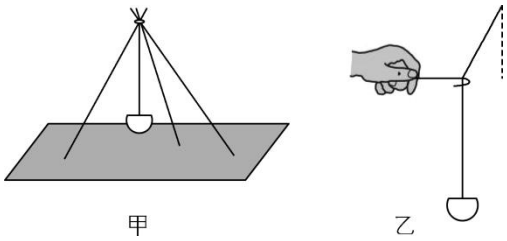
A．物体所受水平面的摩擦力逐渐变小　　B．物体所受水平面的支持力先减小后增大

C．橡皮筋对细杆水平方向的作用力先增大后减小　D．水平拉力 F 变大

【答案】D

【解析】设橡皮筋的劲度系数为 k，刚开始运动时，橡皮筋的伸长量为 l0，则物体受到地面的支持力 FN＝mg－kl0，所受的摩擦力 f＝μFN＝μ（mg－kl0）。物块从 B 向右移动距离 x，橡皮筋伸长量为 l，与水平方向的夹角为 θ，橡皮筋对细杆水平方向的作用力 N＝kl cos θ＝kx，可知对细杆的作用力增大；物体受到地面的支持力 F′N＝mg－kl sin θ＝mg－kl0＝FN，因此物体所受地面的支持力保持不变；所受的摩擦力 f′＝μF′N＝μ（mg－kl0）＝f，即所受的摩擦力保持不变；水平拉力 F＝kl cos θ＋f′＝kx＋μ（mg－kl0），因此水平拉力逐渐增大。故选 D。

21．如图甲所示，野营三脚架由三根对称分布的轻质细杆构成，炊具与食物的总质量为 m，各杆与竖直方向的夹角均为θ。盛取食物时，用光滑铁钩缓慢拉动吊绳使炊具偏离火堆，如图乙所示，重力加速度为 g。下列说法正确的是（　　）



A．拉动吊绳的过程中，铁钩对吊绳的作用力沿水平方向

B．拉动吊绳的过程中，铁钩上半部分吊绳的作用力变大

C．烹煮食物时，若θ=30°，则三根细杆受到地面的摩擦力大小均为$\frac{\sqrt{3}}{9}mg$

D．烹煮食物时，若θ=30°，则三根细杆对地面的作用力大小均为$\frac{1}{3}mg$

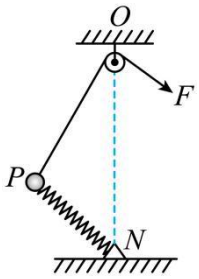
【答案】C

【解析】

拉动吊绳的过程中，绳子的节点受到竖直向下的绳子拉力、斜向上的绳子拉力以及铁钩对吊绳的作用力。在拉动吊绳的过程中，斜向上的绳子拉力的方向改变，根据共点力平衡可知，铁钩对吊绳的作用力与竖直绳子与倾斜绳子拉力的对角线在同一直线上，故 A 错误；拉动吊绳的过程中，绳子的拉力不变，两绳子间的夹角变小，则合力变大，所以铁钩受到吊绳的作用力越来越大，故 B 错误；烹煮食物时，三根细杆受到地面的摩擦力大小均为 f＝Fsin 30°＝$\frac{\sqrt{3}}{9}$mg，故 C 正确；设细杆的作用力为 F，在竖直方向，根

据共点力平衡有 3Fcos 30°＝mg，解得 F=$\frac{2\sqrt{3}}{9}$mg，则烹煮食物时，三根细杆对地面的作用力大小均为$\frac{2\sqrt{3}}{9}$mg，故 D 错误。故选 C。

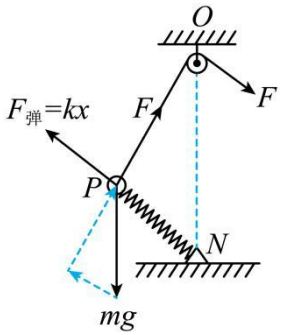
22．如图所示，水平天花板下方固定一光滑小定滑轮 O，一轻质弹簧一端固定在定滑轮的正下方 N 处，另一端与小球 P 连接，同时一轻绳跨过定滑轮与小球 P 相连。开始时在外力 F 作用下系统在图示位置静止。改变 F 大小使小球 P 缓慢移动，在小球 P 到达 N 点正上方前，下列说法正确的是（　　）



A．外力 F 大小不变　　B．外力 F 逐渐变大　　C．弹簧弹力逐渐变小　　D．小球运动轨迹是圆弧

【答案】D

【解析】AB．对小球 P 进行受力分析，三力构成矢量三角形，如图所示

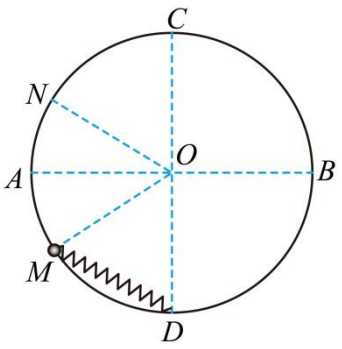


根据几何关系可知两三角形相似，因此$\frac{mg}{ON}=\frac{kx}{PN}=\frac{F}{OP}$

缓慢运动过程 OP 越来越小，则 F 逐渐减小，故 AB 错误；

BD．由$\frac{mg}{ON}=\frac{kx}{PN}=\frac{F}{OP}$可知如果 PN 增大，则 x 会先减小，如果 PN 减小，则 x 会增大，该等式不可能成立，所以弹簧的形变量保持不变，弹簧弹力大小始终不变，小球运动轨迹是圆弧，故 D 正确，C 错误。故选 D。

23．如图所示，半径为 R 的光滑圆环固定在竖直平面内，AB 为圆的水平直径，CD 为竖直直径，O 为圆心。质量为 m 的小球套在圆环上，弹簧的一端与小球连接，另一端固定在圆环的 D 点，开始时小球静止在 M 点，弹簧始终处于弹性限度内。现对小球施加竖直向上的拉力 F，使小球缓慢运动至 N 点，OM、ON 与 OA 的夹角均为30°，经过 A 点时 F 大小等于 mg。已知重力加速度为 g，则下列说法正确的是（　　）



A．弹簧劲度系数为$\frac{mg}{R}$

B．小球静止在 M 点时弹簧对小球的弹力大小为 $2mg$

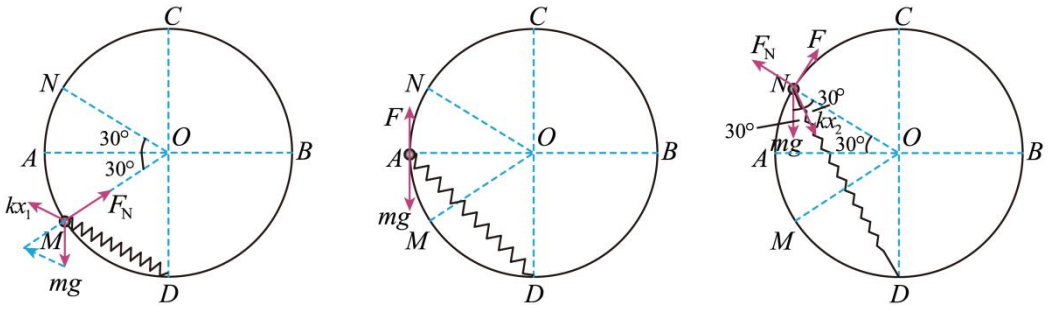
C．小球在 N 点时弹簧对小球的弹力大小为$\left(\sqrt{3}-\sqrt{2}\right)\left(\sqrt{2}+1\right)mg$

D．小球从 M 点缓慢运动到 A 点的过程中圆环对小球的弹力大小逐渐增大

【答案】C

【解析】B．圆环光滑，小球经过 A 点时 F 大小等于 mg，则小球在 A 点时弹簧处于原长，原长为$\sqrt{2}R$；

小球在 M、A、N 三点的受力情况如下图所示：



小球在 M 点时，由平衡条件可知：$\frac{mg}{OD}=\frac{F_N}{OM}=\frac{kx_1}{MD}$

又$OD=OM=MD=R$

则$kx_1=mg$，故 B 错误。

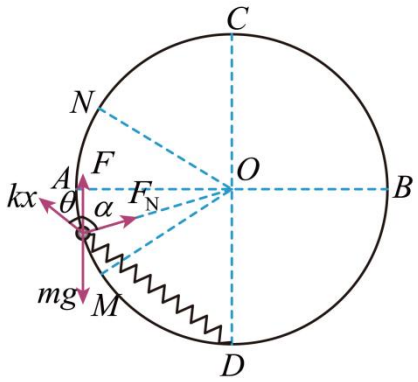
A．$x_1=\sqrt{2}R-R$

则$k=\frac{mg}{\left(\sqrt{2}-1\right)R}=\frac{\left(\sqrt{2}+1\right)mg}{R}$，故 A 错误；

C．在 N 点，$x_2=2R\cos 30°-\sqrt{2}R$

得$kx_2=\left(\sqrt{3}-\sqrt{2}\right)\left(\sqrt{2}+1\right)mg$，故 C 正确；

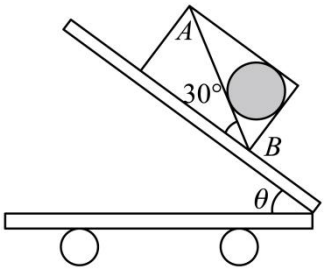
D．小球从 M 到 A 过程中任意一点受力如图所示：



由平衡条件可知$kx\sin\theta = F_N\sin\alpha$，x、$\theta$减小，$\alpha$增大，故$F_N$减小，故 D 错误。

故选 C。

24．如图所示，某自卸式货车车厢上放有一箱货物，货箱内有一光滑的倾斜隔板AB，其与货箱底部的夹角为30°，隔板与货箱右壁之间放有一圆柱状工件，货车在卸货过程中，车厢倾角θ缓慢增大到37°，货箱一直相对车厢底板静止，下列说法正确的是（　　）



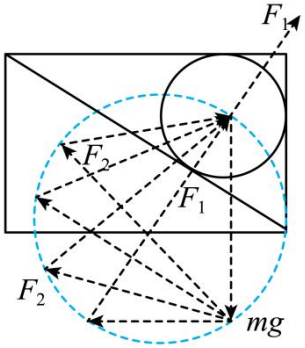
A．车厢对货箱的支持力逐渐增大　　B．车厢对货箱的摩擦力逐渐减小

C．工件对隔板的压力不断减小　　D．工件对货箱右壁的压力一直减小

【答案】C

【解析】AB．货箱缓慢移动，货箱所受合外力为零，车厢对货箱的支持力与摩擦力夹角不变，故三力组成的顺接闭合三角形三个顶点在同一个圆周上，可知车厢倾角增大过程中，车厢对货箱的支持力一直减小，摩擦力一直增大，故 AB 错误；

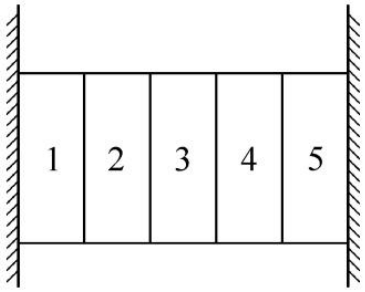
CD．对工件受力分析，如图所示



隔板对工件的弹力为F_1，货箱右壁对工件的弹力为F_2，二力夹角α保持不变，所以三力组成的顺接闭合三角形三个顶点在同一个圆周上，由图可知车厢倾角θ缓慢增大到37°过程中，F_2一直增大，F_1逐渐减小，由牛顿第三定律知，工件对隔板的压力不断减小，工件对货箱右壁的压力一直增大，故C正确，D错误。

故选C。

25.（多选）建筑工人除了以勤劳、朴实的态度工作、生活，也通过越来越发达的网络平台，向人们展示了工地“打工人”的不易。如图所示，工地上的建筑工人用砖夹搬运5块相同的砖，当砖处于平衡状态时，下列说法正确的是（　　）



A．砖夹对砖块的水平压力越大，1、5两块砖受到的摩擦力越大

B．3受到2施加的摩擦力大小等于自身重力的一半

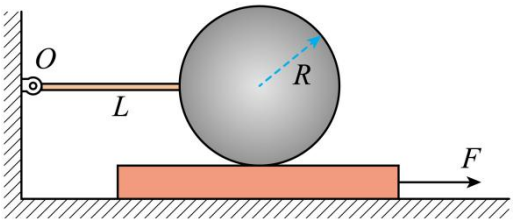
C．4对3的摩擦力方向竖直向下

D．1受到2施加的摩擦力与4受到5施加的摩擦力不相同

【答案】BD

【解析】只有滑动摩擦力和最大静摩擦力才和正压力成正比，A错误；对3受力分析，根据平衡条件可知，3受到2和4施加的摩擦力之和等于重力，由对称性可知，2、4对3施加的摩擦力大小相等，方向均向上，B正确，C错误；1受到2施加的摩擦力与4受到5施加的摩擦力大小相等，方向相反，D正确。

26．如图所示，一个质量为m半径为R的均质木球用一根长为L的轻质硬杆固定。杆的左端用铰链与墙壁相连。木球下面垫一块质量不计的木板后，杆恰好水平。假设木球与木板及木板与水平地面的动摩擦因数均为μ，最大静摩擦力与滑动摩擦力近似相等。木板上表面受到的压力为___，要将木板从球下面向右水平抽出，水平拉力大小至少为___。（提示：滑动摩擦力等于接触面间的压力乘以接触面之间的动摩擦因数，重力加速度为g）



【答案】 $\dfrac{(R+L)mg}{(1+\mu)R+L}$ $\dfrac{2(R+L)mg\mu}{(1+\mu)R+L}$

【解析】[1]根据力矩平衡条件得

$$F_{f1}R+F_{N1}(L+R)=mg(R+L)$$

摩擦力为

$$F_{f1}=\mu F_{N1}$$

解得

$$F_{N1}=\frac{(R+L)mg}{(1+\mu)R+L}$$

[2]根据平衡条件得

$$F=F_{f1}+F_{f2}$$

又因为

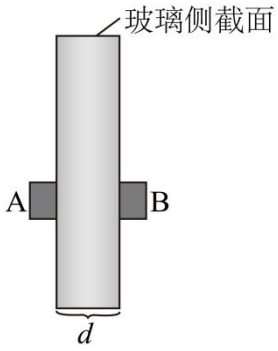
$$F_{f1}=\mu F_{N1}$$

$$F_{f2}=\mu F_{N1}$$

解得

$$F=\frac{2(R+L)mg\mu}{(1+\mu)R+L}$$

27．在清洁外墙玻璃时可以用磁力刷。如图所示，厚度 $d=3\text{cm}$ 的玻璃左右表面平整且竖直，两个相同特制磁力刷 A 、 B 均可视为质点）之间的吸引力始终沿 AB 连线方向，吸引力 F 的大小与 AB 间距离 x 成反比，即 $F=\dfrac{k}{x}$。已知 A 的质量为 m，与玻璃间的动摩擦因数 $\mu=0.5$，滑动摩擦力与最大静摩擦力大小相等，当 A 、 B 吸附在玻璃两侧表面且水平正对时， A 、 B 间的吸引力 $F=4mg$ 。



(1)控制 B 从图中位置水平向右缓慢移动，要 A 不下滑，求 AB 的最远距离；

(2)控制 B 从图中位置竖直向上缓慢移动，当 A 也恰能从图中位置竖直向上运动时，求 AB 连线与竖直方向夹角 θ。

【答案】(1) $d_2 = 6\text{cm}$　(2) $\theta = 45^\circ$

【解析】（1）设 AB 最远距离为 d_2，A 恰好不下滑有 $4mgd = F_2 d_2$

对 A，由平衡条件得 $mg = \mu N_2 = \mu F_2$

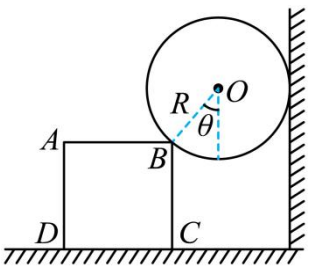
解得 $d_2 = 6\text{cm}$

（2）设 AB 距离为 d_3 时，A 也恰能竖直向上运动时，有 $4mgd = F_3 d_3$

对 A，由平衡条件得 $mg + \mu N_3 = F_3 \cos\theta$，$N_3 = F_3 \sin\theta$

联立解得：$\theta = 45^\circ$

28．在竖直墙壁的左侧水平地面上，放置一个边长为 a，质量为 $M = 2\text{kg}$ 的正方体 $ABCD$，在墙壁和正方体之间放置一半径为 $R = 1\text{m}$，质量为 m 的光滑球，正方体和球均保持静止，如图所示。球的球心为 O、OB 与竖直方向的夹角为 θ，正方体的边长 $a > R$，正方体与水平地面的动摩擦因数为 $\mu = \dfrac{\sqrt{3}}{3}$。（已知重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，结果可保留根号）



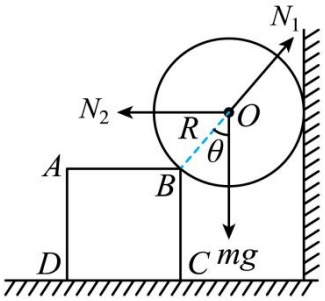
(1)若 $\theta = 60^\circ$、$m = 0.4\text{kg}$，求立方体对球的弹力 N_1 和竖直墙壁对球的弹力 N_2；

(2)若 $\theta = 45^\circ$，保持球的半径不变，只增大球的质量，为了不让正方体出现滑动，求球质量的最大值；

(3)改变正方体到墙壁之间的距离，当正方体右侧面 BC 到墙壁之间距离小于某个值 d 时，无论球质量为多大（保持球的半径不变），球和正方体始终处于静止状态，且球未落到地面，求 d 值。

【答案】(1) 8N， $4\sqrt{3}\text{N}$　(2) $(\sqrt{3}+1)\text{kg}$　(3) 1.5m

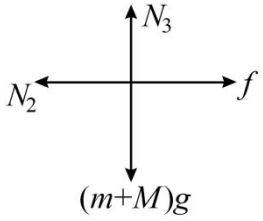
【解析】（1）对球受力情况如图所示



根据平衡条件知 $N_1\cos\theta=mg$， $N_1\sin\theta=N_2$

解得 $N_1=\dfrac{mg}{\cos\theta}=8\text{N}$， $N_2=mg\tan\theta=4\sqrt{3}\text{N}$

（2）对整体受力分析



根据平衡条件知 $N_3=Mg+mg$， $N_2=f$， $f\le\mu N_3$

三式联立 $mg\tan\theta\le\mu$（$Mg+mg$）①

解得 $m\le\dfrac{\sqrt{3}+1}{2}M=(\sqrt{3}+1)\text{kg}$

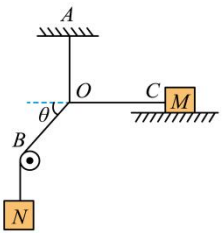
（3）设与竖直方向夹角为 a，根据①式知 $\tan\alpha\le\mu\dfrac{Mg+mg}{mg}$

无论 m 多大都能保持静止状态则 $\tan\alpha\le\mu$

即 $a\le30°$

临界值 $d=R+R\sin30°=1.5\text{m}$

29．如图所示，三根细轻绳系于 O 点，其中 OA 绳另一端固定于 A 点，OC 绳的另一端与放在粗糙水平面上质量为 $m_2=2\text{kg}$ 的物体 M 相连，OB 绳的另一端绕过固定的光滑定滑轮悬挂一质量为 $m_1=1\text{kg}$ 的物体 N。平衡时 OA 竖直、OB 与水平方向的夹角 $\theta=30°$、OC 水平，已知重力加速度取 $g=10\text{m}/s^2$，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。



(1)求轻绳 OA 和 OC 上的拉力 F_A、F_C 的大小；

(2)求定滑轮对轻绳的作用力；

(3)如果物体 M 恰好没有滑动，求物体 M 与水平面间的动摩擦因数。

【答案】(1) $F_A=5\text{N}$，$F_C=5\sqrt{3}\text{N}$ (2) 10N，方向与水平方向成 $30°$ 角向左斜向上 (3) $\frac{\sqrt{3}}{4}$

【解析】（1）以物体 N 为对象，根据受力平衡可知轻绳 OB 的拉力大小为

$$F_B=m_1g=10\text{N}$$

以 O 点为对象，根据受力平衡可得

$$F_A=F_B\sin\theta=10\times\frac{1}{2}\text{N}=5\text{N}$$

$$F_C=F_B\cos\theta=10\times\frac{\sqrt{3}}{2}\text{N}=5\sqrt{3}\text{N}$$

（2）以滑轮为对象，可知轻绳对滑轮的作用力大小为

$$F=2F_B\cos 60°=10\text{N}$$

方向沿滑轮两侧轻绳的角平分线向下，即与水平方向成 $30°$ 角向右斜向下；则定滑轮对轻绳的作用力大小 10N，方向与水平方向成 $30°$ 角向左斜向上。

（3）如果物体 M 恰好没有滑动，则有

$$F_C=f$$

又

$$f=\mu N=\mu m_2g$$

联立解得物体 M 与水平面间的动摩擦因数为

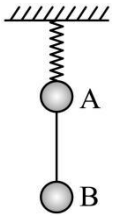
$$\mu=\frac{\sqrt{3}}{4}$$

进阶检测

（考试时间：60 分钟 试卷满分：100 分）

一、单选题（5 分/题，共 40 分）

1．如图所示，两个小球 A 和 B，中间用轻绳连接，并用弹簧悬挂于天花板上。下面四对力中属于是一对平衡力的是（　　）

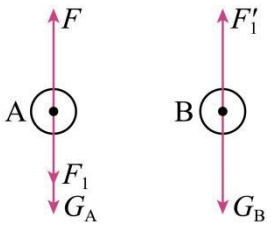


A．绳对 A 的拉力和弹簧对 A 的拉力　　B．弹簧对 A 的拉力和绳子对 B 的拉力

C．B 的重力和绳子对 B 的拉力　　D．绳子对 B 的拉力和 B 对绳子的拉力

【答案】C

【解析】ABD．对 A 、B 受力分析如图所示，平衡力是作用在同一物体上的一对力，它们等大、反向、共线。A 球受三个力作用处于静止状态，所以弹簧对 A 的拉力 F 和绳子对 A 的拉力 F_1 不是一对平衡力。绳子对 A 的拉力 F_1 和绳子对 B 的拉力 F_1' 作用在两个物体上，不是一对平衡力，绳子对 B 的拉力和 B 对绳子的拉力是一对作用力与反作用力，也不是一对平衡力，故 ABD 均错误；



C．B 的重力和绳子对 B 的拉力是一对平衡力，故 C 正确。

故选 C。

2．如图所示，在消防演练中，质量为 $75\,\mathrm{kg}$（包含装备）的消防员将绳索固定后，拉紧绳索，双腿始终保持绷直，当消防员的双腿与墙面垂直且保持静止时，绳索与竖直墙面的夹角为 53°。已知 $\sin53^\circ=0.8,\cos53^\circ=0.6$，取重力加速度 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$，假设脚底面与墙面间的摩擦力可以忽略不计，则此时绳索对消防员的拉力大小为（　　）

A．600 N　　B．750N　　C．1000 N　　D．1250 N

【答案】D

【解析】消防员受竖直向下的重力mg、垂直墙面的支持力F_{N}和沿着绳索向上的拉力F_{T}，根据消防员竖直方向受力平衡有$F_{\mathrm{T}}\cos 53^{\circ}=mg$

求得$F_{\mathrm{T}}=1250\mathrm{N}$

故选 D。

3．跑酷青年在路灯柱做如图高难度动作，仅靠两只手臂让身体与地面平行，路灯柱看作竖直，手臂与路灯柱夹角相等，下列说法正确的是（　　）

A．灯柱对上边手的弹力沿手臂向上　　B．青年受到的合力竖直向上

C．灯柱对青年的作用力大于青年的重力　　D．灯柱与上边手之间可以没有摩擦力

【答案】D

【解析】A．弹力方向垂直于接触面。路灯柱竖直，灯柱对上边手的弹力应为水平方向，A 错误；

B．青年静止，处于平衡状态，合力为零，B 错误；

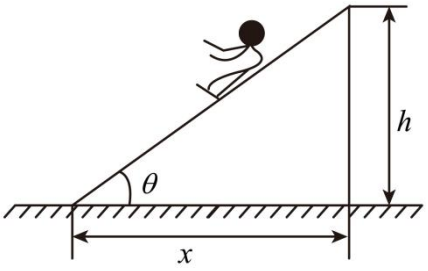
C．灯柱对青年的作用力（包括弹力和摩擦力）与重力平衡，大小相等，C 错误；

D．从整体受力看，只要两只手的摩擦力总和等于重力，其中一只手可以没有摩擦力，D 正确。

故选 D。

4．发生意外情况的飞机在紧急着陆后，其内部狭长的气囊会自动充气，从紧急出口处生成一条连接出口与地面的斜面，人可沿斜面滑行到地面，如图甲，其简化模型如图乙。已知紧急出口下沿距地面高 h 约为3.4m，人与气囊之间的动摩擦因数 μ 约为 0.5，若人在轻跳上气囊后能沿气囊匀速下滑，忽略空气阻力及气囊的变形，则气囊的水平跨度 x 约为（　　）

甲



乙

A．6.0m　　B．6.4m　　C．6.8m　　D．7.2m

【答案】C

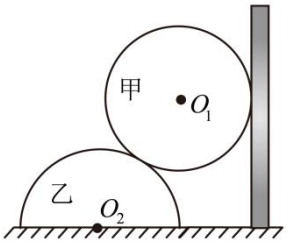
【解析】人在轻跳上气囊后能沿气囊匀速下滑，则有 $mg\sin\theta=\mu N=\mu mg\cos\theta$

根据几何关系有 $\tan\theta=\dfrac{h}{x}$

解得 $x=6.8\text{m}$

故选 C。

5．如图所示，甲、乙两圆柱体的横截面分别为半径相等的圆和半圆，甲的右侧顶着一块竖直挡板，乙的平面部分与水平面接触。若乙的质量是甲的 2 倍，两柱体的曲面部分和挡板均光滑，开始时两圆柱体截面的圆心连线沿竖直方向。现将挡板缓慢向右移动，直到圆柱体甲刚要落至水平面为止，整个过程中半圆柱体乙始终保持静止，且最大静摩擦力等于滑动摩擦力。则乙与水平面间的动摩擦因数不能小于（　　）



A．$\dfrac{\sqrt{3}}{2}$　　B．$\dfrac{\sqrt{3}}{3}$　　C．$\dfrac{\sqrt{2}}{3}$　　D．$\dfrac{1}{2}$

【答案】B

【解析】ABCD．分析可知，当摩擦力最大时半圆柱乙刚好不动，此时对应的动摩擦因数μ最小，且刚好达到最大静摩擦力，设甲质量为 m，地面对乙的支持力、摩擦力分别为F_{N}、f，挡板给甲的力为$F_{板}$，

整体分析可知有$F_{\mathrm{N}}=3mg$，$f=F_{板}$

设O_1O_2连线与水平方向夹角为θ，对甲，由平衡条件得$F_{板}=\dfrac{mg}{\tan\theta}$

故可得$f=\dfrac{mg}{\tan\theta}$

可知θ越小，f 越大，几何关系可知，θ最小为$30°$，又因为$f=\mu F_{\mathrm{N}}$

联立解得动摩擦因数的最小值$\mu=\dfrac{\sqrt{3}}{3}$

故选 B。

6．山崖上有一个风动石，无风时地面对风动石的作用力是F_1，当受到一个水平风力时，风动石依然静止，地面对风动石的作用力是F_2，以下正确的是（　　）

A．F_2大于F_1　　B．F_1大于F_2　　C．F_1等于F_2

D．大小关系与风力大小有关

【答案】A

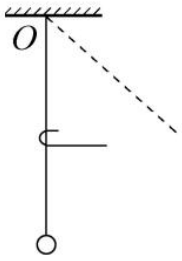
【解析】无风时，地面对风动石的作用力方向竖直向上，与重力平衡，大小为$F_1=mg$

当受到一个水平风力时，地面对风动石的作用力与竖直向下的重力及水平方向的风力 F，三力平衡

根据平衡条件可知，地面对风动石的作用力大小为$F_2=\sqrt{F^2+(mg)^2}$，故 F2 大于 F1。

故选 A。

7．如图所示，质量为m的小球用一轻绳竖直悬吊于O点。现用一光滑的金属挂钩向右缓慢拉动轻绳至虚线位置，在此过程中，下列说法正确的是（　　）



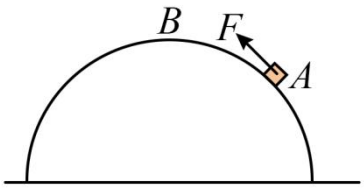
A．挂钩对轻绳的作用力不断变大　　B．轻绳上的张力先变大后变小

C．轻绳对挂钩的作用力方向始终水平向左　　D．挂钩对轻绳的作用力大小可能为$2mg$

【答案】A

【解析】由于缓慢拉动，所以对于小球来说处于平衡态，即绳子上的拉力与小球的重力大小相等，由于是同一个绳子，所以绳子在金属挂钩两侧的拉力 T 相同，都为mg，用一光滑的金属挂钩向右缓慢拉动轻绳至虚线位置，绳子两侧的夹角减小，由平行四边形定则可知，合力变大，且绳子对挂钩的作用力的合力方向为左下方，即绳对挂钩的作用力逐渐增大，由牛顿第三定律可知，挂钩对绳的作用力变大，故 A 正确，B、C 错误；挂钩两侧轻绳之间的夹角的最小值小于$90°$，因此两根绳子的合力最大值小于$2mg\cos\frac{90°}{2}=\sqrt{2}mg$，即挂钩对绳的作用力大小不可能等于$2mg$，D 错误。

8．如图所示，表面粗糙的半圆柱体放置在地水平面上，物块与圆柱面间的动摩擦因数为μ，现用一方向始终与圆柱面相切向上的拉力作用在物块上，使物块从圆柱体上 A 点开始缓慢向上滑动，在到达圆柱体顶点 B 的过程中，半圆柱体始终保持静止，下列说法正确的是（　　）



A．物块所受的支持力一定减小　　B．物块所受的摩擦力一定减小

C．半圆柱体所受地面的摩擦力一直减小　　D．重力和拉力的合力与拉力的夹角始终不变

【答案】D

【解析】AB．物块向上移动到某位置时到圆心的连线与竖直方向上的夹角为 θ，由受力分析得其受的支持力$F_N=mg\cos\theta$

摩擦力$f=\mu mg\cos\theta$

随 θ 减小，F_N增大，f 增大，故 AB 错误；

C．由$f_2=f\cos\theta=\mu mg\sin\theta\cos\theta$

θ在0-90度增大过程，由于初始状态θ值不确定，故半圆柱体与地面的摩擦力可能是先增大后减小，也可能是一直减小，故C错误；

D．重力和拉力的合力与支持力和摩擦力的合力等大反向，支持力和摩擦力的合力方向与摩擦力的方向夹角始终不变，拉力与摩擦力一直反向，则重力和拉力的合力方向始终与拉力的方向的夹角始终不变，故D正确。

故选D。

二、多选题（漏选得3分，全对得5分，错选得0分，共25分）

9．一物体位于光滑水平面上，同时受到三个水平共点力F_1、F_2和F_3作用，大小分别为$F_1=11\text{N}$、$F_2=17\text{N}$、$F_3=8\text{N}$，且F_1的方向指向正北，下列说法中正确的是（　　）

A．这三个力的合力大小可能为零

B．这三个力的合力最小值为2N

C．若F_2、F_3的合力大小为11N，方向指向正南，则物体必然做匀速直线运动

D．若物体处于静止状态，则F_2、F_3的合力大小一定为11N，且方向与F_1相反

【答案】AD

【解析】AB．根据两个力合力的取值范围可得F_2、F_3的合力大小范围为

$$|F_3-F_2|\le F_{合1}\le F_3+F_2$$

即

$$9\text{N}\le F_{合1}\le 25\text{N}$$

因$F_1=11\text{N}$，方向指向正北，而F_2和F_3的方向不确定，当F_2、F_3的合力大小为11N，方向指向正南时，三个力的合力为零，故这三个力的合力范围为

$$0\le F_{合}\le 36\text{N}$$

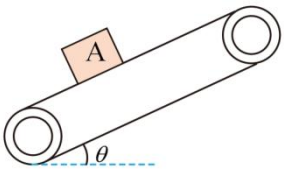
故A正确，B错误；

C．若F_2、F_3的合力大小为11N，方向指向正南，因$F_1=11\text{N}$，方向指向正北，物体处于平衡状态，则物体做匀速直线运动或保持静止状态，故C错误；

D．若物体处于静止状态，说明F_1、F_2和F_3的合力为零，则F_2、F_3的合力大小一定为11N，方向为正南，故D正确。

故选AD。

10．如图所示，物体A置于倾斜的传送带上，随传送带一起向上或向下做匀速直线运动，关于物体A的受力，下列说法正确的是（　　）



A．物体A随传送带一起向上运动时，A受到的摩擦力方向沿斜面向上

B．物体A随传送带一起向下运动时，A受到的摩擦力方向沿斜面向下

C．无论A随传送带一起向上还是向下运动，A均不受摩擦力作用

D．无论A随传送带一起向上还是向下运动，传送带对物体A的作用力均相同

【答案】AD

【解析】ABC．物体相对皮带静止，随传送带一起向上或向下做匀速运动，所以物体受力平衡，在沿斜面方向有

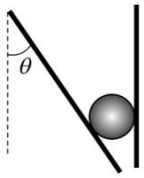
$f = mg\sin\theta$

所以无论传送带向上或向下运动，A所受的摩擦力均沿斜面向上，故A正确，B、C错误；

D．无论A随传送带一起向上还是向下运动，物体均受到重力和传送带对物体的作用力，合力为0，因此传送带对物体A的作用力均与重力等大反向，故D正确。

故选AD。

11．某同学参加“筷子夹玻璃珠”游戏．如图所示，夹起玻璃珠后，左侧筷子与竖直方向的夹角θ为锐角，右侧筷子竖直，且两筷子始终在同一竖直平面内．保持玻璃珠静止，忽略筷子与玻璃珠间的摩擦．下列说法正确的是（　　）



A．两筷子对玻璃珠的合力大小大于玻璃珠的重力

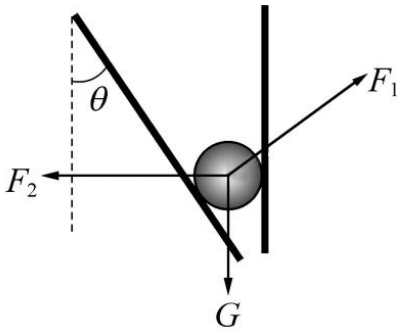
B．两筷子对玻璃珠的合力大小小于玻璃珠的重力

C．两筷子对玻璃珠的合力与玻璃珠的重力大小相等

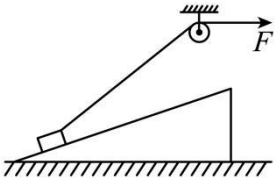
D．左侧筷子对玻璃珠的弹力大于右侧筷子对玻璃珠的弹力

【答案】CD

【解析】对玻璃珠的受力分析如图所示，设玻璃珠自身重力为 G，左侧筷子对玻璃珠的力为F_1，右侧筷子对玻璃珠的力为F_2，玻璃珠在 3 个力作用下处于平衡状态，则两侧筷子对玻璃珠的合力与玻璃珠的重力，大小相等，方向相反，A、B 错误，C 正确；左侧筷子对玻璃珠的弹力大于右侧，D 正确．



12．《墨经》中记载古代建造房屋过程中，通过斜面提升重物，如图所示，若斜面体上表面光滑，则在缓慢拉升重物的过程中（　　）

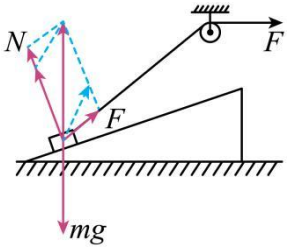


A．重物对斜面的压力越来越大　　B．重物对斜面的压力越来越小

C．绳子的拉力越来越大　　D．绳子的拉力先增大后减小

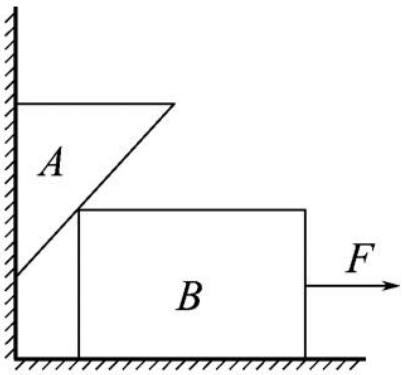
【答案】BC

【解析】对重物受力分析，如图所示



缓慢拉升重物的过程中，重物所受重力大小方向不变，支持力的方向不变，而绳拉力的方向不断变化，根据图解法可知，重物所受支持力 N 不断减小，即重物对斜面的压力越来越小，绳拉力 F 不断增大。故选 BC。

13．如图所示，三角形物块 A 靠在光滑墙壁上，矩形物块 B 放置在粗糙地面上，现对 B 施加水平向右的力 F 使得物块 B 向右匀速运动，整个过程中 A、B 不脱离。在 B 向右运动且 A 没有落地的过程中，下列说法正确的是（　　）



A．F 逐渐减小　　B．竖直墙壁对物块 A 的弹力增大

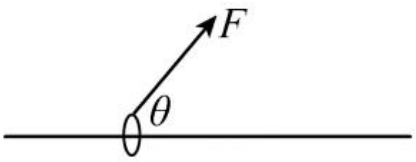
C．物块 A 与物块 B 之间的弹力不变　　D．地面对物块 B 的摩擦力不变

【答案】CD

【解析】对 A 和 B 整体研究，受重力、支持力、F、水平方向上墙壁对其的弹力以及地面对其的摩擦力，由于重力不变，则支持力不变，故地面对物块 B 的摩擦力不变，D 正确；物块 A 受重力、物块 B 的弹力以及竖直墙壁对物块 A 的弹力，各力的方向不发生变化，根据力的合成可知，竖直墙壁对物块 A 的弹力不变，物块 A、B 之间的弹力不变，C 正确，B 错误；物块 B 在水平方向上受力平衡，即地面对 B 的摩擦力、F 和物块 A 与物块 B 之间弹力水平分力的合力为 0，由于 A 与 B 之间的弹力不变，故 F 不变，A 错误。

四、解答题　（14 题 8 分、15 题 12 分、16 题 15 分、共 35 分）

14．如图所示，将质量 $m=2.2\text{kg}$ 的圆环套在固定的水平直杆上，环的直径略大于杆的截面直径，环与杆间动摩擦因数 $\mu=0.9$。现对环施加一位于竖直平面内斜向上，与杆夹角 $\theta=53°$ 的拉力 F。（取 $\sin 53°=0.8,\cos 53°=0.6$，$g=10\text{m/s}^2$）



(1)若逐渐增大拉力，当拉力为 F_1 时，圆环沿杆做匀速直线运动，求 F_1 的大小；

(2)继续增大拉力，当拉力增大为 F_2 时，圆环再次做匀速直线运动，求 F_2 的大小。

【答案】(1) $F_1=15\text{N}$　(2) $F_2=165\text{N}$

【解析】（1）逐渐增大拉力，当拉力为 F_1 时，圆环沿杆匀速运动，此时横杆对环有向上的弹力，由平衡知识可知 $N_1+F_1\sin\theta=mg, f_1=F_1\cos\theta, f_1=\mu N_1$，

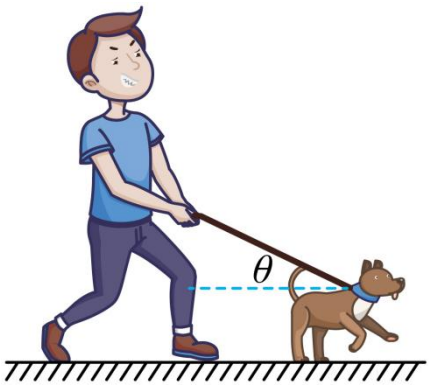
解得 $F_1=15\text{N}$。

（2）当拉力继续增大为 F_2 时，环还是匀速运动，此时横杆对环有向下的弹力，由平衡知识可知

$F_2\sin\theta=N_2+mg, f_2=F_2\cos\theta, f_2=\mu N_2$，

解得 $F_2=165\text{N}$。

15．为确保公共安全，市民遛狗时应牵绳。如图所示，在水平道路上，一人用手拉牵狗绳，人和狗一起向右做匀速直线运动。已知牵狗绳处于伸直状态与水平方向夹角 $\theta=37°$，人的质量为 $M=50\text{kg}$，狗的质量为 $m=15\text{kg}$，绳子拉力大小为 10N。狗可视为质点，牵狗绳的质量忽略不计，取 $\sin37°=0.6$、$\cos37°=0.8$，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$。求：



(1)路面对狗的摩擦力和支持力的大小；

(2)人和狗一起对路面的压力大小和方向。

【答案】(1)8N，144N　(2) 650N，方向竖直向下

【解析】（1）以狗为对象，水平方向根据受力平衡可得 $T\cos\theta=f_{狗}$

解得 $f_{狗}=8\text{N}$

竖直方向根据受力平衡可得 $T\sin\theta+N=mg$

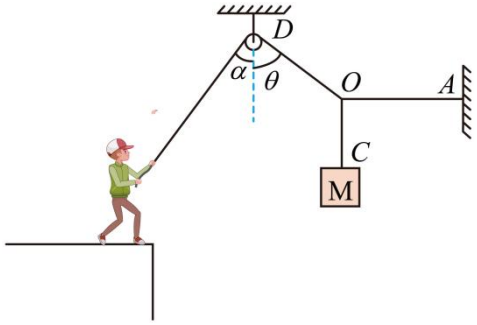
解得路面对狗的支持力大小为 $N=144\text{N}$

（2）以人和狗的整体为研究对象，竖直方向上有 $F_{\text{N}}=(M+m)g=650\text{N}$

由牛顿第三定律知对路面的压力为 $F'_{\text{N}}=F_{\text{N}}=650\text{N}$

方向竖直向下。

16．如图所示，质量为$M=12\text{kg}$的物体通过三段轻绳悬挂，三段轻绳的结点为O，轻绳OA水平，OD与竖直方向夹角为$\theta=53°$，质量$m=52\text{kg}$的人拉绳的方向与竖直方向夹角为$\alpha=37°$。整个系统均处于静止状态，$\sin37°=0.6$，$\cos37°=0.8$，不计滑轮摩擦。求：



(1)轻绳OD、OA上的拉力分别是多大；

(2)此时地面对人的摩擦力大小与方向；

(3)若人与水平面之间的动摩擦因数$\mu=0.6$，欲使人站在原来位置不滑动，则物体的质量M最大不能超过多少。

【答案】(1)$F_{OD}=200\text{N}$，$F_{OA}=160\text{N}$　(2)120N，方向水平向左　(3)$\frac{52}{3}\text{kg}$

【解析】（1）以 O 点为对象，根据平衡条件可得$F_{OD}\cos\theta=Mg$，$F_{OD}\sin\theta=F_{OA}$

可得$F_{OD}=\frac{Mg}{\cos\theta}=200\text{N}$，$F_{OA}=Mg\tan\theta=160\text{N}$

（2）以人为对象，水平方向根据受力平衡可得$F_{OD}\sin\alpha=f$

可得此时地面对人的摩擦力大小为$f=120$

方向水平向左。

（3）若人与水平面之间的动摩擦因数$\mu=0.6$，欲使人站在原来位置不滑动，以人为对象，根据平衡条件可得$f=F_{OD}\sin\alpha=\frac{Mg}{\cos\theta}\sin\alpha$，$N=mg-F_{OD}\cos\alpha=mg-\frac{Mg}{\cos\theta}\cos\alpha$

又$f\le\mu N$

可得$M\le\frac{52}{3}\text{kg}$

可知物体的质量M最大不能超过$\frac{52}{3}\text{kg}$。

衔接点 14 牛顿第一定律

学习要求

初中阶段	高中阶段
了解牛顿第一定律的基本内容，知道物体不受力时会保持静止或匀速直线运动状态，认识到力是改变物体运动状态的原因而非维持运动的原因。能识别生活中的惯性现象，知道惯性是物体的固有属性，初步了解惯性大小与质量有关。	深入理解牛顿第一定律的内涵，明确力是改变物体运动状态产生加速度的原因，掌握惯性的概念，理解惯性是物体的固有属性，且质量是惯性大小的唯一量度。领悟伽利略理想实验的科学研究方法，能运用牛顿第一定律分析解决实际问题，区分惯性与惯性力等易混淆概念，了解牛顿第一定律在惯性参考系中的适用情况。
衔接指引	
初中阶段考查形式：多以选择题、填空题形式出现。 高中阶段考查形式：选择题、计算题或综合分析题。	

知识衔接

1. 阻力对物体运动的影响

（1）主要实验方法：__控制变量法__、__转换法__。

（2）__同一__（同一/不同）小车从__同一__（同一/不同）斜面__同一__的高度由__静止__滑下目的是：__使小车到达斜面底端水平面时具有相同初速度__。

（3）水平桌面铺上粗糙程度不同的毛巾、棉布目的：__改变小车在水平面上受到的阻力大小__。

（4）结论：平面越光滑，小车运动的距离__越远__，这说明小车受到的阻力__越小__，速度减小得__越慢__。推理：如果运动物体__不受力__，它将保持__匀速直线运动__。

2. 牛顿第一定律（也叫惯性定律）

（1）内容：__一切物体__在__没有受到力的作用__的时候，总保持__匀速直线运动状态或静止状态__。

（2）理解

① 一切物体在失去所有外力时，原来静止的物体则__保持静止__，原来不论做什么运动的物体在不受力时都将做__匀速直线运动__。两种状态不同时存在。

② 牛顿第一定律揭示了 “力”的本质：力不是__维持__物体运动的原因，而是__改变__物体运动状态的原因。

③ 牛顿第一定律是在大量__经验事实__的基础上，通过进一步的__推理__而概括出来的，不可能用__实验__直接验证（周围物体都受力的作用）。（这种方法就是物理学上常用的“__科学推理法__”，也叫“__理想实验法__”）。

3. 惯性

（1）一切物体都有__保持原来运动状态不变__的性质，我们把这种性质叫做惯性。

（2）理解：

① 一切物体在任意时刻都具有惯性。（没有条件）

② 惯性大小只与物体__质量__有关，__质量__越大，物体具有的惯性越大。（惯性大小与物体是否受力、受力大小、是否运动、运动速度无关）

③ 惯性不是力，只能说“具有惯性”、“由于惯性”（不能说“受到惯性”）

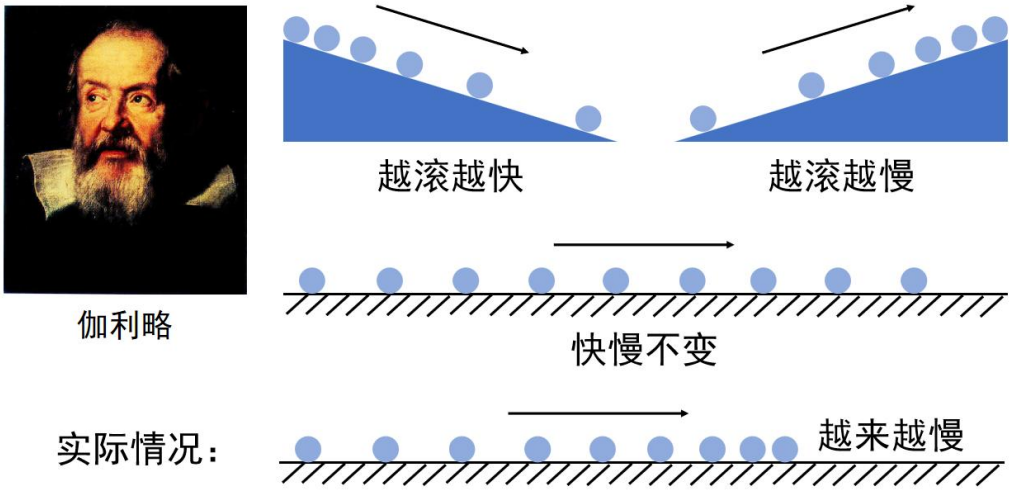
知新高中知识

一、对力与运动关系的认识

1.亚里士多德：必须有力作用在物体上，物体才能运动；没有力的作用，物体就要静止在某个地方。

2.伽利略:

（1）理想实验：让小球沿斜面从静止状态开始运动，小球将__“冲”上另一斜面__。__如果没有摩擦，小球将到达原来的高度__；减小第二个斜面的倾角，小球仍将达到__原来__的高度，但它要运动得远些；由此__推断__，若将第二个斜面放平，小球将永远运动下去



伽利略认为：将人们引入歧途的是__摩擦__。若没有__摩擦__，球将__永远__运动下去。

（2）结论：力不是__维持__物体运动的原因。

3.笛卡儿：如果运动中的物体没有受到力的作用，它将继续以同一__速度__沿同一__直线__运动，既不会停下来，也不会偏离原来的方向。

二、牛顿第一定律

1、内容：一切物体总保持__匀速直线运动状态__或__静止状态__，直到__有外力__迫使它改变这种状态。

2、说明：

（1）物体因为有质量，故能保持原来的运动状态，如果没有力，它将永远保持此状态。

（2）因为有力，故改变物体的运动状态；__质量__是维持物体运动状态的原因，__力__是改变物体运动状态的原因。

（3）物体的运动状态由__速度__来标定，速度不变，物体运动状态不变。

（4）物体运动状态变化，也可说成运动__速度变化__，即产生__加速度__。

3、使用范围：宏观世界中__低速运动__的物体，在__惯性参考__系中才适用。

4、对牛顿第一定律的理解

（1）牛顿第一定律__不是由实验直接总结出来的__规律，它是牛顿以伽利略的理想实验为基础，在总结前人的研究成果之上，加之丰富的想而推理得出的一条理想条件下的规律。

（2）牛顿第一定律成立的条件是物体__不受任何外力__的作用，是__理想条件__下物体所遵从的规律；在实验情况下，物体所__受合外力为零__与物体__不受任何外力__作用是__等效__的。

（3）牛顿第一定律的意义在于它揭示了一切物体都具有的一种基本属性--惯性，还揭示了力和运动的关系：力是__改变__物体运动状态的原因，而__不是产生__运动的原因，也__不是维持__物体运动状态的原因，即__力是产生加速度的原因__。

三、惯性与质量

1、定义：物体保持原来的匀速直线运动状态或静止状态的性质叫做 **惯性** 。牛顿第一定律又叫 **惯性定律** 。

2、惯性的量度：惯性的大小与物体运动的速度无关，与物体是否受力无关，仅与 **质量** 有关， **质量** 是物体惯性大小的 **唯一量度** 。质量大的物体所具有的惯性大，质量小的物体所具有的惯性小。

3、惯性的性质

（1） **一切物体都具有惯性** ，其本质是任何物体都有惯性。

（2）惯性与运动状态无关：不论物体处于怎样的运动状态，惯性总是存在的。当物体本来静止时，它一直“想”保持这种静止状态。当物体运动时，它一直“想”以那一时刻的速度做匀速直线运动。

4、惯性的表现形式

（1）当物体不受外力或所受合外力为零时，惯性表现为保持原来的运动状态不变；

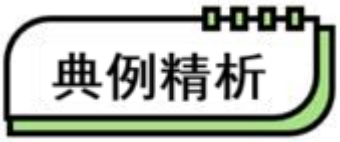
（2）当物体受到外力作用时，惯性表现为改变运动状态的难易程度，物体惯性越大，它的运动状态越难改变。

5、加深理解惯性概念的几个方面

（1）惯性是物体的固有属性之一，物体的惯性与其所在的地理位置、运动状态、时间次序以及是否受力等均无关，任何物体都具有惯性。

（2）惯性大小的量度是质量，与物体运动速度的大小无关，绝不是运动速度大、其惯性就大，运动速度小，其惯性就小。

（3）物体不受外力时，其惯性表现为物体保持静止或匀速直线运动的状态；受外力作用时，其惯性表现为运动状态改变的难易程度不同。



例 1、下列说法符合历史事实的是（　　）

A．亚里士多德认为力是改变物体运动状态的原因

B．伽利略通过“理想斜面实验”论证了力不是维持物体运动的原因

C．笛卡儿首先提出了力的概念，并指出力是改变物体运动状态的原因

D．牛顿巧妙“冲淡”重力，合理外推得出自由落体运动是匀变速直线运动

【答案】B

【解析】A．亚里士多德认为力是维持物体运动的原因，故 A 错误；

B．伽利略通过“理想斜面实验”论证了力不是维持物体运动的原因，故 B 正确；

C．“力”的概念是由牛顿提出的，并指出力是改变物体运动状态的原因，故 C 错误。

D．伽利略巧妙“冲淡”重力，合理外推得出自由落体运动是匀变速直线运动，故 D 错误。

故选 B。

例 2、在物理学的重大发现中，科学家们创造出许多物理学研究方法，以下所用物理学研究方法的叙述中，说法不正确的是（　　）

A．通过平面镜观察桌面的微小形变运用了微小量放大法

B．伽利略运用了实验和逻辑推理相结合的方法说明了力不是维持物体运动的原因

C．根据速度定义式$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$，当$\Delta t$很小时，$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$就可以表示物体在 t 时刻的瞬时速度，该定义应用了理想模型法

D．在探究两个互成角度的力的合成规律时，运用了等效替代法

【答案】C

【解析】A．通过平面镜观察桌面的微小形变运用了微小量放大法，故 A 正确，不符合题意；

B．伽利略运用了实验和逻辑推理相结合的方法说明了力不是维持物体运动的原因，故 B 正确，不符合题意；

C．根据速度定义式$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$，当$\Delta t$很小时，$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$就可以表示物体在$t$时刻的瞬时速度，该定义应用了极限法，故 C 错误，符合题意；

D．在探究两个互成角度的力的合成规律时，运用了等效替代法，故 D 正确，不符合题意。

故选 C。

方法点拨

1. 熟记科学家与理论对应关系

（1）建立知识框架：按时间顺序梳理重要物理学家（如亚里士多德、伽利略、笛卡儿、牛顿等）的核心贡献，避免混淆。

①亚里士多德：错误观点 “力是维持物体运动的原因”。

②伽利略：理想斜面实验推翻亚里士多德观点，提出 “力不是维持运动的原因”，并通过 “冲淡重力” 实验研究自由落体。

③牛顿：提出牛顿三大定律，明确定义 “力是改变物体运动状态的原因”。

（2）关注易混点：区分“理论内容”与 “提出者”，如“力的概念由牛顿提出”，而非

笛卡儿。

2.理解方法本质并匹配典型实例

（1）常见方法及实例归纳：

①微小量放大法：通过装置将微小形变（如桌面形变）放大观察（例 2 中平面镜观察桌面形变）。

②极限法：当物理量趋近于某一极限时（如 $\Delta t \to 0$），用近似值替代瞬时值（例 2 中瞬时速度的定义）。

③等效替代法：用效果相同的量替代原量（如力的合成中合力与分力的等效性）。

④实验 + 逻辑推理法：伽利略理想斜面实验，在实验基础上通过逻辑推理得出结论。

（2）避免概念混淆：如“理想模型法”是构建理想化模型（如质点），与“极限法”的数学趋近思想不同。

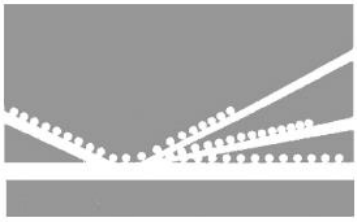
3.通用解题技巧

（1）关键词定位：物理学史题抓“科学家 + 观点”，研究方法题抓“实验操作+逻辑过程”。

（2）排除干扰项：对明显违背史实或方法错误的选项优先排除。

（3）类比记忆：将研究方法与对应实验绑定记忆，如“卡文迪许扭秤测引力常量”对应微小量放大法，“探究加速度与力的关系”对应控制变量法。

例 3、如图所示的装置可以演示伽利略的理想实验，装置为两个对接的斜面，让小球沿左边的斜面滚下并滚上右边的斜面，然后改变右边斜面的倾角，重复操作，利用曝光频率一定的相机拍下小球运动过程中的图片，则下列说法中错误的是（　　）



A．该实验为牛顿第一定律的提出提供了有力的依据

B．由图片可知小球在右侧的斜面上的速度逐渐减小，因此证实了“物体的运动需要力维持”

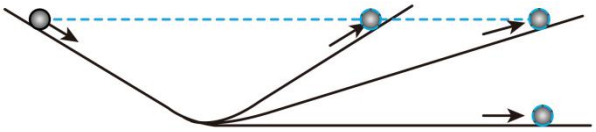
C．当右侧的斜面水平时，小球近似做匀速直线运动，说明“如果没有外力的作用，小球将在水平面上永远运动下去”

D．如果没有摩擦力，小球在右边的斜面上将运动到与左边释放点相同的高度

【答案】B

【解析】伽利略理想实验的核心是将假想实验和逻辑推理结合起来，该实验为牛顿第一定律的提出提供了有力的依据，A 正确；小球在右侧斜面上做减速运动是因为受到了摩擦力和重力沿斜面向下的分力的阻碍作用，不能证实物体的运动需要力维持，B 错误；根据该实验，伽利略合理外推，当右侧的斜面水平时，小球几乎做匀速直线运动，说明“如果没有外力的作用，小球将在水平面上永远运动下去”，C 正确；如果没有摩擦力，小球将上升到原来的高度，D 正确。

例 4、伽利略在研究力和运动的关系时，为了阐明自己的观点，设计了如图所示的实验：让一个小球沿斜面从静止状态开始运动，小球将“冲”上另一个斜面。如果没有摩擦，小球将到达原来的高度。如果第二个斜面倾角减小，小球仍将到达原来的高度，但是运动的距离更长。由此可以推断，当斜面最终变为水平面时，小球要到达原有高度将永远运动下去。下列说法中正确的是（　　）



A．该实验充分证实了亚里士多德“力是维持物体运动的原因”的观点

B．伽利略设计的无摩擦的斜面可以通过改进实验装置制作工艺实现

C．“小球沿右侧斜面向上运动时，如果没有摩擦，小球将到达原来的高度”，这是实际实验现象

D．这种理想实验是依据逻辑推理把实际实验理想化，从而揭示现象本质的研究方法

【答案】D

【解析】A．当右侧斜面倾角变为 0° 时，忽略摩擦力的影响，小球将一直运动下去，伽利略的结论是“力不是维持物体运动的原因”，故 A 错误；

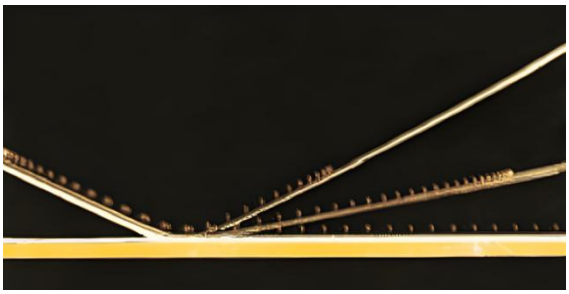
B．没有摩擦，绝对光滑的轨道，无论通过什么工艺都不能实现，故 B 错误；

C．由于没有绝对光滑的轨道，故“小球沿右侧斜面向上运动时，如果没有摩擦，小球将到达原来的高度”，这是实际实验观察不到的现象，故 C 错误；

D．伽利略理想实验的本质是想象着把实际存在，影响物体运动的摩擦力去掉，抓住事物的本质，这种依据逻辑推理把实际实验理想化的思想，也是揭示现象本质的重要研究方法之一，故 D 正确。

故选 D。

例 5、理想实验是依据逻辑推理把实际实验理想化，从而揭示现象本质的一种研究方法。为了说明运动和力的关系、伽利略设计了如图所示的斜面实验。下列说法正确的是（　　）



A．“球沿斜面向下运动时，速度增大；向上运动时，速度减小”，这是逻辑推理

B．“右侧斜面最终变为水平面时，小球将永远运动下去”，这是实际实验现象

C．“小球沿右侧斜面向上运动时，斜面倾角减小，小球在斜面上运动的距离更长”，这是实际实验现象

D．“小球沿右侧斜面向上运动时，如果没有障擦，小球将到达原来的高度”，这是实际实验现象

【答案】C

【解析】A．“球沿斜面向下运动时，速度增大；向上运动时，速度减小”，这是可以通过实际观察到的现象，并非逻辑推理，故 A 错误；

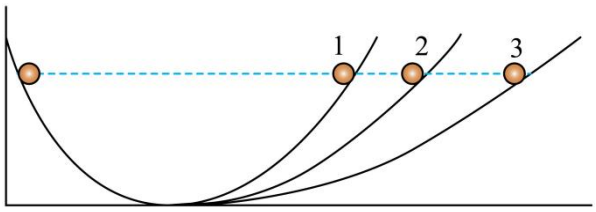
B．“右侧斜面最终变为水平面时，小球将永远运动下去”，在现实中不存在绝对光滑的平面，小球一定会受到阻力最终停下来，这是在实验基础上进行的合理逻辑推理，不是实际实验现象，故 B 错误；

C．“小球沿右侧斜面向上运动时，斜面倾角减小，小球在斜面上运动的距离更长”，这是可以在实际实验中观察到的现象，故 C 正确；

D．“小球沿右侧斜面向上运动时，如果没有摩擦，小球将到达原来的高度”，实际实验中不可能消除摩擦，这是在实验基础上进行的逻辑推理，不是实际实验现象，故 D 错误。

故选 C。

例 6、伽利略的发现以及所运用的科学推理方法是人类思想史上最伟大的成就之一。如图，将小球沿光滑斜面左侧某一高度由静止释放，小球上升到与出发点几乎等高的位置。现将斜面倾角逐渐减小，小球到达斜面右侧位置分别为 1、2、3。比较三次实验结果，可得到最直接的结论是（　　）



A．如果斜面右侧变为水平面，小球将一直运动下去

B．如果小球不受力，将一直保持匀速运动或静止状态

C．如果小球受到力的作用，它的运动状态将发生改变

D．小球受到的力一定时，质量越大，它的加速度越小

【答案】A

【解析】比较三次实验结果，可得到最直接的结论是：如果斜面右侧变为水平面，小球为了到达原有的高度将会一直运动下去；进而合理推出如果小球不受力，将一直保持匀速运动或静止状态的结论，无法得到 CD 选项的结论。

故选 A。

方法点拨

1. 伽利略用“实验＋科学推理”的方法推翻了亚里士多德的观点．伽利略的理想斜面实验虽然是想象中的实验，但这个实验反映了一种物理思想，它是建立在可靠的事实基础之上的，以事实为依据，以抽象为指导，抓住主要因素，忽略次要因素，从而深刻地揭示了自然规律．

2．第一次确立了物理实验在物理研究中的基础地位．

3．揭示了力不是维持物体运动的原因．

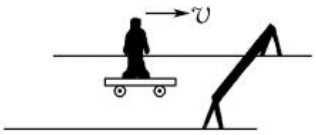
4. 理解理想实验应注意如下几点

(1) 真实实验是一种实践活动，是可以通过一定的实验器材和实验方法来实现的实验．

(2) 理想实验是一种思维活动，是抽象思维中设想出来的、无法做到的实验．

(3) 理想实验是以可靠的实验事实为基础的．

例 7、如图所示，滑板运动员沿水平地面向前滑行，在横杆前相对于滑板竖直向上起跳，人与滑板分离，分别从横杆的上、下通过，忽略人和滑板在运动中受到的阻力，则运动员（　　）



A．起跳时脚对滑板的作用力水平向右　　B．在空中水平方向先加速后减速

C．越过杆后落在滑板的后方　　D．越过杆后仍落在滑板上起跳的位置

【答案】D

【解析】运动员相对于滑板竖直向上起跳，所以脚对滑板的作用力竖直向下，A 错误；人在空中时，水平方向不受力的作用，水平方向速度不变，B 错误；由于人和滑板的水平速度始终相同，所以人落在滑板上起跳的位置，C 错误，D 正确．

例 8、关于乒乓球运动中蕴含的力学知识，下列说法正确的是（　　）

A．乒乓球在空中飞行时受到了向前的推力

B．乒乓球的质量小，所以容易被快速抽杀

C．空中飞行的乒乓球，如果所受的力全部消失，它将立即停止

D．球拍击球时，只能改变乒乓球的运动方向

【答案】B

【解析】由于惯性，乒乓球在空中飞行，并没有受到向前的推力，故 A 错误；由牛顿第一定律可知，乒乓球的质量小，惯性小，所以容易被快速抽杀，故 B 正确；根据牛顿第一定律可知，空中飞行的乒乓球，如果所受的力全部消失，它将做匀速直线运动，故 C 错误；球拍击球时，不但可以改变乒乓球的运动方向，而且还可以改变乒乓球的速度大小，故 D 错误。

例 9、做自由落体运动的物体，如果下落过程中某时刻重力突然消失，物体的运动情况将是（　）

A．悬浮在空中不动

B．速度逐渐减小

C．保持一定速度向下做匀速直线运动

D．向下做减速运动

【答案】C

【解析】做自由落体运动的物体，如果在下落的过程中的某时刻重力突然消失，说明物体不在受重力的作用，根据牛顿第一定律可知，物体将保持原来的运动状态，向下做匀速直线运动，故 C 正确 ABD 错误。

故选 C。

【点睛】

例 10、关于牛顿第一定律，下列说法正确的是（　　）

A．一切物体都有惯性　　B．惯性是一种力

C．力是维持物体运动状态的原因　　D．物体运动状态发生改变不需要力

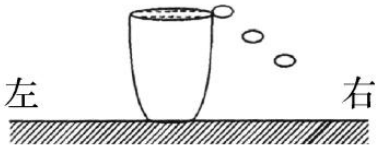
【答案】A

【解析】AB．惯性是一切物体具有的性质，并不是力，故 A 正确，B 错误；

CD．牛顿第一定律说明力是改变物体运动状态的原因，故 CD 错误。

故选 A。

例 11、（多选）北京至张家口高速铁路开通运营，崇礼铁路同步通车，为 2022 年北京冬奥会提供了交通运营服务保障。高铁在某段水平轨道上匀速行驶，假设高铁上固定着盛满水的水杯。若突然发现水杯中的水向右洒出，如图所示，则关于高铁在此种情况下的运动，下列描述正确的是（　　）



A．高铁匀速向左运动

B．高铁可能突然向左加速运动

C．高铁可能突然向左减速运动

D．高铁可能突然向右减速运动

【答案】BD

【解析】如果高铁正在向左匀速运动，突然加速，则水杯中的水由于惯性仍保持原有的速度，就会向右洒出，B 正确；如果高铁正向右匀速运动，突然减速，则水杯中的水由于惯性仍保持原来的速度，就会向右洒出，D 正确。

易错提醒由生活经验得出的直觉印象并不一定可靠，必须经过实验检验。

方法点拨

巧用牛顿第一定律

1. 由“因”索“果”：在判断力与运动之间的关系时，一定要把握准牛顿第一定律的含义，即力是改变物体运动状态的原因，而不是维持物体运动的原因.

2. 由“果”索“因”：如果物体的运动状态发生改变，则物体必然受到不为零的合外力的作用，所以判断物体的运动状态是否改变以及如何改变，应分析物体的受力情况.

3. 应用步骤：应用牛顿第一定律解释有关现象时，一要看物体原来的运动状态，二要看物

体现在的受力情况及所受合力是否为零，最后判断由于物体具有惯性将会出现的现象.

例 12、下列各图所示现象中，不是利用惯性的是（　　）

A．自行车滑行　　B．使锤子套紧

C．系好安全带　　D．跳远助跑

【答案】C

【解析】自行车原来处于运动状态，当不再蹬自行车时，由于惯性，自行车仍然能滑行一段距离，该现象是利用惯性，A 正确；锤头和锤柄一起向下运动，当锤柄撞在桌面上静止时，锤头由于惯性继续向下运动，可以紧套在锤柄上，B 正确；汽车高速行驶时，如果遇到紧急情况刹车，人由于惯性还要保持原来的高速运动，会撞到前面物体造成损伤，所以驾驶员要使用安全带，这是防止惯性带来的伤害，C 错误；跳远运动员助跑是为了起跳前使自己处于运动状态，起跳后，人由于惯性会跳得更远，D 正确。

规律总结惯性的“三性”

例 13、下列说法中不正确的是（　）

A．牛顿第一定律也称之为惯性定律

B．亚里士多德认为物体运动需要力来维持

C．惯性与物体的速度大小有关，速度越大，其惯性越大

D．物体既有保持运动的属性，也有保持静止的属性

【答案】C

【解析】A．牛顿第一定律也称之为惯性定律，选项 A 正确，不符合题意；

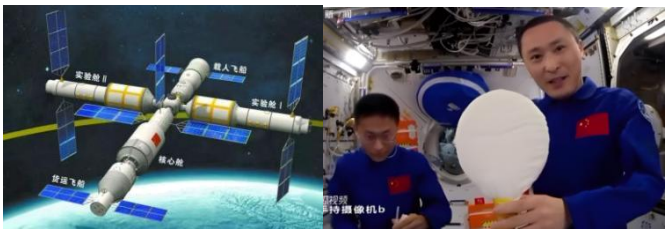
B．亚里士多德认为物体运动需要力来维持，选项 B 正确，不符合题意；

C．惯性只与物体的质量有关，与物体的速度大小无关，选项 C 错误，符合题意；

D．物体由于惯性，所以既有保持运动的属性，也有保持静止的属性，选项 D 正确，不符合题意。

故选 C。

例 14、2022 年 11 月 29 日神舟十五号载人飞船入轨后与空间站组合体进行自主快速交会对接。航天员朱杨柱用水袋做了一颗水球，桂海潮用球拍击球，水球被弹开。对于该实验说法正确的是（　）



A．击球过程中，水球所受弹力是由于水球发生形变产生的

B．击球过程中，水球对“球拍”的作用力与“球拍”对水球的作用力是一对平衡力

C．梦天实验舱内，相对实验舱静止的水球不受任何外力的作用

D．梦天实验舱内，水球质量越大其惯性越大

【答案】D

【解析】A．击球过程中，水球所受弹力是由于“球拍”发生形变产生的，故 A 错误；

B．击球过程中，水球对“球拍”的作用力与“球拍”对水球的作用力是一对作用力和反作用力，故 B 错误；

C．梦天实验舱内，相对实验舱静止的水球仍受地球对它的万有引力的作用，故 C 错误；

D．梦天实验舱内，水球质量越大其惯性越大，故 D 正确。

故选 D。

例 15、北京时间 2024 年 7 月 31 日，巴黎奥运会跳水女子双人 10 米跳台决赛中，全红婵和陈芋汐复制粘贴式的默契征服了所有人，以总分 359.10 分的绝对优势获得金牌。若不考虑空气阻力，从起跳到入水的过程中，下列说法中正确的是（　　）

A．若要研究“水花消失术”，在入水过程中应将全红婵看成质点

B．陈芋汐下落的速度越大，其惯性越大

C．全红婵和陈芋汐从起跳到入水的过程中运动路程与位移大小相等

D．两人在腾空后到入水前的加速度始终不变

【答案】D

【解析】A．研究“水花消失术”时，全红婵的形状和体积对所研究问题的影响不能够忽略，可知，在入水过程中不能够全红婵看成质点，故 A 错误；

B．惯性由质量决定，可知，陈芋汐下落的速度虽然越大，但其惯性不变，故 B 错误；

C．全红婵和陈芋汐从起跳到入水的过程中，速度方向先向上，后向下，可知，运动路程大于位移大小，故 C 错误；

D．由于不考虑空气阻力，仅受重力作用，可知，两人在腾空后到入水前的加速度始终不变，加速度始终为重力加速度，故 D 正确。

故选 D。

例 16、《中华人民共和国道路交通安全法》第五十一条中规定：机动车行驶时驾驶人、乘坐人员应当按规定使用安全带。这是因为系好安全带（　　）

A．可以减小人的惯性

B．可以减小车的惯性

C．可以减少因人的惯性而造成的伤害

D．可以减少因车的惯性而造成的伤害

【答案】C

【解析】由题意，系好安全带可以减少因人的惯性而造成的伤害，但不能减小人的惯性，且与车的惯性无关，故只有 C 项正确。

故选 C。

方法点拨

1. 惯性的理解

(1)惯性是物体保持原来运动状态的一种性质，是物体维持运动状态的原因.

(2)一切物体都具有惯性，惯性是物体的固有属性.

2．惯性的表现形式

(1)物体不受力时，惯性表现为保持原来的运动状态.

(2)物体受力且合力不为零时，物体仍然具有惯性，此时惯性表现为物体运动状态改变的难易程度，惯性越大，物体运动状态越难改变.

3．几个关系

(1)惯性与质量的关系：质量是物体惯性大小的唯一量度，质量越大，惯性越大.

(2)惯性与力的关系：惯性不是力，而是物体本身固有的一种性质，惯性大小与物体的受力情况无关.

(3)惯性与速度：一切物体都有惯性，惯性大小与物体是否有速度及速度的大小无关.

(4)惯性与惯性定律：惯性是物体具有的一种固有属性，惯性定律是物体不受外力时所遵循的一条规律，属性不同于规律．惯性定律揭示了物体的惯性.

对点集训

1．2025 年 3 月 15 日 WTT 乒乓球重庆冠军赛中国选手孙颖莎 3：1 战胜日本选手大藤沙月，图为比赛中的孙颖莎，下列说法正确的是（　　）

A．研究发球技巧时可将乒乓球看成质点

B．高抛发球当乒乓球运动到最高点时球处于平衡状态

C．乒乓球运动时若所受的力全部消失，将会做匀速直线运动

D．以 30m/s 飞向孙颖莎的乒乓球被她以 30m/s 击回，则乒乓球速度变化量为零

【答案】C

【解析】A．研究发球技巧时不可将乒乓球看成质点，故 A 错误；

B．乒乓球到达最高点时受重力和空气阻力，未处于平衡状态，故 B 错误；

C．根据牛顿第一定律，乒乓球运动时若所受的力全部消失，将会做匀速直线运动，故 C 正确；

D．规定击回速度为正方向，乒乓球速度变化量为 $\Delta v = 30\mathrm{m/s} - \left(-30\mathrm{m/s}\right) = 60\mathrm{m/s}$

故 D 错误。

故选 C。

2．在 2024 年巴黎奥运会游泳项目男子 100m（赛道长为 50m）自由泳决赛中，我国运动员以 46 秒 40 的成绩打破了世界纪录，夺得金牌。下列说法正确的是（　　）

A．该运动员在加速冲刺过程中的惯性增大

B．该运动员在加速冲刺过程中对水的作用力与水对他的作用力大小相等

C．整个比赛过程中，该运动员的速度一直大于其他运动员的速度

D．整个比赛过程中，该运动员的平均速度大小约为 2.2m/s

【答案】B

【解析】A．惯性只和质量有关，和运动员是否做加速运动无关，选项 A 错误；

B．作用力与反作用力大小总相等，选项 B 正确；

C．在某段时间内，该运动员的速度可能小于其他运动员的速度，选项 C 错误；

D．整个比赛过程中，该运动员的位移为 0，平均速度为 0，选项 D 错误。

故选 B。

3．下列说法符合物理史实和说法正确的是（　　）

A．与伽利略同时代的科学家笛卡儿通过“斜面实验”得出推断：若没有摩擦阻力，球将永远运动下去

B．著名物理学家伽利略曾指出，如果运动中的物体没有受到力的作用，它将继续以同一速度沿同一直线运动，既不停下来也不偏离原来的方向

C．牛顿第一定律是从实验现象归纳总结出来的

D．科学巨人牛顿在伽利略和笛卡儿的工作基础上，提出了动力学的一条基本定律，那就是惯性定律

【答案】D

【解析】A．通过“斜面实验”得出若没有摩擦阻力，球将永远运动下去这一结论的是伽利略，不是笛卡儿，故 A 错误；

B．笛卡儿指出，如果运动中的物体没有受到力的作用，它将继续以同一速度沿同一直线运动，既不会停下来也不会偏离原来的方向，故 B 错误；

CD．牛顿第一定律是在一定实验的基础上，根据逻辑推理得出的，并不是实验定律，故 C 错误，D 正确。

故选 D。

4．2023 年 10 月 31 日 8 时 11 分，神舟十六号载人飞船返回舱在东风着陆场成功着陆，神舟十六号载人飞行任务取得圆满成功。下列说法正确的是（　　）

A．返回舱加速下落时宇航员的惯性增大

B．返回舱加速下落时宇航员的惯性减小

C．返回舱减速下落时宇航员的惯性减小

D．返回舱减速下落时宇航员的惯性不变

【答案】D

【解析】质量是物体惯性的唯一量度，返回舱加速或减速下落时宇航员的质量不变，惯性不变。

故选 D。

5．下面四幅图描述了四种物体的运动，对它们的运动描述正确的是（　　）

甲：万吨货轮起航，10s内速度大小增到0.2m/s

乙：以8m/s飞行的蜻蜓，能在0.7s内停下来

丙：火箭发射时，10s内速度能增到100m/s

丁：以8m/s行驶的汽车，能在2.5s内停下来

A．甲图中，货轮的加速度一定为正

B．乙图中，蜻蜓一定做匀减速直线运动

C．丙图中，火箭的加速度方向与速度方向相同

D．丁图中的汽车与丙图中的火箭相比，火箭质量明显更大，惯性更大，速度改变更困难，所以火箭的加速度小于汽车的加速度

【答案】C

【解析】A．甲图中，货轮的速度增加，加速度方向与速度方向相同，但可能是加速度方向与速度方向均为负方向，故 A 错误；

B．乙图中，蜻蜓做减速运动，但不一定是匀减速直线运动，故 B 错误；

C．丙图中，火箭的速度增加，则火箭的加速度方向与速度方向相同，故 C 正确；

D．火箭发射时，10s 内速度能增到$100\,\mathrm{m/s}$，可知火箭的加速度$a_{火}=\frac{100}{10}\mathrm{m/s^2}=10\mathrm{m/s^2}$

以$8\,\mathrm{m/s}$行驶的汽车，能在$2.5\mathrm{s}$内停下来，可知汽车的加速度大小为$a_{汽}=\frac{8}{2.5}\mathrm{m/s^2}=3.2\,\mathrm{m/s^2}$

可知火箭的加速度大于汽车的加速度，故 D 错误。

故选 C。

6．变速跑是一种快跑与慢跑交替进行的运动方法，它不但能丰富锻炼内容，增加跑步兴趣，而且能显著提高人体机能。周末，小壮进行了变速跑训练。下列说法正确的是（　　）

A．小壮在加速跑过程中的惯性变大

B．小壮在减速跑过程中的惯性变小

C．小壮在训练中途休息时没有惯性

D．小壮在训练过程中的惯性保持不变

【答案】D

【解析】质量是物体惯性大小的唯一量度，小壮在训练过程中的惯性保持不变。

故选 D。

7．关于牛顿第一定律，下列理解不正确的是（　　）

A．牛顿第一定律反映了物体不受外力作用或外力为零时的运动规律

B．不受外力作用时，物体的运动状态保持不变

C．在水平地面上滑动的木块最终停下来，是由于没有外力维持木块运动的结果

D．奔跑的运动员由于遇到障碍而被绊倒，这是因为运动员具有惯性

【答案】C

【解析】AB．牛顿第一定律描述的是物体不受外力作用时的运动规律，即总保持匀速直线运动状态或静止状态，故 AB 正确，不符合题意；

C．牛顿第一定律揭示了力和运动的关系，力是改变物体运动状态的原因，而不是维持物体运动的原因，在水平地面上滑动的木块最终停下来，是由于受到摩擦阻力的作用，故 C 错误，符合题意；

D．奔跑的运动员遇到障碍而被绊倒，是因为运动员具有惯性，故 D 正确，不符合题意；

本题选择错误选项；故选 C。

8．2024 年 7 月，天鹰 2 号无人机震撼亮相，滞空时间超过 5 小时，5000 公尺高空仍能看清地面上的汽车车牌，其硬实力超越了一大批无人机。下列说法正确的是（　　）

A．“5 小时”指的是时刻　　B．无人机飞行过程中只受重力作用

C．无人机飞行快慢 不影响惯性大小　　D．在研究无人机的飞行姿态时可将它看成质点

【答案】C

【解析】A．“5 小时”指的是时间间隔，故 A 错误；

B．无人机飞行过程中受重力、空气阻力等作用，故 B 错误；

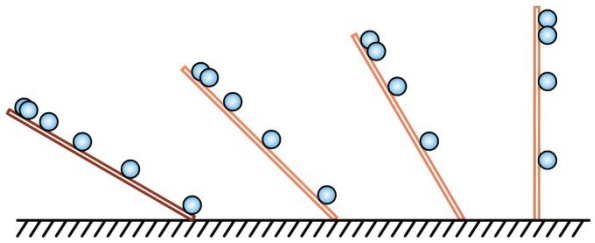
C．惯性大小只与质量有关，与速度无关，故 C 正确；

D．在研究无人机的飞行姿态时，无人机的大小和形状不能忽略，不能看成质点，故 D 错误。

故选 C。

9．在日常生活中，人们观察到重的物体比轻的物体下落得快。伽利略在 1638 年出版的《关于两门新科学的对话》中对这一现象提出疑问，他猜想自由落体运动是一种最简单的变速运动。伽利略让小球从斜面的不同位置自由滚下，观测小球多次从不同起点滚动的位移与所用时间平方的比值保持不变，不断加大斜面

的倾角，对于每一个特定的倾角，小球从不同高度滚下时这个比值仍然保持不变，说明小球在斜面上的运动是匀变速直线运动，将此结论合理推至斜面倾角为 90°（即物体自由下落），其比值也将保持不变，小球仍做匀变速直线运动，关于伽利略开创的科学探究方法，下列流程表示中正确的是（　　）



A．观察现象→猜想假设→提出问题→实验研究和逻辑推理（包括数学）→得出结论→修正或推广假设

B．观察现象→提出问题→猜想假设→实验研究和逻辑推理（包括数学）→得出结论→修正或推广假设

C．观察现象→提出问题→猜想假设→实验研究和逻辑推理（包括数学）→修正或推广假设→得出结论

D．观察现象→猜想假设→提出问题→实验研究和逻辑推理（包括数学）→修正或推广假设→得出结论

【答案】B

【解析】伽利略开创的科学探究方法的过程为：开始观察现象然后提出问题之后猜想假设，再通过实验研究和逻辑推理来验证假设，然后得出结论，最后再进一步对结论进行修正或推广假设。

故选 B。

10．3 月 15 日，2025 年女子冰壶世锦赛开赛，中国女子冰壶队在首场比赛中 5∶3 战胜土耳其队，取得了本届世锦赛“开门红”。比赛中运动员所用冰壶的惯性大小取决于（　　）

A．冰壶的速度　　B．冰壶的体积

C．冰壶受到的阻力　　D．冰壶的质量

【答案】D

【解析】物体的惯性只由质量决定，所以比赛中运动员所用冰壶的惯性大小取决于冰壶的质量。

故选 D。

11．2025 年第九届哈尔滨亚冬会期间，中国短道速滑队在黑龙江省冰上训练中心速滑馆内进行训练。运动员张楚桐在 500 米短道速滑测试中，以 42 秒 56 的成绩刷新纪录。下列说法正确的是（　　）

A．42 秒 56 表示时刻

B．张楚桐全程的平均速率约为 11.8 m/s

C．张楚桐在弯道加速时惯性增大

D．研究张楚桐的过弯技术时可以将其视为质点

【答案】B

【解析】A．以 42 秒 56 的成绩刷新记录，42 秒 56 表示的为时间间隔，故 A 错误；

B．平均速率 $\overline{v}_{速率}=\frac{s}{t}$

解得 $\overline{v}_{速率}=\frac{500}{42.56}\text{m/s}\approx 11.8\text{m/s}$，故 B 正确；

C．惯性只与质量有关，加速阶段惯性不变，故 C 错误；

D．过弯技术与张楚桐的姿态有关，不能视为质点，故 D 错误。

故选 B。

12．牛顿在伽利略和笛卡尔等人的研究基础上，总结出动力学的一条基本规律—牛顿第一定律，对于牛顿第一定律的得出和理解，下列说法正确的是（　　）

A．要使一个物体运动，必须推它或拉它

B．牛顿第一定律对惯性参考系和非惯性参考系都是成立的

C．牛顿第一定律表明：物体只有在匀速直线运动状态或静止状态时才有惯性

D．牛顿第一定律是在伽利略理想实验基础上总结出来的

【答案】D

【解析】A．物体的运动不需要用力来维持，力是改变运动状态的原因，故 A 错误；

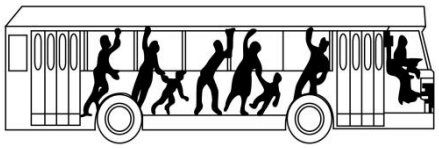
B．牛顿第一定律对惯性参考系是成立的，对非惯性参考系是不成立的，故 B 错误；

C．物体在任何情况下都具有惯性，故 C 错误；

D．牛顿第一定律是在伽利略理想实验基础上总结出来的，故 D 正确。

故选 D。

13．公交车在平直公路行驶时，如偶遇突发状况司机急刹车，乘客的身体会出现前倾的情况，故而在搭乘时注意抓好扶手，安全乘车，则以下说法中正确的是（　　）



A．公交车急刹车时，乘客所受合力向后

B．公交车速度越快，乘客惯性越大

C．公交车静止时，乘客没有惯性

D．当乘客拉着扶手合力为 0 时，乘客此时没有惯性

【答案】A

【解析】A．司机急刹车时，乘客出现身体前倾，摩擦力与乘客相对运动趋势方向相反，则摩擦力即合力方向向后，故 A 正确；

BCD．惯性大小的唯一量度就是质量，质量大的惯性大，与物体的形状，运动状态等其它因素无关，任何物体都有惯性，故 BCD 错误。

故选 A。

14．生活中处处有物理，物理与生活息息相关，物理规律往往需要实验来论证、推理、归纳等，比如，用力推沙发，用力踢足球，牛顿第一定律等，下列说法中正确的是（　　）

甲　　乙　　丙　　丁

A．图甲中，某人用平行于地面的力推沙发，沙发未被推动，是因为推力小于摩擦力

B．图乙中，落在球网中的足球受到弹力是由于足球发生了形变

C．图丙中，百米赛跑运动员跑到终点时不能立刻停下来是由于惯性

D．图丁中，伽利略做了上百次小球沿斜面下滑实验推翻了“力是维持物体运动的原因”的结论

【答案】C

【解析】A．图甲中，某人用平行于地面的力推沙发，沙发未被推动，推力与静摩擦力二力平衡，大小相等。A 错误；

B．图乙中，落在球网中的足球受到弹力是由于球网发生了形变，B 错误；

C．物体保持静止状态或匀速直线运动状态的性质叫做惯性，图丙中，百米赛跑运动员跑到终点时不能立刻停下来是由于惯性，C 正确；

D．图丁中，伽利略通过研究小球沿斜面下滑研究了自由落体运动的规律，通过“逻辑推理”推翻了“物体越重下落越快”的结论，D 错误。

故选 C。

15．2024 年 8 月中国网球选手在巴黎奥运会中首获女子单打金牌，创造了历史性的一刻。如图所示，运动员把飞来的网球击打回去，落到了对方场内，则下列说法正确的是（　　）

A．网球的速度越大，惯性越大

B．被击回的网球在飞行过程中受到重力和球拍的作用力

C．若球拍没有击中球，则球会保持原来的运动状态不变

D．球拍对网球的弹力，是因为球拍发生弹性形变而产生的

【答案】D

【解析】A．惯性是物体的固有属性，其大小只与物体的质量有关，与物体的速度无关。网球的质量不变，无论速度大小如何，其惯性都不变，故 A 错误；

B．被击回的网球在飞行过程中，已经与球拍脱离，不再受到球拍的作用力，只受到重力，故 B 错误；

C．球拍没有击中球，网球依然会受到重力的作用，重力会改变球的运动状态，使其运动轨迹发生变化，不会保持原来的运动状态不变，故 C 错误；

D．根据弹力的定义，弹力是由于物体发生弹性形变而产生的。球拍对网球的弹力，正是因为球拍在击打网球时发生了弹性形变，为了恢复原状而对网球产生了力的作用，故 D 正确。

故选 D。

16.（多选）科学家关于物体运动的研究对树立正确的自然观具有重要作用。下列说法符合历史事实的是（　　）

A．亚里士多德认为，必须有力作用在物体上，物体的运动状态才会改变

B．伽利略通过“理想实验”得出，运动的物体，如果它不受力，它将永远运动下去

C．爱迪生指出，如果运动中的物体没有受到力的作用，它将继续以同一速度沿同一直线运动，既不会停下来也不会偏离原来的方向

D．牛顿认为，物体具有保持原来匀速直线运动状态或静止状态的性质

【答案】BD

【解析】A．亚里士多德认为，必须有力作用在物体上，物体才会运动，选项 A 错误；

B．伽利略通过“理想实验”得出，运动的物体，如果它不受力，它将永远运动下去，选项 B 正确；

C．笛卡尔指出，如果运动中的物体没有受到力的作用，它将继续以同一速度沿同一直线运动，既不会停下来也不会偏离原来的方向，选项 C 错误；

D．牛顿认为，物体具有保持原来匀速直线运动状态或静止状态的性质，选项 D 正确。

故选 BD。

综合演练

17．春秋时期齐国人的著作《考工记·辀人篇》中有“劝登马力，马力既竭，辀犹能一取焉”，意思是马拉车的时候，马虽然对车不再施力了，但车还能继续向前运动一段距离。该现象说明（　　）

A．车有惯性

B．车的惯性在变小

C．车的惯性在变大

D．摩擦力改变了车的惯性

【答案】A

【解析】A．马拉车的时候，马虽然对车不再施力了，但车还能继续向前运动一段距离。该现象说明车有惯性，故 A 正确；

BCD．惯性只由质量决定，与受力无关，车的质量不变，惯性不变，故 BCD 错误。

故选 A。

18．《论衡》是中国思想史上的一部重要著作，是东汉时期杰出的唯物主义思想家王充的智慧结晶。在《论衡》的《状留篇》中有如下描述：“是故车行于陆，船行于沟，其满而重者行迟，空而轻者行疾”、“任重，其取进疾速，难矣”。结合以上叙述和所学物理知识，下列说法正确的是（　）

A．力是维持物体运动的原因

B．物体的质量越小，它的运动速度越大

C．物体的质量越小，其惯性越大

D．物体的质量越小，其惯性越小

【答案】D

【解析】根据题目描述，王充在《论衡》中提到“满而重者行迟，空而轻者行疾”，这表明质量较大的物体运动速度较慢，而质量较小的物体运动速度较快。同时，质量是物体惯性的量度，质量越大，惯性越大；质量越小，惯性越小。

故选 D。

19．第十五届中国航展 11 月 12 日在珠海开幕，航展上各型飞机飞行表演令人眼花缭乱。下列说法正确的是（　）

A． 灭火飞机投水灭火过程中惯性不变

B． 飞行表演队保持队列以 600km/h 通场时，领头长机相对身后僚机的速度达到 600km/h

C． 八一飞行表演队 J10 歼击机在某一平面盘旋一周时，位移为零

D． 研究 J35 歼击机调整尾翼方位使飞机机动时，可视飞机为质点

【答案】C

【解析】A．惯性大小由质量决定，质量越大惯性越大，故灭火飞机投水灭火过程中惯性减小，故 A 错误；

B．飞行表演队保持队列通场时，各飞机间相对静止，故 B 错误；

C．八一飞行表演队 J10 歼击机在某一平面盘旋一周时，又回到了出发点，位移为零，故 C 正确；

D．研究 J35 歼击机调整尾翼方位使飞机转动时，不能忽略飞机的大小与形状，不可视飞机为质点，故 D 错误。

故选 C。

20．2024 年 10 月 30 日 4 时 27 分，搭载神舟十九号载人飞船的长征二号 F 遥十九运载火箭在酒泉卫星发射中心点火发射，约 10 分钟后，飞船与火箭成功分离，进入预定轨道。11：00 成功对接于空间站天和核心舱前向端口，此次发射圆满成功。此后，神舟十九号和神舟十八号航天员乘组“太空会师”（如图）。下列相关描述正确的是（　）

A．4 时 27 分指的是时刻

B．飞船对接成功后惯性消失

C．研究对接过程可以把飞船看成质点

D．对接完成后，以太阳为参考系，飞船是静止的

【答案】A

【解析】A．4 时 27 分指的是时刻，选项 A 正确；

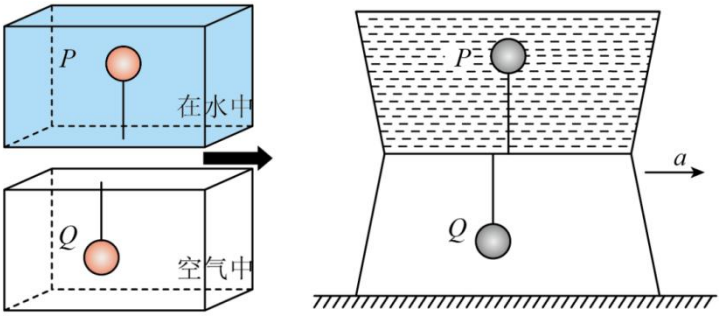
B．飞船对接成功后质量不变，惯性不会消失，选项 B 错误；

C．研究对接过程，飞船的大小和形状不可忽略不计，不可以把飞船看成质点，选项 C 错误；

D．对接完成后，以太阳为参考系，飞船是运动的，选项 D 错误。

故选 A。

21．如图所示，某学习小组将两绿色乒乓球放在两塑料盒中，上面塑料盒盛满水，下面塑料盒是空的，然后用细线将乒乓球分别系于塑料盒的上、下底部，当塑料盒静止时，细线均伸直处于竖直方向，现使两塑料盒以一定加速度一起向右匀加速运动，则此时 P、Q 两球相对塑料盒（　　）



A．P 球向右偏移　　B．两球均向左偏移

C．Q 球向右偏移　　D．两球均向右偏移

【答案】A

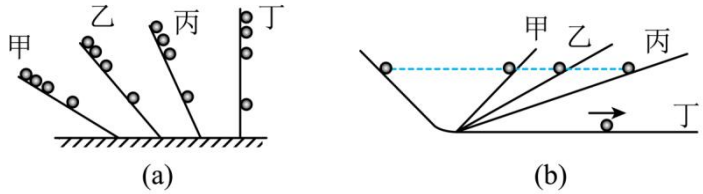
【解析】由两种介质组成的系统，密度大的惯性大，当系统向右匀加速运动时，密度小的向右偏移，密度大的向左偏移；

塑料的密度小于水的密度，塑料球 P 向右偏移，水向左偏移；

塑料的密度大于空气的密度，空气向右偏移，塑料球 Q 向左偏移。A 正确，BCD 错误。

故选 A。

22．伽利略对“自由落体运动”和“运动和力的关系”的研究，开创了科学实验和逻辑推理和谐结合的重要科学研究方法。图 a、图 b 分别表示这两项研究中实验和逻辑推理的过程，下列相关说法正确的是（　）



A．图 a 通过对自由落体运动的研究，合理外推得出小球的运动不需要力来维持

B．图 a 中在倾角较小的斜面上进行实验，可“冲淡”重力，使时间测量更容易

C．图 b 中斜面倾角减小到零时，小球一定会一直运动下去

D．图 b 的实验为“理想斜面实验”，通过逻辑推理得出物体的运动需要力来维持

【答案】B

【解析】AB．伽利略设想物体下落的速度与时间成正比，因为当时无法测量物体的瞬时速度，所以伽利略通过数学推导证明如果速度与时间成正比，那么位移与时间的平方成正比；由于当时用滴水法计算，无法记录自由落体的较短时间，伽利略设计了让铜球沿阻力很小的斜面滚下，来“冲淡”重力的作用效果，而小球在斜面上运动的加速度要比它竖直下落的加速度小得多，所用时间长的多，所以容易测量。伽利略做了上百次实验，并通过抽象思维在实验结果上做了合理外推，故 A 错误，B 正确；

C．图 b 中斜面倾角减小到零时，由于摩擦力的存在，小球最终会停止运动，故 C 错误；

D．伽利略用抽象思维、数学推导和科学实验相结合的方法得到物体的运动不需要力来维持，故 D 错误。

故选 B。

23．在物理学的发展过程中，物理学家们做出了巨大的贡献，下列关于物理学家的贡献说法正确的是（　）

A．亚里士多德认为在同一地点，重的物体和轻的物体下落快慢相同

B．笛卡尔通过理想实验研究自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动

C．牛顿通过实验验证了牛顿第一定律

D．伽利略开创了实验研究和逻辑推理相结合探索自然规律的科学方法

【答案】D

【解析】A．亚里士多德认为在同一地点，重的物体比轻的物体下落得快，故 A 错误；

B．伽利略将斜面实验的结论合理外推，间接证明了自由落体运动是匀变速直线运动，故 B 错误；

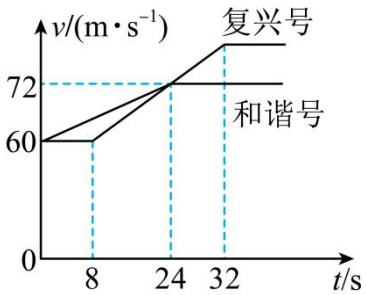
C．牛顿第一定律是通过合理推理得到的，现实中不可能通过实验验证，因为不存在完全不受力的物体，故 C 错误；

D．伽利略开创了实验研究和逻辑推理相结合探索自然规律的科学方法，故 D 正确。

故选 D。

24．（多选）近期，一段特殊的“飙车”视频红遍网络，视频中，一辆和谐号动车正和一辆复兴号动车互相追赶（如图甲）。两车并排做直线运动，其 v-t 图像如图乙所示，$t=0$ 时，两车车头刚好并排，则下列说法正确的是（　　）

甲



乙

A．动车运行的速度越大其惯性越大

B．图乙中复兴号的最大速度大小为 78m/s

C．0 到 32s 内，两车车头相距最远距离为 48m

D．两车车头在 24s 末再次并排

【答案】BC

【解析】A．惯性只由质量决定，与速度无关，A 错误；

B．根据图乙可知复兴号加速时的加速度大小为 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{3}{4}\text{m/s}^2$

则图乙中复兴号的最大速度 $v_{\text{m}}=v_0+at_2=78\text{m/s}$，故 B 正确；

CD．0 到 32s 内，由图乙可知，在 24s 末，两车速度相等，此时两车车头相距最远

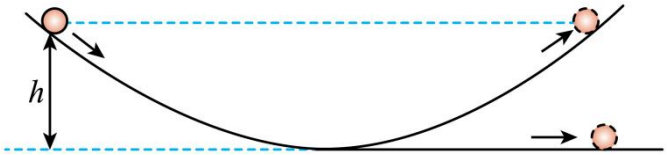
根据 v-t 图像与横轴围成的面积表示位移可知，两车车头相距最远距离 $\Delta x_{\text{m}}=\dfrac{1}{2}\times(72-60)\times 8\text{m}=48\text{m}$，

故 C 正确，D 错误。

故选 BC。

25．伽利略设计了如图所示的理想斜面实验。让小球沿光滑斜面从左侧高 h 处由静止滚下，小球将到达右侧斜面_____（选填“相同”或“不同”）高度的地方；减小右侧斜面的倾角，直到使它成为水平面，小球

要到达原有高度就要沿着水平面以_____（选填“恒定”或“变化”）的速度持续运动下去。这说明，力（选填“是”或“不是”）维持物体运动状态的原因。



【答案】 相同 恒定 不是

【解析】[1]因为斜面光滑，根据能量守恒，小球将到达右侧斜面相同高度的地方；

[2]减小右侧斜面的倾角，直到使它成为水平面，小球要到达原有高度就要沿着水平面以恒定的速度持续运动下去；

[3] 球所受合外力为 0，可以做匀速直线运动，这说明，力不是维持物体运动状态的原因。

进阶检测

（考试时间：30 分钟 试卷满分：100 分）

一、单选题（5 分/题，共 70 分）

1．为减小战斗机的惯性，下列做法正确的是（　）

A．减小飞行速度　　B．增大飞行高度

C．向下加速俯冲　　D．扔掉战斗机的副油箱

【答案】D

【解析】惯性是物体的固有属性，只与物体的质量有关，与物体的运动状态无关。

故选 D。

2．2024 年 8 月 5 日，中国队在 4×100 米混合泳接力决赛中，以 3 分 27 秒 46 的成绩夺冠，打破了美国队在该项目长达 40 年的垄断。下列说法正确的是（　　）

A．“3 分 27 秒 46”表示时刻

B．运动员在加速冲刺过程中惯性增大

C．运动员游泳过程中观众相对运动员是运动的

D．研究运动员的入水动作时可以将其看成质点

【答案】C

【解析】A．“3 分 27 秒 46”是比赛过程所经历的时间，可知，3 分 27 秒 46 表示时时间间隔，故 A 错误；

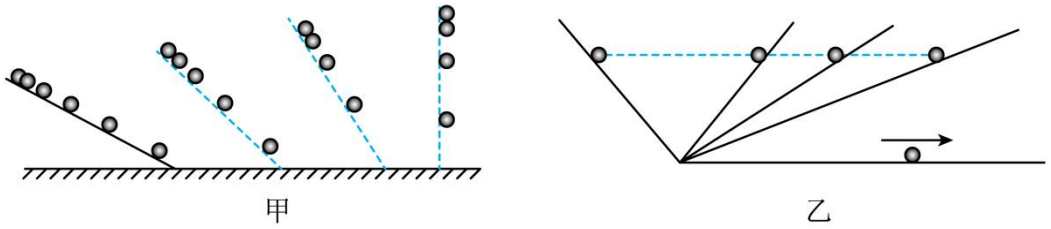
B．惯性由质量决定，可知，运动员在加速冲刺过程中惯性不变，故 B 错误；

C．运动员游泳过程中观众相对运动员位置发生了变化，可知，观众相对运动员是运动的，故 C 正确；

D．研究运动员的入水动作时，运动员的形状和体积对所研究问题的影响不能够忽略，此时，运动员不能够看成质点，故 D 错误。

故选 C。

3．伽利略创造性地设计了如图甲、乙所示的两个斜面实验，下列说法正确的是（　　）



A．图甲中斜面倾角越小，小球在斜面上运动的时间越短，越容易测量

B．图甲可以解释重的物体比轻的物体下落快的原因

C．图乙实验忽略了摩擦力对物体运动的影响

D．图乙可以说明力是维持物体运动的原因

【答案】C

【解析】A．图甲中斜面倾角越小，小球在斜面上运动的时间越长，越容易测量，故 A 错误；

B．图甲可以解释重的物体与轻的物体下落快慢相同的原因，故 B 错误；

C．为了说明力不是维持物体运动的原因，伽利略实际了图乙实验，该实验忽略了摩擦力对物体运动的影响，故 C 正确；

D．图乙可以说明力不是维持物体运动的原因，故 D 错误。

故选 C。

4．下列关于惯性的说法正确的是（　　）

A．汽车转弯时速度方向发生了改变，其惯性也随之改变

B．物体受到外力作用后运动状态改变，是因为外力减小了惯性

C．乒乓球可以被轻易扣杀，铅球却很难被掷得更远，是因为铅球的惯性比乒乓球惯性大

D．汽车速度越大，刹车后越难停下来，表明物体的速度越大，其惯性越大

【答案】C

【解析】AD．质量是物体惯性大小的唯一量度，汽车的惯性与汽车的运动状态以及速度的大小均无关，故 AD 错误；

B．惯性是物体的固有属性，其大小只与物体的质量有关，故 B 错误；

C．乒乓球可以被轻易扣杀，铅球却很难被掷得更远，是因为铅球的惯性比乒乓球惯性大，运动状态难以改变，故 C 正确。

故选 C。

5．在刚刚结束的巴黎奥运会中，郑钦文获得女单网球冠军，创造历史性的一刻。如图所示，郑钦文把飞来的网球击打回去，落到了对方场内，则下列说法正确的是（　　）

A．球拍对球的弹力，是因为球发生弹性形变而产生的

B．球拍对网球的作用力大于网球对球拍的作用力

C．球被打飞回去，说明力是改变物体运动状态的原因

D．若球拍没有击打球，则球会保持原来的运动状态不变

【答案】C

【解析】A．球拍对球的弹力，是因为球拍发生弹性形变而产生的，A 错误；

B．球拍对网球的作用力和网球对球拍的作用力是一对相互作用力，是相等的，B 错误；

C．球被打飞回去，说明力是改变物体运动状态的原因，C 正确；

D．若球拍没有击打球，由于球仍受重力作用，所以球不会保持原来的运动状态不变，D 错误。

故选 C。

6．有关运动与力的关系，下列说法正确的是（　　）

A．牛顿第一定律揭示了运动和力的关系，力是维持物体运动状态的原因

B．牛顿第一定律是利用逻辑思维进行分析的产物，可以用实验直接验证

C．离地球越远的物体所受的重力越小，所以物体惯性也越小

D．力是改变物体的运动状态即产生加速度的原因

【答案】D

【解析】A．牛顿第一定律揭示了运动和力的关系，力不是维持物体运动状态的原因，而是改变物体运动状态的原因，故 A 错误；

B．牛顿第一定律是利用逻辑思维进行分析的产物，不可以用实验直接验证，故 B 错误；

C．物体的质量没有改变，所以惯性不变，故 C 错误；

D．力是改变物体的运动状态即产生加速度的原因，故 D 正确。

选 D。

7．在神舟十七号载人飞船与空间站组合体成功实现自主快速交会对接后，于 19 时 34 分，神舟十七号 3 名航天员顺利进驻空间站。下列说法正确的是（　　）

A．航天员在太空中由于完全失重，所以没有惯性

B．航天员进入核心舱需借助外力，说明力是维持物体运动的原因

C．载人飞船加速升空的过程中，航天员对座椅的压力与其受到的支持力大小相等

D．航天员在空间站内用力 F 双手互拉弹簧两端时，弹簧弹力大小为零

【答案】C

【解析】A．物体的惯性由质量决定，与物体所处的位置没有关系，A 错误；

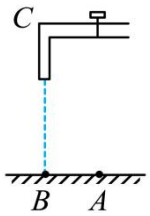
B．航天员进入核心舱需借助外力，说明力是改变物体运动的原因，B 错误；

C．载人飞船加速升空的过程中，航天员对座椅的压力与其受到的支持力互为作用力和反作用力，根据牛顿第三定律可知，其大小相等，C 正确；

D．航天员在空间站内用力 F 双手互拉弹簧两端时，根据二力平衡可知，弹簧弹力大小为 F，D 错误。

故选 C。

8．小军乘车时，观察列车车厢内的一个正在滴水的水龙头。他发现在某段时间内，水滴落在水龙头正下方的右侧 A 点，而之后的一段时间内，水滴落在水龙头正下方的 B 点，如图所示。那么列车在这一过程中可能的运动是（　　）



A．先向左做减速运动，后匀速运动

B．先向左做匀速运动，后减速运动

C．先向右做减速运动，后匀速运动

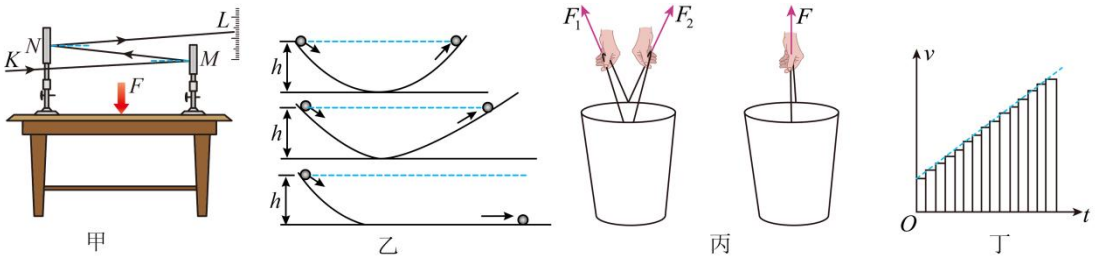
D．先向左做加速运动，后减速运动

【答案】C

【解析】水滴下落时，水平方向保持原来的速度，若车静止或匀速运动，车的水平位移与水滴的水平位移相同，则落在 B 点；若车向左加速运动，则水滴仍保持下落时的水平速度，而车的水平位移增大，故水滴可落在 A 处；同理，车向右减速运动，水滴也会落在 A 处。

故选 C。

9．物理除了知识的学习，还要领悟处理物理问题的思想与方法，如控制变量法、极限法、理想化模型法、类比法等等。下列几个场景关于物理学思想方法的说法正确的是（　　）



A．甲图为等效替代法　　B．乙图为理想化实验法

C．丙图为微元法　　D．丁图为控制变量法

【答案】B

【解析】A．甲图为放大法，故 A 错误；

B．乙图为理想化实验法，故 B 正确；

C．丙图为等效替代法，故 C 错误；

D．丁图为微元法，故 D 错误。

故选 B。

10．下面四幅图描述了四种物体的运动，对它们的运动描述正确的是（　　）

甲图：万吨货轮起航，10s 内速度增到 0.2m/s

乙图：以 8m/s 飞行的蜻蜓，能在 0.7s 内停下来

丙图：火箭发射时，10s 内速度能增到 100m/s

丁图：以 8m/s 行驶的汽车，能在 2.5s 内停下来

A．甲图中，货轮的加速度一定为正

B．乙图中，蜻蜓一定做匀减速直线运动

C．丙图中，火箭的加速度方向与速度方向相同

D．丁图中的汽车与丙图中的火箭相比，火箭质量明显更大，惯性更大，速度改变更困难，所以火箭的加速度小于汽车的加速度

【答案】C

【解析】A．甲图中，货轮的速度增加，加速度方向与速度方向相同，但可能是加速度方向与速度方向均为负方向，故 A 错误；

B．乙图中，蜻蜓做减速运动，但不一定是匀减速直线运动，故 B 错误；

C．丙图中，火箭的速度增加，则火箭的加速度方向与速度方向相同，故 C 正确；

D．火箭发射时，10s 内速度能增到 100m/s，可知火箭的加速度为

$$a_{火}=\frac{100}{10}\mathrm{m/s^2}=10\mathrm{m/s^2}$$

以 8m/s 行驶的汽车，能在 2.5s 内停下来，可知汽车的加速度为

$$a_{汽}=\frac{8}{2.5}\mathrm{m/s^2}=3.2\mathrm{m/s^2}$$

可知火箭的加速度大于汽车的加速度，故 D 错误。

故选 C。

11．科学家关于物体运动的研究对树立正确的自然观具有重要作用。下列说法符合历史事实的是（　　）

A．亚里士多德认为，必须有力作用在物体上，物体的运动状态才会改变

B．伽利略通过“理想实验”得出结论：力不是维持物体运动的原因

C．牛顿第一定律只有在无摩擦力的条件下才成立

D．笛卡尔认为，在水平面上滑动的木块最终停下来是由于没有外力维持它运动

【答案】B

【解析】AD．亚里士多德认为，必须有力作用在物体上，物体才能运动，没有力的维持，物体就要静止在某个地方，故 AD 错误；

B．伽利略通过“理想实验”得出结论：力不是维持物体运动的原因，即运动必具有一定速度，如果它不受力，它将以这一速度永远运动下去，故 B 正确；

C．任何物体都保持静止或匀速直线运动的状态，直到受到其它物体的作用力迫使它改变这种状态为止，这里的力是指所有力，并不是单指摩擦力，故 C 错误。

故选 B。

12．我国新能源汽车行业正在加速发展，其中纯电动公交车的发展非常迅速，为百姓的出行带来便利与舒适。纯电动公交车如图所示，关于这种公交车，下列说法正确的是（　　）

A．该公交车的速度越大，其惯性越大

B．该公交车上的乘客越多，整个公交车（包括乘客）的惯性越大

C．该公交车行驶时的牵引力越大，其惯性越大

D．当该公交车刹车时，由于惯性，在车内原地向上起跳的乘客仍将落回起跳点

【答案】B

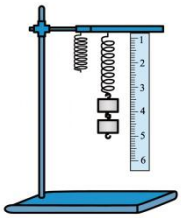
【解析】ABC．惯性只与质量有关，与牵引力大小及速度大小均无关，选项 AC 错误，B 正确；

D．当该公交车刹车时，由于惯性，在车内原地向上起跳的乘客将保持原来的水平速度，落地后水平位移大于公交车的位移，则将落到起跳点前方，选项 D 错误。

故选 B。

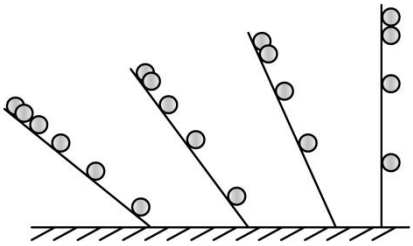
13．以下四幅图片中：图甲是足球运动员用力踢球；图乙是弹簧下挂钩码；图丙是 C919 飞机在空中匀速飞行；图丁是伽利略研究落体运动规律。下列说法中正确的是（　　）

甲



乙

丙



丁

A．图甲中，脚对球的作用力与球对脚的作用力是一对平衡力

B．图乙中，弹簧下所挂钩码的质量改变，弹簧的劲度系数也改变

C．图丙中，若飞机做匀速直线运动，它的位移一时间图像是一条平行于时间轴的直线

D．图丁中，利用斜面是为了“冲淡”重力，便于测量运动时间

【答案】D

【解析】A．用脚踢球时，脚对球施加力的作用，球同时对脚施加大小相等的反作用力，二者是一对相互作用力，不是一对平衡力，选项 A 错误；

B．图乙中，弹簧的劲度系数仅与弹簧本身有关，与所挂的钩码无关，选项 B 错误；

C．图丙中，若飞机做匀速直线运动，它的位移一时间图像是一条倾斜的直线，选项 C 错误；

D．图丁中，伽利略研究落体运动规律时利用斜面是为了冲淡”重力，便于测量运动时间，选项 D 正确。

故选 D。

14．电动平衡车越来越受到年轻人的喜爱，如图所示。当人站在电动平衡车上和车一起匀速水平前进的过程中，下列说法中正确的是（　　）

A．地面受到的压力就是平衡车自身的重力

B．平衡车车轮往往做得比较粗糙是为了减小摩擦力

C．人和平衡车匀速运动的速度越快，惯性越大

D．平衡车及人受到的重力和地面对车的支持力是一对平衡力

【答案】D

【解析】A．对平衡车和人组成的系统受力分析，平衡车受到地面的支持力为 N，可得

$N = G_{人} + G_{车}$

由相互作用力可知，地面受到的压力大于平衡车自身的重力，故 A 错误；

B．平衡车车轮往往做得比较粗糙是为了增大摩擦力，故 B 错误；

C．质量是惯性的唯一量度，与物体所处的状态无关，故 C 错误；

D．对平衡车和人组成的系统受力分析，当人站在电动平衡车上和车一起匀速水平前进时，在竖直方向上受力平衡，平衡车和人受到的重力和地面对车的支持力是一对平衡力，故 D 正确。

故选 D。

二、多选题（漏选得 3 分，全对得 5 分，错选得 0 分，共 20 分）

15．在研究物体的运动规律时，伽利略做出了巨大的贡献。他不仅首先建立了平均速度、瞬时速度、加速度的概念，并且在研究自由落体运动的规律时，采用了将落体转化为斜面的实验方法，开创了近代物理实验的先河，关于“斜面“实验，下列说法正确的是（　　）

A．伽利略用斜面实验验证了小球的运动速度与位移成正比

B．伽利略通过数学推演并用小球在斜面上的运动验证位移与时间成正比

C．斜面实验“冲淡”了重力的作用，便于测量小球的运动时间

D．伽利略开创了将抽象思维、数学推导和科学实验相结合的研究方法

【答案】CD

【解析】A．伽利略用斜面实验验证了小球的位移与时间平方成正比，从而得出速度与时间成正比，A 错误；

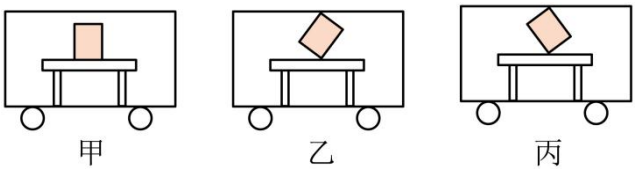
B．伽利略通过数学推演并用小球在斜面上的运动验证位移与时间的平方成正比，B 错误；

C．斜面实验使小球运动的加速度小于重力加速度，从而“冲淡”了重力的作用，便于测量小球的运动时间，C 正确；

D．伽利略开创了将抽象思维、数学推导和科学实验相结合的研究方法，D 正确。

故选 CD。

16．小轩很喜欢爸爸新买的数码照相机，在旅途中用它拍下了火车内桌面上塑料杯不同瞬间的状态，如图中的甲、乙、丙所示，则下列关于火车运动状态的判断可能正确的是（　　）



A．甲图中火车在匀速运动，乙图中火车突然向左加速，丙图中火车突然向左减速

B．甲图中火车在匀速运动，乙图中火车突然向右加速，丙图中火车突然向左加速

C．甲图中火车在匀速运动，乙图中火车突然向右减速，丙图中火车突然向右加速

D．甲图中火车在匀速运动，乙图中火车突然向左加速，丙图中火车突然向右减速

【答案】AC

【解析】题图甲中，塑料杯相对于桌面的位置没有发生改变，因此它们的运动状态是相同的，说明此时火车在匀速运动。题图乙中，塑料杯向右倾倒，说明火车突然向左加速（或向右减速），因为火车突然向左加速时，塑料杯的下部由于摩擦也随着加速，而上部由于惯性仍保持原来的运动状态，所以会向右倾倒；火车向右减速时的情形也可用类似的方法解释。题图丙中，塑料杯向左倾倒，说明火车突然向左减速（或向右加速），因为火车突然向左减速时，塑料杯的下部由于摩擦也随着减速，而上部由于惯性仍保持原来的运动状态，所以会向左倾倒，火车向右加速时的情形也可用类似的方法解释。综上可知，题图甲中火车在匀速运动，题图乙中火车突然向左加速（或向右减速），题图丙中火车突然向左减速（或向右加速）；

A．甲图中火车在匀速运动，乙图中火车突然向左加速，丙图中火车突然向左减速，与结论相符，选项 A 正确；

B．甲图中火车在匀速运动，乙图中火车突然向右加速，丙图中火车突然向左加速，与结论不相符，选项 B 错误；

C．甲图中火车在匀速运动，乙图中火车突然向右减速，丙图中火车突然向右加速，与结论相符，选项 C 正确；

D．甲图中火车在匀速运动，乙图中火车突然向左加速，丙图中火车突然向右减速，与结论不相符，选项 D 错误；

故选 AC。

17．如图所示，重球 *M* 系于细线 *DC* 的下端，重球 *M* 的下方又系一条同样的细线 *BA*，下列说法正确的是（ ）

A．在线的 *A* 端缓慢增加拉力时，细线 *DC* 先断

B．在线的 *A* 端缓慢增加拉力时，细线 *BA* 先断

C．在线的 *A* 端猛力一拉，细线 *DC* 先断

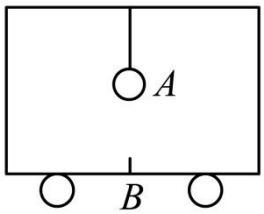
D．在线的 *A* 端猛力一拉，细线 *BA* 先断

【答案】AD

【解析】AB.在线的 A 端缓慢增加拉力 F1 时，使得重球 M 能够向下发生微小位移，从而使得上部细线 DC 的拉力 F2 逐渐增大，重球 M 可以认为处于平衡状态，即 F2=Mg+ F1，上部细线 DC 的拉力 F2 会先达到受力的极限，因而细线 DC 会先断，故 A 正确，B 错误；

CD.在线的 A 端猛力一拉，由于重球 M 质量较大，其惯性也较大，并且力的作用时间又极短，故重球 M 向下发生的位移也极小，以至于细线 DC 还来不及发生形变，下端细线 BA 上的拉力 F1 已经达到了受力的极限，因而细线 BA 会先断，故 C 错误，D 正确．

18．在向右行驶的汽车车厢的天花板上悬挂有一个小球 A，在 A 的正下方地板上有一点 B，如图所示（ ）



A．若汽车匀速行驶的过程中细线突然断裂，小球 A 将落在 B 点上

B．若汽车匀速行驶的过程中细线突然断裂，小球 A 将落在 B 点的左侧

C．若汽车加速行驶的过程中细线突然断裂，小球 A 将落在 B 点的左侧

D．若汽车加速行驶的过程中细线突然断裂，小球 A 将落在 B 点的右侧

【答案】AC

【分析】根据惯性(一切物体都有保持静止状态或匀速直线运动状态的性质)的知识分析解答.

【解析】A、B、汽车匀速行驶，绳子断裂后，小球 A 由于惯性在水平方向继续向前运动，水平速度和汽车的速度相同，故小球 A 落地时应落在正下方的 B 点；故 A 正确，B 错误.

C、D、绳子断裂后小球继续保持原来的速度水平匀速，汽车加速行驶其速度大于小球的速度，故球 A 将落在 B 点的左侧；故 C 正确，D 错误.

故选 AC.

【点睛】此题主要考查学生对惯性的理解和掌握，惯性现象在日常生活中十分常见，在学习中要注意细心观察认真领会，用所学惯性知识解决相关的物理问题.

三、综合题　（10 分）

19．物理运动的相对性与科学研究方法

在过去的初中，我们知道物理运动的相对性是一个重要的物理概念，它揭示了物体运动状态与参照物之间的关系。在描述物体的运动时，我们需要选择合适的参照物，并根据物体相对于参照物的位置变化来判断其运动状态。这种相对性的理解不仅有助于我们更准确地描述物体的运动状态，还有助于我们更深入地理解物理学中的其他相关概念。对于同一个物体，由于选取的参照物不同，我们可以说它是运动的，也可以说它是静止的。这种性质被称为运动的相对性，它是机械运动的一种基本属性。而理想模型则是我们用于将复杂的物理问题简单化的重要工具。

(1)预习之后，小吴同学发现，初中所学的参考物在高中我们称为

(2)李白在《望天山门》中写到：“两岸青山相对出，孤帆一片日边来。”这两句诗中描写“青山”与“孤帆”的运动选择的参考系分别是（　　）

A．帆船，河岸　B．河岸，帆船　C．青山，太阳　D．青山，划船的人

(3)小吴同学，小于同学，小顾同学三人相约去玩，他们做观光电梯的时候由于排队，同时搭上了不同电梯，在三个人乘坐的全过程中，小吴看到高楼匀速上升，小于看到小吴匀速上升，小吴看到小顾匀速上升，小顾看到小于匀速下降。小顾妈妈在底下给他们三人录制视频，则小顾妈妈在视频中看到的三位同学运动的情况是怎样的？他们运动的速度的大小又有什么数量关系呢？

(4)亚里士多德通过生活经验得出结论，从初中到高中，理论一直被伽利略，牛顿推翻，沦为了同学们的“笑柄”，但正是亚里士多德，伽利略，牛顿等一代又一代科学家的传承，才能使得我们如今的物理研究方法更加科学

①关于伽利略开创的科学探究方法，下列流程表示中正确的是(　　)

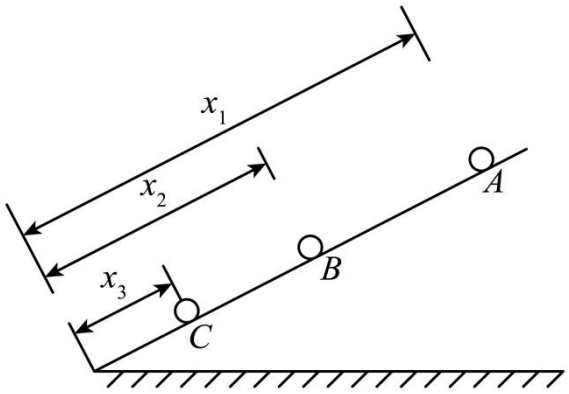
A．观察现象→猜想假设→提出问题→实验研究和逻辑推理（包括数学）→得出结论→修正或推广假设

B．观察现象→提出问题→猜想假设→实验研究和逻辑推理（包括数学）→修正或推广假设→得出结论

C．观察现象→提出问题→猜想假设→实验研究和逻辑推理（包括数学）→得出结论→修正或推广假设

D．观察现象→猜想假设→提出问题→实验研究和逻辑推理（包括数学）→修正或推广假设→得出结论

②伽利略在研究自由落体运动时，做了如下的实验：他让一个铜球从阻力很小（可忽略不计）的斜面上由静止开始滚下，并且做了上百次。假设某次实验伽利略是这样做的：在斜面上任取三个位置 A、B、C 让小球分别由 A、B、C 滚下，如图所示，让 A、B、C 与斜面底端的距离分别为x_1、x_2、x_3，小球由 A、B、C 运动到斜面底端的时间分别为t_1、t_2、t_3，小球由 A、B、C 运动到斜面底端时的速度分别为v_1、v_2、v_3，则下列关系式中，符合伽利略用来证明小球沿光滑斜面向下运动是匀变速直线运动且正确的是(　　)



A．$v_1=v_2=v_3$　　B．$\frac{v_1}{t_1}=\frac{v_2}{t_2}=\frac{v_3}{t_3}$　　C．$x_1-x_2=x_2-x_3$　　D．$\frac{x_1}{t_1^2}=\frac{x_2}{t_2^2}=\frac{x_3}{t_3^2}$

【答案】(1)参考系　(2)A　(3)小吴匀速下降，小于匀速下降，小顾匀速上升，则$v_{吴}<v_{于}$，小顾匀速下降，则$v_{顾}<v_{吴}<v_{于}$（正在搭乘观光电梯，考虑实际，小顾不可能静止）　(4)　C　D

【解析】（1）初中所学的参考物在高中我们称为参考系。

（2）根据题意可知，以“帆船”为参照物，“青山”和“帆船”之间的位置发生了变化，故“青山”是运动的；以“河岸”为参照物，“孤帆”与“河岸”之间的位置发生了变化，说明“孤帆”是运动的。故选 A。

（3）小吴匀速下降，小于匀速下降，小顾匀速上升，则$v_{吴}<v_{于}$，小顾匀速下降，则$v_{顾}<v_{吴}<v_{于}$（正在搭乘观光电梯，考虑实际，小顾不可能静止）。

（4）[1]伽利略开创的科学探究方法，流程为：观察现象→提出问题→猜想假设→实验研究和逻辑推理（包括数学）→得出结论→修正或推广假设，C 正确。

[2]A．小球在斜面上三次运动的位移不同，末速度一定不同，A 错误；

B．由

$$v=at$$

可得

$$a=\frac{v}{t}$$

三次下落的加速度相同，故关系式正确，但这不是当时伽利略用来证明匀变速直线运动的关系式，B 错误；

D．由运动学公式可知

$$x=\frac{1}{2}at^2$$

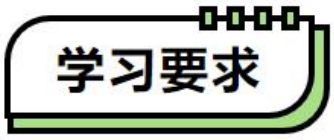
$$a=\frac{2x}{t^2}$$

三次下滑过程中位移与时间平方的比值一定为定值，伽利略正是用这一关系式证明小球沿光滑斜面下滑为匀变速直线运动，D 正确；

C．A、B、C 三点是任意取的，x_1-x_2与x_2-x_3并没有确定的关系，C 错误。

故选 D。

衔接点 15 实验：探究加速度与力、质量的关系



初中阶段	高中阶段
通过简单实验探究，知道加速度与力和质量有关：当物体质量一定时，受力越大加速度越大；当受力一定时，质量越大加速度越小。了解控制变量法在实验中的应用，能通过观察小车在不同拉力或不同质量下的运动快慢，定性分析三者关系，初步认识实验结论对牛顿第二定律的铺垫作用。	掌握“探究加速度与力、质量关系”的实验原理，能用控制变量法设计实验方案（如保持质量不变探究 a-F 关系，保持力不变探究 a-m 关系）。会用打点计时器或传感器采集数据，通过图像法（如作 a-F、a-1/m 图像）验证加速度与力成正比、与质量成反比的定量关系。理解实验中平衡摩擦力、减小系统误差的方法（如满足砝码质量远小于小车质量），能分析实验数据并进行误差讨论。
衔接指引	
初中阶段考查形式：多以选择题、填空题形式出现。 高中阶段考查形式：实验题和计算题。	

知新高中知识

实验：探究加速度与力、质量的关系

一、实验目的

1. 学会用控制变量法研究物理规律。

2. 验证牛顿第二定律。

3. 掌握利用图象处理数据的方法。

二、实验思路：

1. 探究方法——__控制变量法__。

2. 控制小车的质量 M 不变，讨论加速度 a 与力 F 的关系.

3. 控制砝码和小盘的质量不变，即力 F 不变，改变小车的质量 M，讨论加速度 a 与 M 的关系.

三、物理量的测量

1. 实验器材：打点计时器、纸带、复写纸、小车、一端附有定滑轮的长木板、小盘、夹子、细绳、低

压交流电源、导线、天平、刻度尺、砝码。

2. 小车与其上砝码的总质量 M——用　天平　测出.

3. 小车受的拉力 F——用　天平　测出小盘和盘内砝码的总质量 m，由 F＝mg 算出.

4. 小车的加速度 a

方法一：如果物体做初速度为零的匀加速直线运动，则可利用刻度尺测量位移和秒表测量时间，然后由公式 $a=(2x)/t^2$ 可算出。

方法二：利用 打点计时器 进行实验，根据纸带上打出的点可测量加速度。

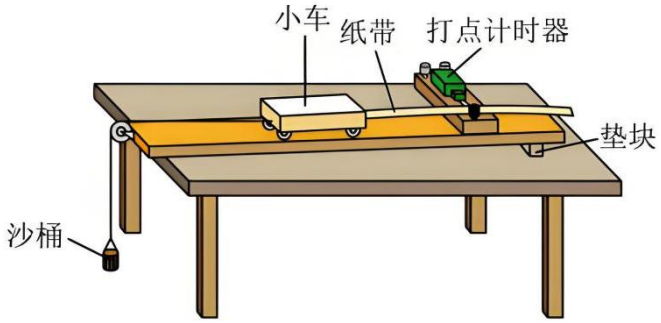
方法三：利用比值法。由于 $a=(2x)/t^2$ 测出两个初速度为零的匀加速运动在相同时间内发生的位移 x1，x2，位移之比就是加速度之比 $\frac{a_1}{a_2}=\frac{x_1}{x_2}$

四、进行实验

1. 测质量：用 天平 测出小车和砝码的总质量 M，小盘和砝码的总质量 m，把测量结果记录下来。

2. 仪器安装及平衡摩擦力

（1）按下图把实验器材安装好，只是不把悬挂小盘的细绳系在车上，即不给小车施加牵引力。



（2）平衡摩擦力：在长木板不带定滑轮的一端下面垫一块木板．反复移动木板的位置，直至小车在斜面上运动时可以保持匀速直线运动状态；这时，小车拖着纸带运动时受到的摩擦阻力恰好与小车所受的重

力在斜面方向上的分力平衡。

3.保持小车的质量不变

（1）把细绳系在小车上并绕过滑轮悬挂小盘，先接通电源再放开小车，打点计时器在纸带上打下一系列的点，打完点后切断电源，取下纸带，在纸带上标上纸带号码。

（2）保持小车和砝码的质量不变，在小盘里放入适量的砝码，把小盘和砝码的总质量 m′ 记录下来，重复步骤 4；在小盘内再放入适量砝码，记录下小盘和砝码的总质量 m″，再重复步骤 4。

（3）重复步骤 5 三次，得到三条纸带。

（4）在每条纸带上都选取一段比较理想的部分，标明计数点，测量各个计数点到 0 计数点间的距离，算出与每条纸带对应的小车加速度的值。

（5）用纵坐标表示加速度 a，横坐标表示作用力 F，作用力的大小 F 等于小盘和砝码的总重力，根据实验结果在坐标平面上画出相应的点，如果这些点是在一条过原点的直线上，便证明了加速度与作用力成 正比 。

4.保持小盘和砝码的质量不变：保持小盘和砝码的质量不变，在小车上加砝码，重复上面的实验，用纵坐标表示加速度 a，横坐标表示小车和砝码总质量的倒数，根据实验结果在坐标平面上画出相应的点；如果这些点是在一条过原点的直线上，就证明了加速度与质量成 反比 。

五、注意事项

1.平衡摩擦力：就是调出一个合适的斜面，使小车的 重力沿着斜面方向的分 力正好平衡小车受的摩擦阻力；在平衡摩擦力时，不要把悬挂小盘的细线系在小车上，即不要给小车施加任何牵引力，并要让小车拖着打点的纸带运动；整个实验平衡了摩擦力后，不管以后是改变小盘和砝码的总质量还是改变小车和砝码的总质量，都 不需要 （需要/不需要）重新平衡摩擦力。

2.实验条件：每条纸带必须在满足小车与车上所加砝码的总质量远大于小盘和砝码的总质量的条件下打出；只有如此，小盘和砝码的总重力才可视为小车受到的拉力。

3.操作顺序：改变拉力和小车质量后，每次开始时小车应尽量靠近打点计时器，并应先接通电源，再放开小车，且应在小车到达滑轮前按住小车。

六、误差分析

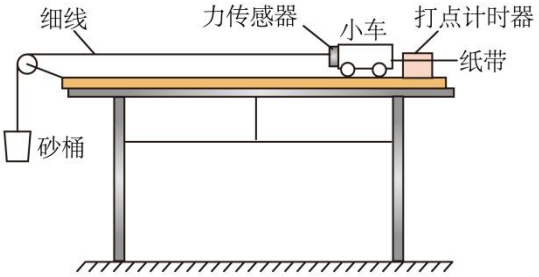
1.质量的测量误差，纸带上打点计时器打点间隔距离的测量误差，拉线或纸带不与木板平行等都会造成误差。

2.因实验原理不完善造成误差：本实验中用小盘和砝码的总重力代替小车受到的拉力（实际上小车受到的拉力要小于小盘和砝码的总重力），存在系统误差；小盘和砝码的总质量越接近小车的质量，误差就越大；反之，小盘和砝码的总质量越小于小车的质量，误差就越小。

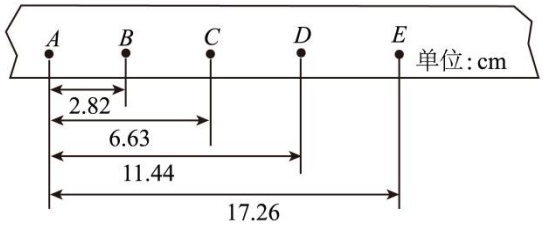
3. 平衡摩擦力不准造成误差：在平衡摩擦力时，除了不挂小盘外，其他的都跟正式实验一样（比如要挂好纸带、接通打点计时器），匀速运动的标志是打点计时器打出的纸带上各点的距离相等。

典例精析

例 1、为探究质量一定时加速度与力的关系，某同学设计了如图甲所示的实验装置。



甲



乙

(1)实验时，_____平衡小车受到的阻力，_____满足砂和砂桶的总质量远小于小车的质量。（均填“需要”或“不需要”）

(2)正确操作后，得到如图乙所示的纸带，A、B、C、D、E 点为纸带上选取的相邻五个计数点，纸带上相邻两个计数点之间还有四个计时点未画出。已知打点计时器的打点周期为 0.02s，则纸带上打出 B 点时小车的速度大小 v=___m/s，小车的加速度大小 a=___m/s^2（计算结果均保留两位有效数字）

【答案】(1) 需要　不需要　(2) 0.33　1.0

【解析】（1）[1]为了使小车受到的合力等于细线拉力，实验时，需要平衡小车受到的阻力；

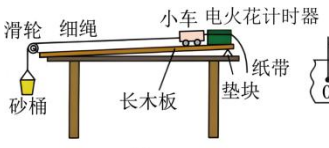
[2]由图中装置可知，细线拉力可以通过力传感器得到，所以不需要满足砂和砂桶的总质量远小于小车的质量。

（2）[1]纸带上相邻两个计数点之间还有四个计时点未画出，则相邻计数点的时间间隔为 $T=5\times0.02\text{s}=0.1\text{s}$

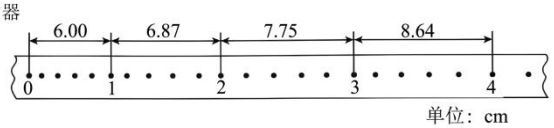
则纸带上打出 B 点时小车的速度大小为 $v=\dfrac{x_{AC}}{2T}=\dfrac{6.63\times10^{-2}}{2\times0.1}\text{m/s}=0.33\text{m/s}$

[2]根据逐差法可得小车的加速度大小为 $a=\dfrac{x_{CE}-x_{AC}}{4T^2}=\dfrac{(17.26-6.63-6.63)\times10^{-2}}{4\times0.1^2}\text{m/s}^2=1.0\text{m/s}^2$

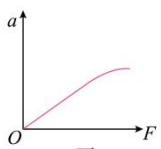
例 2、在探究加速度 a 与所受合力 F 的关系时，某同学采用图甲所示的实验装置进行实验探究，控制小车质量 M 不变，寻找其加速度 a 与所受合力 F 的关系。



甲



乙



丙

(1)在平衡摩擦力的这步操作中，该同学_____（选填“需要”或“不需要”）通过细绳把砂桶挂在小车上。

(2)在实验中，该同学得到的一条如图乙所示的纸带，他每隔 4 个点取一计数点，在纸带上做好 0、1、2、3、4 的标记，用毫米刻度尺测量出从起点 0 到各计数点的距离，在图中已经标出。已知电火花计时器的打点周期为 0.02s，则该小车运动的加速度大小为_____m/s^2（计算结果保留 2 位有效数字）。

(3)采用图像处理数据，画出如图丙所示 a-F 图像，发现图线上端弯曲，并不是直线，出现这一问题的可能原因是_____。

【答案】(1)不需要　(2)0.88　(3)小车质量没有远远大于砂和砂桶的总质量

【解析】（1）该实验必须要补偿阻力。在补偿阻力的这步操作中，利用小车重力沿木板向下的分力补偿阻力，不需要通过细绳把砂桶挂在小车上。

（2）由题可知，相邻计数点之间的时间间隔 $T=5\times0.02\text{s}=0.1\text{s}$

根据逐差法可得小车的加速度 $a=\dfrac{x_{24}-x_{02}}{4T^2}=\dfrac{[(7.75+8.64)-(6.00+6.87)]\times10^{-2}}{4\times0.1^2}\text{m/s}^2=0.88\text{m/s}^2$

（3）设小车的质量为 M，砂和砂桶的总质量为 m，根据牛顿第二定律，对小车则有 $T=Ma$

对砂和砂桶 $mg-T=ma$

联立可得 $a=\dfrac{mg}{M+m}$

在数据处理环节，把砂和砂桶的总重力当成小车的合力 F，则有 $a=\dfrac{1}{M+m}F$

当小车质量远远大于砂和砂桶的总质量时，$a-F$ 图像的斜率近似等于 $\dfrac{1}{M}$，图线近似是直线；随着砂和砂桶的总质量 m 逐渐增大，当小车质量没有远远大于砂和砂桶的总质量时，$a-F$ 图像上点与原点连线的斜率 $\dfrac{1}{M+m}$ 逐渐减小，则 $a-F$ 图线开始变弯曲。

例 3、为了探究物体质量一定时加速度与力的关系，某同学设计了图 1 所示的实验装置，其中 M 为小车和力传感器的总质量，m 为槽码的质量，力传感器可测出细线中的拉力大小。

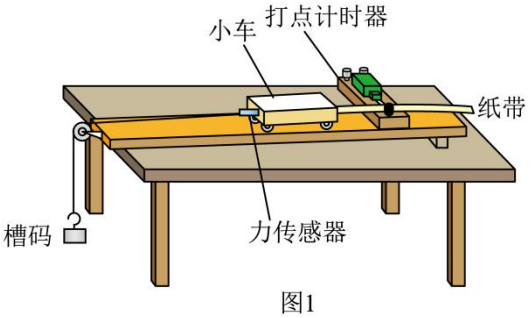


图1

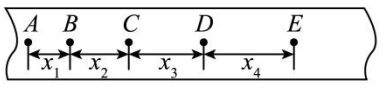


图2

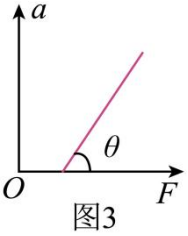


图3

(1)用此装置探究“加速度与力”的关系时，_____（填“需要”或“不需要”）满足 $M\gg m$。

(2)该同学经过实验获得如图 2 所示的纸带，已知打点计时器所接交流电频率为50Hz，计数点 A 、B、C、D、E 间均有四个打出的点未画出，则纸带上相邻两计数点的时间间隔 $T=$_____s，相邻计数点的距离分别记为 x_1、x_2、x_3、x_4，根据纸带可求出小车的加速度大小为_____（用题目中所给的符号表示）。

(3)该同学以力传感器的示数 F 为横坐标，加速度 a 为纵坐标，画出的 $a-F$ 图像如图 3 所示的一条直线，则图 3 中图线不过原点的原因是（　　）

A．钩码质量没有远小于小车质量

B．平衡摩擦力过度

C．没有平衡摩擦力或平衡摩擦力不足

【答案】(1)不需要　(2)0.1　$\dfrac{(x_3+x_4)-(x_1+x_2)}{4T^2}$　(3)C

【解析】（1）本实验中有力传感器，可直接读出绳上的拉力，则不需要满足 $M \gg m$ 。

（2）[1]由于计数点 A 、B、C、D、E 间均有四个打出的点未画出，则纸带上相邻两计数点的时间间隔

$$T=5\times\frac{1}{f}=5\times\frac{1}{50}\text{s}=0.1\text{s}$$

[2]逐差法可知 $a=\dfrac{(x_3+x_4)-(x_2+x_1)}{4T^2}$

（3）从图象可知，有一定的拉力后，小车才运动，所以没有平衡摩擦力或平衡摩擦力不够，所以补偿阻力时长木板右端垫得过低，故 C 选项符合题意。

故选 C。

例 4、某小组用如图 1 所示的装置研究加速度与力和质量的关系。实验中可认为槽码所受的重力等于使小车做匀加速直线运动的合力。测出小车和槽码的质量分别为 M、m。重力加速度为 g。

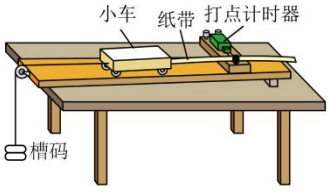


图1

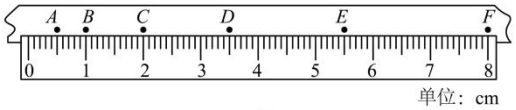


图2

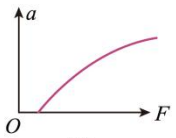


图3

(1)关于该实验，下列说法正确的是_____；

A．小车的质量应该远大于槽码的质量

B．补偿阻力时，将槽码通过定滑轮系在小车上且小车后面要连接纸带

C．实验时，若保持槽码质量不变，仅改变小车的质量，需要重新平衡摩擦力

D．实验时，若保持小车质量不变，应改变槽码的质量，打出多条纸带

(2)该小组得到如图 2 所示的一条纸带，已知打点计时器的工作频率为50Hz，A、B、C、D、E、F是在纸带上选取的 6 个计数点，各相邻计数点间还有 4 个点未画出。由此可得，小车的加速度大小为____m/s^2（结果保留 2 位有效数字）

(3)某小组同学保持小车以及车中的砝码质量M一定，探究加速度a与所受外力F的关系时，由于他们操作不当，这组同学得到的$a-F$关系图像如图 3 所示，则以下说法正确的是_____。

A．图线不过原点的原因是没有平衡摩擦力，或者平衡摩擦力过少

B．图线不过原点的原因是平衡摩擦力过度

C．图线发生弯曲的原因是槽码的质量过大

D．图线发生弯曲的原因是小车质量过大

【答案】(1)AD　(2)0.50　(3)AC

【解析】（1）A．为了使小车受到的细线拉力近似等于槽码的重力，实验中小车的质量应该远大于槽码的质量，故 A 正确；

BC．平衡摩擦力时应取下槽码，让小车拖着纸带，轻推小车后观察纸带上的点迹间距是否均匀，摩擦力只需平衡一次即可，故 BC 错误；

D．实验时，若保持小车质量不变，应改变槽码的质量，打出多条纸带，通过研究纸带数据从而得出结论，故 D 正确。

故选 AD。

（2）各相邻计数点间还有 4 个点未画出，则时间间隔为$t=5\times0.02$ s=0.1s

根据逐差法可知加速度为$a=\dfrac{x_{DF}-x_{BD}}{4t^2}=\dfrac{8.00-3.50-(3.50-1.00)}{4\times0.1^2}\times\ 0.01\text{m/s}^2=\ 0.50\text{m/s}^2$

（3）AB．由图可知$a=0$时，$F\neq0$，说明图线不过原点的原因是没有平衡摩擦力，或者平衡摩擦力过少，故 A 正确，B 错误；

CD．根据题意，由牛顿第二定律有$mg=(M+m)a$

整理可得$a=\dfrac{g}{M+m}m$

可知，当 m ≪ M 时$\dfrac{g}{M+m}\approx\dfrac{g}{M}$保持不变，a-m 图像为过原点的直线，当 m 逐渐增大，不满足 m ≪ M 时，减小，a-m 图像向下弯曲，则图像出现弯曲的原因是槽码的质量过大。

故 C 正确，D 错误；

故选 AC。

方法点拨

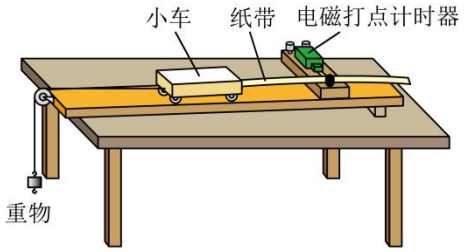
实验中除了要注意两个重要条件外(①平衡摩擦力②使 m≪M)，连接装置时还要注意：

(1)打点计时器要固定在长木板远离滑轮的一端；

(2)调节定滑轮，使拉小车的细绳和板面平行；

(3)实验时要将小车靠近打点计时器，先接通电源再释放小车。

例 5、一物理兴趣小组的同学用图甲的实验装置，做“探究加速度与力、质量的关系”实验。请你帮助该小组同学完成下列任务：



甲

(1)实验中除用到天平（含砝码），还需要使用的有_____（多选，填选项前的字母）；

A．8V 的交流电源 B．220V 的交流电源 C．秒表 D．刻度尺

(2)下列操作中正确的有_____（多选，填选项前的字母）；

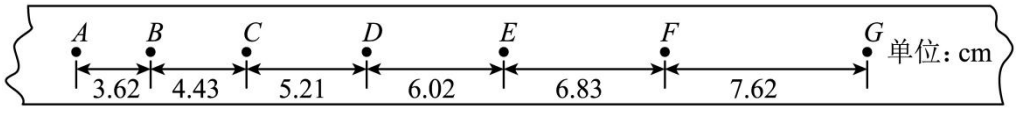
A．补偿小车所受的阻力时，小车后面应连接穿过打点计时器的纸带

B．在释放小车前，小车可放在滑轮和打点计时器之间的任意位置

C．打点计时器应放在长木板远离滑轮的一端

D．应先释放小车，后接通电源

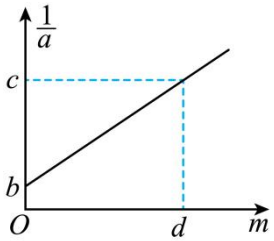
(3)该小组同学打出的一条纸带如图乙所示，打点计时器每隔 0.02s 打一个点，A、B、C、D、E、F、G 为在纸带上所选的计数点，相邻计数点间还有 4 个点未画出，则小车的加速度大小为_____m/s^2（结果保留 2 位有效数字）；



乙

(4)补偿小车所受的阻力后，在小车上依次放上砝码来研究“外力一定时物体的加速度与质量的关系”，实验中重物的质量远小于小车的质量，保证悬挂重物的质量不变，通过在小车上增加砝码来改变小车的总质量，未测小车质量，每次实验仅记录了小车上砝码的总质量 m，算出对应的加速度 a，以 m 为横坐标，$\frac{1}{a}$ 为

纵坐标，绘制的实验图像如图丙所示，b、c、d均为已知量。若牛顿第二定律成立，则小车的质量为___（结果用b、c、d表示）。



丙

【答案】(1)AD　(2)AC　(3)0.80　(4)$\frac{bd}{c-b}$

【解析】（1）根据图甲，打点计时器为电磁打点计时器，实验除用到天平（含砝码）外，还需要8V的50Hz交流电源，和测量纸带的刻度尺。

故选AD。

（2）A．平衡摩擦力时，小车后面应固定一条穿过打点计时器的纸带，通过纸带上点迹的间距判断小车是否做匀速直线运动，故A正确；

B．在释放小车前，小车要靠近打点计时器，以充分利用纸带，故B错误；

C．打点计时器应固定在长木板没有滑轮的一端，故C正确；

D．应先接通电源，待打点稳定后释放小车，故D错误。

故选AC。

（3）相邻计数点之间还有4个点未画出，可知相邻计数点间的时间间隔为$T=0.1\text{s}$，

由逐差法可得，加速度大小$a=\frac{\left(x_{DE}+x_{EF}+x_{FG}\right)-\left(x_{AB}+x_{BC}+x_{CD}\right)}{\left(3T\right)^2}\approx 0.80\text{m/s}^2$

（4）设小车的质量为M，根据牛顿第二定律有$F=(M+m)a$

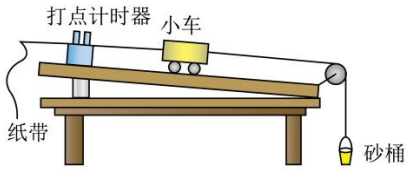
整理可得$\frac{1}{a}=\frac{1}{F}m+\frac{M}{F}$

结合图丙可知$\frac{c-b}{d}=\frac{1}{F}$，$\frac{M}{F}=b$

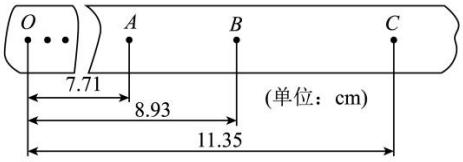
解得小车的质量为$M=\frac{bd}{c-b}$

例6、某实验小组探究“加速度a与合外力F和物体质量的关系”。如图甲所示，将一端带有定滑轮的长木板放在水平桌面上，小车前端可通过轻绳跨过定滑轮与砂桶连接，小车后端与穿过打点计时器限位孔的纸带相连。实验开始时首先补偿阻力，补偿阻力后，让轻绳跨过定滑轮连接砂桶，调整细线与木板平行，给砂桶中加入适量砂子，让小车加速运动，实验过程中可近似认为砂桶及桶内砂子的重力等于小车的合外力。

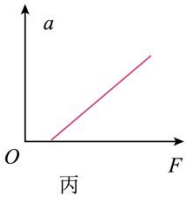
保持小车质量不变，改变砂桶中砂子的质量，重复实验多次；每次根据纸带计算小车的加速度 a、描点作图，作出 $a-F$ 的图像。



甲



乙



丙

(1)下列操作过程中，正确的是（　　）

A．实验开始时，让小车靠近打点计时器处，先释放小车再接通电源

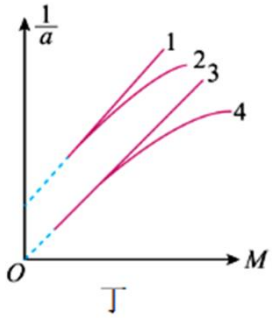
B．实验中每次改变砂桶中砂子的质量时，需重新调节木板的倾斜度

C．为减小误差，实验中需保证砂和砂桶的总质量远小于小车的质量

(2)实验中得到一条如图乙所示的纸带（相邻两计数点间还有四个点未画出），打点计时器所用交流电的频率 $f=50\text{Hz}$，根据纸带可求出小车的加速度大小为_____m/s^2（结果保留三位有效数字）。

(3)根据实验测得的数据作出 $a-F$ 的图线如图丙所示，该图线未通过坐标原点，请分析该小组做实验时存在的问题是_____。

(4)按正确的步骤操作，若保持沙和沙桶的质量 m_0 不变，改变小车的质量 M，测出对应的加速度 a，并作出 $\frac{1}{a}-M$ 图像，实验操作无误，下列图像最符合实际的是图丁中的图线_____（填“1”“2”“3”或“4”）。



丁

【答案】(1)C　(2)1.20　(3)补偿阻力不够，或平衡摩擦力不足，或木板左侧垫得太低　(4)1

【解析】（1）A 实验开始时，让小车靠近打点计时器处，先接通电源，待打点稳定后，再释放小车，这样纸带会得到充分利用，会有更多的数据信息，A 错误；

B.所需平衡的摩擦力与小车所受的拉力无关，故实验中每次改变砂桶中砂子的质量时，不需重新调节木板的倾斜度，B 错误；

C.以砂和砂桶及小车组成的系统为研究对象，设小车总质量为 M，砂和砂桶总质量为 m，根据牛顿第二定律，则有 $mg=(m+M)a$

小车的加速度为 $a=\dfrac{mg}{(m+M)}$

小车所受的合外力 $F=Ma=\dfrac{mMg}{(m+M)}=\dfrac{mg}{\dfrac{m}{M}+1}$

当 $m \ll M$ 时，可认为小车受到的拉力等于砂和砂桶的总重力。为使砂和砂桶的总重力在数值上近似等于木块运动时受到的拉力，应满足的条件是砂和砂桶的总质量远小于小车的总质量，C 正确。

故选 C。

（2）相邻两计数点间还有 4 个点未画出，则两计数点间时间间隔为 $T=5\times\dfrac{1}{50}\text{s}=0.1\text{s}$

纸带上 $x_{AB}=8.93\text{cm}-7.71\text{cm}=1.22\times10^{-2}\ \text{m}$，$x_{BC}=11.35\text{cm}-8.93\text{cm}=2.42\times10^{-2}\text{m}$

根据逐差法可得小车的加速度为 $a=\dfrac{x_{BC}-x_{AB}}{T^2}=\dfrac{2.42\times10^{-2}\text{m}-1.22\times10^{-2}\text{m}}{1.0\times10^{-2}\text{m}}=1.20\text{m/s}^2$

（3）根据实验测得的数据作出 $a-F$ 的图线如图丙所示，该图线未通过坐标原点，且力不为零时小车加速度依然为零，存在的问题是补偿阻力不够，或平衡摩擦力不足，或木板左侧垫得太低。

（4）根据题意，由牛顿第二定律有 $m_0g=(m_0+M)a$

整理得 $\dfrac{1}{a}=\dfrac{1}{g}+\dfrac{1}{m_0g}M$

图像 1 正确。

方法点拨

图像分析通用步骤

1. 明确图像坐标轴物理量：如确认横轴为 m 或 1/M，纵轴为 a 或 1/a。

2. 推导函数关系式：从物理定律（如 F=ma 出发，将公式变形为 y=kx + b 的线性形式。

3. 结合斜率/截距求参数：

斜率 k：对应公式中的比例系数（如 k=$\dfrac{1}{M}$ 或 k=F；

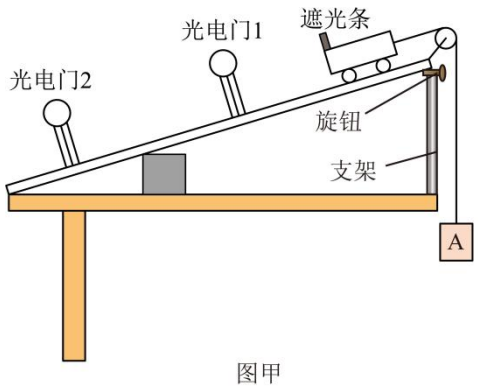
截距 b：对应初始量（如小车质量 M 或摩擦力 f。

4. 误差归因：

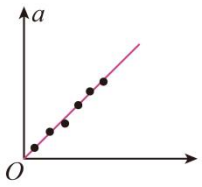
图像偏移原点时，优先考虑平衡摩擦力是否到位；

非线性偏差多与系统误差（如砂桶质量未远小于小车）有关。

例 7、小华同学设计图甲装置来探究合力一定时，加速度与质量的关系。木板一端放在桌面的左端，另一端用高度可调且带有旋钮的支架固定。轻绳一端连接小车，小车最左端固定一个遮光条，另一端跨过滑轮连接一个质量为m_0的物块 A，调整定滑轮使滑轮左侧轻绳与斜木板平行，测得两光电门间的距离为L，遮光条的宽度为d。



图甲



图乙

（1）反复调整木板的倾角，向下轻推小车，直到遮光条通过两个光电门的遮光时间相等。

（2）取下物块 A，让小车从木板顶端滑下，记录遮光条分别通过光电门 1、2 的遮光时间t_1、t_2，则小车的加速度大小a_1为____（用题中所给的已知物理量符号表示）。

（3）在小车上添加钩码以改变小车的总质量，重新挂上步骤（1）中的物块 A，重复（1）（2）操作，求出小车放上不同砝码时对应的加速度大小a。

（4）若小车及车上钩码的总质量用M表示，以小车的加速度大小a为纵轴，若在坐标纸上作出图乙所示的图像，其图线为一条直线，则图像中横轴为

A．M　　B．$\dfrac{1}{M}$　　C．M^2　　D．$\dfrac{1}{M^2}$

（5）图乙中直线的斜率表示____。

A．小车受到的重力大小　　B．小车受到的重力沿斜木板向下的分力大小

C．小车受到的摩擦阻力大小　　D．物块 A 受到的重力大小

【答案】$\dfrac{d^2}{2L}\left(\dfrac{1}{t_2^2}-\dfrac{1}{t_1^2}\right)$　B　D

【解析】（2）[1]遮光条分别通过光电门 1、2 的遮光时间t_1、t_2，则小车通过的光电门 1、2 的速度大小分别为$v_1=\dfrac{d}{t_1}$，$v_2=\dfrac{d}{t_2}$

光电门 1、2 的距离为L，则$L=\dfrac{v_2^2-v_1^2}{2a}$

求得小车的加速度大小 $a_1=\frac{d^2}{2L}\left(\frac{1}{t_2^2}-\frac{1}{t_1^2}\right)$

（4）[2]由题意步骤 1 中有 $Mg\sin\alpha=\mu Mg\cos\alpha+mg$

若小车及车上钩码的总质量用 M 表示，此时小车的合力为 $Mg\sin\alpha-\mu Mg\cos\alpha=mg$

则根据牛顿第二定律有 $mg=Ma$

整理得 $a=mg\bullet\frac{1}{M}$

以小车的加速度大小 a 为纵轴，若在坐标纸上作出图乙所示的图像，其图线为一条直线，则图像中横轴为 $\frac{1}{M}$。

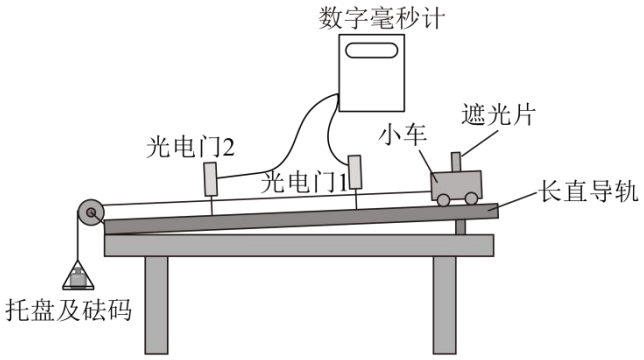
故选 B。

（5）[3]根据 $a=mg\bullet\frac{1}{M}$

可知图乙中直线的斜率 $k=mg$，表示的是物块 A 受到的重力大小。

故选 D。

例 8、某小组采用如图甲所示的装置验证牛顿第二定律，部分实验步骤如下：

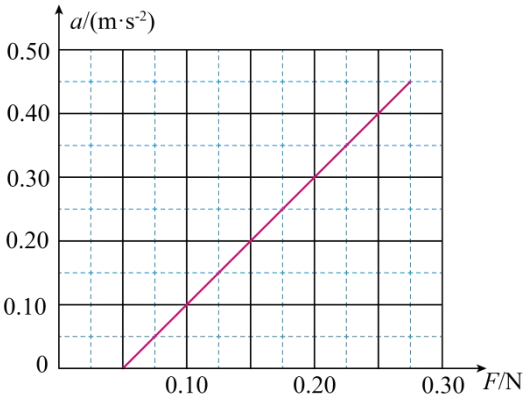


图甲

(1)将两光电门安装在长直轨道上，选择宽度为 d 的遮光片固定在小车上，调整轨道倾角，用跨过定滑轮的细线将小车与托盘及砝码相连。选用 $d=$____cm（填“5.00”或“1.00”）的遮光片，可以较准确地测量遮光片运动到光电门时小车的瞬时速度。

(2)将小车自轨道右端由静止释放，从数字毫秒计分别读取遮光片经过光电门 1、光电门 2 时的速度 $v_1=0.40\text{m/s}$、$v_2=0.81\text{m/s}$，以及从遮光片开始遮住光电门 1 到开始遮住光电门 2 的时间 $t=1.00\text{s}$，计算小车的加速度 $a=$____m/s^2（结果保留 2 位有效数字）。

(3)将托盘及砝码的重力视为小车受到的合力 F，改变砝码质量，重复上述步骤，根据数据拟合出 $a-F$ 图像，如图乙所示。若要得到一条过原点的直线，实验中应____（填“增大”或“减小”）轨道的倾角。



图乙

(4)图乙中直线斜率的单位为____（填“ kg ”或“ kg^{-1} ”）。

【答案】(1)1.00　(2) 0.41　(3)增大　(4) kg^{-1}

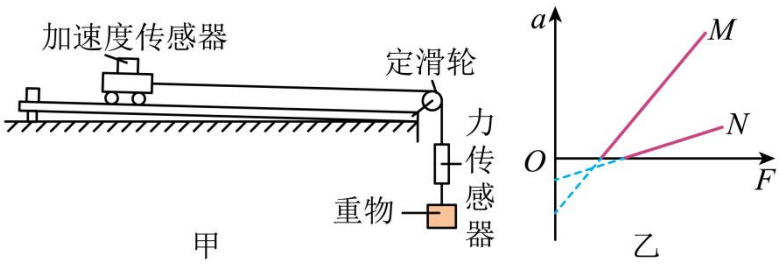
【解析】（1）实验用遮光片通过光电门的平均速度代替瞬时速度，遮光片宽度越小，代替时的误差越小，故为较准确地测量遮光片运动到光电门时小车的瞬时速度，选择宽度较小的 $d=1.00\text{cm}$ 的遮光片；

（2）根据加速度的定义式可得 $a=\frac{v_2-v_1}{t}=0.41\text{m/s}^2$

（3）根据图像可知当有一定大小的外力 F 时此时小车的加速度仍为零，可知平衡摩擦力不足，若要得到一条过原点的直线，需要平衡摩擦力，故实验中应增大轨道的倾角；

（4）图乙中直线斜率为 $k=\frac{\Delta a}{\Delta F}$，根据 $F=ma$ 可知直线斜率的单位为 kg^{-1}。

例 9、在用如图甲的装置做“探究加速度与力、质量的关系”实验中：



(1)探究小车加速度与小车所受拉力的关系时，需保持小车（含加速度传感器，下同）质量不变，这种实验方法是__。

(2)实验时，调节定滑轮高度，使连接小车的细绳与轨道平面保持__。

(3)由该装置分别探究 M、N 两车加速度 a 和所受拉力 F 的关系，获得 $a-F$ 图像如图乙，通过图乙分析实验是否需要补偿阻力（即平衡阻力）。如果需要，说明如何操作；如果不需要，说明理由。

(4)悬挂重物让 M、N 两车从静止释放经过相同位移的时间比为 n，两车均未到达轨道末端，则两车加速度之比 $a_M:a_N=$ __。

【答案】(1)控制变量法　(2)平行　(3)需要；撤出细绳连接的力传感器和重物，将木板左端用垫块垫起适当高度，使小车能沿木板匀速下滑。　(4)$1:n^2$

【解析】（1）在探究小车加速度与小车所受拉力的关系时，需保持小车（含加速度传感器）质量不变，这种实验方法是控制变量法。

（2）实验时，为使小车受到的合外力等于细绳的拉力，要调节定滑轮高度，使连接小车的细绳与轨道平面保持平行，保证细绳对小车的拉力方向与小车运动方向一致，减小实验误差。

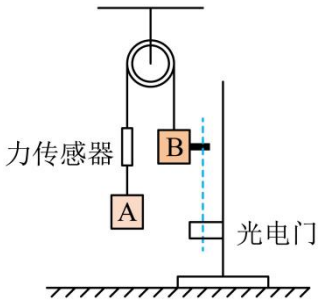
（3）由图乙可知，当拉力 F 为某一值时才产生加速度，说明小车受到摩擦力，需要补偿阻力。补偿方法：撤出细绳连接的力传感器和重物，将木板左端用垫块垫起适当高度，使小车能沿木板匀速下滑。

（4）两车均从静止释放，都做初速度为零的匀加速直线运动，根据匀变速直线运动的位移公式$x=\frac{1}{2}at^2$可知$a=\frac{2x}{t^2}$

因为$t_{\mathrm{M}}:t_{\mathrm{N}}=n:1$

联立解得$a_{\mathrm{M}}:a_{\mathrm{N}}=t_{\mathrm{N}}^2:t_{\mathrm{M}}^2=1:n^2$

例 10、用图示的装置来探究合外力与加速度的关系，光电门在铁架台上的位置可竖直上下调节，滑轮和细绳的质量及各处摩擦均忽略不计，物块 A、B（含遮光条）的质量相等，均为 M，重力加速度为 g。



(1)若遮光条的宽度为 d，遮光条的挡光时间为 Δt，则物块 B 通过光电门的速率 v=____。

(2)在物块 B 上放置一个小砝码并改变遮光条与光电门之间的高度 h（满足 h 远大于 d），实验时将物块 B 由静止释放，多次实验，测出各次的挡光时间Δt，在以$\frac{1}{h}$为纵轴、Δt^2为横轴的平面直角坐标系中作出图像，该图像的斜率为 k_1，则物块 B 的加速度 a=____。

(3)依次增加放置在物块 B 上小砝码的个数，重复上述测量速度和计算加速度的操作，记录多组（F，a）数据，在以力传感器的示数 F 为横轴、加速度 a 为纵轴的平面直角坐标系中作出图像。若得到图线的斜率为 k_2，则 k_2=____。

【答案】(1)$\frac{d}{\Delta t}$　(2)$\frac{k_1d^2}{2}$　(3)$\frac{1}{M}$

【解析】（1）由题可知，物块 B 通过光电门的速率为 $v=\frac{d}{\Delta t}$

（2）由运动学公式有 $v^2=2ah$，$v=\frac{d}{\Delta t}$

解得 $\frac{1}{h}=\frac{2a}{d^2}\cdot\Delta t^2$

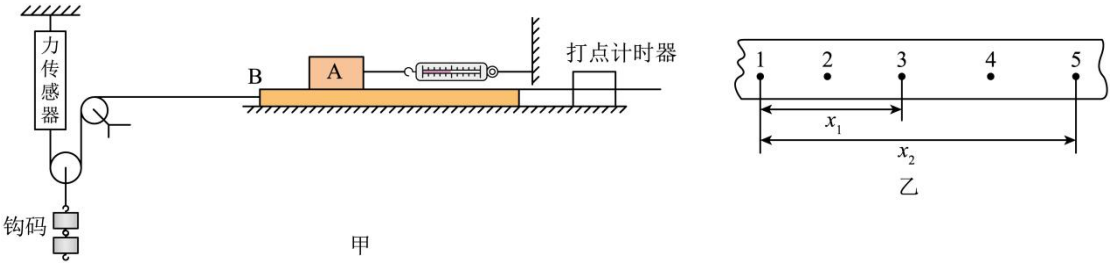
所以 $a=\frac{k_1d^2}{2}$

（3）对 A，由牛顿第二定律有 $F-Mg=Ma$

整理得 $a=\frac{F}{M}-g$

故图线的斜率 $k_2=\frac{1}{M}$

例 11、在一次课外活动中，某同学用如图甲所示的装置测量放在水平光滑桌面上的金属板 B 与铁块 A 之间的动摩擦因数，并验证牛顿第二定律。实验步骤如下：



（a）用天平测出铁块 A 的质量 m_A、金属板 B 的质量 m_B

（b）将该装置按如图所示的方式连接

（c）在动滑轮下挂上砝码，稳定运行后，弹簧秤的示数为 F_1，力传感器的示数为 F_2，打点计时器后方打出的一段纸带如图乙所示，已知重力加速度为 g，纸带上相邻计数点间的时间间隔为 T，则：

(1)金属板 B 与铁块 A 之间的动摩擦因数为____。

(2)要验证牛顿第二定律，需要保证_____。

A．定滑轮和金属板间的细绳必须水平

B．所有滑轮必须光滑

C．钩码的质量必须远小于金属板的质量

(3)要验证牛顿第二定律，需要验证的关系为 $F_2=$_____（用“F_1、m_B、x_1、x_2、T”表示）。

【答案】(1) $\frac{F_1}{m_Ag}$　(2)AB　(3) $F_1+m_B\frac{x_2-2x_1}{4T^2}$

【解析】（1）铁块 A 平衡，有 $F_1=\mu m_Ag$

解得 $\mu=\dfrac{F_1}{m_{\mathrm{A}}g}$

（2）C．本实验有力传感器，没有必要保证钩码的质量远小于金属板的质量，选项 C 错误；

AB．要保证细绳对金属板的拉力 F_2 水平，定滑轮和金属板间的细绳必须水平，所有滑轮必须光滑，以减小阻力影响，选项 AB 正确。

故选 AB。

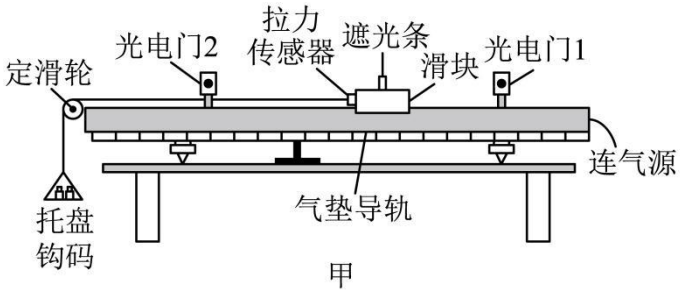
（3）根据 $\left(x_2-x_1\right)-x_1=a(2T)^2$

可得铁板的加速度 $a=\dfrac{x_2-2x_1}{4T^2}$

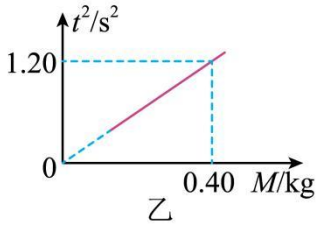
需要验证的关系为 $F_2-\mu m_{\mathrm{A}}g=m_{\mathrm{B}}a$

故要验证 $F_2=F_1+m_{\mathrm{B}}\dfrac{x_2-2x_1}{4T^2}$

例 12、某小组利用图甲所示的气垫导轨实验装置探究“物体受力一定时加速度与物体质量的关系”。已知滑块（包括拉力传感器、遮光条）的质量。请回答下列问题：



甲



乙

(1)不挂托盘，开启气源，反复调节导轨下方的螺丝，直至推动滑块后，遮光条通过光电门 1 的挡光时间（选填“大于”“等于”或“小于”）通过光电门 2 的挡光时间。

(2)挂上托盘，调节_____的高度，使导轨上方细线与导轨平行。

(3)移动滑块，让遮光条从光电门 1 的右侧恰好不遮光的位置由静止释放，滑块向左滑动，拉力传感器的示数为 0.42N，记录遮光条从光电门 1 运动到光电门 2 的时间，_____（选填“需要”或“不需要”）满足托盘及砝码的总质量远小于滑块的质量。

(4)在滑块上添加已知质量的钩码，在托盘中应适当_____（选填“增大”或“减小”）砝码质量，重新让遮光条从光电门 1 的右侧恰好不遮光的位置由静止释放，运动过程中拉力传感器的示数为_____N，记录遮光条从光电门 1 运动到光电门 2 的时间。

(5)保持光电门 1 到光电门 2 的距离 L 不变，多次实验，可获得多组遮光条从光电门 1 运动到光电门 2 的时间 t、滑块及钩码的总质量 M 的数据，作出 t^2-M 图像如图乙所示，根据图乙可以得出结论：物体受力一定时，_____；还可以求出两个光电门之间的距离 $L=$_____m。

【答案】(1)等于　(2)定滑轮　(3)不需要　(4) 减小　0.42　(5)加速度与物体质量成反比　0.63

【解析】（1）不挂托盘的情况下，应调节导轨下方的螺丝，推动滑块后遮光条通过两个光电门的遮光时间相等，说明导轨水平。

（2）挂上托盘，调节定滑轮的高度，使导轨上方细线与导轨平行，以保证导轨水平时细线的拉力为滑块所受合力。

（3）由于细线的拉力大小是通过拉力传感器测出的，不需要满足托盘及砝码的总质量远小于滑块的质量。

（4）[1][2]由于本实验的目的是探究物体受力一定时加速度与物体质量的关系，所以应保证滑块受到的合力恒定，即应保证拉力传感器的示数仍为 0.42N。若在滑块上添加钩码后，托盘及砝码的加速度减小，细线的拉力将变大，所以应减小托盘中的砝码质量。

（5）由牛顿第二定律可得 $F=Ma$

又由运动学公式有 $L=\frac{1}{2}at^2$

联立可得 $t^2=\frac{2L}{F}M$

可见 F 一定时 t^2 与 M 成正比，有 $t^2=\frac{2L}{a}=\frac{2L}{F}M$

即物体受力一定时加速度与物体质量成反比。结合题图乙得 $\frac{2L}{F}=\frac{1.20}{0.40}\mathrm{s^2/kg}$

又 $F=0.42\mathrm{N}$

解得 $L=0.63\mathrm{m}$

方法点拨

巧用牛顿第一定律

1. 由“因”索“果”：在判断力与运动之间的关系时，一定要把握准牛顿第一定律的含义，即力是改变物体运动状态的原因，而不是维持物体运动的原因.

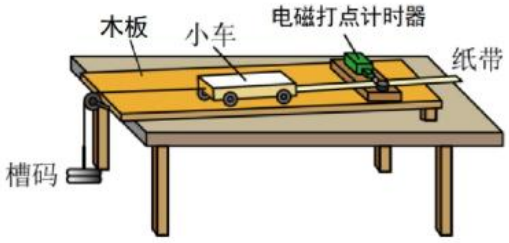
2. 由“果”索“因”：如果物体的运动状态发生改变，则物体必然受到不为零的合外力的作用，所以判断物体的运动状态是否改变以及如何改变，应分析物体的受力情况.

3. 应用步骤：应用牛顿第一定律解释有关现象时，一要看物体原来的运动状态，二要看物体现在的受力情况及所受合力是否为零，最后判断由于物体具有惯性将会出现的现象.

对点集训

1．实验小组开展探究加速度与力、质量的关系的实验。

(1)用如图甲所示的装置进行探究，以下说法正确的是（　　）



图甲

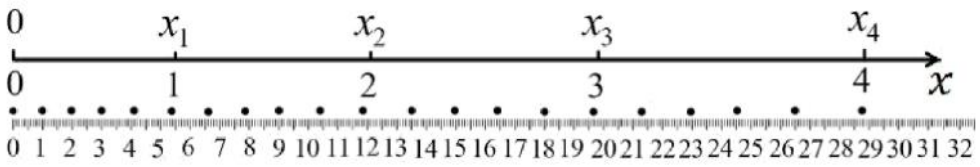
A．需垫高木板补偿阻力

B．补偿阻力时小车不需要连接纸带

C．图中打点计时器的电源是220V交流电

D．实验时拉小车的细线应保持与桌面平行

(2)某次正确操作后获得一条如图乙所示的纸带，建立以计数点O为坐标原点的x轴，各计数点的位置坐标分别为0，x_1，$\llcorner$，x_4。已知打点计时器的打点周期为T，则小车加速度a的表达式是（　　）

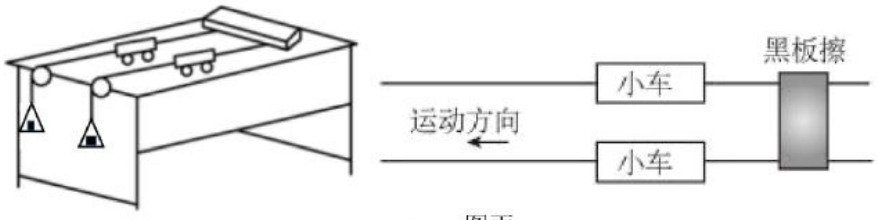


图乙

A．$a=\dfrac{x_4-2x_2}{(2T)^2}$　　B．$a=\dfrac{x_4-2x_2}{(10T)^2}$

C．$a=\dfrac{x_4-x_3-x_2-x_1}{(2T)^2}$　　D．$a=\dfrac{x_4-x_3-x_2-x_1}{(10T)^2}$

(3)实验小组还利用如图丙的装置将两相同的小车放在粗糙的水平木板上，探究加速度与力的关系。小车前端各系一条细线，线的另一端跨过定滑轮各挂一个小盘，盘中放质量不同的重物。两小车后端各系一条细线，用黑板擦把两条细线同时按压在木板上。抬起黑板擦，两小车同时开始运动，按下黑板擦，两小车同时停下来。该实验中_____（选填“需要”或“不需要”）补偿阻力；正确操作后，测出两小车移动的位移x_1，x_2，它们的加速度之比$a_1:a_2=$_____。



图丙

【答案】(1)A　(2)B　(3) 需要　$x_1:x_2$

【解析】（1）A．该实验需使细线对小车的拉力等于小车所受的合力，所以需垫高木板补偿阻力，故 A 正确；

B．补偿阻力时需要通过观察纸带上的点迹是否分布均匀来判断小车是否做匀速直线运动，且阻力也包括纸带与限位孔之间的摩擦力，所以小车需要连接纸带，故 B 错误；

C．图中打点计时器为电磁打点计时器，所使用的电源是 4~6V 交流电，故 C 错误；

D．实验时拉小车的细线应保持与木板平行，故 D 错误。

故选 A。

（2）根据逐差法计算小车的加速度为 $a=\dfrac{(x_4-x_2)-x_2}{(10T)^2}=\dfrac{x_4-2x_2}{(10T)^2}$

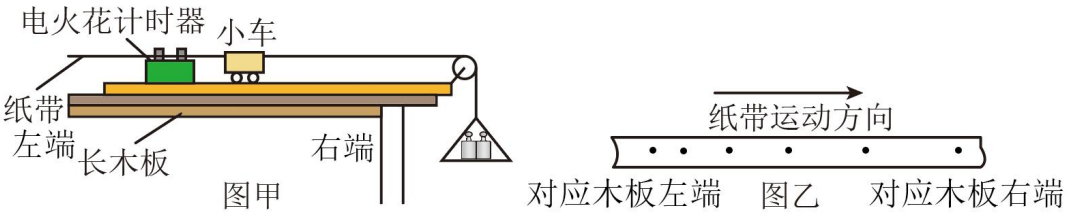
故选 B。

（3）[1]该实验中仍需使细线对小车的拉力等于小车所受的合力，所以仍需要补偿阻力；

[2]两小车均做初速度为零的匀加速直线运动，运动时间相等，有 $x_1=\dfrac{1}{2}a_1t^2$，$x_2=\dfrac{1}{2}a_2t^2$

两式相比得 $a_1:a_2=x_1:x_2$

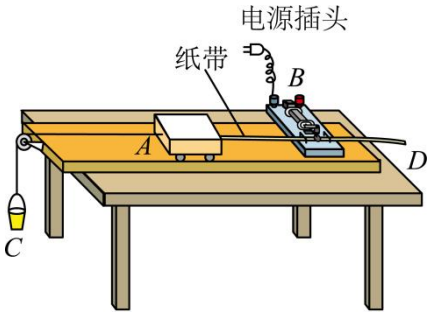
2．用甲图装置“探究加速度与力、质量的关系”的实验时，为了平衡摩擦力，若所有操作均正确，打出的纸带如图乙所示，应____（填“减小”或“增大”）木板的倾角。



【答案】增大

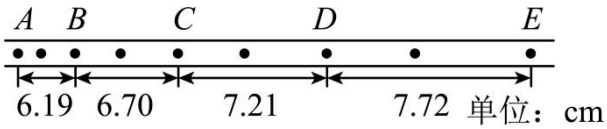
【解析】由打出的纸带可知，小车做的是减速运动，说明木板的倾角偏小，应增大木板的倾角。

3．某组同学设计了“探究加速度 a 与物体所受合力 F 及质量 m 的关系”实验。如图甲所示为实验装置简图，A 为小车，B 为电火花计时器，C 为装有细沙的小桶，D 为一端带有定滑轮的长方形木板，实验中认为细绳对小车的拉力 F 等于细沙和小桶的总重力，小车运动的加速度 a 可用纸带上打出的点求得。

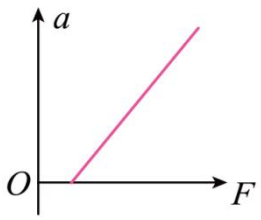


(1)在实验过程中，_____（选填“需要”或“不需要”）满足“滑块的质量远大于钩码的质量”这一条件。

(2)如图乙所示为某次实验得到的纸带，已知实验所用电源的频率为 50 Hz。根据纸带可求出电火花计时器打 B 点时的速度大小为 ____ m/s，小车的加速度大小为_____m/s²。（结果均保留 2 位有效数字）



(3)保持小车的质量不变，改变槽码的质量，该同学根据实验数据作出了加速度 a 随合力 F 变化的图线，如右图所示。该图线不通过原点，其主要原因是_____。



【答案】(1)需要　(2)1.6　3.2　(3)未能完全平衡摩擦力

【解析】（1）由于把钩码的重力当作小车受到的合外力，故需要满足滑块的质量远大于钩码的质量；

（2）[1]根据中间时刻的瞬时速度等于这段时间内的平均速度，故有

$$v_B=\frac{x_{AC}}{4T}=\frac{(6.70+6.19)\times10^{-2}}{4\times0.02}\text{m/s}=1.6\text{m/s}$$

[2]根据逐差法求加速度可得

$$a=\frac{(x_{CE}-x_{AC})}{16T^2}=\frac{(7.21+7.72-6.19-6.70)\times10^{-2}}{16\times0.02^2}\text{m/s}^2=3.2\text{m/s}^2$$

（3）图线有横截距，说明小车受到一定外力时，加速度依然为 0，显然是没有平衡摩擦力或平衡摩擦力不够。

4．探究加速度与力、质量的关系实验注意事项

（1）打点前小车应靠近_____，且应先启动打点计时器后_____小车。

（2）在补偿阻力时，不要_____槽码，但小车应连着_____且启动打点计时器。用手轻轻地给小车一个_____，如果在纸带上打出的点的间隔_____，表明小车受到的阻力跟它受到的重力沿斜面向下的_____平衡。

（3）改变槽码的质量的过程中，要始终保证槽码的质量远_____小车的质量。

（4）作图时应使所作的直线通过尽可能多的点，不在直线上的点也要尽可能地均匀分布在直线的两侧，个别偏离较远的点应_____。

【答案】（1） 打点计时器　释放　（2）悬挂　纸带　初速度　均匀　分力　（3）远小于　（4）舍去

【解析】（1）[1][2]打点前小车应靠近打点计时器，且应先启动打点计时器后释放小车。

（2）[1][2]在补偿阻力时，不要悬挂槽码，但小车应连着纸带且启动打点计时器。

[3][4][5]用手轻轻地给小车一个初速度，如果在纸带上打出的点的间隔均匀，表明小车受到的阻力跟它受到的重力沿斜面向下的分力平衡。

（3）改变槽码的质量的过程中，要始终保证槽码的质量远小于小车的质量.

（4）作图时应使所作的直线通过尽可能多的点，不在直线上的点也要尽可能地均匀分布在直线的两侧，个别偏离较远的点应舍去。

5．实验：探究加速度与力、质量的关系：注意事项

(1)打点前小车应____打点计时器且应先____后____。

(2)在补偿阻力时，____（选填“要”或“不要”）悬挂槽码，但小车应连着纸带且启动打点计时器。用手轻轻地给小车一个初速度，如果在纸带上打出的点的间隔____，表明小车受到的阻力跟它受到的重力沿斜面向下的分力平衡。

(3)改变槽码的质量的过程中，要始终保证槽码的质量____小车的质量。

(4)作图时应使所作的____通过尽可能多的点，不在直线上的点也要尽可能地均匀分布在直线的两侧，个别偏离较远的点应舍去。

【答案】(1)靠近　启动打点计时器　释放小车　(2) 不要　均匀　(3)远小于　(4)直线

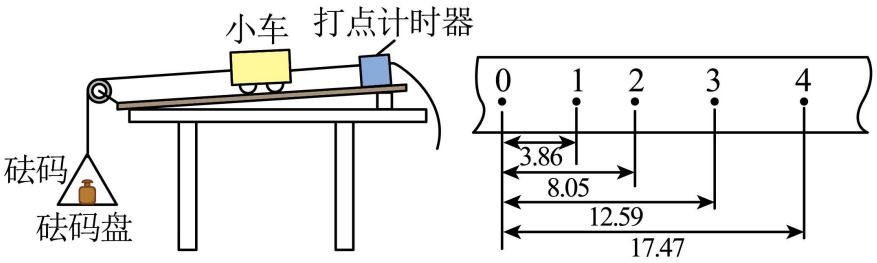
【解析】（1）[1][2][3]打点前小车应靠近打点计时器且应先启动打点计时器后释放小车；

（2）[1][2]在补偿阻力时，不要悬挂槽码，但小车应连着纸带且启动打点计时器。用手轻轻地给小车一个初速度，如果在纸带上打出的点的间隔均匀，表明小车受到的阻力跟它受到的重力沿斜面向下的分力平衡；

（3）改变槽码的质量的过程中，要始终保证槽码的质量远小于小车的质量；

（4）作图时应使所作的直线通过尽可能多的点，不在直线上的点也要尽可能地均匀分布在直线的两侧，个别偏离较远的点应舍去。

6．如图所示为静宁一中两位同学探究“物体的加速度与其质量、所受合外力的关系”的实验装置图。



(1)实验中，两位同学安装好实验装置后，首先平衡摩擦力，他们将长木板的一端适当垫高些后，在不挂砝码盘的情况下，使小车靠近打点计时器后，先接通电源，后用手轻拨小车，小车便拖动纸带在木板上自由运动。若打点计时器第一次在纸带上打出的计时点越来越稀疏（从打出的点的先后顺序看），则第二次打点前应将长木板底下的小木块垫的比原先更加_____（选填“高”或“低”）些，重复以上操作步骤，直到打点计时器在纸带上打出一系列_____（选填“点间隔均匀”或“点间隔不均匀”）的计时点，便说明平衡摩擦力合适。

(2)平衡摩擦力后，在___（选填“$m \ll M$”或“$m \gg M$”）的条件下，两位同学可以认为砝码盘（连同砝码）的总重力近似等于小车的所受的合外力。（已知小车的质量为 M，砝码盘（连同砝码）的总质量为 m）

【答案】(1)低　点间隔均匀　(2)m ≪ M

【解析】（1）[1][2]若打点计时器第一次在纸带上打出的计时点越来越稀疏，说明小车加速下滑，木板的右端抬的过高，则第二次打点前应将长木板底下的小木块垫的比原先更加低些；重复以上操作步骤，直到打点计时器在纸带上打出一系列间隔均匀的计时点，便说明平衡摩擦力合适。

（2）平衡摩擦力后，以小车为对象，由牛顿第二定律得

$$F = Ma$$

以盘及盘中砝码为对象，由牛顿第二定律得

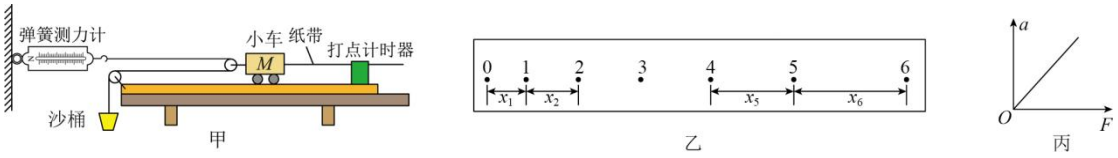
$$mg - F = ma$$

联立解得

$$F = \frac{M}{M+m}mg = \frac{1}{1+\frac{m}{M}}mg$$

可知当盘及盘中砝码的总质量远小于小车质量（m ≪ M）的条件下，两位同学可以认为砝码盘（连同砝码）的总重力近似等于小车的所受的合外力。

7．某兴趣小组设计了探究“加速度与力的关系”的实验方案，如图甲所示。小车的质量为 M，沙和沙桶的质量为 m，滑轮和细线质量不计。



(1)对本实验的操作，下列说法中正确的是_____。

A．实验中需要测量沙和沙桶的质量 m

B．实验中需要调节滑轮的高度，使细线与长木板平行

C．实验中为减小误差，一定要保证沙和沙桶的质量 m 远小于小车的质量 M

D．平衡摩擦力时，先悬挂沙桶，再调整长木板的倾角使小车拖着纸带沿长木板匀速下滑

(2)实验过程中，打出了一条纸带，如图乙所示。打点计时器使用 50Hz 交流电源，纸带上标注的 0、1、2、3、4、5、6 为计数点，相邻两计数点间还有 4 个点未画出。测出 $x_1=2.10\text{cm}$，$x_2=3.62\text{cm}$，$x_5=8.12\text{cm}$，$x_6=9.60\text{cm}$。则小车加速度大小 $a=$_____m/s^2。

(3)以弹簧测力计的示数 F 为横坐标，加速度 a 为纵坐标，作出的 $a-F$ 图像是一条过原点的直线，如图丙所示。若直线的斜率为 k，则小车的质量为_____（用斜率 k 表示）。

【答案】(1)B　(2)1.5 /1.50　(3)$\frac{2}{k}$

【解析】（1）A．本实验可由弹簧测力计直接得出小车受到的拉力大小，不用沙和沙桶的重力代替小车受到的拉力，所以不需要天平测量沙和沙桶的质量 m，故 A 错误；

B．要保证小车做匀变速直线运动，小车的受力必须恒定不变，因此需要调节滑轮高度，使细线与长木板平行，确保小车受力恒定不变．故 B 正确；

C．因为小车受到的拉力由弹簧秤进行测量，故不必要保证沙和沙桶的质量 m 远小于小车的质量 M，故 C 错误；

D．平衡摩擦力时，不悬挂沙桶，调整长木板的倾角使小车拖着纸带沿长木板匀速下滑，故 D 错误。

故选 B。

（2）由题意可知，两计数点间时间间隔为 $T=0.1s$，由逐差法可得，小车加速度大小为

$$a=\frac{\left(x_5+x_6\right)-\left(x_1+x_2\right)}{8T^2}$$

$$x_5=8.12\text{cm}=0.0812\text{m}$$

$$x_6=9.60\text{cm}=0.096\text{m}$$

$$x_1=2.10\text{cm}=0.0210\text{m}$$

$$x_2 = 3.62\text{cm} = 0.0362\text{m}$$

代入数据解得

$$a = 1.5\text{m/s}^2$$

（3）由牛顿第二定律可得

$$2F = Ma$$

则

$$a = \frac{2}{M}F$$

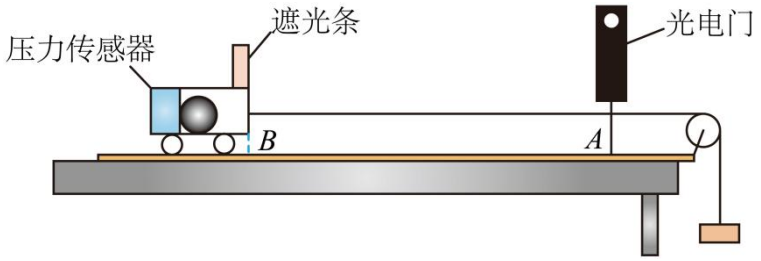
图线的斜率是

$$k = \frac{2}{M}$$

则小车的质量为

$$M = \frac{2}{k}$$

8．实验小组探究“加速度与力、质量的关系”的装置如图所示。小钢球置于一小车内，车内后壁装有压力传感器，车顶安装有遮光条。细绳一端系于小车上，另一端跨过固定在长木板上的定滑轮，挂上钩码。



(1)若将压力传感器的示数视为小球所受合力的大小，则在实验过程中，___（选填“需要”或“不需要”）满足钩码质量远小于小车质量，细线___（选填“需要”或“不需要”）调节至与长木板平行，长木板要调节至下列选项中的___（填选项字母）状态。

A．保持水平　　B．倾斜一特定角度

C．倾斜任意一小角度　　D．倾斜任意一大角度

(2)光电门安装在长木板的位置 A，在长木板上标记另一位置 B。改变钩码个数，让小车每次都从位置 B 开始运动，记录多组压力传感器示数 F 和光电门测量的遮光时间 t。某同学猜想小球的加速度与 F 成正比，若用图像法验证他的猜想，则最直观、合理的关系图像是下列选项中的____（填选项符号）。

A．$t-F$　　B．$\frac{1}{t}-F$

C．t^2-F　　D．$\frac{1}{t^2}-F$

(3)若作出（2）中正确选项的图像为一条过原点的直线，图像斜率为 k，并测出遮光条的宽度为 d，AB 间距为 x，则小钢球的质量 m=___（用字母 k、d、x 表示）。

【答案】(1)不需要　需要　A　(2)D　(3) $\frac{2x}{kd^2}$

【解析】（1）[1]由于本实验采用了压力传感器，不需要用钩码的总重力代替绳子的拉力，因此不需要满足钩码质量远小于小车质量；

[2]为了保证小车所受拉力的方向不变，因此细线需要调节至与长木板平行；

[3]为了使小球所受压力传感器的力在水平方向，因此长木板要调至水平状态，故选 A。

（2）遮光条通过光电门的瞬时速度 $v=\frac{d}{t}$

AB 间距为 x，根据运动学公式 v2=2ax

对小球，根据牛顿第二定律 F=ma

联立解得 $\frac{1}{t^2}=\frac{2x}{md^2}\cdot F$

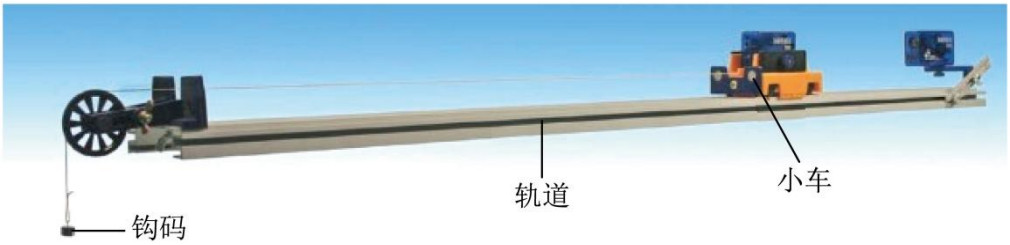
因此为了直观第反映小球的加速度与 F 成正比，需要建立 $\frac{1}{t^2}-F$ 图像。

故选 D。

（3）根据上述（2） $\frac{1}{t^2}-F$ 图像的斜率 $k=\frac{2x}{md^2}$

解得小钢球的质量 $m=\frac{2x}{kd^2}$

9．某同学采用下图所示装置进行“探究牛顿第二定律”的实验：在轨道上用钩码牵引小车，做匀变速运动，并测量小车的加速度。



(1)该实验中，测量小车加速度所用的传感器是 DIS__传感器。

(2)实验中，需要使轨道的右端抬高一定角度，其目的是___。

(3)在实验操作中，下列说法正确的是___。

A．实验中，若要将砝码（包括砝码盘）的重力大小作为小车所受拉力 F 的大小，应让小车质量远大于砝码（包括砝码盘）的质量

B．实验时，应先放开小车，再点击开始记录

C．每改变一次小车的质量，都需要改变垫入的小木块的厚度

D．先保持小车质量不变，研究加速度与力的关系；再保持小车受力不变，研究加速度与质量的关系，最后归纳出加速度与力、质量的关系

【答案】(1)位移　(2)平衡摩擦力　(3)AD

【解析】（1）该实验中，测量小车加速度所用的传感器是 DIS 位移传感器。

（2）实验中，需要使轨道的右端抬高一定角度，其目的是平衡摩擦力。

（3）A．实验中，若要将砝码（包括砝码盘）的重力大小作为小车所受拉力 F 的大小，应让小车质量远大于砝码（包括砝码盘）的质量，故 A 正确；

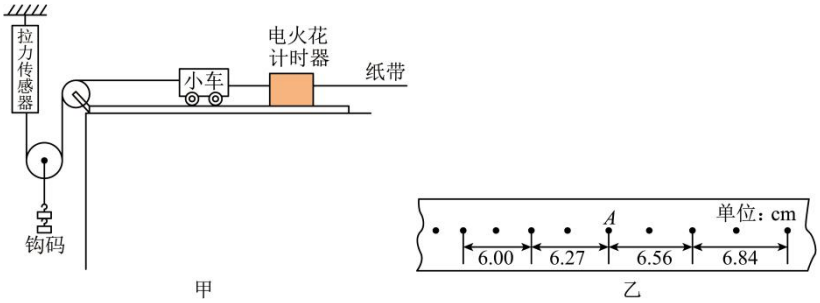
B．实验时，应先接通打点计时器的电源，再放开小车，故 B 错误；

C．改变小车的质量时，不需要重新平衡摩擦力，即不需要改变垫入的小木块的厚度，故 C 错误；

D．先保持小车质量不变，研究加速度与力的关系；再保持小车受力不变，研究加速度与质量的关系；最后归纳出加速度与力、质量的关系，故 D 正确。

故选 AD。

10．“天工”实验小组利用图甲所示的装置来完成“探究加速度与力、质量的关系”实验。小车后面固定一条纸带，纸带穿过电火花计时器，细线一端连着小车，另一端跨过光滑定滑轮和动滑轮与挂在竖直面内的拉力传感器相连，拉力传感器可测量出小车受到的拉力大小。



(1)实验中____（填“需要”或“不需要”）平衡小车受到的阻力。

(2)某次实验获得纸带的一部分，如图乙所示，部分计时点的间距已标出。已知打点计时器打点的时间间隔为 0.02s。纸带上打出 A 点时小车的速度大小为____m/s，小车的加速度大小为____m/s^2。（计算结果均保留两位有效数字）

【答案】(1)需要　(2) 1.6　1.8

【解析】（1）实验中，是把拉力传感器的示数当作小车所受到的合外力，所以本实验需要平衡小车受到的阻力。

（2）[1]根据纸带提供数据，可得打出 A 点时小车的速度大小为 $v_A=\dfrac{(6.27+6.56)\times10^{-2}}{4\times0.02}\text{m/s}\approx1.6\text{m/s}$

[2]根据逐差法，可得小车的加速度大小为$a=\frac{\left(6.84+6.56-6.27-6.00\right)\times10^{-2}}{4\times\left(2\times0.02\right)^{2}}\mathrm{m/s^{2}}\approx1.8\mathrm{m/s^{2}}$

11．“探究加速度与物体质量、物体受力的关系”的实验装置如图甲所示。小车后面固定一条纸带，穿过电火花计时器，细绳一端连着小车，另一端通过光滑的定滑轮和动滑轮与挂在竖直面内的拉力传感器相连，拉力传感器用于测小车受到的拉力大小。

(1)在安装器材时，要调整定滑轮的高度，使拴小车的细绳与木板平行。这样做的目的是____（填字母代号）。

A．防止打点计时器在纸带上打出的点痕不清晰

B．在平衡摩擦力后使细绳的拉力等于小车受到的合力

C．防止小车在木板上运动过程中发生抖动

D．为保证小车最终能够实现匀速直线运动

(2)实验中___（填“需要”或“不需要”）满足所挂钩码质量远小于小车质量。

(3)在实验中得到一条如图乙所示的纸带，用毫米刻度尺测量并在纸带上标出了部分段长度。已知相邻计数点间的时间间隔$T=0.1\mathrm{s}$，由图数据可求得：打点计时器在打 D 点时小车的速度大小为___m/s；小车的加速度大小为___m/s。（结果保留小数点后两位）

【答案】(1)B　(2)不需要　(3) 0.39　0.34

【解析】（1）实验中调节定滑轮高度，使细绳与木板平行，则在平衡摩擦力后细绳的拉力等于小车所受的合力，如果不平行，细绳的拉力在垂直于木板的方向上就有分力，改变了摩擦力就不能使细绳拉力等于小车所受的合力。

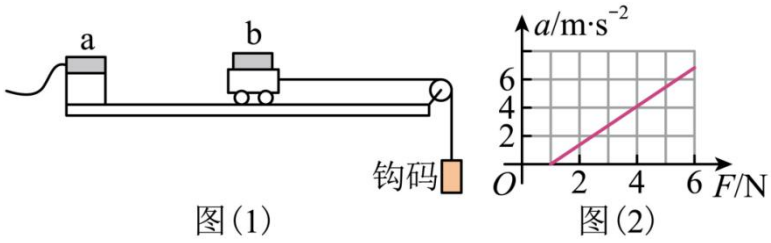
故选 B。

（2）由于本实验中的力传感器可以读出细绳的拉力，所以不需要满足所挂钩码质量远小于小车质量。

（3）[1]根据匀变速直线运动中间时刻速度等于该段过程的平均速度，可得打点计时器在打 D 点时小车的速度大小为$v_{D}=\frac{x_{CE}}{2T}=\frac{(29.89-22.02)\times10^{-2}}{2\times0.1}\mathrm{m/s}\approx0.39\mathrm{m/s}$

[2]根据逐差法可得加速度大小为$a=\frac{x_{DG}-x_{AD}}{9T^{2}}=\frac{(39.10-25.79)-(25.79-15.50)}{9\times0.1^{2}}\times10^{-2}\mathrm{m/s^{2}}\approx0.34\mathrm{m/s^{2}}$

12．“用 DIS 研究加速度与力的关系”实验装置如图（1）所示，实验中应保持小车总质量不变，用___作为小车所受合外力，用 DIS 测小车的加速度。某同学实验得到如图（2）所示的图像，图线没有通过坐标原点，经检查分析，是由于小车与轨道间存在摩擦所致，则该小车与轨道间的摩擦力大小为____N。



图(1)　　图(2)

【答案】　钩码重力　1

【解析】[1]设实验中应保持小车总质量 M 不变，以钩码和小车为整体，根据牛顿第二定律有 $mg=(m+M)a$

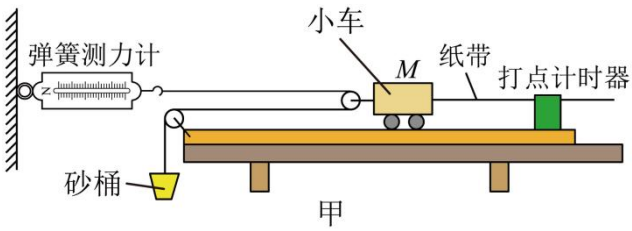
对小车，由牛顿第二定律可得 $T=Ma$

联立可得 $T=\dfrac{M}{M+m}\cdot mg$

故当钩码的质量 m 远小于小车的总质量 M 时，可以用钩码重力作为小车所受的合外力；

[2]由 $a-F$ 图像可知，当 $F=1\mathrm{N}$ 时，小车的加速度 $a=0$，此时小车受到 F 和摩擦力作用，故该小车与轨道间的摩擦力大小为 $1\mathrm{N}$ 。

13．某同学利用如图甲所示的装置探究加速度、力和质量的关系。



甲

(1)对本实验的操作，下列说法中正确的是_。（多选）

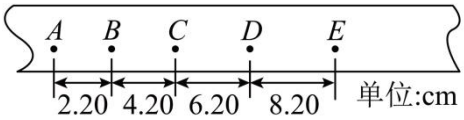
A．让小车靠近打点计时器，先释放小车，后接通打点计时器的电源

B．实验中无需测量砂和砂桶的质量

C．实验操作过程中需要平衡摩擦力

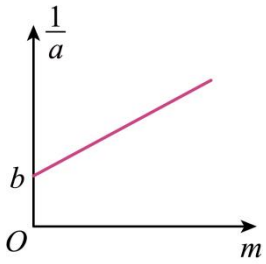
D．如果砂和砂桶的质量远小于小车及其上砝码总质量，可认为砂和砂桶的总重力等于细绳对小车的拉力

(2)图乙是一条点迹清晰的纸带，按照打点先后顺序依次选取五个计数点 A、B、C、D、E，相邻计数点间还有四个计时点未画出，实验所用交流电源的频率 $f=50\mathrm{Hz}$，则相邻计数点间的时间间隔为_____s。从图中给定的数据，可求出小车的加速度大小为_____$\mathrm{m/s^2}$（结果保留两位小数），打下 C 点时小车的速度大小为 $\mathrm{m/s}$（结果保留两位小数）。



乙

(3)在验证加速度与质量的关系时，在满足实验要求的情况下，改变小车上砝码质量 m，测出对应的加速度 a，以 m 为横坐标，以 $\frac{1}{a}$ 为纵坐标，在坐标纸上作出如图丙所示的图像。已知弹簧测力计的读数为 F，图中纵轴的截距为 b，斜率为 k，则小车的质量为_。



丙

A．Fb　　B．$2Fb$　　C．$\frac{2}{k}$　　D．$\frac{1}{2k}$

【答案】(1)BC　(2)0.1　2.00　0.52　(3)B

【解析】（1）A．为了获得更多的点迹，让小车靠近打点计时器，先接通打点计时器的电源，后释放小车，故 A 错误；

B．实验中小车所受拉力为弹簧测力计的两倍可以直接读出，所以不需要测量砂和砂桶的质量，故 B 正确；

C．为了保证弹簧测力计示数的两倍为小车所受的合外力，故实验操作过程中需要平衡摩擦力，故 C 正确；

D．如果砂和砂桶的质量远小于小车及其上砝码总质量，可认为砂和砂桶重力的两倍等于细绳对小车的拉力，故 D 错误。

故选 BC。

（2）[1]频率为 50Hz，周期为 0.02s，计数点间的时间间隔为 $T=5\frac{1}{f}=0.1\text{s}$

[2]根据逐差法，可知小车的加速度大小为 $a=\frac{x_{CE}-x_{AC}}{(2T)^2}=\frac{(8.20+6.20-4.20-2.20)\times10^{-2}}{4\times0.1^2}\text{m/s}^2=2.00\text{m/s}^2$

[3]打下 C 点时小车的速度大小 $v_C=\frac{x_{BD}}{2T}=\frac{(4.20+6.20)\times10^{-2}}{2\times0.1}\text{m/s}=0.52\text{m/s}$

（3）对小车和砝码受力分析，由牛顿第二定律有 $2F=(M+m)a$

化简可得 $\frac{1}{a}=\frac{1}{2F}\cdot m+\frac{M}{2F}$

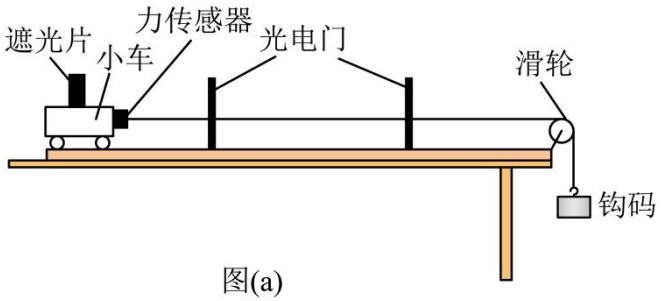
由图可知 $b=\frac{M}{2F}$

可得小车的质量为 $M=2Fb$

故选 B。

综合演练

14．某小组探究“物体加速度与其所受合外力的关系”。实验装置如图（a）所示，水平轨道上安装两个光电门，小车上固定一遮光片，细线一端与力传感器连接，另一端跨过定滑轮挂上钩码。



图(a)

(1)关于该实验操作，下列说法正确的是_____

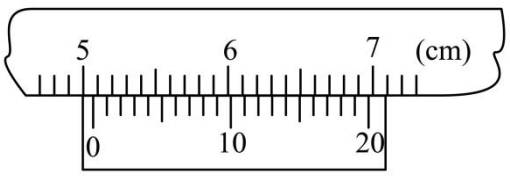
A．实验时使用了力传感器测合力，所以不需要补偿阻力

B．实验时需要满足钩码质量远小于小车质量

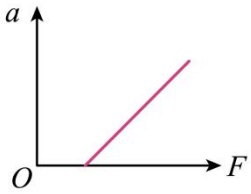
C．需要调节滑轮高度，使细线处于水平

D．两光电门间的距离适当大点

(2)用 20 分度的游标卡尺测量遮光片的宽度，示数如图（b）所示，读数为 d=___cm。



图(b)



图(c)

(3)某次实验中，小车先后通过光电门所用时间分别为 $\Delta t_1=1.95\times10^{-2}$s、$\Delta t_2=1.69\times10^{-2}$s，测得两光电门之间的距离为 s=80.00cm，则小车的加速度 a=____（结果保留 3 位有效数字）

(4)改变钩码数，可得到多组数据，作出 a-F 图像如图（c）所示，则图线不过原点的原因是___；图像的斜率表示___。

【答案】(1)D　(2)5.070　(3)1.40　(4)没补偿阻力或补偿阻力时长木板倾角太小　小车和力传感器总质量的倒数

【解析】（1）AB．实验时使用了力传感器测合力，不需要满足钩码质量远小于小车质量，但是需要补偿阻力，选项 AB 错误；

C．需要调节滑轮高度，使细线与轨道平行，而不是细线水平，选项 C 错误；

D．两光电门间的距离适当大点，可减小误差，选项 D 正确。

故选 D。

（2）用 20 分度的游标卡尺测量遮光片的宽度读数为 d=5cm+0.05mm×14=5.070cm

（3）根据 $v_2^2-v_1^2=2as$

其中 $v_1=\frac{d}{\Delta t_1}$，$v_2=\frac{d}{\Delta t_2}$

可得 $a=\frac{d^2}{2s}(\frac{1}{\Delta t_2^2}-\frac{1}{\Delta t_1^2})$

带数据可得 a=1.40m/s2

（4）[1]由图像可知，当 F 到达一定值时小车才有加速度，可知原因是没补偿阻力或补偿阻力时长木板倾角太小；

[2]根据 $a=\frac{F-f}{M}=\frac{1}{M}F-\frac{f}{M}$

可知 a-F 图像的斜率表示小车和力传感器总质量的倒数。

15．小明利用手机内置加速度传感器探究加速度与合外力的关系，实验装置如图甲，已知当地重力加速度为g。

（1）轻弹簧上端固定，下端与手机相连，手机下端通过细绳悬挂小桶，桶内装有砝码，整个系统静止；

（2）突然剪断细绳，通过手机软件记录竖直方向加速度 a 随时间变化的图像如图乙，剪断细绳瞬间手机的加速度对应图中的____（选填“P”“Q”或“R”）点；

（3）改变小桶中砝码质量，重复步骤（2），获得多组手机所受合力 F 与加速度 a 的数据，作出 $a-F$ 图像如题图丙，可得结论：在误差允许的范围内_____；

（4）如图丁，某同学在处理数据时，以手机竖直方向的加速度 a 为纵坐标，砝码质量 m 为横坐标，绘制 $a-m$ 图像，获得一条斜率为 k_0，截距为 a_0 的直线，则可推算出手机的质量为_____，小桶的质量为_____。（选用 k_0、a_0、g 表示）

【答案】P　质量一定时，手机加速度与所受合外力成正比　$\frac{g}{k_0}$　$\frac{a_0}{k_0}$

【解析】（2）[1]剪断细绳瞬间手机的合力为向上最大，则加速度为向上的最大，可知应该对应图中的 P 点；

（3）[2]根据作出的 $a-F$ 图像可得结论：在误差允许的范围内质量一定时，手机加速度与所受合外力成正比；

（4）[3][4]绳子剪断前，设弹力为 F，小桶质量为 m0，手机质量为 M，对手机由平衡条件知 F-（m+m0）g-Mg=0

绳子剪断后，对手机由牛顿第二定律有 F-Mg=Ma

联立可得 $a=\frac{g}{M}m+\frac{m_0 g}{M}$

图丁中图像的斜率为 k0，即 $k_0=\frac{g}{M}$

解得 $M=\frac{g}{k_0}$

截距 $a_0=\frac{m_0 g}{M}$

解得 $m_0=\frac{a_0}{k_0}$

16．物理实验小组采用如图 1 所示的实验装置，验证“当质量一定时，物体运动的加速度与它所受的合力成正比”这一物理规律，试回答下列问题：

(1)实验时____（填“需要”或“不需要”）满足小车质量远大于重物质量。

(2)关于该实验的操作，下列说法中正确的是_____。

A．必须用天平测出重物的质量

B．每次改变小车的质量时，需要重新平衡摩擦力

C．连接小车和重物的细线要与长木板保持平行

D．应当先释放小车，再接通电源

(3)某同学做实验时，未把木板的一侧垫高平衡摩擦力，就继续进行其他实验步骤，该同学作出的小车加速度 a 与弹簧测力计示数 F 的图像如图 2 所示，图中 a_1、F_0、F_1 已知，则实验中小车受到的摩擦力大小为___，小车的质量为____。

(4)某同学在实验中撤去了弹簧测力计，将细绳一端直接连在墙上，平衡摩擦力后其他操作正确，改变重物的质量 m，并作 $\frac{1}{a}-\frac{1}{m}$ 的图像，图像的斜率为 k，纵截距为 b，则当地的重力加速度为____，此时使用的小车质量为___，若动滑轮的质量不可以忽略，则重力加速度的测量值___（填“偏大”“偏小”或“不变”）。

【答案】(1)不需要　(2)C　(3) $2F_0$　$\frac{2(F_1-F_0)}{a_1}$　(4) $\frac{2}{b}$　$\frac{4k}{b}$　不变

【解析】（1）实验时有弹簧测力计测量拉力，则不需要满足小车质量远大于重物质量。

（2）A．因为有弹簧测力计测量小车受的拉力，则不需要用天平测出重物的质量，选项 A 错误；

B．平衡摩擦力时满足 $Mg\sin\theta=\mu Mg\cos\theta$

两边质量消掉，则每次改变小车的质量时，不需要重新平衡摩擦力，选项 B 错误；

C．连接小车和重物的细线要与长木板保持平行，选项 C 正确；

D．应当先接通电源，再释放小车，选项 D 错误。

故选 C。

（3）[1][2]对小车根据牛顿第二定律 $2F-f=Ma$

即 $a=\frac{2}{M}F-\frac{f}{M}$

由图像可知 a=0 时 F=F0，可得 $f=2F_0$，$k=\frac{2}{M}=\frac{a_1}{F_1-F_0}$

可得 $M=\frac{2(F_1-F_0)}{a_1}$

（4）[1][2]对小车 $2T=Ma$

对重物 $mg-T=2ma$

联立可知 $\frac{1}{a}=\frac{M}{2g}\cdot\frac{1}{m}+\frac{2}{g}$

由题意可知 $\frac{M}{2g}=k,\frac{2}{g}=b$

解得 $g=\frac{2}{b}$，$M=\frac{4k}{b}$

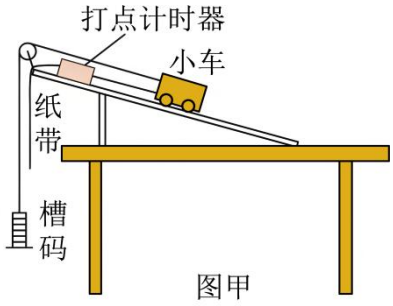
[3]若动滑轮的质量不可以忽略，则表达式变为 $\frac{1}{a}=\frac{M+m_{轮}}{2g}\cdot\frac{1}{m}+\frac{2}{g}$

不影响图像的截距，可知重力加速度的测量值不变。

17．请使用下列器材测量小车质量M：小车、一端带有定滑轮的平直轨道、垫块、细线、打点计时器、纸带、频率为50Hz的交流电源、直尺、质量均为$m=10\text{g}$的10个槽码。

(1)完成下列实验步骤中的填空：

①按图甲安装好实验器材，跨过定滑轮的细线一端连接在小车上，另一端悬挂着10个槽码。改变轨道的倾角，用手轻拨小车，直到打点计时器在纸带上打出一系列___的点，表明小车沿倾斜轨道匀速下滑；



②保持轨道倾角不变，取下1个槽码（即细线下端悬挂9个槽码），让小车拖着纸带沿轨道下滑，根据纸带上打的点迹测出加速度a；

③依次减少细线下端悬挂的槽码数量，重复步骤②；

④以$\frac{1}{a}$为纵坐标，以取下槽码的总个数$n\left(1\le n\le 10\right)$的倒数为$\frac{1}{n}$横坐标，作出$\frac{1}{a}-\frac{1}{n}$图像。

(2)下列说法正确的是_____

A．应当先释放小车，后接通电源

B．实验中须保证细线下端悬挂槽码的总质量远小于小车的质量

C．位于定滑轮和小车之间的细线应跟倾斜轨道平行

(3)若细线下端悬挂着5个槽码，则小车在下滑过程中受到的合外力大小___（填“大于”“等于”或“小于”）$5mg$。

(4)测得$\frac{1}{a}-\frac{1}{n}$关系图线的斜率为$3.0\left(\text{m}/\text{s}^2\right)^{-1}$，已知重力加速度大小$g=10\text{m}/\text{s}^2$，则小车质量$M=$___kg。

【答案】(1)间隔相等/等间距　(2)C　(3)小于　(4)0.20

【解析】（1）若小车沿倾斜轨道匀速下滑，则打点计时器在纸带上打出的是一系列间隔相等或等间距的点。

（2）A．应当先接通电源，后释放小车，A错误；

B．实验中不需要用槽码重力代替细线拉力，故不需要保证细线下端悬挂槽码的总质量远小于小车的质量，B错误；

C．位于定滑轮和小车之间的细线应跟倾斜轨道平行，C正确。

故选C。

（3）由于细线上槽码为 5 个时，槽码整体向上加速运动，细线拉力 $T>5mg$

重力沿斜面向下的分力大小为 $mg\sin(\theta)=10mg$

所以小车受合外力大小为 $mg\sin(\theta)-T<5mg$

（4）整体根据动力学方程有 $nmg=\left[M+(10-n)m\right]a$

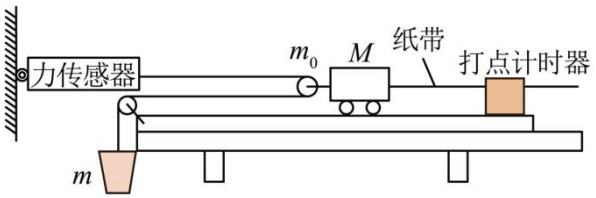
变形为 $\frac{1}{a}=\frac{M+10m}{mg}\cdot\frac{1}{n}-\frac{1}{g}$

所以 $\frac{M+10m}{mg}=k$

代入斜率 $k=3.0\left(\mathrm{m/s^2}\right)^{-1}$

计算得 $M=0.20\mathrm{kg}$

18．为了探究物体质量一定时加速度与力的关系，甲、乙同学设计了如图所示的实验装置，其中 M 为小车的质量，m 为砂和砂桶的总质量，m_0 为滑轮的质量。力传感器可测出轻绳中的拉力大小。



(1)实验时，下列操作描述正确的是_____。

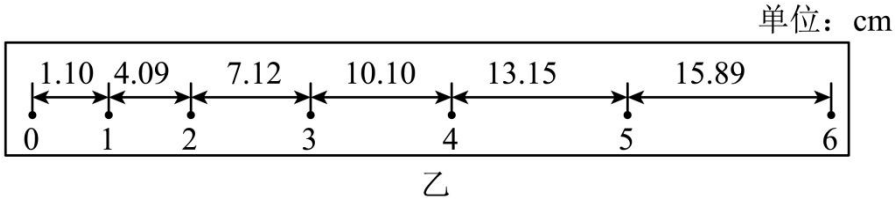
A．将带滑轮的长木板右端垫高，以平衡摩擦力

B．因绳的拉力可由力传感器读出，所以细绳不需要保持和木板平行

C．小车靠近打点计时器，先接通电源，再释放小车，打出一条纸带，同时记录力传感器的示数

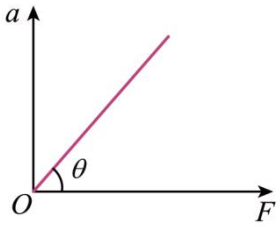
D．为减小误差，实验中一定要保证砂和砂桶的总质量 m 远小于小车的质量 M

(2)甲同学在实验中得到如图乙所示的一条纸带（两计数点间还有四个点没有画出），已知打点计时器采用的是频率为 50 Hz 的交流电，根据纸带可求出小车的加速度____$\mathrm{m/s^2}$（结果保留 3 位有效数字）。



乙

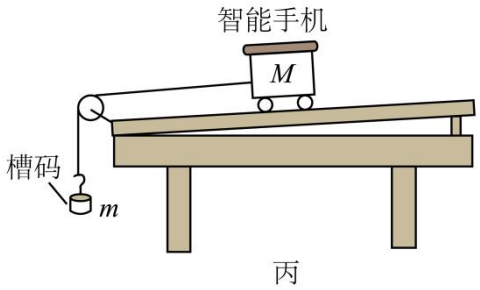
(3)甲同学以力传感器的示数 F 为横轴，加速度 a 为纵轴，画出的 a-F 图线是一条直线，如图所示，图线与横轴的夹角为θ，求得图线的斜率为 k，则小车的质量 M=___。



A．$\tan\theta-m_0$　　B．$\dfrac{1}{\tan\theta}-m_0$

C．$\dfrac{2}{k}-m_0$　　D．$2k-m_0$

(4)乙同学还做了如下实验：如图丙所示，平衡好摩擦力后，不改变小车质量和槽码个数，撤去打点计时器及小车后面的纸带，用具有加速度测量软件的智能手机固定在小车上来测量加速度，测量的结果比在丙图中不放手机，用打点计时器测得的要小。这是因为_____。



丙

A．在小车上放置了智能手机后，没有重新平衡摩擦力

B．在小车上放置了智能手机后，细线的拉力变小了

C．在小车上放置了智能手机后，整体的质量变大了

(5)若乙同学没有严格控制好小车质量 M 与沙和沙桶质量 m 的大小关系，其它操作规范合理，结果在某次实验结果发现小车加速度的实验值（利用纸带求的值）只有理论值（$a=\dfrac{mg}{M}$）的$\dfrac{9}{10}$，若不考虑其它因素的影响，可估算$\dfrac{m}{M}=$_____。

【答案】(1)AC　(2)2.98　(3)C　(4)C　(5)$\dfrac{1}{9}$

【解析】（1）ABD．用力传感器测量绳子的拉力，则力传感器示数的 2 倍等于小车受到的合外力大小，不用保证砂和砂桶的总质量 m 远小于小车的质量 M，需要将细绳保持和木板平行，同时应平衡摩擦力，应将带滑轮的长木板右端垫高，故 A 正确，BD 错误；

C．为获得更多的点迹，小车靠近打点计时器，先接通电源，再释放小车，打出一条纸带，同时记录力传感器的示数，故 C 正确；

故选 AC。

（2）根据题意，相邻计数点时间间隔为

$$T=5\times0.02\ \text{s}=0.1\text{s}$$

由逐差法计算加速度

$$a=\frac{x_{36}-x_{03}}{9T^2}=\frac{10.10+13.15+15.89-1.10-4.09-7.12}{9\times0.1^2}\times0.01\text{m/s}^2=2.98\text{m/s}^2$$

（3）对小车与滑轮组成的系统，由牛顿第二定律得

$$a=\frac{2F}{M+m_0}$$

根据图线的斜率可知

$$k=\frac{2}{M+m_0}$$

故小车的质量为

$$M=\frac{2}{k}-m_0$$

故选 C。

（4）A．平衡摩擦力后，根据平衡条件有

$$mg\sin\theta=\mu mg\cos\theta$$

化简得

$$\mu=\tan\theta$$

由此可知，木板的倾角与小车质量无关，在小车上放置了智能手机后，相当于小车的质量增大，上式仍成立，不用重新平衡摩擦力，故 A 错误；

B．对槽码有

$$mg-F=ma$$

a 减小，则绳上拉力 F 增大，故 B 错误；

C．在小车上放置了智能手机后，整体的质量变大了，不改变小车质量和槽码个数，则整体合力不变；

对槽码、小车和手机的整体，根据牛顿第二定律

$$mg=(M+m)a$$

化简得

$$a=\frac{mg}{M+m}$$

M 增大，a 减小，故 C 正确；

故选 C。

（5）乙同学没有严格控制好小车质量 M 与沙和沙桶质量 m 的大小关系，据牛顿第二定律有

$$a=\frac{mg}{M+m}$$

由题意其值只有理论值（$a=\frac{mg}{M}$）的$\frac{9}{10}$，所以

$$\frac{mg}{M+m}=\frac{9}{10}\times\frac{mg}{M}$$

解得

$$\frac{m}{M}=\frac{1}{9}$$

进阶检测

（考试时间：60 分钟 试卷满分：100 分）

一、单选题（5 分/题，共 35 分）

1．在物理学的重大发现中科学家们创造出了许多思想方法，极大地推动了自然科学的发展。以下关于所用物理学研究方法的叙述正确的是（　　）

A．在探究两个互成角度的力的合成规律实验中，用到了等效替代法

B．论证$v-t$图像与横轴围成的面积即为物体运动的位移采用了等效的思想

C．忽略物体的大小和形状，用质点代替物体，采用了等效替代法

D．在研究加速度与合外力、质量的关系的实验中，利用了理想实验的方法

【答案】A

【解析】A．在探究两个互成角度的力的合成规律实验中，用一个力的作用效果来代替两个力的作用效果，用到了等效替代法，A 正确；

B．论证$v-t$图像与横轴围成的面积即为物体运动的位移采用了微元法的思想，B 错误；

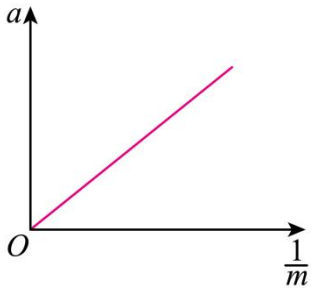
C．忽略物体的大小和形状，用质点代替物体，采用了理想模型法，C 错误；

D．在研究加速度与合外力、质量的关系的实验中，利用了控制变量法，D 错误。

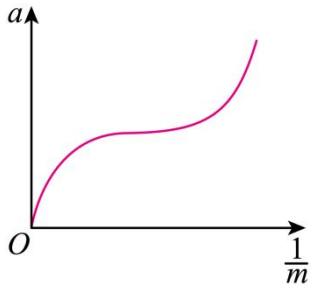
故选 A。

2．某同学在做“探究加速度与力和质量的关系”实验时，采用了课本上案例的装置，由于没有考虑重物的质量，结果得到的$a-\frac{1}{m}$图像可能是下图中的哪一个？（　　）

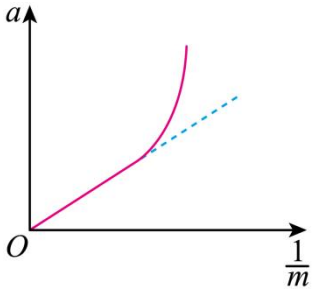
A.



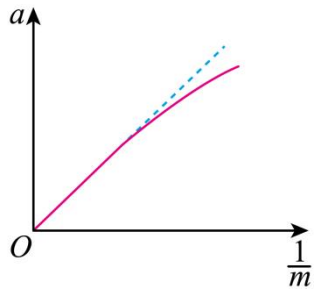
B.



C.



D.



【答案】D

【解析】以小车 m 为对象，根据牛顿第二定律可得 $T=ma$

以重物 m_0 为对象，根据牛顿第二定律可得 $m_0g-T=m_0a$

联立可得 $a=\dfrac{m_0g}{m+m_0}$

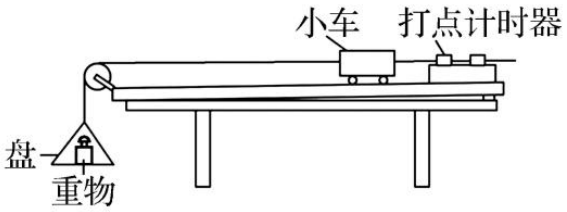
当满足 $m_0\ll m$ 时，有 $a=\dfrac{m_0g}{m+m_0}\approx m_0g\cdot\dfrac{1}{m}$

可知 $a-\dfrac{1}{m}$ 图像的斜率保持不变；当不满足 $m_0\ll m$ 时，有 $a=\dfrac{m_0g}{m+m_0}=\dfrac{mm_0g}{m+m_0}\cdot\dfrac{1}{m}=\dfrac{m_0g}{1+\dfrac{m_0}{m}}\cdot\dfrac{1}{m}$

可知随着 m 越小，即 $\dfrac{1}{m}$ 越大，$a-\dfrac{1}{m}$ 图像的斜率逐渐减小，图线向下弯曲。

故选 D。

3．“探究加速度与力、质量的关系”实验装置如图所示．实验中带有定滑轮的长木板放在水平桌面上，小车运动时所受的合力近似等于盘和重物的总重力．下列操作中说法正确的是（　　）



A．盘和重物的总质量远大于小车的质量

B．先释放小车，后接通电源

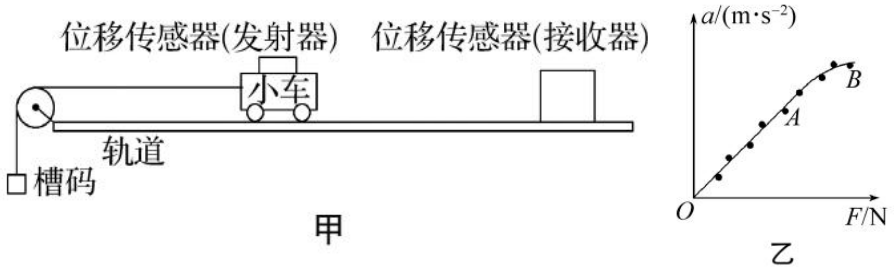
C．将图中长木板远离定滑轮的一端适当垫高

D．图中打点计时器应使用直流学生电源

【答案】C

【解析】设小车所受拉力为 F，小车的质量为 M，盘和重物的总质量为 m，由牛顿第二定律，对小车有 $F=Ma$，对小车与盘和重物整体有 $mg=(M+m)a$，整理得 $F=\dfrac{Mmg}{M+m}=\dfrac{1}{1+\dfrac{m}{M}}\cdot mg$，从上式可知，当 $m\ll M$ 时，$F\approx mg$，故 A 错误；使用打点计时器时要先接通电源后释放小车，故 B 错误；“探究加速度与力、质量的关系”的实验要将图中长木板远离定滑轮的一端适当垫高以平衡阻力，故 C 正确；打点计时器应使用交流电源，故 D 错误．

4．如图甲所示为“用 DIS（位移传感器、数据采集器、计算机）探究加速度与物体受力的关系”的实验装置．改变所挂槽码的数量，多次重复测量，在某次实验中根据测得的多组数据可画出 $a-F$ 关系图线（如图乙所示），此图线的 AB 段明显偏离直线，造成此误差的主要原因是（　　）



A．小车与轨道之间存在摩擦　　B．导轨保持了水平状态

C．所挂槽码的总质量太大　　D．所用小车的质量太大

【答案】C

【解析】由于 OA 段 $a-F$ 关系图线为一倾斜的直线，所以在质量不变的条件下，加速度与外力成正比，由实验原理 $mg=Ma$，得 $a=\frac{mg}{M}=\frac{F}{M}$，而实际上 $a'=\frac{mg}{M+m}$，可见 AB 段明显偏离直线是没有满足 $M\gg m$ 造成的，C 正确．

5．在物理学的重大发现中，科学家们创造出了许多物理学研究方法和思路，下列体现了“等效替代”思想的是（　　）

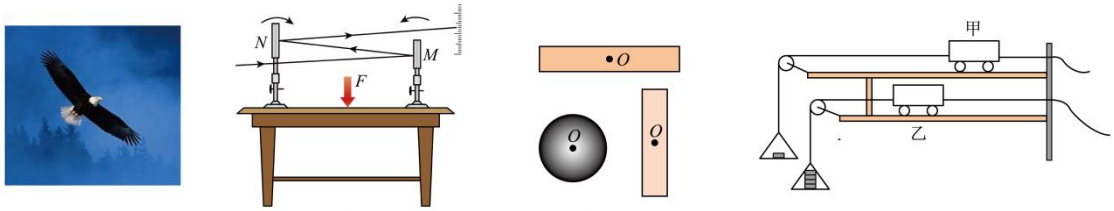


图1　图2　图3　图4

A．如图 1，在研究雄鹰的运动轨迹时，把雄鹰看作一个有质量的点

B．如图 2，探究桌面微小形变时，用平面镜反射到墙面上的光点位置变化反映桌面形变

C．如图 3，把物体各部分受到的重力看作集中作用在重心

D．如图 4，在探究加速度与力、质量的关系时，用两个做初速度为零的匀变速直线运动物体在相同时间内位移之比来表示这两个物体运动的加速度之比

【答案】C

【解析】A．在研究雄鹰的运动轨迹时，把雄鹰看作一个有质量的点，用质点来代替物体的方法叫理想化模型法，A 不符合题意；

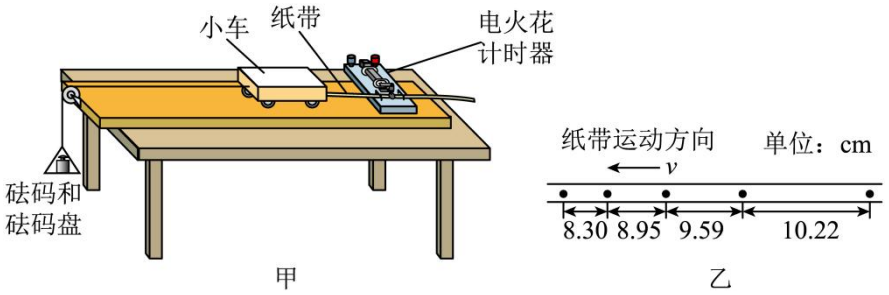
B．借助平面镜观察桌面的微小形变的实验中，运用的是微小形变放大法，B 不符合题意；

C．物体各部分都受到重力的作用，从作用效果上来说，可以认为与作用在物体上一点的作用效果等效，这一点就叫做重心，使用的是等效替代法，C 符合题意；

D．在探究加速度与力、质量的关系时，用两个做初速度为零的匀变速直线运动物体在相同时间内位移之比来表示这两个物体运动的加速度之比，采用的是转换法，D 不符合题意。

故选 C。

6．某同学用如图甲所示装置探究“加速度与小车受力、小车质量的关系”实验。小车后面固定一条纸带，纸带穿过打点计时器，细线一端连着小车，另一端通过光滑定滑轮与砝码相连。已知打点计时器的频率为 50Hz，实验中打下的一条纸带如图乙所示，相邻计数点间还有 4 个计时点没有画出。关于该实验，下列说法正确的是（　）



A．该实验不需要小车质量远大于砝码及砝码盘总质量

B．由乙图可知，小车做匀变速运动的加速度大小为 $0.64\mathrm{m/s^2}$

C．实验中采用“控制变量法”且应先释放小车，再接通打点计时器

D．为了补偿阻力，每次改变小车或砝码质量时，都需重新调节长木板倾角

【答案】B

【解析】A．该装置没有力传感器，需要把砝码及砝码盘的重力近似看作小车所受合力，所以需要小车质量远大于砝码及砝码盘总质量，故 A 错误；

B．题意知相邻计数点间还有 4 个计时点没有画出，则相邻计数点间时间 $t=0.1\mathrm{s}$，根据逐差法得加速度大小 $a=\dfrac{\Delta x}{4t^2}=\dfrac{10.22+9.59-8.30-8.95}{4\times0.1^2}\times10^{-2}\mathrm{m/s^2}=0.64\mathrm{m/s^2}$

故 B 正确；

C．实验中采用“控制变量法”，实验时应先接通打点计时器，待其工作稳定后再释放小车，这样才能保证纸带上打下足够多的点且记录完整的运动过程，若先释放小车再接通打点计时器，会导致纸带上前面部分点记录不全，故 C 错误；

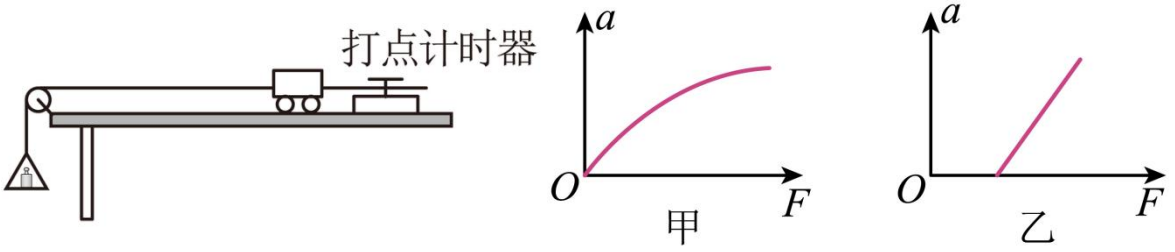
D．平衡摩擦力（补偿阻力）的方法是调节长木板倾角，使小车重力沿斜面向下的分力与摩擦力平衡，平衡好后，对小车有 $mg\sin\theta=\mu mg\cos\theta$

整理得 $\mu=\tan\theta$（θ 为长木板倾角，μ 为动摩擦因数）

可知平衡摩擦与小车和砝码质量无关，所以每次改变小车或砝码质量时，不需要重新调节长木板倾角，故 D 错误。

故选 B。

7．在“探究物体的加速度与物体所受外力、物体质量间的关系”的实验中，采用如图所示的实验装置。小车及车中砝码的质量用 M 表示，盘及盘中砝码的质量用 m 表示，下列说法正确的是（　　）



A．平衡摩擦力时，应将盘用细绳通过定滑轮系在小车上

B．甲图上端弯曲的原因是盘及盘中砝码的质量 m 太大，已经不满足 $m \ll M$

C．乙图不过原点的原因是平衡摩擦力过度

D．实验时，若拉力可以用力学传感器直接测量，则也需满足条件 $m \ll M$

【答案】B

【解析】A．平衡摩擦力时，应将绳从小车上拿去，轻轻推动小车，使小车沿木板运动，通过打点计时器打出来的纸带判断小车是否匀速运动，故 A 错误；

B．只有当 $m \ll M$ 时，小车所受的拉力才可以认为等于盘和砝码的总重力。图甲中 $a-F$ 图像发生弯曲，这是由于没有保证小车及车中砝码的总质量远大于盘及盘中砝码的总质量造成的，故 B 正确；

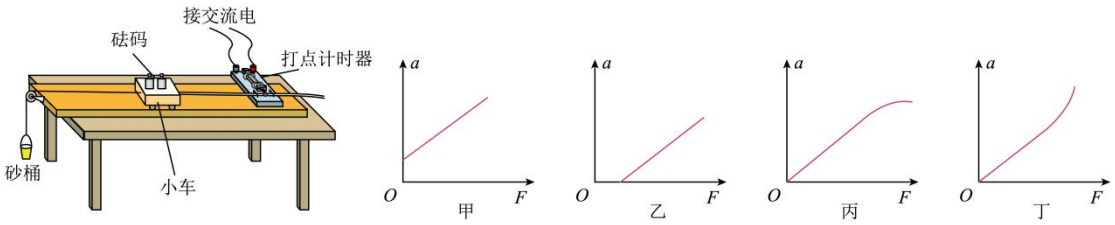
C．图乙中直线没过原点，当 $F \neq 0$ 时，$a=0$，也就是说当绳子上有拉力时小车的加速度还为 0，说明该组同学实验操作中没有平衡摩擦力或平衡摩擦力时木板倾角过小，故 C 错误；

D．实验时，若拉力可以用力学传感器直接测量，则不需满足条件 $m \ll M$，故 D 错误。

故选 B。

二、多选题（漏选得 3 分，全对得 5 分，错选得 0 分，共 25 分）

8．某实验小组利用如图所示装置探究加速度和力的关系的实验时，利用实验测得的数据画出加速度 a 和外力 F 的关系图像如图甲、乙、丙、丁所示，下列说法正确的是（　　）



A．图甲中图像说明在实验过程中木板的倾角过大

B．图乙中图像说明在实验过程中木板的倾角过大

C．图丙中图像说明在实验过程中未满足砂和砂桶的总质量远远大于小车和砝码的总质量

D．图丁中图像说明在实验过程中未满足砂和砂桶的总质量远远大于小车和砝码的总质量

【答案】AC

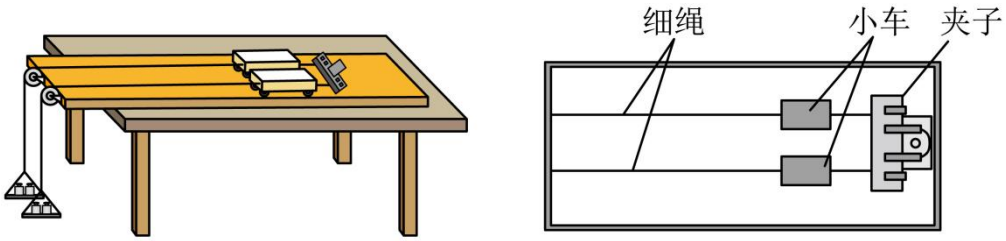
【解析】A．图甲中，拉力为 0 时，小车就有加速度，说明在实验过程中木板的倾角过大，故 A 正确；

B．图乙中，拉力达到一定值时小车才有加速度，说明在实验过程中木板的倾角过小，故 B 错误；

CD．在探究加速度和力的关系的实验中，当砂和砂桶的总质量 m 远远小于小车和砝码的总质量 M 时，可认为小车受到的拉力等于砂和砂桶的总重力， 图丙中，当 F 较大时，图线发生弯曲，这是因为随砂和砂桶总质量的增大，不满足砂和砂桶的总质量远远小于小车和砝码的总质量， 故 C 正确，D 错误。

故选 AC。

9．图甲是用来探究加速度和力之间关系的实验装置示意图，图乙是其俯视图。两个质量相等的小车，放在水平桌面上，前端各系一条细绳，绳的另一端跨过定滑轮各挂一个小盘，盘里可放砝码。两个小车通过细线用夹子固定，打开夹子，小盘和砝码牵引小车运动，合上夹子，两小车同时停止。实验中可以通过在小盘中增减砝码来改变小车所受的拉力。为了探究加速度大小和力大小之间的关系，下列做法中正确的是（　　）



A．使小盘和砝码的总质量尽可能远大于小车质量

B．用刻度尺测量两小车的位移，通过比较位移来得知加速度大小与力大小之间的关系

C．在两小盘内放置相同质量的砝码，在两小车内放置不同质量的砝码进行实验

D．在两小盘内放置不同质量的砝码，在两小车内放置相同质量的砝码进行实验

【答案】BD

【解析】A．小盘和盘中砝码的总质量远远小于小车的质量，绳对小车拉力大小等于盘和盘中砝码的重力。故 A 错误；

B．根据初速度为零的匀变速直线运动公式

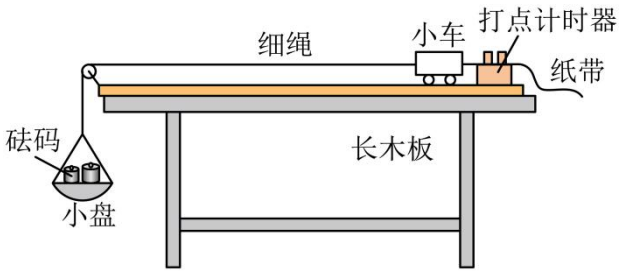
$$x=\frac{1}{2}at^2$$

用刻度尺测量两小车通过的位移，两车的位移之比就是加速度之比，所以可以通过比较位移来得知加速度大小与力大小之间的关系。故 B 正确；

CD．实验的目的是探究加速度和力之间关系，即探究小车的加速度和小车受的合力之间关系，所以在两小车内放置相同质量的砝码进行实验，在两小盘内放置不同质量的砝码改变合力。故 C 错误；D 正确。

故选 BD。

10．某小组用如图所示的装置做“探究加速度与力、质量的关系”实验时，下列说法对的是（　　）



A．实验前，应把长木板右端垫高，以补偿小车运动时受到的阻力

B．补偿阻力时，应将小盘用细绳通过定滑轮系在小车上

C．实验时，应先启动打点计时器，再放开小车

D．实验时，应使小盘和盘中砝码的总质量远大于小车的质量

【答案】AC

【解析】AB．为了使小车受到绳子的拉力为小车的合力，实验前，应把长木板右端垫高，以补偿小车运动时受到的阻力，补偿阻力时，即应使小车所受重力、支持力和摩擦力的合力为零，所以不需要连接小盘，而小车连接纸带时由于纸带和打点计时器限位孔之间有摩擦，这部分摩擦力也需要补偿，所以需要连接纸带，故 A 正确，B 错误；

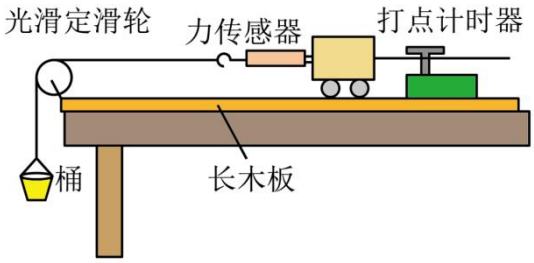
C．实验时为了充分利用纸带，要先接通打点计时器的电源，使打点计时器正常工作，再释放小车，故 C 正确；

D．在每次实验时，应使小盘和盘中砝码的总质量远小于小车的质量，故 D 错误。

故选 AC。

11．如图所示，用该装置来探究小车的加速度与所受合力的关系，将装有力传感器的小车放置于水平长木板上，缓慢向小桶中加入细沙，直到小车刚开始运动为止（设最大静摩擦等于滑动摩擦力大小），记下传感

器的最大示数F_1。再将小车放回原处并按住，继续向小桶中加入适量细沙后释放，记下传感器的示数F_2。关于该实验，下列说法中不正确的是（　　）



A．实验中需要天平测量小车质量

B．实验中小车运动时所受阻力为F_1

C．实验中小车所受的合力为F_2

D．用加沙的方法改变拉力的大小与挂钩码的方法相比，可更方便地获取多组实验数据

【答案】AC

【解析】A．该实验是探究小车的加速度与所受合力的关系，因此只需要保持小车和力传感器的总质量不变，实验中不需要天平测量小车质量，A 错误，符合题意；

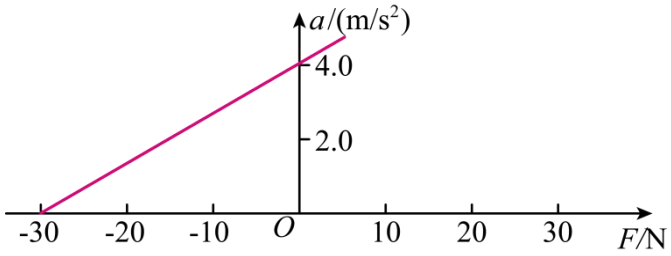
B．由题意可知，小车刚开始运动时，传感器的最大示数F_1，可知实验中小车运动时所受阻力等于传感器的最大示数为F_1，B 正确，不符合题意；

C．传感器的示数F_2是小车做加速运动时细绳上拉小车的力，实验中小车所受的合力应为F_2-F_1，C 错误，符合题意；

D．用加沙的方法改变拉力的大小与挂钩码的方法相比，可更方便地获取多组实验数据，因为加沙的方法可以每次加很少的细沙，因此能更精确的控制拉力的大小，D 正确，不符合题意。

故选 AC。

12．某同学在利用斜面研究加速度与力的关系，得到拉力F与小车加速度的a的关系如图所示，若当地的重力加速度为$g=10\mathrm{m/s^2}$，不计斜面的摩擦阻力，则根据图像可以求出（　　）



A．小车的质量　　B．小车运动的时间

C．斜面倾斜角　　D．小车运动的位移

【答案】AC

【解析】C．由图像可知，当力 F 等于零时，加速度为 4m/s2，根据牛顿第二定律得

$$a=\frac{mg\sin\theta}{m}=g\sin\theta=4.0\text{m/s}^2$$

解得

$$\sin\theta=\frac{2}{5}$$

所以可以求出斜面倾角，故 C 正确；

A．当 F=-30N 时，加速度为零，则有

$$mg\sin\theta=30\text{N}$$

解得

$$m=7.5\text{kg}$$

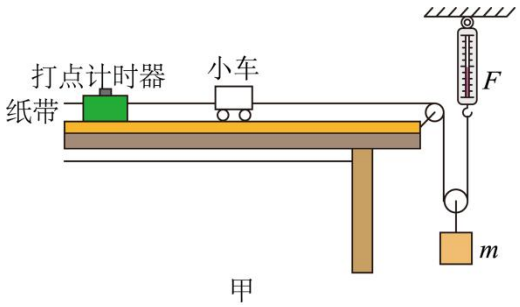
故 A 正确；

BD．不知道小车运动的距离，也不知道小车运动的速度，无法求出小车运动的时间和小车运动的位移，故 BD 错误。

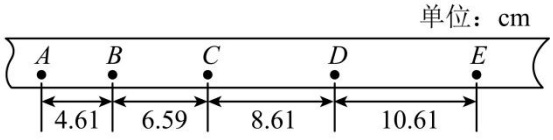
故选 AC。

三、实验题　（2 分/空，共 40 分）

13．某实验小组用图甲所示的装置探究“加速度与力和质量”的关系，打点计时器使用的交流电频率为 50Hz，纸带每 5 个点取一个计数点，A、B、C、D、E 为选取的连续 5 个计数点。已知重物质量为 m，重力加速度为 g，滑轮重力及绳与滑轮间的摩擦不计。



甲



乙

(1)本实验中，重物的质量___（选填“需要”或“不需要”）远小于小车的质量。

(2)依据图乙纸带计算，小车做匀加速运动的加速度大小为 $a=$___m/s^2（保留两位有效数字）。

(3)若不计小车与水平面间的摩擦，则实验中弹簧秤读数应为 $F=$___（用 m、a、g 表示）。

(4)由于绳与滑轮间存在摩擦或存在空气阻力，实验中发现 F 的计算值总是略__（选填“大于”或“小于”）弹簧秤的读数。

【答案】(1)不需要　(2)2.0　(3)$\frac{mg}{2}-\frac{ma}{4}$　(4)大于

【解析】（1）该实验绳子拉力可以利用弹簧秤直接测量得到，而不是将重物的重力近似等于绳子的拉力，故该实验，重物的质量不需要远小于小车的质量。

（2）小车的加速度 $a=\frac{(x_3+x_4)-(x_1+x_2)}{4T^2}=\frac{\left[(8.61+10.61)-(4.61+6.59)\right]\times10^{-2}\text{m}}{4\times0.01\text{s}^2}=2.0\text{m/s}^2$

（3）由图可知，弹簧秤的示数等于绳子的拉力，且小车加速度为重物的 2 倍，则有 $mg-2F=m\frac{a}{2}$

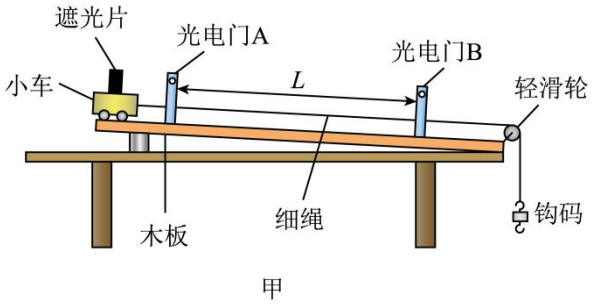
则 $F=\frac{mg}{2}-\frac{ma}{4}$

（4）由于绳与滑轮间存在摩擦或存在空气阻力,故 $mg-2F'-f=m\frac{a}{2}$

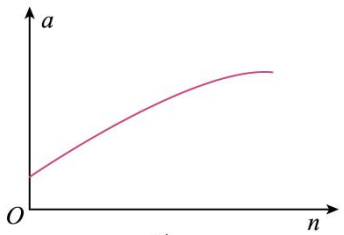
故 $F'=\frac{mg}{2}-\frac{ma}{4}-\frac{f}{2}$

故 F 的计算值总是略 大于弹簧秤的读数。

14．如图甲所示为验证牛顿第二定律的实验装置示意图，重力加速度取 g



甲



乙

主要实验步骤如下：

①用游标卡尺测量遮光片的宽度 d，用刻度尺测量两光电门之间的距离 L；

②调整轻滑轮，使细线与木板水平；

③在绳子右侧依次加 n（n 取 1、2、3）个质量为 m 的钩码，让小车从光电门 A 的左侧开始运动，用数字毫秒计分别测出遮光片经过光电门 A 和光电门 B 所用的时间 Δt_A 和 Δt_B，依次算出小车的加速度 a_1、a_2、a_3；

④利用所得数据作出 $a-n$ 图像如图乙所示。

回答下列问题：

(1)小车通过光电门 A 时的速度大小为 $v_A=$____，小车的加速度大小为 $a=$____（用 d、L、Δt_A 和 Δt_B 表示）；

(2)为了让所得图线过坐标原点，应该将长木板右端_____（选填“垫高”或“降低”）；

(3)若所得图线直线部分的斜率为 k，则小车和遮光片的总质量为_____（用 m、g 和 k 表示）；

(4) $a-n$ 图像中图线尾部是曲线的原因是_____，在图乙中，随着加速度 a 的增加，加速度 a 的理论趋近值为_____。

【答案】(1) $\frac{d}{\Delta t_A}$　$\frac{d^2}{2L}\left(\frac{1}{\Delta t_B^2}-\frac{1}{\Delta t_A^2}\right)$　(2)降低　(3) $\frac{mg}{k}$　(4)　所挂钩码的质量不满足远小于小车的质量　g

【解析】（1）小车通过光电门 A 时的速度为 $v_A=\frac{d}{\Delta t_A}$

小车经过光电门 B 的速度为 $v_B=\frac{d}{\Delta t_B}$

根据速度—位移公式有 $v_B^2-v_A^2=2aL$

解得 $a=\frac{d^2}{2L}\left(\frac{1}{\Delta t_B^2}-\frac{1}{\Delta t_A^2}\right)$

（2）要让所得图线经过坐标原点，需要满足小车所受细线的拉力即为小车受到的合力，所以需要平衡摩擦力，应该将长木板右端降低；

（3）设小车和遮光片的总质量为 M，对小车和遮光片根据牛顿第二定律有 m0g+nmg=Ma

整理可得 $a=\frac{mg}{M}n+\frac{m_0g}{M}$

则 $k=\frac{mg}{M}$

解得 $M=\frac{mg}{k}$

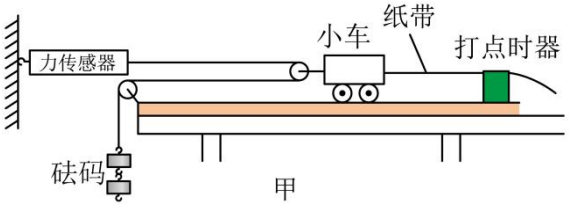
（4）[1]a-n 图像中图线尾部是曲线的原因是所挂钩码的质量不满足远小于小车的质量。

[2]把小车和钩码看成一个整体，因平衡摩擦力后，根据牛顿第二定律有 nmg=（M+nm）a

整理得 $a=\frac{nmg}{M+nm}=\frac{g}{1+\frac{M}{nm}}$

所以加速度 a 的理论趋近值为 g。

15．为探究加速度与物体质量以及物体受力的关系，某同学设计了如图甲所示的实验装置。图中带光滑的轻质滑轮的长木板放置在水平桌面上，力传感器与滑轮间的轻绳与长木板平行，打点计时器接频率为50Hz的交流电源。



(1)下列实验步骤中，实验时一定要进行的步骤是_____（填正确答案标号）。

A．释放小车时小车应靠近打点计时器

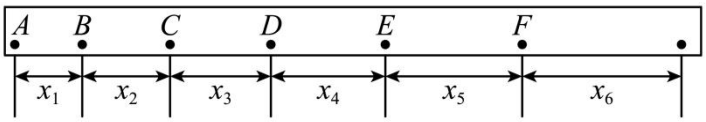
B．将带滑轮的长木板右端垫高，以平衡阻力

C．先释放小车，后接通打点计时器的电源

D．为减小误差，实验中一定要保证钩码的质量远小于小车的质量

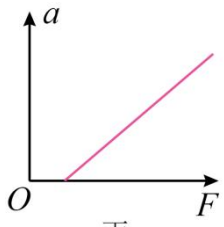
(2)该同学在验证加速度与力的关系时，在改变小车所受合力的操作中，正确的做法是改变钩码的质量，同时长木板的倾角____（填“不变”或“改变”）。

(3)实验中打出的一条纸带如图乙所示，图乙中相邻两个计数点之间还有 4 个点未画出，已知 $x_1=1.34\text{cm}$、$x_2=3.00\text{cm}$、$x_3=4.65\text{cm}$、$x_4=6.31\text{cm}$、$x_5=7.95\text{cm}$、$x_6=9.61\text{cm}$，则小车的加速度大小 $a=$____ m/s^2（结果保留三位有效数字）。



乙

(4)正确完成实验操作后，改变砝码的质量得到多组拉力传感器示数 F 和对应的小车加速度太小 a，以 F 为横轴、a 为纵轴作出 $a-F$ 图像如图丙所示，若 $a-F$ 图像的斜率为 k，则小车的质量为 $M=$____，图线未过原点的原因是_____。



丙

【答案】(1)AB　(2)不变　(3)1.65　(4) $\frac{2}{k}$　没有平衡摩擦力或平衡摩擦力不够

【解析】（1）A．释放小车时小车应靠近打点计时器，以充分利用纸带，选项 A 正确；

B．将带滑轮的长木板右端垫高，以平衡阻力，选项 B 正确；

C．先接通打点计时器的电源，后释放小车，选项 C 错误；

D．因有力传感器测量小车受的拉力，则实验中不需要保证钩码的质量远小于小车的质量，选项 D 错误。故选 AB。

（2）改变钩码的质量时不需要重新平衡摩擦力，即长木板的倾角不变。

（3）相邻两个计数点之间还有 4 个点未画出，可知 T=0.1s；小车的加速度

$$a=\frac{x_6+x_5+x_4-x_3-x_2-x_1}{9T^2}=\frac{(9.61+7.95+6.31-4.65-3.00-1.34)\times10^{-2}}{9\times0.1^2}\text{m/s}^2=1.65\text{m/s}^2$$

（4）[1]根据 $2F-f=Ma$

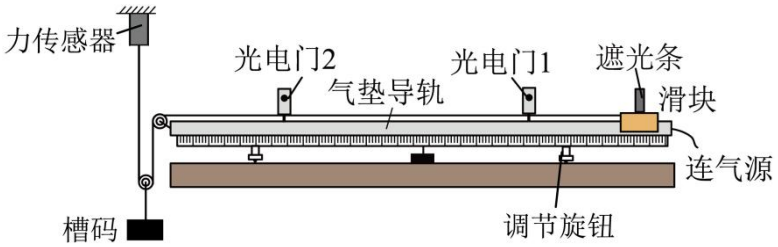
可得 $a=\frac{2}{M}F-\frac{f}{M}$

可知 $\frac{2}{M}=k$

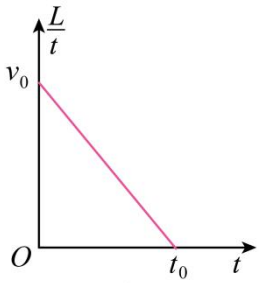
解得 $M=\frac{2}{k}$

[2]图像没过原点的原因是没有平衡摩擦力或平衡摩擦力不够。

16. 物理实验小组的同学在实验室“探究加速度与力和质量的关系”，实验装置如图甲，遮光条的宽度为 d，两光电门间的距离为 L，滑块在水平气垫导轨上运动时可以忽略导轨的摩擦力，当地的重力加速度为 g，图中滑轮均为轻质滑轮。



图甲



图乙

(1)本实验____（填“需要”或“不需要”）满足所挂槽码的总质量远小于滑块的质量；

(2)实验时，先按住滑块使滑块静止在距光电门一定距离处，再松手，测出滑块通过光电门的时间。若某次滑块通过光电门 1 的时间为 t_1，则滑块通过光电门 1 时的速度大小为____（用 d、t_1 表示）。

(3)实验小组的同学测得两个光电门间的距离为 L，遮光片从光电门 1 到光电门 2 的时间为 t，保持光电门 2 的位置和和滑块的释放位置不变，改变光电门 1 的位置进行多次测量，测得多组 L 和对应的 t，作出图像如图乙，若图像的纵截距为 v_0，横截距为 t_0。则 v_0 表示遮光片通过光电门____（填“1”或“2”）时的速度大小，滑块的加速度大小为____（用 v_0 和 t_0 表示）

(4)若某次实验测得滑块的加速度大小为 a_0，传感器的示数为 F_0，则悬挂的槽码质量为____（用 a_0、F_0、g 等字母表示）

【答案】(1)不需要　(2) $\frac{d}{t_1}$　(3) 2　$\frac{2v_0}{t_0}$　(4) $\frac{4F_0}{2g-a_0}$

【解析】（1）绳子的拉力可以通过力传感器直接读出，所以槽码的质量不需要远小于滑块的质量；

（2）当滑块通过光电门的时间为 t_1 时，滑块通过光电门时的速度大小 $v_1=\frac{d}{t_1}$

（3）[1][2]由题意可知，整理得 $\frac{L}{t}=v_1+\frac{1}{2}at$

方程与图像不符。

根据 $L=v_1t+\frac{1}{2}at^2$，$v_2=v_1+at$

联立整理 $\frac{L}{t}=v_2-\frac{1}{2}at$

与图像符合，故 v_0 表示遮光片通过光电门 2 时的速度大小，又 $\frac{1}{2}a=\frac{v_0}{t_0}$

解得 $a=\frac{2v_0}{t_0}$

（4）由图甲装置，对槽码由牛顿第二定律可知 $mg-2F_0=m\frac{a_0}{2}$

整理得 $m=\frac{4F_0}{2g-a_0}$

衔接点 16 牛顿第二定律

学习要求

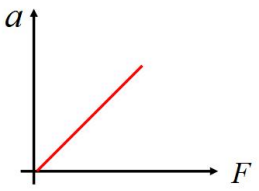
初中阶段	高中阶段
了解牛顿第二定律的基本含义，知道物体的加速度与所受合力成正比、与质量成反比，能用公式 F=ma 进行简单的定性分析和定量计算（如已知两个量求第三个量）。通过实验探究，理解控制变量法在研究加速度、力和质量关系中的应用，能描述 “受力一定时质量越大加速度越小”“质量一定时受力越大加速度越大” 的实验结论，初步建立力与运动状态变化的关联认知。	深入理解牛顿第二定律的矢量性、瞬时性和同体性，掌握公式 F=ma 的定量应用，能结合运动学公式解决动力学综合问题（如匀变速直线运动与受力分析的结合）。学会用牛顿第二定律分析超重、失重现象及连接体问题，理解合外力与加速度的瞬时对应关系（如力突变时加速度的变化）。通过实验验证牛顿第二定律，掌握数据处理方法（如绘制 a-F、a-1/m 图像），能分析实验误差来源（如平衡摩擦力不足、系统质量关系不满足等）。
衔接指引	
初中阶段考查形式：多以选择题、填空题形式出现。 高中阶段考查形式：选择题和计算题。	

知新高中知识

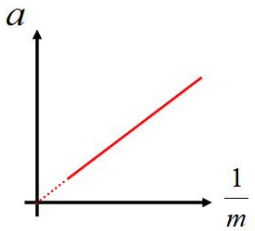
一、牛顿第二定律

1、牛顿第二定律的图像问题

（1）物体质量一定时，受力 越大 ，加速度 越大 ，即 a∝F，所以物体的 F-a 图象是 一条直线 。



（2）物体受力一定时，它的 质量 越大，加速度 越小 ，即 $a\propto\frac{1}{m}$，所以物体的 $\frac{1}{m}$-a 图象是 一条直线 。



2、牛顿第二定律的内容：物体的加速度跟物体所受的合外力__成正比__，跟物体的质量__成反比__，加速度的方向跟__合外力__的方向__相同__。

3、牛顿第二定律的表达式：__$F_{合}$=ma__；该表达式只能在国际单位制中成立，因为$F_{合}=k\cdot ma$，只有在国际单位制中才有__k=1__；力的单位的定义：使质量为1kg的物体，获得1m/s^{2}的加速度的力，叫做1N，即1N=1kg•m/s^2。

4、适用范围：

（1）牛顿第二定律只适用于__惯性参考系__（相对地面静止或匀速直线运动的参考系）。

（2）牛顿第二定律只适用于__宏观物体__（相对于分子、原子）、__低速运动__（远小于光速）的情况。

5、对牛顿第二定律的进一步理解

牛顿第二定律是动力学的核心内容，我们要从不同的角度，多层次、系统化地理解其内涵：F量化了迫使物体运动状态发生变化的外部作用，m量化了物体“不愿改变运动状态”的基本特性（惯性），而a则描述了物体的运动状态（v）变化的快慢．明确了上述三个量的物理意义，就不难理解如下的关系了：$a\propto F$，$a\propto\frac{1}{m}$。

另外，牛顿第二定律给出的F、m、a三者之间的瞬时关系，也是由力的作用效果的瞬时性特征所决定的。

（1）__矢量性__：加速度a与合外力$F_{合}$都是矢量，且方向总是相同。

（2）__瞬时性__：加速度a与合外力$F_{合}$同时产生、同时变化、同时消失，是瞬时对应的。

（3）__同体性__：加速度a与合外力$F_{合}$是对同一物体而言的两个物理量。

（4）__独立性__：作用于物体上的每个力各自产生的加速度都遵循牛顿第二定律，而物体的合加速度则是每个力产生的加速度的矢量和，合加速度总是与合外力相对应。

（5）__相对性__：物体的加速度是对相对地面静止或相对地面做匀速运动的物体而言的。

（6）__因果性__：力是产生加速度的原因，只要物体所受的合力不为0，物体就具有加速度。

6.牛顿第一定理和牛顿第二定律的比较

(1)牛顿第一定律指出了力是__产生__加速度的原因，指出一切物体都有__惯性__，牛顿第一定理__不是__一个实验定律。

(2)牛顿第二定律指出了描述物体惯性的物理量是质量的含义，即在确定的作用力下，决定物体运动状态变化难易程度的因素是物体的__质量__。牛顿第二定律是一个__实验__定律。

(3)牛顿第一定律__不是__牛顿第二定律的一种特例。

二、力的单位

1．力的国际单位：__牛顿__，简称牛，符号为N.

2．1 N的定义：使质量为1 kg的物体产生__1 m/s²__的加速度的力叫1 N，即1 N＝1__kg·m/s²__.

3．比例系数的意义

(1)在$F=kma$中，k的选取有一定的任意性.

(2)在国际单位制中$k=1$，牛顿第二定律的表达式为__F＝ma__，式中F、m、a的单位分别为__牛顿__、__千克__、__米每二次方秒__.

三、牛顿第二定律初步应用

1．应用牛顿第二定律解题的一般步骤

（1）确定__研究对象__。

（2）进行__受力__分析和__运动情况__分析，作出受力和运动的__示意图__。

（3）求合力F或加速度a。

（4）根据$F=ma$列方程求解。

2．应用牛顿第二定律解题的常用方法

（1）__矢量合成__法

若物体只受两个力作用，应用平行四边形定则求这两个力的合力，再由牛顿第二定律求出物体加速度的大小，加速度的方向就是物体所受合外力的方向.

(2)__正交分解__法

正交分解法是把一个矢量分解在两个互相垂直的坐标轴上的方法，是一种常用的矢量运算方法.其实质是将复杂的矢量运算转化为简单的代数运算，方便解题，它是解牛顿运动定律题目最基本的方法

为减少矢量的分解，建立坐标系确定x轴的正方向时有以下两种方法

①分解力而不分解加速度

通常以加速度a(合加速度)的方向为x轴的正方向建立直角坐标系，将物体所受的各个力分解到x轴和y轴上，分别得到x轴和y轴上的合力Fx和Fy根据力的独立作用原理，各个方向上的力分别产生各自的加速度，可得$F_x=ma$，$F_{合}=0$.

②分解加速度而不分解力

若物体受几个相互垂直的力的作用，应用牛顿第二定律求解时，若分解的力太多，就会比较烦琐，所以在建立直角坐标系时，可根据物体的受力情况，使相互垂直的力分别位于两坐标轴上而分解加速度a，

根据牛顿第二定律得$\begin{cases}F_x=ma_x\\F_y=ma_y\end{cases}$，列方程求解

典例精析

例 1、关于速度、加速度、合力间关系，下列说法正确的是（　　）

A．物体的速度越大，则物体的加速度越大，所受的合力也越大

B．物体的速度为零，则物体的加速度一定为零，所受合力也为零

C．物体的速度为零，加速度可能很大，所受的合力也可能很大

D．物体的速度很大，加速度可能为零，所受的合力一定不为零

【答案】C

【解析】根据牛顿第二定律的表达式 $F=ma$ 和加速度公式 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可知，加速度与合力存在对应关系，一个确定的物体，加速度越大，则物体所受的合力越大；加速度与物体的速度变化率有关，而与物体的速度无关，C 正确。

例 2、关于牛顿第二定律，下列说法中正确的是（　）

A．物体加速度的大小是由物体的质量和物体的速度决定的

B．物体加速度的方向只由它所受合外力的方向决定，与速度方向无关

C．物体的加速度方向、速度方向总是与物体所受合外力的方向相同

D．一旦物体所受合外力为零，则物体的加速度立即为零，其运动也就逐渐停止了

【答案】B

【解析】A．根据牛顿第二定律，物体的加速度的大小由合力的大小和质量决定，与物体的速度无关，故 A 错误；

B．物体加速度的方向只由它所受合外力的方向决定，与速度方向无关，故 B 正确；

C．物体所受合外力的方向和加速度的方向总是相同的，但是与速度方向不一定相同，故 C 错误；

D．一旦物体所受合力为零，则物体的加速度立即为零，物体将做匀速运动或静止状态，故 D 错误。

故选 B。

例 3、2025 年 4 月 19 日北京半程马拉松比赛中，人形机器人首次参赛。已知半马从起点到终点直线距离约为12km，实际赛道长度为21.0975km，冠军机器人用时约 2 小时 40 分完成比赛。下列说法正确的是（　　）

A．机器人的位移大小为 21.0975km

B．机器人的平均速度大小约为 4.5km/h

C．若机器人在弯道段保持速率不变，则其所受合外力为零

D．机器人冲过终点线时的瞬时速度一定大于其全程的平均速度

【答案】B

【解析】A．位移为从初位置到末位置的有向线段，故为 12km，A 错误；

B．平均速度为位移除以时间，B 正确；

C．弯道段是曲线，虽然机器人保持速率不变，但速度方向一直在变，故其所受合外力不为零，C 错误；

D．机器人冲过终点线时的瞬时速度不一定大于其全程的平均速度，D 错误。

故选 B。

例 4、（多选）独竹漂是我国一项民间技艺。如图，在平静的湖面上，独竹漂选手手持划杆踩着楠竹，沿直线减速滑行，选手和楠竹相对静止，则（　　）

A．选手所受合力为零

B．楠竹受到选手作用力的方向一定竖直向下

C．手持划杆可使选手（含划杆）的重心下移，更易保持平衡

D．选手受到楠竹作用力的方向与选手（含划杆）的重心在同一竖直平面

【答案】CD

【解析】A．选手和楠竹在水里减速滑行，速度在变化，根据牛顿第二定律可知合力不为零，故 A 错误；

B．楠竹在水平方向有加速度，选手对楠竹的力在竖直方向有重力，水平方向有摩擦力，所以选手对楠竹的力方向不是竖直向下，故 B 错误；

C．选手和楠竹相对静止，且减速滑行，选手和楠竹的重心要在同一竖直面上才能保持相对稳定，故 C 正确；

D．选手和楠竹构成的整体在减速滑行，受到的合力不为零，根据力的作用线和重心的关系可知整体的重心与楠竹受到合力作用线应该在同一竖直面上，故 D 正确。

故选 CD。

方法点拨

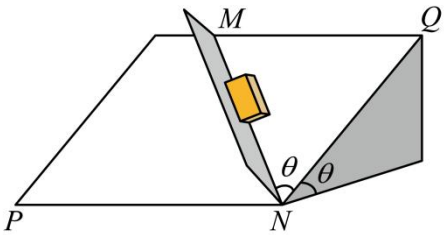
理解牛顿第二定律的三个误区

1. 认为先有力，后有加速度：物体的加速度和合外力是同时产生的，不分先后，但有因果性，力是产生加速度的原因，没有力就没有加速度.

2. 认为质量与力成正比，与加速度成反比：不能根据 $m=\frac{F}{a}$ 得出 $m\propto F$、$m\propto\frac{1}{a}$ 的结论，物体的质量 m 是由自身决定的，与物体所受的合外力和运动的加速度无关.

3. 认为作用力与 m 和 a 都成正比：不能由 F＝ma 得出 $F\propto m$、$F\propto a$ 的结论，物体所受合外力的大小是由物体的受力情况决定的，与物体的质量和加速度无关.

例 5、工人在河堤的硬质坡面上固定一垂直坡面的挡板，向坡底运送长方体建筑材料。如图所示，坡面与水平面夹角为θ，交线为 PN，坡面内 QN 与 PN 垂直，挡板平面与坡面的交线为 MN，$\angle MNQ=\theta$。若建筑材料与坡面、挡板间的动摩擦因数均为μ，重力加速度大小为 g，则建筑材料沿 MN 向下匀加速滑行的加速度大小为（　）



A．$g\sin^2\theta-\mu g\cos\theta-\mu g\sin\theta\cos\theta$　　B．$g\sin\theta\cos\theta-\mu g\cos\theta-\mu g\sin^2\theta$

C．$g\sin\theta\cos\theta-\mu g\cos\theta-\mu g\sin\theta\cos\theta$　　D．$g\cos^2\theta-\mu g\cos\theta-\mu g\sin^2\theta$

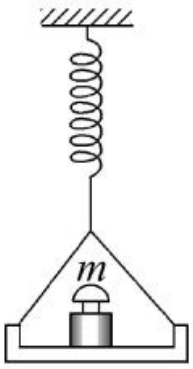
【答案】B

【解析】根据牛顿第二定律 $mg\sin\theta\cos\theta-\mu mg\cos\theta-\mu mg\sin\theta\sin\theta=ma$

可得 $a=\quad\sin\theta\cos\theta-\mu g\cos\theta-\mu\quad\sin^2\theta$

故选 B。

例 6、如图所示，一根轻质弹簧上端是固定的，下端挂一平盘，盘中有一物体，平盘与物体的总质量为 m，当盘静止时，弹簧的长度比其自然长度伸长了 l，现向下拉盘使弹簧再伸长 Δl 后停止，然后松手．设弹簧总处在弹性限度以内，则刚松手时盘与物体的加速度为（　　）



A．$\frac{\Delta l}{l}g$　　B．$\frac{l}{\Delta l}g$　　C．0　　D．g

【答案】A

【解析】当盘静止时，由胡克定律得 $mg=kl$，设使弹簧再伸长 Δl 时手的拉力大小为 F，再由胡克定律得 $mg+F=k\left(l+\Delta l\right)$，得 $F=\frac{\Delta l}{l}mg$．刚松手瞬间弹簧的弹力没有变化，则以盘和物体整体为研究对象，所受合力大小等于 F，方向竖直向上．设刚松手时，加速度大小为 a，根据牛顿第二定律得 $a=\frac{F}{m}=\frac{\Delta l}{l}g$，A 正确．

例 7、“儿童蹦极”中，拴在腰间左右两侧的是弹性极好的橡皮绳．质量为 m 的小明，如图所示，静止悬挂时（小明两侧绳长相同），两橡皮绳的拉力大小均恰为 mg，若此时小明左侧橡皮绳断裂，则小明此时（　　）

A．速度不为 0　　B．加速度 $a=g$，沿原断裂绳的方向斜向下

C．加速度$a=g$，沿未断裂绳的方向斜向上　　D．加速度$a=g$，方向竖直向下

【答案】B

【解析】速度不能发生突变，左侧橡皮绳断裂瞬间，小明的速度为 0，A 错误；断裂前，$F_{T左}=F_{T右}=mg$，橡皮绳形变量比较大，不会发生突变，断裂瞬间，$F_{T右}$ 与 mg 合力沿断裂绳的反向延长线，大小等于 mg，则小明的加速度$a=g$，沿原断裂绳的方向斜向下，B 正确，C、D 错误.

例 8、春节期间，小红在逛公园的过程中看到公园里挂着红红灯笼，洋溢着浓浓的年味。若三个串接的灯笼悬挂在轻绳上，呈竖直排列，从上到下依次标为 1，2，3，下列说法正确的是（　　）

A．三个灯笼可能受到水平风力的作用

B．灯笼 2 受到其上、其下两个灯笼对其的拉力是一对作用力和反作用力

C．灯笼 3 受到的重力与灯笼 2 对其的拉力是一对平衡力

D．若灯笼 1 上面的轻绳突然断裂瞬间，灯笼 2 加速度仍为零

【答案】C

【解析】A．对三个灯笼进行受力分析可知，除重力外，因为三个灯笼呈竖直排列，所以彼此间的拉力都是竖直方向，若三个灯笼还受水平风力的作用，将不能受力平衡，所以不可能受到水平风力的作用，故 A 错误；

B．作用力和反作用力是一对大小相等，方向相反，作用在两个物体上的力，灯笼 2 受到其上、其下两个灯笼对其的拉力，受力物体都是灯笼 2，所以它们不是一对作用力和反作用力，故 B 错误；

C．灯笼 3 受到重力和灯笼 2 对其的拉力处于平衡状态，所以它们是一对平衡力，故 C 正确。

D．若灯笼 1 上面的轻绳突然断裂，三个灯笼均做自由落体运动，加速度都为重力加速度 g，所以灯笼 1 上面的轻绳突然断裂瞬间，灯笼 2 加速度不为零，故 D 错误。

故选 C。

方法点拨

应用牛顿第二定律解题的“四步走”

(1)确定研究对象．在确定研究对象中，连接体问题是一个难点．应学会使用整体法求加速度及系统外力，用隔离法确定加速度及系统内部相互作用力．

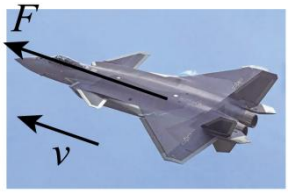
(2)对物体进行受力分析．按照先重力，再弹力，最后摩擦力的顺序，不要添力、漏力．

(3)建立直角坐标系．一般以速度方向为一条轴，把不在坐标轴上的力正交分解．

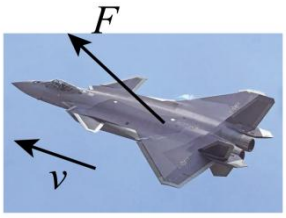
(4)列方程组，解答．

例 9、如图是我国一架第五代战斗机“歼-20”，演习中它正沿斜向上做匀加速直线运动，除了所受的重力以外，它还受到其它力的合力 F，下图中 F 的示意图可能正确的是（　）

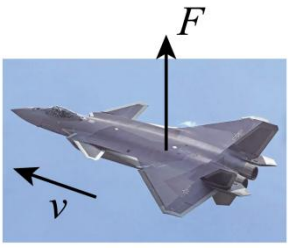
A.



B.



C.



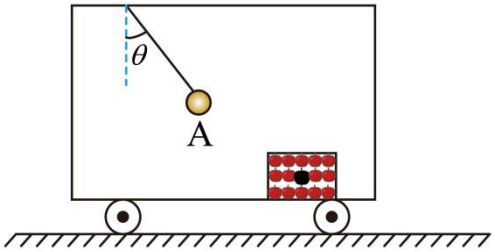
D.

【答案】B

【解析】由题意，其它力的合力 F 与重力的总合力应与速度方向相同，则只有 B 正确。

故选 B。

例 10、如图所示，小车在水平方向做直线运动，小球 A 用细线悬挂车顶上，车内放一箱苹果，苹果箱和箱内的苹果相对于车厢始终静止，若观察到细线偏离竖直方向的夹角 θ 保持不变，则下列说法中正确的是（　）



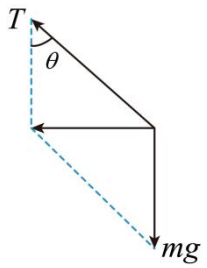
A．小车的加速度一定为 $g\tan\theta$

B．小车向左做匀加速直线运动

C．小球 A 受到的合力大小与小球质量无关　　D．车厢对苹果箱的摩擦力水平向右

【答案】A

【解析】A．由于小车在水平方向运动，则车内每个物体的运动状态均与小车的运动状态相同，对小球受力分析如图所示



则有 $F_{合}=mg\tan\theta$

加速度 $a=g\tan\theta$

可知球 A 所受合外力不为零，且合力与加速度方向水平向左，故 A 正确；

B．球 A 加速度向左，则可知小车的加速度也向左，因此小车可能向右做匀减速运动或向左做匀加速直线运动，故 B 错误；

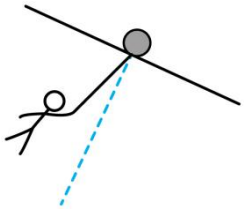
C．根据 $F_{合}=mg\tan\theta$ 可知小球 A 受到的合力大小与小球质量有关，故 C 错误；

D．苹果箱在竖直方向受重力与车厢对其的支持力而平衡，而水平方向随车一起运动，则可知其水平方向的合外力水平向左，而水平方向只可能受到摩擦力的作用，因此水平方向所受摩擦力即为合外力，即车厢对苹果箱的摩擦力水平向左，故 D 错误。

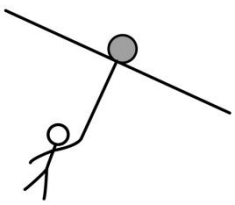
故选 A。

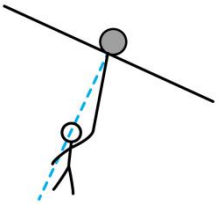
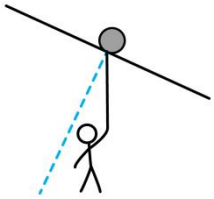
例 11、如图所示，游乐场有一种“滑索渡河”的项目。一游客从起点利用自然落差向下加速滑行的过程中，下列运动图景最符合实际的是（不计空气阻力、虚线为垂直钢索的参考线）（　　）

A.



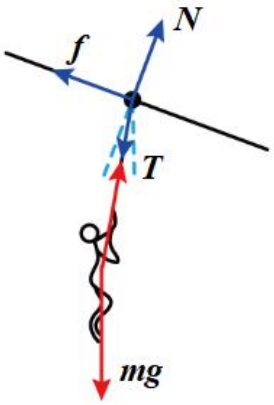
B.



C．  　　D． 

【答案】C

【解析】对游客和滑轮受力分析如图所示



设钢索与水平方向的夹角为θ，绳与钢索垂直方向的夹角为α，根据牛顿第二定律对游客，有

$mg\sin\theta - T\sin\alpha = ma_1$

对整体，有

$Mg\sin\theta - f = Ma_2$

由此可知，游客的加速度与和滑轮和游客的整体的加速度相同，且 f>0，只有 C 图最符合这一实际运动情形。

故选 C。

例 12、假设洒水车的牵引力不变且所受阻力与车重成正比，未洒水时，车匀速行驶，洒水过程中它的运动将是（　　）

A．做加速度增加的变速直线运动　　B．做匀加速直线运动

C．做匀减速直线运动　　D．继续保持匀速直线运动

【答案】A

【解析】设洒水车的牵引力为 F，洒水车的质量为 m，阻力为 kmg，由牛顿第二定律有：F-kmg=ma

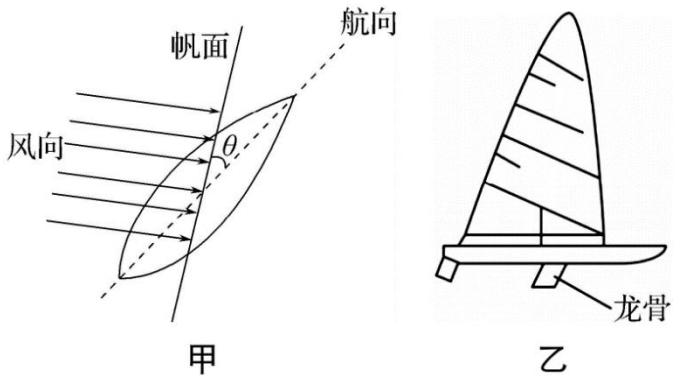
得：$a=\frac{F}{m}-kg$

开始时 F=kmg，a=0

随着 m 减小，a 逐渐增大，故洒水车做加速度逐渐增大的变速直线运动。

故选 A。

例 13、（多选）无自带动力的帆船在大海中可借助风力航行。如图甲所示为一帆船在某次航行时的俯视图，把帆面张在航向（船头指向）和风向之间，使风向垂直于帆面，风会对帆面产生垂直于帆面的压力 F，压力 F 可以分解为两个分力 F_1、F_2，F_1 沿着航向使船前进，F_2 垂直于船体与水对龙骨（如图乙所示）的横向阻力相平衡。已知帆面与航向之间的夹角为 θ，船的总质量为 m，忽略水的流速对船的影响。下列说法正确的是（　　）

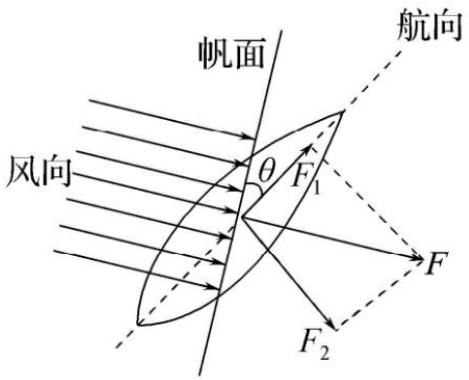


A．$F_2=F\sin\theta$　　B．船受到的合力是 F_1

C．F_1 是船前进的动力　　D．若船沿着航向的阻力为 f，则船的加速度为 $\dfrac{F\sin\theta-f}{m}$

【答案】CD

【解析】如图所示，把力 F 分解，由图可得 $F_2=F\cos\theta, F_1=F\sin\theta$，A 错误；$F_1$ 是船前进的动力，因为船沿着航向还会受到阻力，则船受到的合力小于 F_1，B 错误，C 正确；由牛顿第二定律可得船的加速度 $a=\dfrac{F_1-f}{m}=\dfrac{F\sin\theta-f}{m}$，D 正确。



方法点拨

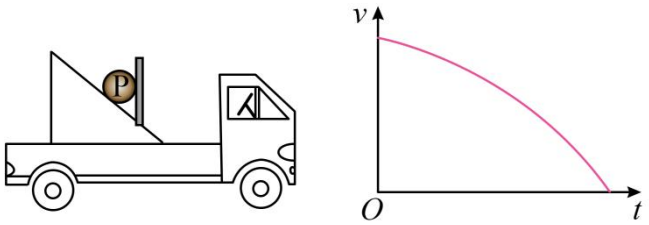
1. 确定研究对象：明确是单个物体或整体受力分析。

2. 受力分析：按重力、弹力、摩擦力、其他力顺序分析，用平行四边形定则处理合力与分力。

3. 应用牛顿第二定律：根据\(F_{合}=ma\)，由合力定加速度方向，通过计算确定大小。

4. 判断运动状态：依据加速度与初速度方向关系判断加速 / 减速；根据加速度是否恒定判断运动类型 。

例 14、如图甲所示，一个斜面体固定在货车车厢内，光滑小球 P 静止在斜面上，小球 P 右侧的挡板竖直固定在斜面上，开始时货车在平直路面上向右匀速行驶，t=0 时，货车开始减速，其速度与时间的关系如图乙所示，小球 P 对挡板的压力为 F_1，对斜面的压力为 F_2。在货车向右减速过程中，小球 P 与货车始终保持相对静止。下列说法正确的是（　　）



甲　　乙

A．F_1逐渐增大　B．F_1逐渐减小　C．F_2逐渐增大　D．F_2逐渐减小

【答案】A

【解析】由题意可知加速度 a 越来越大，设斜面倾角为θ，当货车向右减速运动时 $F_2\cos\theta=mg$ ，

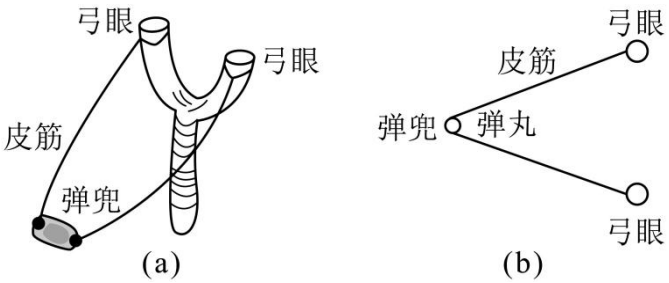
$F_1-F_2\sin\theta=ma$

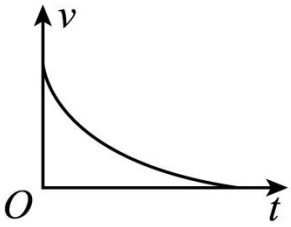
可解得 $F_2=\dfrac{mg}{\cos\theta}$，$F_1=mg\tan\theta+ma$

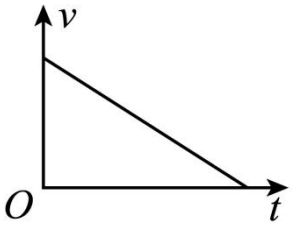
所以 F2 始终不变，F1 逐渐增大。

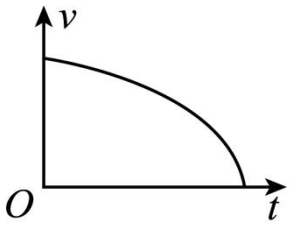
故选 A。

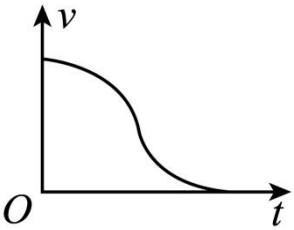
例 15、弹弓是一种传统非遗技艺项目的器械。图（a）是一种“Y”型弹弓，两根完全相同的皮筋一端和弹兜相连，另一端分别固定在 Y 形支架的两个弓眼上，弹兜和皮筋质量均可忽略不计。使用者先拉伸皮筋，并保持弹丸静止，此时两皮筋长度相同，如图（b）所示，然后释放弹丸，让其弹出。在$t=0$时，以初速度 $v_0=60\text{m/s}$ 竖直向上射出一质量 $m=1.0\times10^{-2}\text{kg}$ 的弹丸，其上升的最大高度 $h=40.8\text{m}$。弹丸在运动过程中所受空气阻力大小 f 与其速率 v 的关系满足 $f=kv$，其中 $k=1.0\times10^{-2}\text{N}\cdot\text{s/m}$。弹丸从射出到运动至最高点的过程中，其 $v-t$ 图线可能为（　）



A.


B.


C.


D.


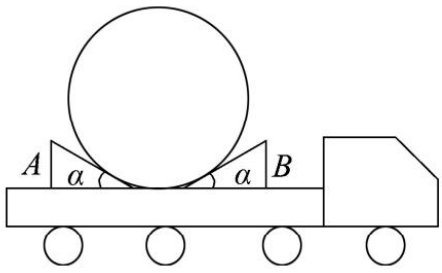
【答案】A

【解析】根据牛顿第二定律 mg+kv=ma

随着速度减小，加速度减小，做加速度减小的减速运动，图像斜率减小。

故选 A。

例 16、（多选）大质量钢卷是公路运输中的危险物品，如图符合规范的装载支架是安全运输的保障，运输过程中要求“缓加速慢减速”。一辆货车运载着圆柱形表面光滑的质量为 m 的钢卷，自由地摆放在支架 A、B 之间，没有用绳索固定。钢卷受到支架 A 和支架 B 的支持力，和货车一起保持静止，若已知支架斜面均与水平面成 $\alpha=30°$，重力加速度为 g，则下列说法正确的是（　　）



A．货车静止时，支架 A 对钢卷支持力大小为 $\frac{\sqrt{3}}{3}mg$

B．货车向右匀速运动，支架 B 对钢卷支持力大小为 $2mg$

C．当货车向右减速时，支架 A 对钢卷支持力减小

D．当货车向右加速时，支架 A 对钢卷支持力减小

【答案】AC

【解析】货车静止或向右匀速运动时，都处于平衡状态，根据共点力平衡条件有 $F_A\cos 30°+F_B\cos 30°=mg, F_A\sin 30°=F_B\sin 30°$ ，解得 $F_A=F_B=\frac{\sqrt{3}}{3}mg$ ，故 A 正确，B 错误；当货车向右减速时，根据牛顿第二定律有 $F_A\cos 30°+F_B\cos 30°=mg, F_B\sin 30°-F_A\sin 30°=ma$，则支架 A 对钢卷支持力减小，支架 B 对钢卷支持力增大，故 C 正确；当货车向右加速时，根据牛顿第二定律有 $F_A\cos 30°+F_B\cos 30°=mg$， $F_A\sin 30°-F_B\sin 30°=ma$，则支架 B 对钢卷支持力减小，支架 A 对钢卷支持力增大，故 D 错误。

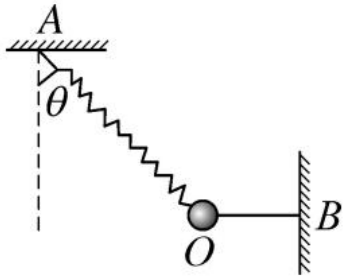
方法点拨

1. 受力分析：确定研究对象，按重力、弹力等顺序分析受力，利用平行四边形定则或正交分解法处理力的关系。

2. 应用牛顿定律：根据\(F_{合}=ma\)，结合加速度变化（大小、方向）分析各力变化；加速度与速度同向加速、反向减速。

3. 动态过程判断：分析运动过程中力的变化（如空气阻力与速度有关），判断加速度、速度的变化趋势，结合图像斜率等特征求解 。

例 17、（多选）如图所示，小球在水平轻绳和轻弹簧拉力作用下静止，弹簧与竖直方向夹角为 θ．设重力加速度为 g，下列说法正确的是（　　）



A．从 O 点剪断弹簧瞬间，小球的加速度大小为 g，方向竖直向下

B．从 O 点剪断弹簧瞬间，小球的加速度大小为 $\frac{g}{\cos\theta}$，方向与竖直方向成 θ 角斜向右下

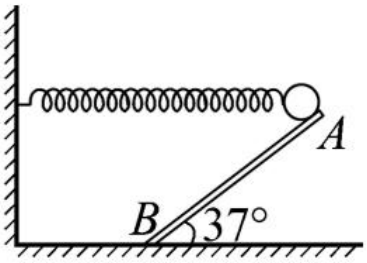
C．剪断 OB 绳瞬间，小球的加速度大小为 $g\sin\theta$，方向与 OA 垂直斜向左下

D．剪断 OB 绳瞬间，小球的加速度大小为 $g\tan\theta$，方向水平向左

【答案】AD

【解析】从 O 点剪断弹簧瞬间，弹簧弹力和绳的拉力变为零，小球只受重力，由牛顿第二定律得 $a=g$，方向竖直向下，A 正确，B 错误；以小球为研究对象，剪断轻绳瞬间弹簧的弹力没有变化，小球所受的合外力是重力与弹力的合力，与原来细绳的拉力大小相等，方向相反，由牛顿第二定律得 $mg\tan\theta=ma$，解得 $a=g\tan\theta$，方向水平向左，C 错误，D 正确.

例 18、（多选）如图所示，质量为 m 的小球与水平轻质弹簧相连，并用倾角为 $37°$ 的光滑木板 AB 托住，小球处于静止状态。重力加速度为 g，$\sin37°$ 取 0.6，则下列说法中正确的是（　　）

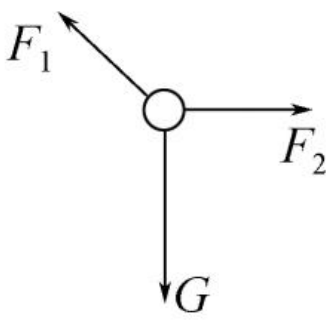


A．弹簧可能处于拉伸状态　　B．小球对木板的压力大小为 $\frac{5}{4}mg$

C．撤掉木板的瞬间，小球的加速度大小为 $\frac{5}{4}g$　　D．剪断弹簧的瞬间，小球的加速度为 0

【答案】BC

【解析】若弹簧处于拉伸状态，则小球水平方向受力不平衡，对小球受力分析，如图所示，可知弹簧处于压缩状态，A 错误；以小球为研究对象，根据受力平衡可得 $F_2=mg\tan37°=\frac{3}{4}mg$，$F_1=\frac{mg}{\cos37°}=\frac{5}{4}mg$，根据牛顿第三定律，小球对木板的压力大小为 $F_{压}=F_1=\frac{5}{4}mg$，B 正确；木板 AB 突然撤去瞬间，轻弹簧作用力保持不变，重力和轻弹簧作用力的合力大小等于撤去前木板 AB 对小球弹力，则小球的加速度大小为 $a=\frac{5}{4}g$，C 正确；弹簧被剪断瞬间，小球将沿木板下滑，小球的加速度不为零，D 错误。



例 19、（多选）地铁在一段平直的路段上行驶，某人在一根细绳的下端绑上一支圆珠笔，细绳的上端固定在地铁的竖直扶手上。地铁启动后的某段加速过程中，细绳偏离了竖直方向，并与竖直扶手之间有一稳定的夹角，他用手机拍摄了当时情景的照片，拍摄方向跟地铁前进方向垂直。已知当地重力加速度为g，根据这张照片，使用一把刻度尺可估算或判断出拍摄时刻下列哪些物理量（　　）

A．地铁加速度的方向　　B．地铁的运动方向　　C．地铁加速度的大小　　D．细绳中拉力的大小

【答案】ABC

【解析】圆珠笔受力如图所示

根据照片可以测出细绳与竖直方向的夹角θ，对圆珠笔，由牛顿第二定律得$mg\tan\theta = ma$

代入数据解得$a = g\tan\theta$，方向水平向左

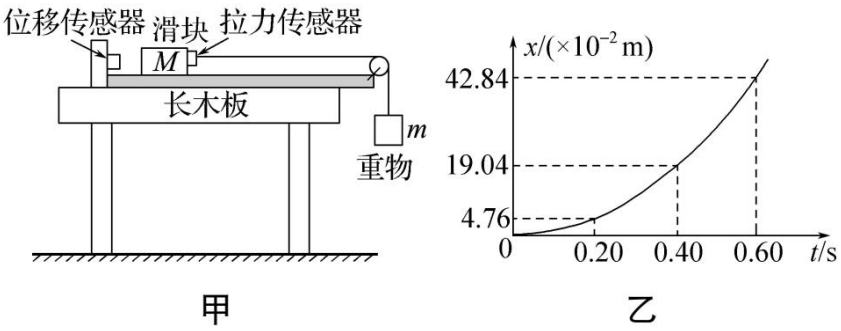
地铁启动后的某段加速过程，加速度方向与速度方向相同，因此地铁的运动方向向左

由于不知圆珠笔的质量，无法求出细绳的拉力大小。

故选 ABC。

例 20、（多选）某研究性学习小组利用图甲所示装置测定滑块加速运动时与平直长木板间的动摩擦因数。将长木板固定在水平桌面上，其右端安装定滑轮，左端固定位移传感器。总质量为M的滑块（含拉力传感器）在长木板上紧靠位移传感器放置，拉力传感器通过细绳跨过定滑轮与质量为m的重物连接。由静止释放滑

块，记录拉力传感器和位移传感器的数据，用计算机拟合得到滑块位移 x 随时间 t 变化的图像如图乙所示，该图线的函数表达式为 $x=1.19t^2\,(\mathrm{m})$。滑块的加速度为 a，拉力传感器示数为 F，滑块加速运动时与平直长木板间的动摩擦因数为 μ_0，下列说法正确的是（　　）



甲　　乙

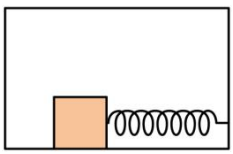
A．本实验不需要调节细绳与长木板平行　　B．滑块加速度 a 的大小为 $2.38\mathrm{m/s^2}$

C．滑块与长木板间的动摩擦因数 $\mu_0=\dfrac{F-Ma}{mg}$　　D．本实验中不需要满足滑块质量远大于重物质量

【答案】BD

【解析】细绳与长木板不平行会导致绳上拉力 F 不沿小车运动方向，A 错误；由题意可知，小车做初速度为零的匀加速直线运动，则有 $x=\dfrac{1}{2}at^2$，故 $a=2\times1.19\mathrm{m/s^2}=2.38\mathrm{m/s^2}$，B 正确；对滑块受力分析可知 $F-\mu_0Mg=Ma$，解得 $\mu_0=\dfrac{F-Ma}{Mg}$，故 C 错误；滑块质量远大于重物质量是为了使重物重力约为细绳拉力，而本实验采用力传感器测量绳上拉力，故不需要使滑块质量远大于重物重量，故 D 正确。

例 21、如图所示，一质量为 m=0.2kg 的物块静置于矩形的木箱内，物块和箱底之间的动摩擦因数为μ=0.3，一劲度系数为 20N/m 的轻质弹簧的两端分别与物块右端、木箱右壁连接。初始时，木箱处于静止状态，弹簧长度为 L=5cm 并与木箱底面平行，弹簧的形变量未知。现在给木箱一加速度 a，使物块恰好能相对木箱底面移动起来。若弹簧形变量始终在弹性限度范围内，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度 $g=10\mathrm{m/s^2}$，求



(1)若 $a=1\mathrm{m/s^2}$ 且方向竖直向下，则弹簧的原长为多少；

(2)若加速度是水平方向，且初始时弹簧的伸长量为 2cm，则加速度 a 有多大？

【答案】(1)7.7cm 或 2.3cm　　(2)见解析

【解析】（1）对物块，竖直方向上 $mg-N_1=ma_1$

水平方向上 $\mu_1 N_1 = k\Delta x_1$

联立解得 $\Delta x_1 = 2.7\text{cm}$

所以弹簧原长为 $L_0 = L + \Delta x = 7.7\text{cm}$

或者 $L_0 = L - \Delta x = 2.3\text{cm}$

（2）对物块，竖直方向上 $mg = N_2$

水平方向上，若摩擦力向右 $k\Delta x_1 + \mu_1 N_2 = ma_2$

联立解得 $a_2 = 5\text{m/s}^2$

水平向右；

若摩擦力向左 $\mu_1 N_2 - k\Delta x_1 = ma_2$

联立解得 $a_2 = 1\text{m/s}^2$

水平向左。

方法点拨

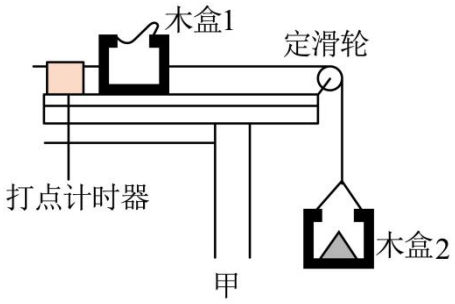
1. 瞬间状态分析：抓住 “弹簧弹力瞬间不变，绳拉力瞬间可突变”，结合牛顿第二定律求瞬间加速度。

2. 受力平衡与分解：通过正交分解或力的合成，分析物体平衡时的受力关系，确定各力大小和方向。

3. 运动与力关联：根据加速度方向判断物体运动状态变化；利用匀变速运动公式（如 $x = \frac{1}{2}at^2$）结合牛顿定律求解物理量。

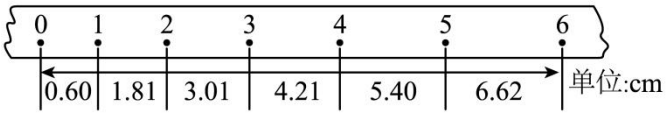
4. 实验问题要点：关注实验原理，明确力传感器、位移传感器等工具的作用，分析误差来源和实验条件要求。

例 22、某同学在实验室取两个完全相同的木盒，来测量木盒与木板之间的动摩擦因数。由于实验室中的天平损坏，无法称量质量，他采用“对调法”完成测量，如图甲所示，一端装有定滑轮的长木板固定在水平桌面上，木盒 1 放置在长木板上，左端与穿过打点计时器的纸带相连，右端用细线跨过定滑轮与木盒 2 相接。

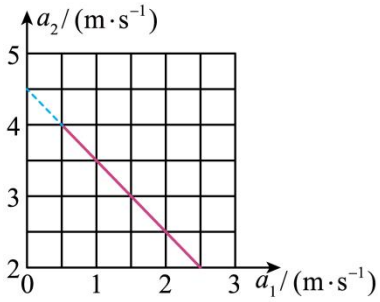


(1)实验前，___（填 A．“需要”或 B．“不需要”）调整定滑轮的角度使细线与木板平行，___（填 A．“需要”或 B．“不需要”）将长木板左侧垫高来平衡摩擦力，如甲图所示，加速运动过程中，绳子中拉力___（填 A．“大于”、B．“等于”或 C．“小于”）木盒 2（含细沙）的总重力。

(2)实验时，木盒 1 不放细沙，质量设为m_1，在木盒 2 中装入适量的细沙，木盒 2 含沙总质量设为m_2，接通电源，释放纸带，打点计时器打出一条纸带，加速度记为a_1，随后将木盒 1 与木盒 2（含细沙）位置互换，换一条纸带再次实验，打出第二条纸带，加速度记为a_2，两纸带编号为第一组，改变木盒 2 中细沙的多少，重复上述过程，得到多组纸带。如图乙为某组实验中获得的两条纸带中的一条，其中相邻两计数点间还有 4 个计时点未标出，已知交流电源的频率为 50Hz，则该纸带运动的加速度$a=$___$\mathrm{m/s^2}$（保留 3 位有效数字）。



乙



丙

(3)通过理论分析，分别推导a_1和a_2的表达式后，找到a_2和a_1的关系：$a_2=$___（结果用a_1、μ和g表示）。

(4)将实验测得的加速度绘制在丙图中，得到a_2-a_1关系图像，已知当地重力加速度为$9.80\mathrm{m/s^2}$，由图像可得木盒与木板间的动摩擦因数为___（保留 2 位有效数字）。

(5)由于纸带的影响，实验测得的动摩擦因数将___（填 A．“保持不变”、B．“偏大”或 C．“偏小”）。

【答案】(1)A　B　C　　(2)1.20　　(3)$(1-\mu)g-a_1$　　(4)0.54　　(5)偏大

【解析】（1）[1]实验中，为了确保细线的拉力就沿长木板方向，需要调整定滑轮的高度，使细线与长木板平行。

故选 A。

[2]实验目的是测量木盒与木板之间的动摩擦因数，可知，实验中不需要将长木板左侧垫高来平衡摩擦力。

故选 B。

[3] 甲图中，加速运动过程中，木盒 2 的加速度方向向下，根据牛顿第二定律可知，绳子中拉力小于木盒 2（含细沙）的总重力。

故选 C。

（2）相邻两计数点间还有 4 个计时点未标出，则相邻计数点间的时间间隔为 $T=5\times\frac{1}{50}\text{s}=0.1\text{s}$

根据逐差法得出加速度 $a=\frac{(x_6+x_5+x_4)-(x_3+x_2+x_1)}{(3T)^2}=1.20\text{m/s}^2$

（3）设木盒 1 的质量为 m_1，木盒 2（含细沙）的质量为 m_2，对整体进行分析，根据牛顿第二定律有

$m_2g-\mu m_1g=(m_1+m_2)a_1$

位置互换后，对整体进行分析，根据牛顿第二定律有 $m_1g-\mu m_2g=(m_1+m_2)a_2$

解得 $a_2=(1-\mu)g-a_1$

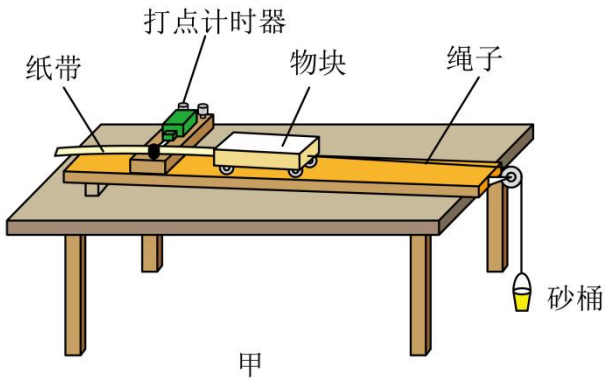
（4）结合上述有 $a_2=(1-\mu)g-a_1$

根据图丙有 $(1-\mu)g=4.5\text{m/s}^2$

解得 $\mu\approx0.54$

（5）由于纸带与打点计时器间有摩擦，所以测量的动摩擦因数会偏大。

例 23、某兴趣小组利用如图甲所示的实验装置测量物块与水平桌面之间的动摩擦因数。



甲

(1)下列选项中，符合实验中必要的措施及要求的是_____。

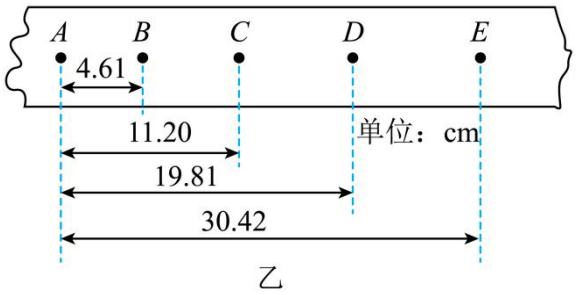
A．连接小车和沙桶的细绳必须与桌面平行

B．实验中要先释放物块，再接通电源

C．物块的质量应远大于砂和砂桶的总质量

D．实验前要先把木板左端垫高以平衡摩擦力，再进行实验

(2)实验中获得的一条比较理想的纸带如图乙所示，相邻两计数点之间还有四个计时点未画出。已知打点计时器的工作频率为 50Hz，则此次实验物块运动的加速度大小为_____$\mathrm{m/s^2}$（结果保留 2 位有效数字）。



乙

(3)在（2）中，若物块的质量为 500g，砂和砂桶的总质量为 300g，当地的重力加速度 $g=9.8\mathrm{m/s^2}$，则物块与水平桌面间的动摩擦因数为_____（结果保留 2 位有效数字）。

【答案】(1)A　　(2)2.0　　(3)0.27

【解析】（1）A．实验中，为保证物块做匀变速运动或匀速运动，细绳必须与桌面平行，故 A 项正确；

B．必须先接通电源，待打点计时器稳定工作后再释放物块，故 B 项错误；

C．实验中，可以选物块和砂桶（含砂）构成的系统为研究对象，所以不需要满足物块的质量远大于砂和砂桶的总质量这一条件，故 C 项错误；

D．本实验的目的是测量动摩擦因数，所以实验中不需要平衡摩擦力，故 D 项错误。

故选 A。

（2）根据题意可知纸带上相邻计数点时间间隔 $T=5\times0.02\mathrm{s}=0.1\mathrm{s}$

利用逐差法有 $a=\dfrac{x_{CE}-x_{AC}}{4T^2}$

代入数据可得 $a\approx2.0\mathrm{m/s^2}$

（3）根据牛顿第二定律有 $mg-\mu Mg=(M+m)a$

代入数据得 $\mu=0.27$

方法点拨

1. 实验条件与操作判断：

明确实验目的，若测摩擦因数，无需平衡摩擦力；为保证拉力方向，需调整细线与木板平行。

遵循 “先通电再释放” 原则，避免因操作不当影响实验数据。

2. 加速度计算：利用逐差法$a=\frac{\Delta x}{T^2}$，根据纸带上计数点间距求加速度，注意 T 的计算（相邻计数点时间间隔）。

3. 数据处理与公式推导：

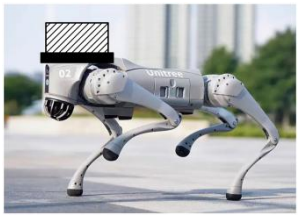
对系统整体应用牛顿第二定律列方程，通过联立方程推导物理量关系（如 a_1、a_2 与 m_1、m_2 关系）。

结合图像斜率、截距求解未知量（如动摩擦因数）。

4. 误差分析：考虑纸带与打点计时器间摩擦等因素，判断对测量结果（如动摩擦因数）的影响 。

对点集训

1．中国的机器狗处于世界先进水平，如图所示，将物块放在机器狗的头部，物块与机器狗的接触面为水平面，当机器狗（　　）



A．水平减速前进时，机器狗对物块的作用力小于物块的重力

B．水平减速前进时，机器狗对物块的作用力大于物块的重力

C．水平加速前进时，机器狗对物块的作用力等于物块的重力

D．水平加速前进时，机器狗对物块的作用力大于物块对机器狗的作用力

【答案】B

【解析】ABC．由牛顿第二定律可知，水平方向上加速或减速运动，机器狗水平方向受到物块对它的摩擦力。竖直方向上机器狗受到物块对它的压力，由力的合成可知，机器狗对物块作用力的大小始终等于以上两个力合力的大小，大于物块重力，故 AC 错误、B 正确；

D．根据牛顿第三定律，机器狗对物块的作用力等于物块对机器狗的作用力，故 D 错误。

故选 B。

2．如图所示，海豚从水面跃出，则（　　）

A．研究海豚跃出水面的动作时，不可把海豚视为质点

B．海豚在水中游动时，加速度方向沿运动方向

C．海豚到达最高点时，处于平衡状态

D．海豚向上游动过程中，水对海豚的作用力始终小于重力

【答案】A

【解析】A．研究海豚跃出水面的动作时，海豚的形状和体积对所研究问题的影响不能够忽略，此时不能把海豚视为质点，故 A 正确；

B．当海豚做加速直线运动时，加速度方向才沿运动方向，当海豚做减速或曲线运动时，运动方向与加速度方向不同，故 B 错误；

C．海豚到达最高点时，速度为零，但仍有向下的加速度，此时，海豚不处于平衡状态，故 C 错误；

D．海豚向上游动过程中，加速阶段水对海豚的作用力大于重力，减速阶段水对海豚的作用力小于重力，故 D 错误。

故选 A。

3．一质量为m的人站在电梯中，电梯减速下降，加速度大小为$\frac{1}{3}g$（g为重力加速度），人所受到的合力大小为（　　）

A．$\frac{1}{3}mg$　　B．$2mg$　　C．mg　　D．$\frac{4}{3}mg$

【答案】A

【解析】根据牛顿第二定律，可得人所受到的合力大小为$F_{合}=ma=\frac{1}{3}mg$

故选 A。

4．关于牛顿第二定律，下列说法中正确的是（　　）

A．物体所受合外力发生改变时，其加速度可能不变

B．物体的运动方向一定与物体所受合力的方向一致

C．加速度方向与合力的方向总是一致的，但与速度的方向可能相同，也可能不同

D．牛顿第二定律的表达式可以写成$m=\frac{F}{a}$，说明对某个物体来说，它的质量m跟合外力F成正比，跟它的加速度a成反比

【答案】C

【解析】A．根据牛顿第二定律$a=\frac{F}{m}$

可知，当物体所受合外力发生变化时，其加速度一定变化，A 错误；

BC．根据牛顿第二定律$a=\frac{F}{m}$

可知物体的加速度方向一定与物体所受合力方向一致，但运动方向不一定与所受合力方向一致，B 错误 C 正确；

D．物体质量是物体的本质属性，与所受的合外力无关，与物体的加速度无关，D 错误。

故选 C。

5．在光滑水平面上，一个质量为 1kg 的物体受到大小分别为 3N、4N 和 5N 的三个水平方向的共点力作用静止，现在撤去其中 5N 的力，其余力不变，则物体的加速度大小为（　　）

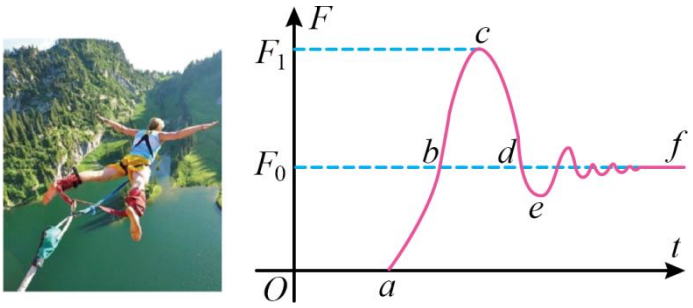
A．1m/s^2　　B．3m/s^2　　C．5m/s^2　　D．7m/s^2

【答案】C

【解析】撤去 5N 的力之前物体受力平衡，故 3N、4N 这两个力的合力与 5N 那个力等大反向；撤去 5N 的力之后，其余力不变，则物体所受的合力大小为 5N，故物体的加速度大小为$a=\frac{F_{合}}{m}=\frac{5}{1}\text{m/s}^2=5\text{m/s}^2$。

故选 C。

6．蹦极，也叫机索跳，是近些年来新兴的一项非常刺激的户外休闲活动，该活动中包含了很多的物理知识。现在蹦极绳上安装一个力传感器，运动员在某次蹦极活动中，力传感器显示的蹦极绳上的弹力与时间的关系图像如图所示，那么由图像获得信息正确的是（　　）



A．ab过程中是绳子的松弛状态　　B．人在c点具有竖直向上的最大的加速度

C．cd过程中绳子正在逐渐伸长　　D．人在e点的加速度最小

【答案】B

【解析】A．ab过程中绳子上弹力不为零，绳子处于绷紧状态，故A错误；

B．人在c点时绳子上弹力最大，根据$a=\frac{F-mg}{m}$可知，此时人具有竖直向上的最大加速度，故B正确；

C．cd过程中弹力逐渐变小，绳子正在逐渐缩短，故C错误；

D．人所受的重力大小等于F_0，当弹力等于F_0时，加速度为零，此时加速度最小，故D错误。

故选B。

7．光滑平面上质量为1kg的物体（可看做质点），同时受到两个同方向的水平力的作用从静止开始运动，这两个力大小分别为2N和3N，根据牛顿第二定律$F=ma$，可知物体的加速度大小是（　　）

A．0　　B．5m/s^2　　C．8m/s^2　　D．20m/s^2

【答案】B

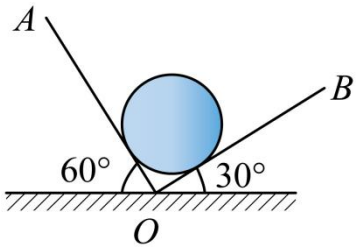
【解析】由题可知，物体受到的合外力大小为$F=2\text{N}+3\text{N}=5\text{N}$

根据牛顿第二定律可得$F=ma$

解得$a=\frac{F}{m}=\frac{5}{1}\text{m/s}^2=5\text{m/s}^2$

故选B。

8．如图所示，挡板OA、OB与水平方向的夹角分别为$60°$和$30°$，一光滑球静止在两挡板之间，若OB不动，撤去挡板OA瞬间，球的加速度大小为a_1；若OA不动，撤去挡板OB瞬间，球的加速度大小为a_2，则$\frac{a_1}{a_2}$为（　　）



A．$\frac{1}{3}$　　B．$\frac{\sqrt{3}}{3}$

C．$\frac{\sqrt{3}}{2}$　　D．$\sqrt{3}$

【答案】B

【解析】OB不动，撤去挡板OA瞬间，对球进行分析，根据牛顿第二定律有

$$mg\sin 30^\circ=ma_1$$

OA不动，撤去挡板OB瞬间，对球进行分析，根据牛顿第二定律有

$$mg\sin 60^\circ=ma_2$$

解得

$$\frac{a_1}{a_2}=\frac{\sqrt{3}}{3}$$

故选 B。

9．2025 年 4 月 24 日，在甘肃酒泉卫星发射中心成功发射了搭载神舟二十号载人飞船的长征二号 F 遥二十运载火箭。若在初始的1s内燃料对火箭的平均推力约为$6\times10^6\,\mathrm{N}$。火箭质量约为 500 吨且认为在1s内基本不变，则火箭在初始1s内的加速度大小约为（　　）（重力加速度 g 取$10\mathrm{m/s^2}$）

A．$2\mathrm{m/s^2}$　　B．$4\mathrm{m/s^2}$　　C．$6\mathrm{m/s^2}$　　D．$12\mathrm{m/s^2}$

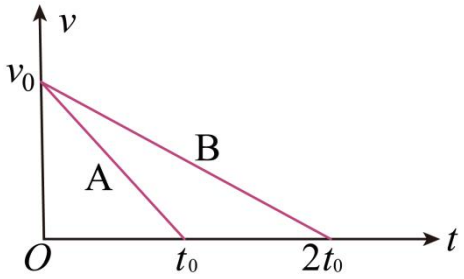
【答案】A

【解析】根据题意，由牛顿第二定律有 $F-mg=ma$

代入数据解得 $a=\dfrac{6\times10^6-5\times10^6}{5\times10^5}\mathrm{m/s^2}=2\,\mathrm{m/s^2}$

故选 A。

10．A、B 两物体在摩擦力作用下以相同的初速度 v_0 在水平面上做匀减速直线运动，其 $v-t$ 图像如图所示，则 A、B 两物体（　　）



A．滑行距离之比为2:1　　B．平均速度大小之比为2:1

C．加速度大小之比为2:1　　D．所受摩擦力大小之比为2:1

【答案】C

【解析】C．由于 A、B 两物体都做匀减速直线运动直到停止，所以它们的末速度都为 0。从图像中我们还可以看出，A 物体的运动时间为 t_0，B 物体的运动时间为 $2t_0$。图线斜率的绝对值表示加速度大小，故 A、B 两物体的加速度大小之比为 2：1，故 C 正确；

B．平均速度都为 $\bar{v}=\dfrac{v_0}{2}$

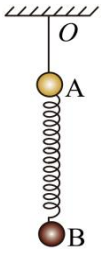
所以它们的平均速度大小之比为1:1，故 B 错误；

A．图线与坐标轴所围面积表示位移，故 A、B 两物体的滑行距离之比为1:2，故 A 错误；

D．由于题目中没有给出 A、B 两物体的质量，所以我们无法直接比较它们所受摩擦力的大小，故 D 错误。

故选 C。

11．（多选）如图所示，两个小球 A 和 B 之间用轻弹簧连接，然后用细绳悬挂起来，A 球质量为 $2m$，B 球质量为 m，剪断细绳的瞬间，A 和 B 的加速度分别是（　　）



A．$a_{\mathrm{A}}=0$　　B．$a_{\mathrm{A}}=\frac{3}{2}g$　　C．$a_{\mathrm{B}}=0$　　D．$a_{\mathrm{B}}=g$

【答案】BC

【解析】绳剪断前，对 B 由平衡条件得

$$F_{\text{弹}}=mg$$

绳剪断后瞬间，弹簧来不及变化，则弹力不变。对 A 得

$$F_{\text{弹}}+2mg=2ma_{\mathrm{A}}$$

解得

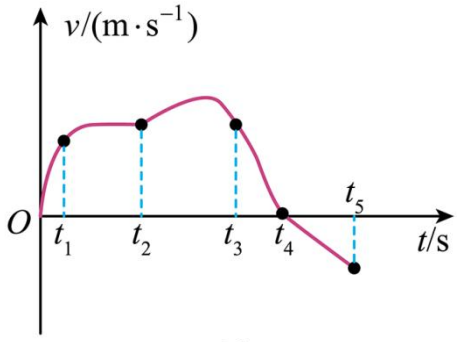
$$a_{\mathrm{A}}=\frac{3}{2}g$$

弹力不变，则 B 的受力情况不变，其加速度为 0，BC 正确。

故选 BC。

12．（多选）如图甲所示，一只小猫饭后来到池塘边散步，之前停留在池塘边的一条小鱼看到小猫后，从静止快速沿直线游离池塘边缘，全过程中小鱼的 $v-t$ 图像如图乙所示。关于小鱼的整个运动过程，下列说法正确的是（　　）

甲



乙

A．$0\sim t_2$内小鱼的位移最大

B．t_4时刻小鱼受到的合力为0

C．在$t_4\sim t_5$内，小鱼的加速度与速度方向相同

D．小鱼在$0\sim t_1$内的加速度方向与$t_3\sim t_5$内的加速度方向相反

【答案】CD

【解析】A．0~t4 内小鱼的速度始终为正值，即小鱼一直向前运动，位移不断增大，到 t4 时刻位移达到最大，故 A 错误；

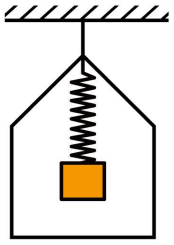
B．t4 时刻小鱼的速度为零，但是图线的斜率不为零，即加速度不为零，合力不为零，故 B 错误；

C．在 t4~t5 内，小鱼反向做加速运动，速度与加速度方向相同，故 C 正确；

D．在 0~t1 内，图线切线的斜率为正值，即加速度方向为正方向，t3~t5 内的斜率为负值，即加速度为负方向，所以 0~t1 内的加速度方向与 t3~t5 内的加速度方向相反，故 D 正确。

故选 CD。

13．（多选）如图所示，升降机里的物体被轻弹簧悬挂，整个系统刚开始做匀速运动，某时刻升降机的运动状态变化导致弹簧突然缩短了，则此时升降机的运动状态可能为（　　）



A．加速上升　　B．减速下降

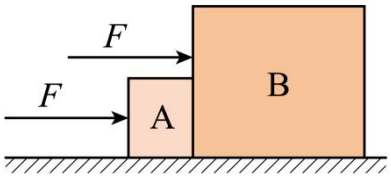
C．加速下降　　D．减速上升

【答案】CD

【解析】弹簧缩短，弹力方向向下，重力方向向下，加速度方向向下，则物体可能加速下降，也可能减速上升。

故选 CD。

14．（多选）如图所示，相互接触的A，B两物块放在光滑的水平面上，质量分别为m_1和m_2，且$m_1<m_2$。现对两物块同时施加相同的水平恒力F。设在运动过程中两物块之间的相互作用力大小为F_N，则（　　）



A．物块 AB 的加速度为 $\frac{F}{m_2}$

B．物块 AB 的加速度为 $\frac{2F}{m_1+m_2}$

C．$F_N=\frac{(m_2-m_1)}{m_1+m_2}F$

D．$F_N=\frac{m_2}{m_1+m_2}F$

【答案】BC

【解析】AB．由于没有摩擦力，且 $m_1<m_2$，故两者会一起运动，对整体由牛顿第二定律，

$$2F=(m_1+m_2)a$$

解得

$$a=\frac{2F}{m_1+m_2}$$

故 A 错误，B 正确；

CD．对 B，

$$F+F_N=m_2a$$

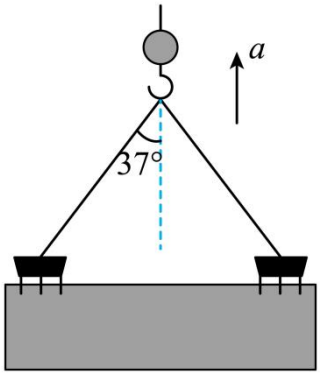
得

$$F_N=\frac{(m_2-m_1)}{m_1+m_2}F$$

故 C 正确，D 错误。

故选 BC。

15．（多选）如图所示，吊车通过对称分布的 4 根钢索（图中有 2 根未画出），吊起质量为 $5\times10^4\,\mathrm{kg}$ 的工件，每根钢索与竖直方向的夹角均为 $37°$，已知每根钢索上的拉力大小为 $2\times10^5\,\mathrm{N}$，取重力加速度大小 $g=10\mathrm{m/s^2}$，$\cos37°=0.8$，钢索所受的重力不计。下列说法正确的是（　　）



A．4 根钢索对工件的合力大小为 $6.4\times10^5\,\mathrm{N}$

B．4 根钢索对工件的合力大小为 $4.8\times10^5\,\mathrm{N}$

C．工件的加速度大小为$2.8\mathrm{m/s^2}$　　D．工件的加速度大小为$2.4\mathrm{m/s^2}$

【答案】AC

【解析】AB．4 根钢索对工件的合力大小为$F=4F_1\cos 37°=4\times 2\times10^5\times0.8\mathrm{N}=6.4\times10^5\ \mathrm{N}$

故 A 正确，B 错误；

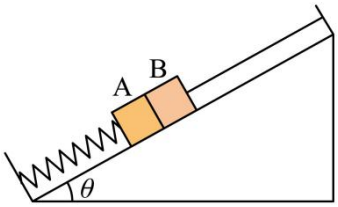
CD．对工件，根据牛顿第二定律可得$F-mg=ma$

解得工件的加速度大小为$a=\dfrac{F-mg}{m}=\dfrac{6.4\times10^5-5\times10^4\times10}{5\times10^4}\mathrm{m/s^2}=2.8\mathrm{m/s^2}$

故 C 正确，D 错误。

故选 AC。

16．（多选）如图所示，在倾角为$\theta=30°$的光滑斜面上，物块 A、B 质量分别为 $2m$ 和 $3m$，物块 A 静止在轻弹簧上面，物块 B 用细线与斜面顶端相连，A、B 紧挨在一起但 A、B 之间无弹力。已知重力加速度为 g，某时刻把细线剪断，当细线剪断瞬间，下列说法正确的是（　　）



A．物块 A 的加速度大小为 0　　B．物块 A 的加速度大小为$\dfrac{3g}{10}$

C．物块 B 处超重状态　　D．物块 AB 间作用力大小为$\dfrac{3mg}{5}$

【答案】BD

【解析】ABC．剪断细线前，A、B 紧挨在一起但 A、B 之间无弹力，以 A 为对象，可知弹簧对 A 的弹力方向沿斜面向上，大小$F=2mg\sin\theta$

剪断细线的瞬间，弹簧的弹力保持不变，以物块 A、B 为整体，根据牛顿第二定律得

$(3m+2m)g\sin\theta-F=(3m+2m)a$

解得$a=\dfrac{3g}{10}$

可知，物块 A、B 的加速度均为$\dfrac{3g}{10}$，方向沿斜面向下，处于失重状态，故 AC 错误，B 正确；

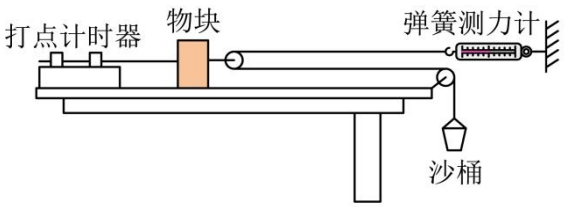
D．根据题意，以 B 为对象，由牛顿第二定律有$3mg\sin\theta-F_{AB}=3ma$

解得$F_{AB}=\dfrac{3}{5}mg$

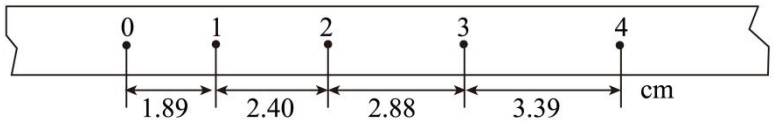
故 D 正确。

故选 BD。

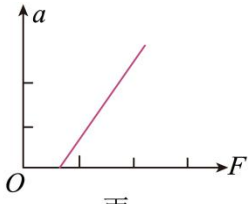
17．某实验小组利用如图甲所示的实验装置测定物块与木板之间的动摩擦因数，实验装置固定连接完毕后，调节木板及物块右侧两段细绳水平，初步试用各个器件工作正常。实验开始时在沙桶中放入适量的细沙，系统开始工作，滑块做匀加速直线运动，打出的纸带如图乙所示，已知所用交流电源频率为 50Hz，重力加速度大小为 g。



图甲



乙



丙

(1)图乙中给出了实验中获取的纸带的一部分数据，0、1、2、3、4 是计数点，相邻两计数点间还有 4 个点未标出，计数点间的距离如图所示。则打下计数点 3 时物块对应的速度大小 v=__m/s；本次实验物块对应的加速度大小 a=__m/s²（以上结果均保留三位有效数字）；

(2)改变沙桶内细沙的质量，测量出对应的加速度 a 和弹簧测力计的示数 F．若用图像法处理数据，得到了如图丙所示的一条倾斜的直线，如果该图线的横轴截距的大小等于 b，斜率的大小为 k，则物块的质量 m=__；动摩擦因数μ=__（用题目中给的 b、k、g 表示）。

【答案】(1)0.314　0.495　(2) $\frac{2}{k}$　$\frac{kb}{g}$

【解析】（1）[1]相邻两计数点间还有 4 个点未标出，即相邻计数点时间间隔为 $T=5\times\frac{1}{f}=5\times\frac{1}{50}\text{s}=0.1\text{s}$

根据匀变速直线运动中间时刻速度等于该段过程的平均速度，则打下计数点 3 时物块对应的速度大小

$$v_3=\frac{x_{24}}{2T}=\frac{(2.88+3.39)\times10^{-2}}{2\times0.1}\text{m/s}=0.314\text{m/s}$$

[2]根据逐差法 $\Delta x=aT^2$

可得物块对应的加速度大小 $a=\frac{x_{24}-x_{02}}{4T^2}=\frac{[(2.88+3.39)-(1.89+2.40)]\times10^{-2}}{4\times0.1^2}\text{m/s}^2=0.495\text{m/s}^2$

（2）[1][2]根据牛顿第二定律有 2F - μmg=ma

变形可得 $a=\frac{2}{m}\times F-\mu g$

结合 a - F 函数，图像斜率 $k=\frac{2}{m}$

解得 $m=\frac{2}{k}$

当加速度为 0 时，有 $0=\frac{2}{m}\times b-\mu g$

联立解得 $\mu=\frac{kb}{g}$

18．如图所示，一位滑雪者，人与装备的总质量为 80kg，以 3m/s 的初速度沿山坡匀加速直线滑下，山坡倾角为 30°，滑雪者受到的阻力（包括摩擦和空气阻力）为总重力的 0.1 倍，已知重力加速度大小 $g=10\text{m/s}^2$，求

(1)滑雪者滑下的加速度大小；

(2)滑雪者沿山坡滑行 5s 的位移大小。

【答案】(1) $a=4\text{m/s}^2$　　(2) $x=65\text{m}$

【解析】（1）由题意阻力 $f=0.1mg$

由牛顿第二定律得 $mg\sin 30^\circ-f=ma$ ①

解得 $a=4\text{m/s}^2$

（2）由运动学公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$

解得 $x=65\text{m}$

19．惊险刺激的跳楼机是常见的大型机动游戏设施。套在竖直柱子上的乘坐台将乘客载至几十米高空，然后自由下落，落地前启动制动系统，恰好在到达地面时停住。假设乘坐台从离地面 81m 处开始下落，离地面 36m 处开始制动，制动过程可认为做匀减速运动。不计空气阻力，求：

(1)乘坐台下落的最大速度；

(2)乘坐台下落的总时间；

(3)若乘坐台中某人质量为 60kg，制动过程乘坐台对他的作用力大小。

【答案】(1) $v_{\mathrm{m}}=30\mathrm{m/s}$　　(2) 5.4s　　(3) $F_{\mathrm{N}}=1350\mathrm{N}$

【解析】（1）根据运动学公式有 $v_{\mathrm{m}}^{\ 2}=2g\left(H-h\right)$

解得 $v_{\mathrm{m}}=30\mathrm{m/s}$

（2）自由下落阶段 $H-h=\frac{1}{2}gt_1^2$

解得 $t_1=3\mathrm{s}$

匀减速下落阶段 $h=\frac{v_{\mathrm{m}}}{2}t_2$

解得 $t_2=2.4\mathrm{s}$

所以，下落的总时间为 $t=t_1+t_2=5.4\mathrm{s}$

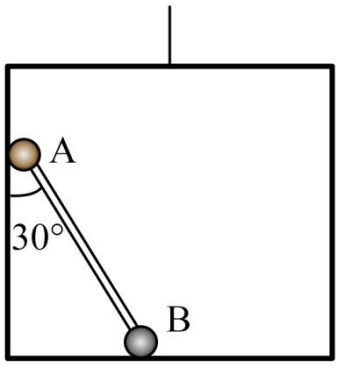
（3）制动阶段对人根据牛顿第二定律 $F_{\mathrm{N}}-mg=ma$

根据匀变速直线运动规律有 $a=\frac{v_{\mathrm{m}}^2}{2h}=12.5\mathrm{m/s^2}$

联立得 $F_{\mathrm{N}}=1350\mathrm{N}$

综合演练

20．如图所示，在竖直方向运动的升降机内，放置用轻杆相连的 A、B 两小球，两球质量分别为 m、$3m$，杆与竖直方向的夹角为 30°。只考虑 B 球与升降机底板间摩擦，且最大静摩擦力与正压力之比为 k。升降机以不同加速度 a（$a<g$）向上运动时两球静止。以竖直向上为正方向，重力加速度为 g，下列说法正确的是（　　）



A．当$a=\frac{g}{4}$和$\frac{g}{2}$时，轻杆对小球 A 的作用力大小相等

B．当$a=-\frac{g}{4}$时，B 球与底板间的摩擦力为零

C．为保证轻杆与厢壁始终相对静止，k 的最小值为$\frac{\sqrt{3}}{12}$

D．若$k=\frac{\sqrt{3}}{6}$，升降机向上加速运动的最大加速度为$\frac{g}{2}$

【答案】C

【解析】A．根据牛顿第二定律$F_{NA}-mg=ma$，当$a=\frac{g}{4}$和$\frac{g}{2}$时，轻杆对小球 A 的作用力大小不相等，加速度越大，轻杆对小球 A 的作用力越大，A 错误；

B．只有当$a=-g$时，系统处于完全失重状态，B 球与底板间无压力，B 球与底板间的摩擦力为零，其他情况摩擦力不为零，B 错误；

C．设杆的弹力为 FN，升降机向上运动的加速度为 a，升降机壁对 A 的弹力为 FNA1，对 A 在竖直方向上$F_N\cos 30°-mg=ma$，对 A 在水平方向上$F_N\sin 30°=F_{NA1}$

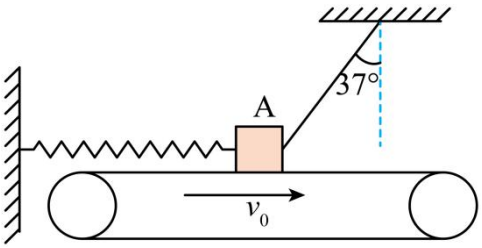
对系统水平方向$F_{NA1}=k\cdot(4mg+4ma)$

解得$k=\frac{\sqrt{3}}{12}$，C 正确；

D．因为$k(4mg+4ma)>mg\tan 30°$，即升降机向上加速运动时，无论加速度取何值，B 球受到的静摩擦力均大于壁对 A 球的弹力，所以，若$k=\frac{\sqrt{3}}{6}$，升降机向上加速运动的加速度可以取任意值，D 错误。

故选 C。

21．如图一水平传送带上表面放置质量为 0.8kg 物块，物块 A 左侧与水平轻弹簧相连，弹簧另一端固定在墙壁上，传送带速度 v_0 不变且与弹簧、竖直墙面不接触，物块 A 右侧和与竖直方向成θ=37°的不可伸长的轻绳一端相连且保持静止。轻绳张力不为 0，弹簧形变量为 6cm，物块与传送带的动摩擦因数μ=0.2，弹簧劲度系数为 100 N/m，g 取10m/s^2，$\sin 37^\circ=0.6$，假设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，下列说法错误的是（　　）



A．弹簧弹力大小为 6 N　　B．剪断轻绳瞬间物块 A 所受力的个数少 1

C．剪断轻绳瞬间物块 A 加速度大小为 $5.5\text{m}/\text{s}^2$　　D．剪断轻绳瞬间 A 加速度方向水平向左

【答案】B

【解析】A．由于弹簧处于弹性限度，弹力大小满足胡克定理，即 $F=kx=(100\times0.06)\text{N}=6\text{N}$

故 A 正确，不符合题意；

B．物块 A 所受重力 8N 与弹簧弹力 6N 合力大小为 10N，由于物块处于静止状态，此时弹簧只可能被拉长，重力与弹簧弹力二者合力方向与竖直夹角 m 满足 $\tan\theta=\frac{F_{弹}}{mg}=\frac{6}{8}=\frac{3}{4}$

可知 $\theta=37°$

即就在绳反向延长线上。假定物块受到支持力和滑动摩擦力，则二者合力的方向与竖直方向的夹角必然小于 $37^{\circ}\left(\mu<0.75\right)$。故此时物块 A 不受到支持力和摩擦力作用，仅受 3 个力作用，虽然物块 A 与传送带接触但不挤压。剪断轻绳瞬间，A 物块在垂直传送带方向上受到重力和传送带对物块 A 的支持力，水平方向上会有水平向左的弹力和水平向右的滑动摩擦力，总共受到 4 个力的作用。因此剪断轻绳后物块 A 所受力的个数多 1，故 B 错误，符合题意；

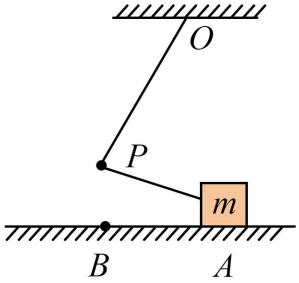
CD．剪断轻绳瞬间，弹簧弹力不可突变，此时物块 A 在竖直方向上平衡，水平方向 $F_{合}=F_{弹}-\mu mg=4.4\text{N}$

方向水平向左，此时瞬时加速度大小为 $a=\frac{F_{合}}{m}=5.5\text{m}/\text{s}^2$

故 CD 正确，不符合题意。

故选 B。

22．如图所示，遵循胡克定律的弹性绳上端固定于 O 点，跨过一固定的光滑钉子 P 与水平面上的小滑块连接。O、P、A、B 位于同一竖直平面内，B 位于 P 的正下方。已知弹性绳原长为 l，$OP=1.1l$，$PA=0.4l$。滑块从 A 点由静止释放后沿水平面向左滑到 B 的过程中，下列说法正确的是（　　）



A．滑块的加速度一直在减小　　B．滑块所受地面的摩擦力一直在减小

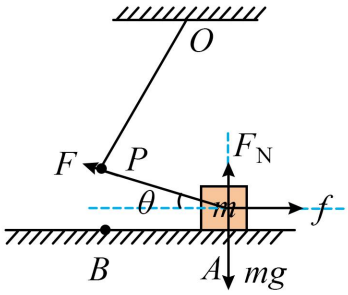
C．滑块速度一直在增大　　D．滑块所受地面的支持力一直在增大

【答案】B

【解析】D．设 P 点到绳与小滑块连接处的竖直方向距离为 h，绳与小滑块连接处为 C 点，PC 段绳与水平方向夹角为θ，则绳长为 $OP+PC=1.1l+\frac{h}{\sin\theta}$

绳上拉力大小为 $F=k\cdot\Delta x=k\left(1.1l+\frac{h}{\sin\theta}-l\right)=k\left(\frac{h}{\sin\theta}+0.1l\right)$

对小滑块受力分析，如图所示



竖直方向，有 $F_N+F\sin\theta=mg$

联立，解得 $F_N=mg-kh-0.1kl\sin\theta$

小滑块从 A 到 B 过程中，θ一直增大，故 F_N 一直减小，故 D 错误；

B．根据 $f=\mu F_N$

可知滑块所受地面的摩擦力一直在减小，故 B 正确；

AC．绳的拉力 F 在水平方向，有 $F\cos\theta=kh\frac{\cos\theta}{\sin\theta}+0.1kl\cos\theta$

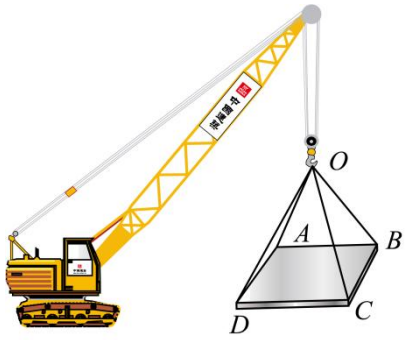
可知随着θ变大，$F\cos\theta$ 一直变小，当小滑块运动至 B 点时，$\theta=\frac{\pi}{2}$，$F=0$

即绳对小滑块的水平方向拉力一直减小至 0，由于小滑块一直受水平向右的滑动摩擦力作用，所以水平方向上的合力一定是先向左，使小滑块向左加速，当拉力水平方向的分力与滑动摩擦力大小相等时，加

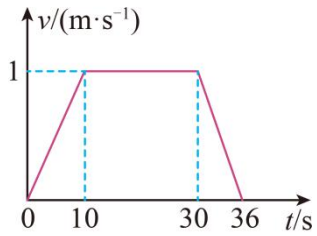
速度为 0，再向左运动时，摩擦力大于拉力水平分力，加速度方向水平向右，小滑块做减速运动，故 AC 错误。

故选 B。

23．在工程领域起重机等机械的运用十分广泛。如图甲所示，用起重机吊起正方形混凝土板 $ABCD$，已知混凝土板边长为 a，质量为 m，且始终呈水平状态，四根钢索 OA、OB、OC、OD 的长度均为 a，某次施工，起重机司机将正方形混凝土板 $ABCD$ 从地面开始竖直提升，其运动的 $v-t$ 图像如图乙所示，不计钢索所受重力。已知重力加速度为 g，下列说法正确的是（　　）



甲



乙

A．36s 末建筑材料离地面的距离为 56m

B．10s～30s 每根钢索所受的拉力大小均为 $\frac{1}{4}mg$

C．0～10s 钢索的拉力小于 30s～36s 钢索的拉力

D．若将 4 根钢索都替换成长度为 $\sqrt{2}a$，则 10s～30s 每根钢索所受的拉力大小均为 $\frac{\sqrt{3}}{6}mg$

【答案】D

【解析】A．根据 v-t 图像中图线与坐标轴所围面积表示位移，可知 36s 末建筑材料离地面的距离为

$$x=\frac{20+36}{2}\times 1\text{m}=28\text{m}$$

故 A 错误；

B．由乙图可知，10s～30s 混凝土板匀速上升，处于平衡状态，设钢索与竖直方向夹角为 θ，则有

$$4F\cos\theta=mg$$

因为混凝土板边长及四根钢索 OA、OB、OC、OD 的长度均为 a，则由几何关系可知，每根钢索在土板上的投影均为 $L=\frac{\sqrt{a^2+a^2}}{2}=\frac{\sqrt{2}}{2}a$

则有 $\sin\theta=\frac{L}{a}=\frac{\sqrt{2}}{2}$

解得 $\theta=45°$，$\cos\theta=\frac{\sqrt{2}}{2}$

联立，可得 $F=\frac{\sqrt{2}}{4}mg$

故 B 错误；

C．由乙图可知，$0\sim10\text{s}$ 内混凝土板匀加速上升，处于超重状态，有 $4F_1\cos\theta-mg=ma_1$

$30\text{s}\sim36\text{s}$ 内混凝土板匀减速上升，处于失重状态，有 $mg-4F_2\cos\theta=ma_2$

可知 $F_1>F_2$

故 C 错误；

D．若将 4 根钢索都替换成长度为 $\sqrt{2}a$，由几何关系可知 $\sin\theta'=\frac{L}{\sqrt{2}a}$

解得 $\theta'=30°$，$\cos\theta'=\frac{\sqrt{3}}{2}$

则 $10\text{s}\sim30\text{s}$ 每根钢索所受的拉力大小均为 $F'=\frac{mg}{4\cos\theta'}=\frac{\sqrt{3}}{6}mg$

故 D 正确。

故选 D。

24．质量为 m 的球形飞行器安装了可提供任意方向推力的矢量发动机。已知重力加速度为 g，飞行器飞行时受到的空气阻力大小 f 与其速率 v 的平方成正比（即 $f=kv^2$），其中 $k=\frac{mg}{100}$，则：

(1)当飞行器沿水平方向以 5m/s 的速度匀速飞行时，求发动机推力的大小；

(2)若用飞行器携带质量为 m_0 的物体，飞行器从静止开始斜向上做加速度为 $\frac{1}{2}g$ 的匀加速直线运动，速度方向与水平方向之间的夹角为 $30°$，物体受到的空气阻力不计，求飞行器对物体的作用力大小。

【答案】(1)$\frac{\sqrt{17}}{4}mg$　　(2)$\frac{\sqrt{7}}{2}mg$

【解析】（1）匀速飞行时飞机合力为 0，根据平衡条件可知，推力大小 $F=\sqrt{(mg)^2+f^2}=\sqrt{(mg)^2+k^2v^4}$

当 $v=5\text{m/s}$，代入题中数据，解得飞机推力大小 $F=\frac{\sqrt{17}}{4}mg$

（2）将飞行器对物体的作用力分别沿速度方向分解（F_x）和垂直速度方向分解（F_y）,在速度方向上有

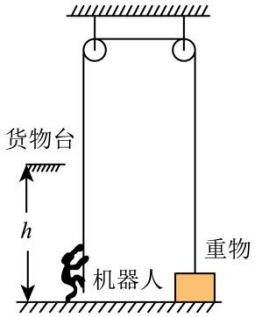
$F_x-mg\sin30°=ma=m\frac{1}{2}g$

在垂直于速度方向上有 $F_y=mg\cos30°$

则飞行器对物体的作用力大小 $F_0=\sqrt{F_x^2+F_y^2}$

联立解得 $F_0=\frac{\sqrt{7}}{2}mg$

25．如图，某仓库使用智能机器人从地面沿竖直悬挂的绳子爬升到货物台取货物。绳子的另一端通过光滑定滑轮连接一个静止在地面质量 $M=6\text{kg}$ 的重物。已知机器人的质量 $m=5\text{kg}$，货物台距地面高度 $h=12\text{m}$，爬升过程中仅由绳子提供动力且保证绳子不松弛，重物始终不离开地面，g 取 10m/s^2。



(1)分别求出机器人加速和减速爬升时的最大加速度大小；

(2)若机器人经过匀加速、匀速和匀减速三个阶段，到达货物台时速度恰好为零，加速和减速时均以最大加速度进行，且最大速度为 4m/s，求整个爬升过程所需的时间。

【答案】(1) 2m/s^2，10m/s^2　　(2) 4.2s

【解析】（1）设加速和减速时最大加速度大小分别为 a_1 和 a_2，由牛顿第二定律得 $Mg-mg=ma_1$，$mg=ma_2$

解得 $a_1=2\text{m/s}^2$，$a_2=10\text{m/s}^2$

（2）设匀加速、匀速和匀减速三个阶段的时间分别为 t_1、t_2 和 t_3，位移分别为 h_1、h_2 和 h_3，由运动规律得 $t_1=\dfrac{v}{a_1}$，$t_3=\dfrac{v}{a_2}$，$h_1=\dfrac{1}{2}a_1t_1^2$，$h_2=vt_2$，$h_3=\dfrac{1}{2}vt_3$

其中 $h=h_1+h_2+h_3$

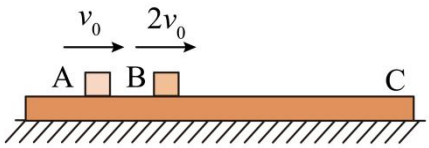
解得整个爬升过程所需的时间 $t=t_1+t_2+t_3=(2+1.8+0.4)\text{s}=4.2\text{s}$

26．如图所示，质量为 $2m$ 的木板 C 静止在光滑水平面上。现将速度分别为 v_0、$2v_0$ 的木块 A、B 同时放上木板，运动方向如图，木块的质量均为 m，A、B 间的距离为 d，木块与木板之间的动摩擦因数均为 μ，木板足够长，重力加速度为 g，求：

（1）木块 A、B 刚放上 C 时，A、B、C 各自的加速度；

（2）木块 A 在木板 C 上的滑行时间 t；

（3）运动过程中木块 A 和木块 B 间的最大距离 L。



【答案】（1）$a_A=a_B=a_C=\mu g$；（2）$\frac{v_0}{2\mu g}$；（3）$d+\frac{7v_0^2}{8\mu g}$

【解析】（1）A、B 刚放上 C 时，均做匀减速运动，根据牛顿第二定律可得

$$\mu mg=ma_A,\ \mu mg=ma_B$$

解得

$$a_A=a_B=\mu g$$

对 C，根据牛顿第二定律有

$$\mu mg+\mu mg=2ma_C$$

解得

$$a_C=\mu g$$

（2）A 与 C 共速后，设不再相对运动，以相同的加速度 a_{AC} 一起加速，则

$$a_{AC}=\mu mg/(m+2m)=\mu g/3$$

因为 $a_{AC}<\mu g$，故假设成立。

设 A 与 C 的共同速度为 v_1，则有

$$v_1=v_0-a_At=a_C$$

联立解得

$$t=\frac{v_0}{2\mu g},v_1=\frac{v_0}{2}$$

（3）A 与 C 共速后，以相同的加速度 a_{AC} 一起加速，B 仍以加速度 a_B 匀减速，设经过时间 t' 三者共速，则有

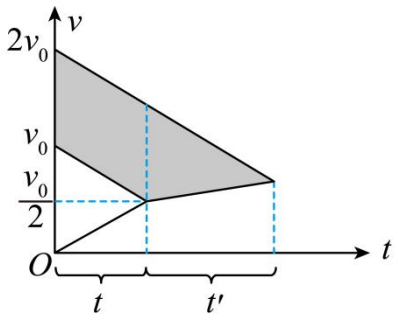
$$v_1+a_{AC}t'=2v_0-a_B\left(t+t'\right)$$

可得

$$t'=3v_0/\left(4\mu g\right)$$

根据 $v-t$ 图像，A、B 间增大的距离

$$\Delta x=v_0t+\frac{v_0t'}{2}=\frac{7v_0^2}{8\mu g}$$



故A与B的最大距离为

$$L=d+\Delta x$$

解得

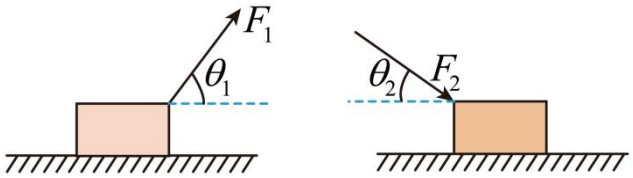
$$L=d+\frac{7v_0^2}{8\mu g}$$

27．如图所示，同一物体在拉力F_1、推力F_2的作用下均能沿水平地面匀速移动。已知拉力F_1、推力F_2大小相等记为F，拉力F_1与水平方向夹角为θ_1，推力F_2与水平方向夹角为θ_2，$\sin\theta_1=0.8$，θ_2与θ_1互余，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度大小为g。求：

（1）物体与地面间的动摩擦因数μ，及物体的质量m；

（2）能使物体沿水平地面匀速移动的最小拉力$F_{\min}$；

（3）力F能使物体沿水平地面产生的最大加速度$a_{\max}$。



【答案】（1）$\mu=\frac{1}{7}$，$m=\frac{5F}{g}$；（2）$F_{\min}=\frac{\sqrt{2}F}{2}$；（3）$a_{\max}=\frac{\sqrt{2}-1}{7}g$

【解析】解法一：

（1）根据平衡条件有

$$F_1\cos\theta_1=\mu\left(mg-F_1\sin\theta_1\right)$$

$$F_2\cos\theta_2=\mu\left(mg+F_2\sin\theta_2\right)$$

联立解得

$$\mu=\frac{1}{7}$$

$$m=\frac{5F}{g}$$

（2）设物体在与地面成θ角的拉力F'作用下恰好能匀速运动，则有

$$F'\cos\theta=\mu\left(mg-F'\sin\theta\right)$$

解得

$$F'=\frac{\mu mg}{\cos\theta+\mu\sin\theta}$$

根据辅助角公式有

$$F_{\min}=\frac{\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}}=\frac{\sqrt{2}F}{2}$$

（3）设力 F 与地面的夹角为θ时物体的加速度大小为 a，则有

$$F\cos\theta-\mu(mg-F\sin\theta)=ma$$

整理得

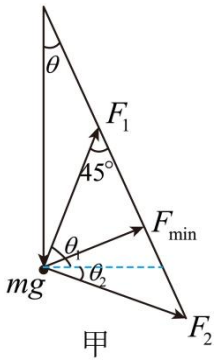
$$a=\frac{g\cos\theta}{5}+\frac{\mu g\sin\theta}{5}-\mu g$$

根据助角公式有

$$a_{\max}=\frac{\sqrt{1+\mu^2}}{5}g-\mu g=\frac{\sqrt{2}-1}{7}g$$

解法二：

（1）（2）把物体受到地面的支持力和摩擦力等效为一个力（记为地面对物体的作用力），该力与竖直方向的夹角记为θ，显然$\tan\theta=\mu$，根据三力平衡条件有如图甲所示的关系



甲

$$\tan\theta=\tan\left(45^\circ-\theta_2\right)=\frac{1}{7}$$

当作用在物体上的拉力与地面对物体的作用力垂直时存在最小值，显然最小值为$\frac{\sqrt{2}F}{2}$，而

$$mg\sin\theta=\frac{\sqrt{2}F}{2}$$

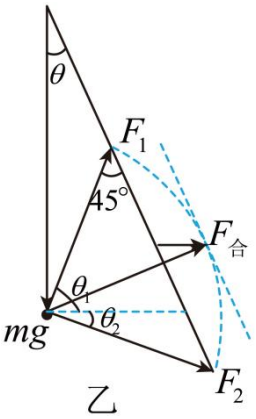
即

$$m=\frac{5F}{g}$$

（3）如图乙所示，力 F 的末端落在图中的圆上，当力 F 与地面对物体的作用力垂直时，物体受到的合力存在最大值，根据几何关系有

$$F_{合}\cos\theta=F-\frac{\sqrt{2}F}{2}$$

$$F_{合}=ma_{max}$$



解得

$$a_{max}=\frac{\sqrt{2}-1}{7}g$$

进阶检测

（考试时间：90 分钟 试卷满分：100 分）

一、单选题（4 分/题，共 28 分）

1．在物理学发展过程中，科学家们运用了许多研究方法。下列说法正确的是（　　）

A．在“探究两个互成角度的力的合成规律”实验中，采用了控制变量法

B．物理学中规定：使质量为 1kg 的物体产生$1\mathrm{m/s^2}$的加速度的力的大小为 1N

C．在“探究加速度与力、质量的关系”实验中，采用了等效替代法

D．牛顿对“自由落体运动”和“运动和力的关系”的研究，开创了科学实验和逻辑推理相结合的重要科学研究方法

【答案】B

【解析】A．在“探究两个互成角度的力的合成规律”实验中，采用了等效替代法，故 A 错误；

B．根据牛顿第二定律有

$$F=ma$$

可知，物理学中可以规定使质量为 1kg 的物体产生$1\mathrm{m/s^2}$的加速度的力的大小为 1N，故 B 正确；

C．在“探究加速度与力、质量的关系”实验中，采用了控制变量法故，C 错误；

D．伽利略对“自由落体运动”和“运动和力的关系”的研究，开创了科学实验和逻辑推理相结合的重要科学研究方法，故 D 错误。

故选 B。

2．甲、乙两车在光滑水平面上，在相同水平拉力的作用下，甲车的加速度为$1\mathrm{m/s^2}$，乙车的加速度为$3\mathrm{m/s^2}$，则甲、乙两车的质量之比为（　　）

A．1:1　　B．1:3　　C．3:1　　D．6:1

【答案】C

【解析】对甲车，根据牛顿第二定律有

$$F=m_1a_1$$

对乙车，根据牛顿第二定律有

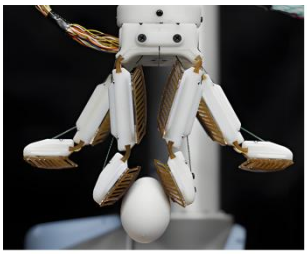
$$F=m_2a_2$$

解得

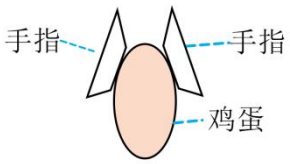
$$\frac{m_1}{m_2}=\frac{3}{1}$$

故选 C。

3．2025 年蛇年春晚的舞台上，一群穿着花棉袄的机器人在现场扭起了秧歌，多角度转手绢，其灵活性给人留下深刻的印象，如图甲所示为一智能机械臂用两只机械手指捏着鸡蛋的照片，展示机械手臂的精确抓握能力。如图乙，若两手指对鸡蛋的合力为 F，鸡蛋重力为 G，下列说法正确的是（　　）



甲



乙

A．匀速提起鸡蛋过程中，手指对鸡蛋的压力大于鸡蛋对手指的弹力

B．鸡蛋受到手指的压力，是因为鸡蛋发生了弹性形变

C．若手指捏着鸡蛋水平匀速移动，则 $F<G$

D．若手指捏着鸡蛋水平加速移动，则 $F>G$

【答案】D

【解析】A．鸡蛋匀速向上提起过程中，手指对鸡蛋的压力大小等于鸡蛋对手指的弹力大小，故 A 错误；

B．鸡蛋受到手指的压力，是机械手指发生弹性形变，对与之接触的鸡蛋有压力作用，故 B 错误；

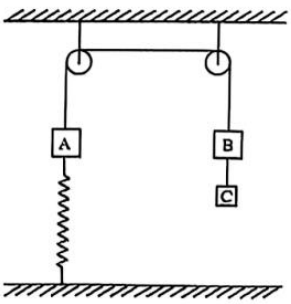
C．若手指捏着鸡蛋水平匀速移动，根据平衡条件，手指对鸡蛋的合力为 F＝G，故 C 错误；

D．若手指捏着鸡蛋水平加速移动，根据牛顿第二定律，手指对鸡蛋的合力为 $F=\sqrt{(ma)^2+G^2}>G$

故 D 正确。

故选 D。

4．如图所示，物体 B 上端通过跨过两个光滑定滑轮的轻绳和物体 A 相连、下端用轻绳和物体 C 相连，轻弹簧上端与物体 A 相连、下端固定在地面上，三个物体均处于静止状态。已知物体 A、B、C 的质量分别为 $2m$、$2m$、m，重力加速度为 g。现剪断 B、C 间的轻绳，则在剪断瞬间（　　）



A．弹簧上的弹力为 mg　　B．物体 A 的加速度为 0

C．物体 B 的加速度大小为 $\frac{g}{2}$　　D．物体 A 与 B 之间的轻绳上的弹力为 $2mg$

【答案】A

【解析】A．剪断 B、C 间轻绳前，对 B、C 整体分析有 $T_1=(2m+m)g=3mg$

对 A 分析有 $2mg+F=T_1$

解得弹簧弹力 F=mg

剪断 B、C 间轻绳瞬间，弹簧没有发生突变，弹簧的弹力与剪断前一样，故 A 正确；

BCD．剪断 B、C 间轻绳瞬间，弹簧弹力不变，A、B 的加速度大小相等，对 B 分析，根据牛顿第二定律有 $T_2-2mg=2ma$

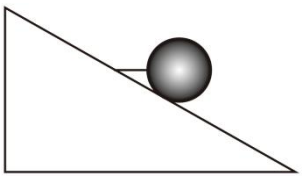
对 A 分析，根据牛顿第二定律有 $F+2mg-T_2=2ma$

联立解得 $T_2=\frac{5mg}{2}$，$a=\frac{g}{4}$

故 BCD 错误。

故选 A。

5．如图所示，光滑铁球通过一根水平细绳固定在静止的斜面上，当斜面竖直向上加速运动时，与静止时相比，铁球受到的细绳拉力 T 和斜面支持力 N 的变化情况是（　　）

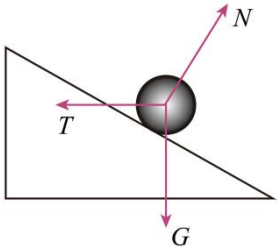


A．T 增大，N 减小　　B．T 增大，N 增大

C．T 不变，N 减小　　D．T 减小，N 增大

【答案】B

【解析】对小球受力分析，设斜面的倾角为 θ，如图所示



开始时，小球静止，由平衡条件可知 $N\cos\theta=G$，$N\sin\theta=T$

当斜面竖直向上加速运动时，由牛顿第二定律 $N'\cos\theta - G = ma$

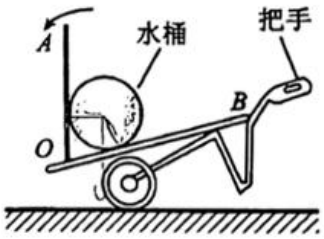
则 $N'\cos\theta > G$

故斜面支持力 N 增大，而 $N'\sin\theta = T'$

故铁球受到的细绳拉力 T 也增大。

故选 B。

6．如图所示，送水工人用推车在水平路面运桶装水，水桶对板 OA、OB 的压力分别为 F_1、F_2，运送过程中水桶与推车保持相对静止，$\angle AOB$ 为锐角且保持不变。到达目的地后，另一工人将板 OA 由竖直转至水平即可将水桶卸下。全程车把手距地面的高度不变，忽略水桶与板间摩擦，下列说法正确的是（　　）



A．推车由静止突然启动时，F_1 减小 F_2 增大

B．推车由匀速突然减速时，F_1 增大 F_2 不变

C．在 OA 由竖直缓慢转到水平过程中，F_1 先减小后增大

D．在 OA 由竖直缓慢转到水平过程中，F_2 先增大后减小

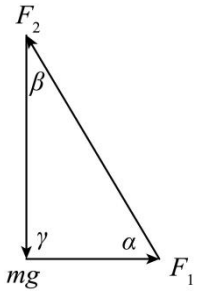
【答案】B

【解析】A．推车由静止时 F1、F2 和重力三力平衡，F1 水平向右，F2 竖直方向分量与重力平衡，突然启动时即加速度水平向左，故 F1 减小 F2 不变，故 A 错误；

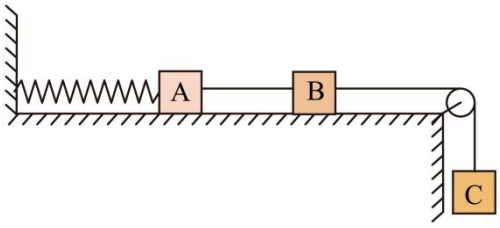
B．推车由匀速突然减速时即加速度水平向右，F1 增大 F2 不变，故 B 正确；

CD．在 OA 由竖直缓慢转到水平过程中，F1、F2 和重力三力平衡构成矢量三角形如图，根据 $\frac{mg}{\sin\alpha} = \frac{F_1}{\sin\beta} = \frac{F_2}{\sin\gamma}$，F1 由先图示位置逆时针转，可知 F1 先增大后减小，F2 一直减小，故 CD 错误；

故选 B。



7．如图，水平轻质弹簧一端固定在墙上，另一端与物块 A 相连，A 的右端通过轻质细线连接物块 B，B 再与物块 C 通过轻质细线跨接在定滑轮两端。已知 A、B、C 质量相等，AB 间以及 B 与滑轮间的细线处于水平，不计所有摩擦，弹簧处于弹性限度内，初始时，A、B、C 均处于静止状态。现将 AB 间细线剪断，设剪断瞬间 A、B 的加速度大小分别为a_{A}、a_{B}，则（　）



A．$a_{\mathrm{A}}=\frac{1}{2}a_{\mathrm{B}}$　　B．$a_{\mathrm{A}}=a_{\mathrm{B}}$　　C．$a_{\mathrm{A}}=2a_{\mathrm{B}}$　　D．$a_{\mathrm{A}}=3a_{\mathrm{B}}$

【答案】C

【解析】剪断前，对 B 分析可知，A、B 间绳子拉力为$T=mg$

对 A 分析可知弹簧弹力$F=T=mg$

剪断后，弹簧弹力不变，对 A 根据牛顿第二定律有$F=ma_{\mathrm{A}}$

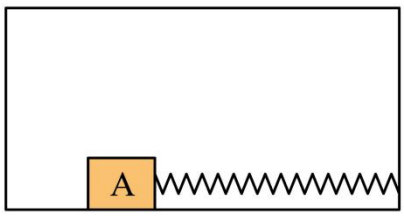
对 BC 整体分析可知$mg=2ma_{\mathrm{B}}$

联立解得$a_{\mathrm{A}}=2a_{\mathrm{B}}$

故选 C。

二、多选题（漏选得 3 分，全对得 5 分，错选得 0 分，共 20 分）

8．质量为0.5kg 的物块 A 放在一个纵剖面为矩形的静止木箱内，物块 A 受到一根轻弹簧施加的1.2N 的水平拉力而保持静止，物块与木箱水平底面间的动摩擦因数为 0.3。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度$g=10\mathrm{m/s^2}$。现让木箱在竖直方向上运动，要使弹簧能拉动物块 A 相对木箱底面向右移动。木箱的加速度大小和方向可能是（　　）



A．$6\mathrm{m/s^2}$，方向向右　　B．$1\mathrm{m/s^2}$，方向向左

C．$1.5\mathrm{m/s^2}$，方向向下　　D．$2.5\mathrm{m/s^2}$，方向向下

【答案】BD

【解析】若木箱在水平方向运动，规定向左为正方向，若物块 A 相对木箱底面向右移动，由牛顿第二定律有 $\mu mg-1.2\mathrm{N}\leq ma_1$

代入题中数据，解得 $a_1\geq 0.6\mathrm{m/s^2}$

若木箱在竖直方向运动，规定向下为正方向，若物块 A 相对木箱底面向右移动，由牛顿第二定律有 $mg-N\leq ma_2$

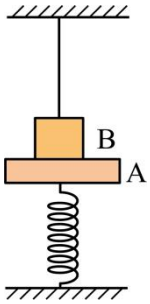
且 $1.2\mathrm{N}=\mu N$

代入题中数据，联立解得 $a_2\geq 2\mathrm{m/s^2}$

综合以上可知，BD 符合题意，

故选 BD。

9．如图所示，质量为 3kg 的物体 A 静止在劲度系数为 100N/m 的竖直轻弹簧上方。质量为 2kg 的物体 B 用细线悬挂起来，A、B 紧挨在一起但 A、B 之间无压力。某时刻将细线剪断，则细线剪断瞬间，下列说法正确的是（g 取 $10\mathrm{m/s^2}$）（　　）



A．轻弹簧的压缩量为 0.2m　　B．物体 A 的瞬时加速度为 0

C．物体 B 的瞬时加速度为 a=4m/s^2　　D．物体 B 对物体 A 的压力为 12N

【答案】CD

【解析】A．A、B 紧挨在一起但 A、B 之间无压力，对 A 有 $m_{\mathrm{A}}g=kx$

解得弹簧压缩量为 $x=0.3\mathrm{m}$

故 A 错误；

BC．细线剪断瞬间，弹簧弹力不变，对 AB 整体，由牛顿第二定律有 $m_{\mathrm{B}}g=(m_{\mathrm{A}}+m_{\mathrm{B}})a$

解得物体 AB 的瞬时加速度为 $a=4\mathrm{m/s^2}$

故 B 错误，C 正确；

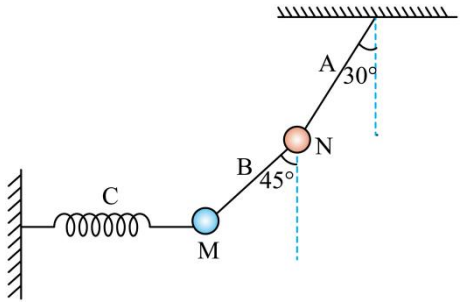
D．对物体 A，由牛顿第二定律可得 $F=m_{\mathrm{A}}a$

解得物体 B 对物体 A 的压力为 $F=12\mathrm{N}$

故 D 正确。

故选 CD。

10．如图所示，两小球 M、N 分别与两段轻绳 A、B 和一轻弹簧 C 连接。两小球静止时，轻绳 A、B 与竖直方向的夹角分别为 30°、45°，弹簧 C 沿水平方向，则下列说法正确的是（　　）



A．球 M 和球 N 的质量之比为（$\sqrt{3}+1$）∶2

B．轻绳 A 和弹簧 C 的弹力之比为 1∶2

C．若小球 N 的质量为 m_1，剪断轻绳 B 的瞬间，轻绳 A 的张力为 $\frac{\sqrt{3}}{2}m_1g$

D．若小球 M 的质量为 m_2，剪断轻绳 B 的瞬间，球 M 的合力大小为 $\sqrt{3}m_2g$

【答案】AC

【解析】A．设弹簧弹力为 F，对两球整体受力分析，由平衡条件可得 $F=\left(m_{\mathrm{M}}+m_{\mathrm{N}}\right)g\tan 30°$

对 M 球受力分析，由平衡条件可得 $F=m_{\mathrm{M}}g$

联立可得球 M 和球 N 的质量之比为 $\frac{m_{\mathrm{M}}}{m_{\mathrm{N}}}=\frac{\sqrt{3}+1}{2}$，故 A 正确；

B．对两球整体受力分析，由平衡条件可得 $F=T_{\mathrm{A}}\sin 30°$

轻绳 A 和弹簧 C 的弹力之比为 2∶1，故 B 错误；

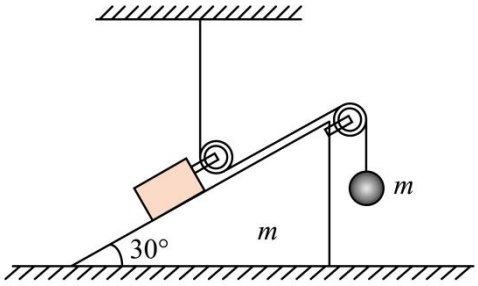
C．剪断轻绳 B 的瞬间，轻绳 A 的张力为球 N 的重力在径向的分力，为 $T_{\mathrm{A}}'=m_1g\cos 30°=\frac{\sqrt{3}}{2}m_1g$，故 C 正确；

D．剪断轻绳 B 的瞬间，弹簧弹力不变，球 M 的合力大小 $F_{\mathrm{M}}=\sqrt{\left(m_2g\right)^2+F^2}$

结合 A 项分析得 $F_{\mathrm{M}}=\sqrt{2}m_2g$，故 D 错误。

故选 AC 。

11．如图所示，底面粗糙、质量为 m、倾角为30° 的斜面体放置在粗糙水平面上，斜面体的右上角安装有轻质定滑轮，带有轻质定滑轮的物块放置在斜面体的光滑斜面上，轻质细线跨越这两个定滑轮，上端连接在天花板上，下端悬挂一质量为 m 的小球，整个系统处于静止状态时，物块与天花板间的细线成竖直状态，两定滑轮间的细线与斜面平行，不计细线与滑轮间的摩擦，重力加速度为 g，下列说法正确的是（　　）



A．水平面对斜面的支持力大小为 $4mg$

B．水平面对斜面的摩擦力水平向左

C．剪断绳子的瞬间，水平面对斜面的支持力小于 $4mg$

D．剪断绳子的瞬间，若斜面移动，斜面与物块加速度的水平分量之比小于 3

【答案】ACD

【解析】AB．根据题意，对小球受力分析，由平衡条件可得，绳子的拉力

$$T = mg$$

对物块受力分析，沿斜面体斜面方向有

$$\left(Mg - T\right)\sin\theta = T$$

解得

$$M = 3m$$

对整体受力分析，水平方向不受力，则水平面对斜面的摩擦力为零，竖直方向上有

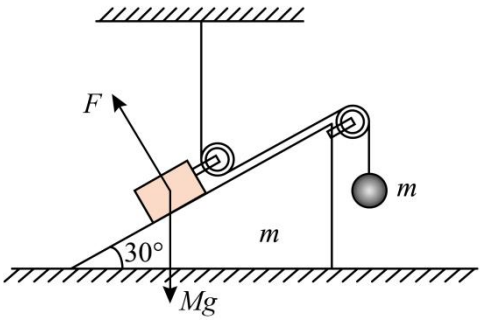
$$T + F_{\mathrm{N}} = \left(m + m + 3m\right)g$$

解得

$$F_{\mathrm{N}} = 4mg$$

即水平面对斜面的支持力大小为 4mg，故 A 正确，B 错误；

CD．剪断绳子的瞬间，绳子拉力消失，对物块受力分析，如图所示



有平衡条件可得

$$F = Mg\cos\theta = \frac{3\sqrt{3}}{2}mg$$

沿斜面体斜面方向上有

$$Mg\sin\theta = Ma$$

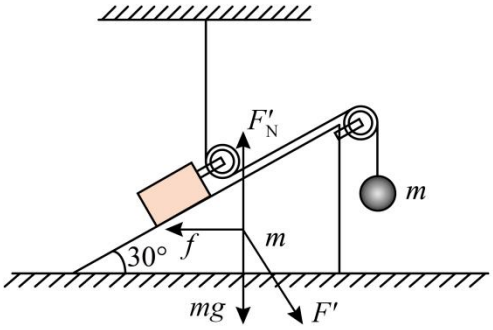
解得

$$a = g\sin\theta$$

物块加速度的水平分量为

$$a_1 = a\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{4}g$$

对物块受力分析，如图所示



由牛顿第三定律可知

$$F' = F = \frac{3\sqrt{3}}{2}mg$$

竖直方向上有

$$mg + F'\cos 30° = F'_{\mathrm{N}}$$

解得

$$F'_{\mathrm{N}} = \frac{13}{4}mg < 4mg$$

若斜面移动，水平方向上有

$$F'\sin\theta - f = ma'$$

解得

$$a^{'}=\frac{3\sqrt{3}}{4}g-\frac{f}{m}$$

则有

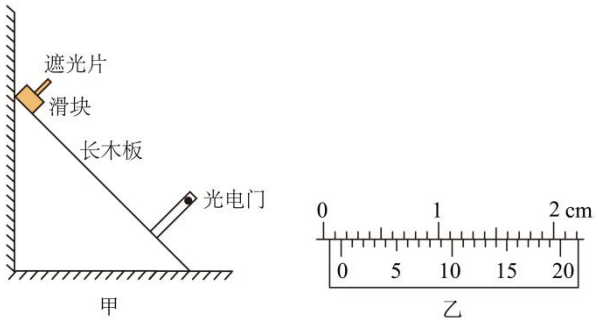
$$\frac{a^{'}}{a_1}=3-\frac{4f}{\sqrt{3}mg}<3$$

故 CD 正确。

故选 ACD。

三、实验题　（2 分/空，共 18 分）

12．某同学用刻度尺、光电门（及数字计时器）、游标卡尺、长木板、滑块，测量滑块与长木板间的动摩擦因数。装置如图甲所示，长木板倾斜固定在竖直墙面和水平地面间，已知滑块和遮光片的总质量为 m，当地重力加速度为 g。



(1)用游标卡尺测出遮光片的宽度，示数如图乙所示，则遮光片宽度 $d=$____mm；

(2)将滑块在长木板的上端由静止释放，记录滑块通过光电门时遮光片的挡光时间 t，则滑块通过光电门的速度 $v=$____，用刻度尺测出木板上端到光电门的距离 x，则滑块沿斜面下滑的加速度 $a=$____（均用已知和测得的物理量的符号表示）；

(3)用刻度尺测出长木板的长度 L，测出长木板上端到地面的距离 h，再测出长木板下端到竖直墙面的水平距离 s，则滑块与长木板间的动摩擦因数 $\mu=$____（用已知和测得的物理量的符号表示）。

【答案】(1)1.70　　(2) $\frac{d}{t}$　$\frac{d^2}{2xt^2}$　(3) $\frac{h}{s}-\frac{d^2L}{2gxst^2}$

【解析】（1）游标卡尺的读数即遮光片宽度为 $d=1\text{mm}+14\times0.05\text{mm}=1.70\text{mm}$

（2）[1]滑块经过光电门的时间极短，用滑块经过光电门的平均速度代替瞬时速度，即滑块通过光电门的速度 $v=\frac{d}{t}$

[2]根据运动学公式 $v^2=2ax$

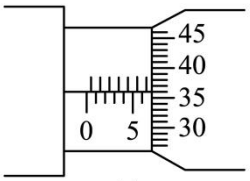
可得 $\boldsymbol{a=\frac{d^2}{2xt^2}}$

（3）根据牛顿第二定律 $mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma$

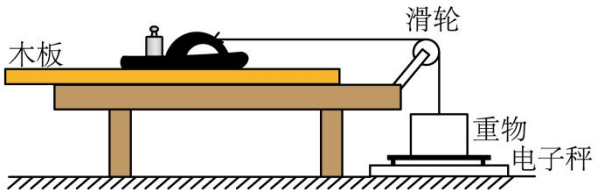
根据几何关系 $\sin\theta=\frac{h}{L}$，$\cos\theta=\frac{s}{L}$

联立可得 $\mu=\frac{h}{s}-\frac{d^2L}{2gxst^2}$

13．小明想测量新买的鞋子鞋底与木板间的滑动摩擦因数 μ，他设计了如下实验。已知每个砝码的质量 $m_0=20\text{g}$，设拖鞋上砝码个数为 n，电子秤示数为 m（指示质量），鞋子和重物的质量分别为 m_A 和 m_B，不考虑绳子与滑轮的摩擦。



甲



乙

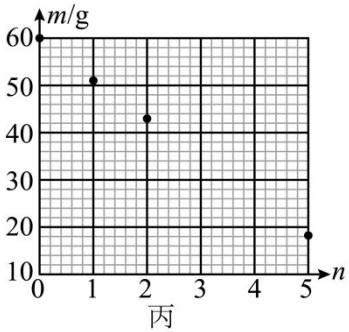
（1）小明练习使用螺旋测微器测量木板的厚度，读数如图甲所示，则木板厚度为_____mm。

（2）如图乙所示，把鞋子放置在木板上，并用一根细绳连接鞋子和电子秤上的重物，调节滑轮位置，使鞋子与滑轮间的细绳保持水平，重物与滑轮间的细绳保持竖直。

（3）在鞋子上放置砝码，向左拉动木板的同时，在下表记录电子秤示数 m 和砝码个数 n。此过程拉动木板时_____（选填“必须”或“不必”）保持匀速。

n（个）	0	1	2	3	4	5
$m(\text{g})$	60	51	43	35	27	18

（4）图丙中有两个点尚未描出，请根据（3）中表格数据描出，并绘制 $m-n$ 图像。

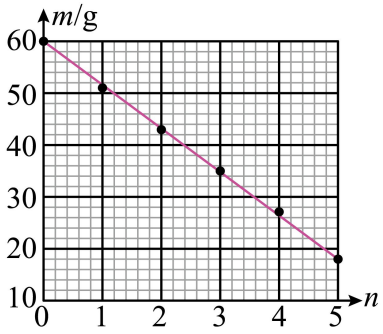


丙

（5）分析实验过程，m 和 μ、n、m_0、m_A、m_B 所满足的关系式为 $m=$_____。

（6）根据（4）绘制出的 $m-n$ 图像，可得鞋子和木板间的动摩擦因数 $\mu=$_____（保留 2 位有效数字）。

【答案】 6.860/6.858/6.859/6.861/6.862 不必

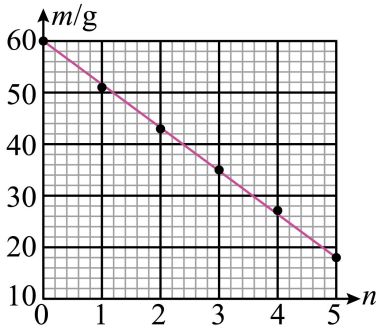


$m=m_{\mathrm{B}}-\mu\left(m_{\mathrm{A}}+nm_0\right)$ 0.40/0.37/0.38/0.39/0.41/0.42/0.43

【解析】[1]根据螺旋测微器的读法可知，木板的厚度 $d=6.5\mathrm{mm}+36\times0.01\mathrm{mm}=6.860\mathrm{mm}$

[2]鞋子与木板之间的滑动摩擦力与物体的相对速度无关，因此不需要木板做匀速运动；

[3]描出对应的点迹，用平滑的直线连接起来即可，作图如下



[4]对于重物而言，则有 $m_{\mathrm{B}}g=mg+F$

对于鞋子而言则有 $\mu(nm_0+m_{\mathrm{A}})g=F$

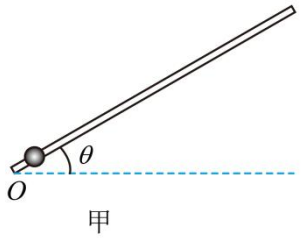
联立解得 $m=m_{\mathrm{B}}-\mu\left(m_{\mathrm{A}}+nm_0\right)$

[5]根据上述分析可知，在 $m-n$ 图像中，其斜率为 $\mu m_0=k=\dfrac{\Delta m}{n}$

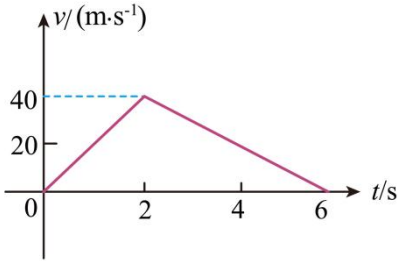
代入数据解得 $\mu=0.40$

四、解答题（14 题 9 分，15 题 12 分，16 题 13 分，共 34 分）

14．如图甲所示，在风洞实验室，一根足够长的细杆与水平面成 $\theta=37°$ 角并固定，质量为 $m=2\mathrm{kg}$ 的小球穿在细杆上，并静止于细杆底端 O 点。现有平行于细杆向上的风力 F 作用于小球上，经时间 $t_1=2\mathrm{s}$ 风力停止作用，小球沿细杆向上运动的 $v-t$ 图像如图乙所示，细杆和小球间的动摩擦因数 $\mu=0.5, g=10\mathrm{m/s^2}, \sin37°=0.6, \cos37°=0.8$。试求



甲



乙

(1)小球在 0~2s 内的加速度 a_1 的大小；

(2)风力 F 的大小；

(3)小球从最高点滑到出发点 O 点的速度大小。（答案可以保留根号）

【答案】(1) 20m/s^2　　(2)60N　　(3) $4\sqrt{30}\text{m/s}$

【解析】（1） $v-t$ 图像中图线斜率等于加速度，则可知小球在 0~2s 内的加速度 a_1 的大小为

$$a_1=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{40-0}{2-0}\text{m/s}^2=20\text{m/s}^2$$

（2）对小球，0~2s 内在风力作用下沿杆做匀加速直线运动，由牛顿第二定律有

$$F-mg\sin37^\circ-\mu mg\cos37^\circ=ma_1$$

代入数据解得

$$F=60\text{N}$$

（3） $v-t$ 图像中图线与横坐标围成的面积等于位移，可得小球在杆上向上运动的最大位移为

$$x=\frac{1}{2}\times6\times40\text{m}=120\text{m}$$

小球下滑时做匀加速直线运动，加速度大小为 a_2，由牛顿第二定律有

$$mg\sin37^\circ-\mu mg\cos37^\circ=ma_2$$

代入数据解得

$$a_2=2\text{m/s}^2$$

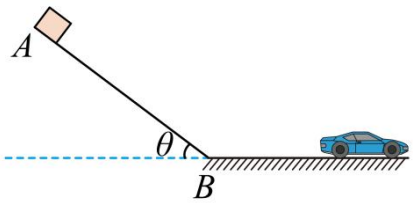
根据位移与速度的关系可得

$$v^2=2a_2x$$

代入数据解得

$$v=\sqrt{2a_2x}=\sqrt{2\times2\times120}\text{m/s}=4\sqrt{30}\text{m/s}$$

15．泥石流和山体滑坡是很危险的自然灾害，所以行车经过山区时要特别注意观察，发现异常要立即驶离。如图所示，某次山体滑坡中滑落的石块（简化为滑块）从距坡底 $L=100\mathrm{m}$ 的 A 处，由静止开始做加速度大小为 $8\mathrm{m/s^2}$ 的匀加速直线运动，石块到达坡底后在水平面上做加速度大小为 $2\mathrm{m/s^2}$ 的匀减速直线运动。一辆汽车停在距离 B 点右侧 50m 处，司机发现石块开始运动后经 1s 的反应时间就立刻启动汽车驶离，汽车启动后以 $4\mathrm{m/s^2}$ 的加速度一直做匀加速直线运动。已知重力加速度 $g=10\mathrm{m/s^2}$，斜坡倾角 $\theta=60°$，$\sqrt{3}=1.7$。



(1)求石块与斜坡间的动摩擦因素 μ；

(2)求石块到达坡底的速度大小及所用时间；

(3)试通过计算说明汽车能否安全逃离？

【答案】(1)0.1　　(2) 40m/s，5s　　(3)汽车能安全逃离

【解析】（1）石块在斜坡上做静止开始做加速度大小为 $8\mathrm{m/s^2}$ 的匀加速直线运动，对石块进行分析，根据牛顿第二定律有 $mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma_1$

解得 $\mu=0.1$

（2）石块在斜坡上做静止开始做加速度大小为 $8\mathrm{m/s^2}$ 的匀加速直线运动，根据速度与位移的关系有

$v_0^2=2a_1L$

根据速度公式有 $v_0=a_1t_1$

解得 $v_0=40\mathrm{m/s}$，$t_1=5\mathrm{s}$

（3）司机反应时间 $\Delta t=1\mathrm{s}$

石块到达坡底司机加速时间 $t_2=t_1-\Delta t=4\mathrm{s}$

令加速度 $a_2=2\mathrm{m/s^2}$，$a_3=4\mathrm{m/s^2}$

若石块在水平面减速至与司机速度相等经历时间为 t_3，则有 $v_1=v_0-a_2t_3=a_3\left(t_2+t_3\right)$

解得 $t_3=4\mathrm{s}$，$v_1=32\mathrm{m/s}$

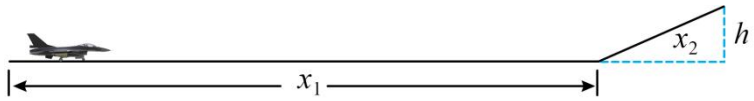
上述过程石块的位移 $x_1=\dfrac{v_0+v_1}{2}t_3=144\mathrm{m}$

司机的位移 $x_2=\frac{v_1}{2}\left(t_2+t_3\right)=128\text{m}$

由于 $x_1=144\text{m}<x_2+50\text{m}=178\text{m}$

可知，汽车能安全逃离。

16．我国自主设计制造的“山东号”航母，其舰载机依靠自身发动机动力加速至滑跃起飞。如图所示是供训练使用的跑道，若飞机从静止起飞时需通过长度为 $x_1=162\text{m}$ 的水平跑道和长度为 $x_2=32\text{m}$ 的倾斜跑道。两跑道平滑连接，倾斜跑道末端离水平跑道高为 h=6.4 m。质量 $m=2.5\times10^4\text{kg}$ 的飞机起飞过程中发动机推力大小恒为 $F=2.5\times10^5\text{N}$，方向与速度方向相同。若跑道固定于地面，飞机起飞过程中受到的阻力大小恒为其重力的 0.1 倍，方向与速度方向相反。飞机视为质点且质量不变，求飞机



(1)在水平跑道运动的时间 t_1；

(2)在倾斜跑道的加速度大小 a_2；

(3)飞离倾斜跑道的速度大小 v_2。

【答案】(1)6s　　(2)7m/s^2　　(3)58m/s

【解析】（1）在水平跑道，设飞机加速度大小为 a_1，由牛顿第二定律

$$F-0.1mg=ma_1$$

代入题中数据，解得

$$a_1=9\text{m/s}^2$$

根据公式

$$x_1=\frac{1}{2}a_1t_1{}^2$$

代入题中数据，解得

$$t_1=6\text{s}$$

（2）在倾斜跑道，由牛顿第二定律:

$$F-mg\sin\theta-0.1mg=ma_2$$

其中

$$\sin\theta=\frac{h}{x_2}=0.2$$

联立解得

$$a_2 = 7\mathrm{m/s^2}$$

（3）以上分析可得，在跑道连接处飞机速度

$$v_1 = a_1 t_1 = 54\mathrm{m/s}$$

根据公式

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a_2 x_2$$

联立解得

$$v_2 = 58\mathrm{m/s}$$

衔接点 17 力学单位制

学习要求

初中阶段	高中阶段
初步认识力学中的基本物理量单位，如长度单位米（m）、质量单位千克（kg）、时间单位秒（s），知道速度、力等物理量单位的组成。能对简单的物理量单位进行换算，了解统一单位在物理计算中的重要性，例如在计算速度时，能将不同的长度和时间单位统一后再运算。	理解单位制的概念，明确基本单位和导出单位的定义与区别，掌握力学中长度、质量、时间的国际单位制基本单位。能够根据物理公式推导导出单位，如根据牛顿第二定律 F＝ma，推导出力的单位“牛顿（N）”与基本单位的关系（1N＝1kg·m/s^2）。在物理计算中，养成运用国际单位制进行运算的习惯，能通过单位制检验计算结果的合理性，如检查公式两边单位是否一致，提升科学思维与严谨的治学态度。
衔接指引	
初中阶段考查形式：多以选择题、填空题形式出现。 高中阶段考查形式：选择题、实验题和计算题。	

知识衔接

回顾初中知识

1．长度的基本单位是__米__，符号是__m__；常用的单位还有 km、dm、cm，其中 1 km＝__1 000__m＝__10 000__dm＝__100 000__cm。

2.时间的基本单位是__秒__，符号是__s__；常用的单位还有 h、min，1 h＝__60__min＝__3 600__s。

3.速度的单位：

（1）国际单位：速度的基本单位是__米/秒__，符号是__m/s__。

（2）常用单位：__千米/时__，符号__km/h__。

（3）单位换算：__1m/s＝3.6km/h__。

4.质量的单位：

（1）[SI]主单位__Kg__，常用单位：__t g mg__

（2）换算：1t＝ 10^3 kg　　1g＝ 10^{-3} kg　　1mg＝ 10^{-3} g＝ 10^{-6} kg

5.密度的单位：（1）[SI]主单位 kg/m³ ，常用单位 g/cm³ 。

（2）单位换算：1g/cm³＝ 1×10^3 kg/m³

6.力的单位： 牛顿 ，符号“ N ”

7.功的单位： 焦耳 ，简称 焦 ，符号是 J 。换算： 1J=1N·m 。

8.功率的单位：

（1）国际主单位 瓦特 ，简称 瓦 ，符号 W ；

（2）常用单位还有 千瓦 （ kW ）

（3）单位的换算关系：1 kW＝ 10^3 W　　1 W＝ 1J/s 。

知新高中知识

一、基本单位

1．物理公式功能：物理学的关系式在确定了物理量之间的数量关系的同时，也确定了物理量 单位 间的关系.

2．基本量：被选定的能够利用物理量之间的关系推导出其他 物理量 的一些量.

3．基本单位和导出单位

(1)基本单位：被选定的 基本物理量 的单位.

长度： m 、km、cm

时间： s 、min、hour

质量： kg 、g、mg

(2)导出单位：由 基本量 根据 物理关系 推导出来的其他物理量的单位.

速　度： m/s 、km/h

加速度： m/s^2 、cm/s^2

力： N 、$kg\cdot m/s^2$

密　度： kg/m^3 、g/cm^3

功： J 、N▪m、$kg▪m^2/s^2$

功率： W 、kW、J/s、$kg▪m^2/s^3$

4.由基本单位和导出单位一起组成 单位制 。

二、国际单位制

1．国际单位制：

如果采用不同的物理量作为基本量，或者虽然采用相同的基本量，但采用的基本单位不同，导出单位自然随之不同，从而产生不同的单位制。不同的地区使用不同的单位制，不方便交流。1960 年第 11 届国际计量大会制订了一种国际通用的、包括一切计量领域的单位制，叫作__国际单位制__，简称 SI。

在力学范围内，规定__长度__、__质量__、__时间__为三个基本量，对热学、电磁学、光学等学科，除了上述三个基本量和相应的基本单位外，还要加上另外四个基本量和它们的基本单位，才能导出其他物理量的单位。

2．国际单位制中的基本单位

物理量名称	物理量符号	单位名称	单位符号
长度	l	__米__	__m__
质量	m	__千克__(公斤)	__kg__
时间	t	__秒__	__s__
电流	I	__安(培)__	__A__
热力学温度	T	开(尔文)	K
物质的量	n，(ν)	摩(尔)	mol
发光强度	I，(I_V)	坎(德拉)	cd

三、单位制的应用

1．单位制可以简化计算过程

计算时首先将各物理量的单位统一到__国际单位制__中，这样就可以省去计算过程中单位的代入，只在数字后面写上相应待求量的单位即可，从而使计算简便。

2．推导物理量的单位

物理公式在确定各物理量的数量关系时，同时也确定了各物理量的__单位关系__，所以我们可以根据物理公式中物理量间的关系推导出__物理量的单位__。

3．判断比例系数的单位

根据公式中物理量的单位关系，可判断公式中比例系数__有无单位__，如公式 $F=kx$ 中 k 的单位为__N/m__，$f=\mu N$ 中 μ__无__单位。

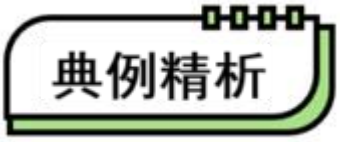
4．单位制可检查物理量关系式的正误

根据物理量的单位可知，如果发现某公式在单位上有问题，或者所求结果的单位与采用的单位制中该量的单位不一致，那么该公式或计算结果肯定是__错误__的。

[易错提醒]

(1)比较某个物理量不同值的大小时，必须先把它们的单位__统一__到同一单位制中，再根据数值来比较。

(2)数值较大或较小的单位，统一成国际单位制单位后，如不方便书写，可用 科学计数法 表示，如：$1\ \mu m=10^{-6}m$。



例 1、测量“国际单位制中的三个力学基本物理量”，可以用下列哪一组仪器（　）

A．刻度尺、弹簧秤、秒表　　B．刻度尺、天平、秒表

C．体重计、量筒、打点计时器　　D．刻度尺、测力计、打点计时器

【答案】B

【解析】国际单位制中的三个力学基本物理量为长度（单位：米）、质量（单位：千克）、时间（单位：秒）。对应的测量仪器需直接测量这三个基本量：刻度尺用于测量长度；天平用于测量质量；秒表用于测量时间。

故选 B。

例 2、下列各组物理量，在国际单位制（SI）中属于基本物理量的是（　　）

A．质量、长度、时间　　B．时间、质量、力

C．速度、长度、时间　　D．加速度、力、时间

【答案】A

【解析】国际单位制中属于基本物理量的是时间、质量、长度；力、速度和加速度不属于基本物理量。

故选 A。

例 3、下列说法中正确的是（　　）

A．“km”、“h”属于单位制中的导出单位

B．力学范围内的三个基本量是 kg、m、s

C．$\frac{v^2}{R}$（v 指速度，R 指半径）的国际单位是 m/s^2

D．单位仅仅是一个符号，并无实际意义，在运算过程中可有可无

【答案】C

【解析】A．信息中的单位“km”、“h”属于单位制中的基本单位，故 A 错误；

B．力学范围内的三个基本量是长度、质量、时间，故 B 错误；

C．$\frac{v^2}{R}$的国际单位是$\mathrm{m/s^2}$，故 C 正确；

D．单位不仅仅是一个符号，还有实际意义，单位之间的关系体现了物理量之间的关系，故 D 错误。

故选 C 。

例 4、2023 年 3 月 31 日，大连中远海运重工为中远海运发展建造的 62000 吨多用途纸浆船 N1040 顺利完成试航任务返回码头。N1040 总长 201.8 米、两柱间长 198.3 米、型宽 32.26 米、型深 19.3 米，航速 13.5 节，续航力 22000 海里。在这则新闻中涉及了长度、质量和时间及其单位，下列说法正确的是（　　）

A．“62000 吨多用途纸浆船”中，吨是基本量的单位

B．“N1040 总长 201.8 米”中，米是国际单位制中力学三个基本物理量之一

C．“航速 13.5 节”中，“节”是速度单位，物理学中所有的物理量都有单位

D．“续航力 22000 海里”指位移大小

【答案】A

【解析】A．“62000 吨多用途纸浆船”中，吨是质量的单位，质量属于基本物理量，故 A 正确；

B．米是国际单位制中力学的基本单位，不是基本物理量，故 B 错误；

C．物理学中不是所有的物理量都有单位，比如动摩擦因数，没有单位，故 C 错误；

D．“续航力 22000 海里”指的是路程，不是指位移大小，故 D 错误。

故选 D。

方法点拨

1. 基本量和导出量

在物理学中，选定几个物理量的单位，就能够利用物理量之间的关系推导出其他物理量的单位，这些被选定的物理量叫作基本量。由基本量根据物理关系推导出来的其他物理量叫作导出量。在力学范围内，规定长度、质量、时间为三个基本量，其他均为导出量。

2. 物理学中，基本物理量为长度、时间、质量、热力学温度、电流、物质的量、发光强度。

例 5、幺米，英文符号 ym，也称为攸米，是一种很小的长度单位。其大小为 $1\text{ym}=10^{-24}\text{m}$，下列关于幺米的说法中正确的是（　　）

A．既是基本单位，也是国际制单位　　B．既不是基本单位，也不是国际制单位

C．是基本单位，但不是国际制单位　　D．是国际制单位，但不是基本单位

【答案】C

【解析】基本量的单位都是基本单位，长度是物理学中的一个基本物理量，故长度的单位都是基本单位，因此幺米是基本单位，但不是国际单位。

故选 C。

例 6、下列单位属于国际单位制基本单位的是（　）

A．km　　B．V　　C．K　　D．T

【答案】C

【解析】K（开尔文）是国际单位制的 7 个基本单位之一，km 不是国际单位制基本单位，V、T 为导出单位。

故选 C。

例 7、下列选项中物理量为矢量，且单位用国际单位制基本单位表示正确的是（　　）

A．力 N　　B．电流 A

C．加速度 $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$　　D．功 $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$

【答案】C

【解析】A．力是矢量，但是单位 N 不是用国际单位制基本单位表示的，A 错误；

B．电流是标量，单位 A 是国际单位制基本单位，B 错误；

C．加速度是矢量，单位 $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 是用国际单位制基本单位表示的，C 正确；

D．功是标量，单位 $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$ 是用国际单位制基本单位表示的，D 错误。

故选 C。

例 8、（多选）在国际单位制中，下列说法中正确的是（　　）

A．在国际单位制中，力的单位是根据牛顿第二定律定义的

B．力学的三个基本单位是 N、m、s

C．秒是国际单位制中力学三个基本物理量之一

D．在国际单位制中，长度的基本单位只能是 m

【答案】AD

【解析】在国际单位制中力的单位是牛顿，它属于导出单位，是根据牛顿第二定律 $F=ma$ 定义的，1N 就是使质量 1kg 的物体产生 $1m/s^2$ 加速度的力，A 正确；在国际单位制中，力学的三个基本单位是 m、kg、s，B 错误；国际单位制中力学三个基本物理量是长度、质量、时间，而秒是时间的单位，C 错误；在国际单位制中，长度的基本单位只能是 m，D 正确。

例 9、（多选）在下面的物理量和单位中，叙述正确的是（　　）

①力　②牛　③米/秒　④速度　⑤长度　⑥质量　⑦千克　⑧时间

A．属于国际单位制中基本单位的是⑦　B．属于国际单位制中导出单位的是②③⑦

C．属于基本量的是⑤⑥⑧　D．属于国际单位的是②③⑦

【答案】ACD

【解析】牛、米/秒、千克属于国际单位，其中千克属于国际单位制中的基本单位，牛、米/秒属于国际单位制中的导出单位；力、速度、长度、质量和时间属于物理量，其中属于基本物理量的是长度、质量和时间。

故选 ACD。

方法点拨

理解单位制的三个常见误区

(1)只用一个符号表示的单位不一定是基本单位．例如，牛顿(N)、焦耳(J)、瓦特(W)等都不是基本单位，而是导出单位．

(2)是国际单位的不一定是基本单位．基本单位只是组成国际单位制的一小部分，在国际单位制中，除七个基本单位以外的单位都是导出单位．

(3)物理量单位之间的关系可能通过相应的物理公式导出，但并不是所有物理量的单位都可以互相导出．

例 10、爱因斯坦的质能转换方程是物理学中的重要基石，它揭示了能量 E 与质量 m 和光速 c 之间的关系，能量的单位是焦耳 J，这是由国际单位制中的基本单位组成利用公式推导得到的导出单位，$1J=1kgm^2/s^2$，请你利用单位制的知识选出以下公式中正确的是（　　）

A．$E=mc$　　B．$E=mc^2$　　C．$E=m^2c^2$　　D．$E=m^2c^3$

【答案】B

【解析】A．在国际单位制中，质量 m 的单位是千克（kg），光速 c 的单位是米每秒（m/s）。而 $E=mc$，其单位 $\mathrm{kg\times m/s=kgm/s}$

而能量 $\mathrm{1J=1kgm^2/s^2}$

故 $E=mc$ 单位不符合能量单位。

故 A 错误；

B． $E=mc^2$，其单位 $\mathrm{kg\times(m/s)^2=kg\times m^2/s^2}$

故 $E=mc^2$ 单位符合能量单位。

故 B 正确；

C． $E=m^2c^2$，其单位 $\mathrm{kg^2\times(m/s)^2=kg^2\times m^2/s^2}$

故 $E=m^2c^2$ 单位不符合能量单位。

故 C 错误；

D． $E=m^2c^3$，其单位 $\mathrm{kg^2\times(m/s)^3=kg^2\times m^3/s^3}$

故 $E=m^2c^3$ 单位不符合能量单位。

故 D 错误。

故选 B。

例 11、利用单位可以对一些表达式进行初步的检验。在采用统一的单位制以后，等式两边的单位应该是一致的，否则等式不成立。根据国际单位制，若用字母 L、M、T 分别表示长度、质量、时间三个基本物理量。则要使 $\mathrm{(T)}=k\mathrm{(L)}^{\alpha}\mathrm{(M)}^{\beta}\left(\mathrm{LT^{-2}}\right)^{\gamma}$ 表达式成立，其中 k 为一个没有单位的常数。下列说法正确的是（　　）

A． $\alpha=\frac{1}{2}$　　B． $\beta=\frac{1}{2}$

C． $\gamma=\frac{1}{2}$　　D．长度、质量、时间这三个物理量的国际制单位分别是：m、g、s

【答案】A

【解析】ABC．要使 $(T)=k(L)^{\alpha}(M)^{\beta}\left(LT^{-2}\right)^{\gamma}$

表达式成立，即 $\mathrm{1s=1}k\mathrm{(m)}^{\alpha}\mathrm{(kg)}^{\beta}\left(\mathrm{ms^{-2}}\right)^{\gamma}=\mathrm{1}k\mathrm{(m)}^{\alpha+\gamma}\mathrm{(kg)}^{\beta}\mathrm{s^{-2\gamma}}$

故 $\alpha+\gamma=0$，$\beta=0$，$-2\gamma=1$

解得$\gamma=-\frac{1}{2}$，$\alpha=\frac{1}{2}$

故 A 正确、BC 错误；

D．长度、质量、时间这三个物理量的国际制单位分别是：m、kg、s，故 D 错误。

故选 A。

例 12、关于国际单位制，下列说法正确的是（　　）

A．国际单位制中只有基本单位

B．千米、千克、开尔文都是国际单位制中的基本单位

C．某同学在解答一道已知量由字母表达的计算题时，得到的结果表达式为$A=\frac{F}{m}(t_1+t_2)$根据单位制知识，“A”表示的物理量是速度

D．国际单位制中力学中的基本单位所对应的物理量有长度、力、时间

【答案】C

【解析】A．国际单位制中有基本单位，还有导出单位，故 A 错误；

B．千克、开尔文都是国际单位制中的基本单位，千米不是国际单位制中的基本单位，米才是国际单位制中的基本单位，故 B 错误；

C．根据

$v=at$，$a=\frac{F}{m}$

可知得到的结果表达式为$A=\frac{F}{m}(t_1+t_2)$根据单位制知识，“A”表示的物理量是速度，故 C 正确。

D．国际单位制中力学中的基本单位所对应的物理量有长度、质量、时间，故 D 错误。

故选 C。

例 13、气体分子的平均平动动能E_k与热力学温度T之间的关系为$E_k=\frac{3}{2}kT$，式中k是玻尔兹曼常数，是一个关于温度及能量的常数。用国际单位制中的基本单位表示k的单位是（　　）

A．$\mathrm{kg\cdot m^2/(K\cdot s^2)}$　　B．$\mathrm{kg\cdot m^2/(K\cdot s)}$

C．J/℃　　D．$\mathrm{N\cdot m/K}$

【答案】A

【解析】根据$E_k=\frac{3}{2}kT$，可知$k=\frac{2E_k}{3T}$

可知 k 的单位$1\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}}=1\frac{\mathrm{N\cdot m}}{\mathrm{K}}=1\frac{\mathrm{kg\cdot m/s^2\cdot m}}{\mathrm{K}}=1\mathrm{kg\cdot m^2/(K\cdot s^2)}$

故选 A。

例 14、现阶段，一些问题你可能不会求解，但是仍能对这些问题的解是否合理进行分析和判断。例如从解的物理量单位，解随某些已知量变化的趋势，解在一些特殊条件下的结果等方面进行分析，并与预期结果、实验结论等进行比较，从而判断解的合理性或正确性。举例如下：声音在空气中的传播速度 v 与空气的密度 ρ 、压强 p 有关，下列速度表达式中，k 为比例系数，无单位，则这四个表达式中可能正确的是（　　）

A．$v=k\dfrac{p}{\rho}$　　B．$v=\sqrt{\dfrac{kp}{\rho}}$　　C．$v=\dfrac{k\rho}{p}$　　D．$v=\sqrt{kp\rho}$

【答案】B

【解析】传播速度 v 的单位 $\mathrm{m/s}$，密度 ρ 的单位 $\mathrm{kg/m^3}$，压强 p 的单位 $\mathrm{kg/(m\cdot s^2)}$，所以 $\dfrac{p}{\rho}$ 的单位是 $\mathrm{m^2/s^2}$，$\sqrt{\dfrac{p}{\rho}}$ 的单位是 $\mathrm{m/s}$，k 无单位，所以 $\sqrt{\dfrac{kp}{\rho}}$ 的单位与 v 的单位相同，B 正确。

例 15、飞机升力的计算涉及多个关键因素，主要包括气体密度 ρ、飞行速度 v、机翼的面积 S 以及升力系数 C_y。某双翼客机飞行中所受升力的计算公式为 $F=\dfrac{1}{2}C_y\rho Sv^2$，以下关于升力系数 C_y 的单位说法正确的是（　　）

A．N·m　　B．$\mathrm{N/m^2}$　　C．N/m　　D．无单位

【答案】D

【解析】通过题给的物理量关系 $F=\dfrac{1}{2}C_y\rho Sv^2$

变形得 $C_y=\dfrac{2F}{\rho Sv^2}$

对应单位为 $\dfrac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg\cdot m^{-3}\cdot m^2\cdot (m/s)^2}}=\dfrac{\mathrm{kg\cdot m/s^2}}{\mathrm{kg\cdot m/s^2}}$

整理可以得出升力系数是一个数值，没有单位。

故选 D。

例 16、汽车行驶时受到空气的阻力因素主要包括空气的密度 ρ，汽车的行驶速度 v，迎风面积 S，风阻系数 C_d，阻力大小 $f=\dfrac{1}{2}\rho v^2SC_d$，其中 C_d 越小，汽车越节能。关于风阻系数 C_d 下列说法正确的是（　）

A．C_d 没有单位　　B．C_d 的单位是 $\mathrm{m/s}$

C．C_d 的单位是 $\mathrm{m/s^2}$　　D．C_d 的单位是 $\mathrm{kg\cdot m/s^2}$

【答案】A

【解析】根据题意可得 $C_d=\dfrac{2f}{\rho v^2S}$

根据力学单位制有 $\frac{\mathrm{kg\cdot m/s^2}}{\mathrm{kg/m^3\cdot(m/s)^2\cdot m^2}}=1$

即 Cd 没有单位。

故选 A。

例 17、在解答一道已知量完全由字母表达结果的计算题时，一个同学解得某物体的位移表达式如下，请你用单位制的知识检查结果可能正确的是（　　）

A．$x=v_0t+\frac{F}{2m}(t_1+t_2)$　　B．$x=\frac{F}{2m}(t_1+t_2)^2+v_0$

C．$x=\frac{F}{2m}(t_1^2+t_2^2)+x_0$　　D．$x=\frac{F}{2m^2}(t_1+t_2)$

【答案】C

【解析】力的单位是 N，又 $1\mathrm{N}=1\mathrm{kg\cdot m/s^2}$，时间的单位是 s，质量的单位是 kg，等式左边的单位为 m。

A．等式右边的单位为

$$\mathrm{m/s\cdot s+\frac{N}{kg}\cdot s=m+\frac{kg\cdot m/s^2}{kg}\cdot s=m+m/s}$$

故 A 错误；

B．等式右边的单位为

$$\mathrm{\frac{N}{kg}\cdot s^2+m/s=\frac{kg\cdot m/s^2}{kg}\cdot s^2+m/s=m+m/s}$$

故 B 错误；

C．等式右边的单位为

$$\mathrm{\frac{N}{kg}\cdot s^2+m=\frac{kg\cdot m/s^2}{kg}\cdot s^2+m=m}$$

故 C 正确；

D．等式右边的单位为

$$\mathrm{\frac{N}{kg^2}\cdot s=\frac{kg\cdot m/s^2}{kg^2}\cdot s=m/(kg\cdot s)}$$

故 D 错误。

故选 C。

例 18、（多选）若长度、质量、时间和动量分别用 a、b、c 和 d 表示，则下列各式可能表示能量的是（　）

A．$\frac{a^2b}{c^2}$　　B．$\frac{ab^2}{c^2}$　　C．$\frac{d^2}{b}$　　D．$\frac{b^2}{d}$

【答案】AC

【解析】A．根据题意可知$\frac{a^2b}{c^2}$的单位为$\frac{\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{kg}}{\mathrm{s}^2}=\mathrm{kg}\cdot(\mathrm{m/s})^2$

结合动能公式$E_{\mathrm{k}}=\frac{1}{2}mv^2$可知$\mathrm{kg}\cdot(\mathrm{m/s})^2$为能量单位，故 A 正确；

B．同理$\frac{ab^2}{c^2}$的单位为$\frac{m\cdot\mathrm{kg}^2}{\mathrm{s}^2}=\mathrm{kg}^2\cdot\mathrm{m/s}^2$

根据$F=ma$可知$\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m/s}^2$为力的单位，故可知$\mathrm{kg}^2\cdot\mathrm{m/s}^2$为力与质量的乘积，故不是能量的单位，故 B 错误；

C．$\frac{d^2}{b}$的单位为$\frac{(\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1})^2}{\mathrm{kg}}=\mathrm{kg}\cdot(\mathrm{m/s})^2$

根据前面 A 选项分析可知该单位为能量单位，故 C 正确；

D．$\frac{b^2}{d}$的单位为$\frac{\mathrm{kg}^2}{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}}=\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}}$，不是能量单位，故 D 错误。

故选 AC。

方法点拨

单位制的应用

1．推导物理量的单位

物理公式在确定各物理量的数量关系时，同时也确定了各物理量的单位关系，所以我们可以根据物理公式中物理量间的关系推导出物理量的单位。

2．判断比例系数的单位

根据公式中物理量的单位关系，可判断公式中比例系数有无单位，如公式 F＝kx 中 k 的单位为 N/m，Ff＝μFN 中，μ无单位，F＝kma 中 k 无单位。

对点集训

1．下列选项中，属于国际单位制基本单位的是（　　）

A．长度　　B．千克　　C．伏特　　D．牛顿

【答案】B

【解析】千克是国际单位制基本单位；伏特、牛顿都是国际单位制中的导出单位；长度是物理量，不是单位。

故选 B。

2．简谐机械波的能流密度 $I=\frac{1}{2}\rho\omega^2A^2v$，其中$\rho$是介质的密度，$\omega$是波的角频率，$A$ 是波的振幅，v 是波的传播速率，则 I 的单位可以是（　　）

A．$\mathrm{kg\cdot s^{-3}}$　　B．$\mathrm{kg\cdot m\cdot s^{-2}}$　　C．$\mathrm{kg\cdot s^{-2}}$　　D．$\mathrm{kg\cdot m\cdot s^{-3}}$

【答案】A

【解析】介质密度 ρ 的单位是 $\mathrm{kg/m^3}$；角频率 ω 的单位是 rad/s（rad 是弧度，无量纲），所以 ω 单位等效为 $\mathrm{s^{-1}}$；振幅 A 的单位是 m；波的传播速率 v 的单位是 m/s。

故 I 的单位为 $\mathrm{kg/m^3\times s^{-2}\times m^2\times m/s=kg\cdot s^{-3}}$

故选 A。

3．某新能源汽车后轮的最大扭矩为“360N·m”，单位“N·m”用国际单位制中的基本单位表示为（　）

A．$\mathrm{kg/s^2}$　　B．$\mathrm{kg/(m\cdot s^2)}$　　C．$\mathrm{kg/(m^2\cdot s^2)}$　　D．$\mathrm{kg\cdot m^2/s^2}$

【答案】D

【解析】因 $\mathrm{1N=1kg\cdot m/s^2}$

所以 $\mathrm{1N\cdot m=1kg\cdot m/s^2\cdot m=1kg\cdot m^2/s^2}$

故选 D。

4．一定质量的理想气体，在体积不变的情况下，压强 p 和热力学温度 T 成正比。即 $p=CT$,常量 C 的单位用国际单位制基本单位可表示为（　）

A．$\mathrm{kg\cdot m^{-1}\cdot s^{-2}\cdot K^{-1}}$　　B．$\mathrm{kg\cdot m^{-1}\cdot s^{-2}\cdot ^\circ C^{-1}}$

C．$\mathrm{N\cdot m^{-2}\cdot K^{-1}}$　　D．$\mathrm{N\cdot m^{-1}\cdot K^{-1}}$

【答案】A

【解析】因为 $C=\frac{p}{T}=\frac{F}{ST}=\frac{ma}{ST}$

在国际单位制中，m 的单位为 kg，a 的单位为 $\mathrm{m\cdot s^{-2}}$，S 的单位为 $\mathrm{m^2}$，T 的单位为 K，所以常量 C 的单位用国际单位制基本单位可表示为 $\mathrm{kg\cdot m^{-1}\cdot s^{-2}\cdot K^{-1}}$，故选 A。

5．下列说法或观点不正确的是（　　）

A．伽利略认为物体运动不需要外力来维持

B．牛顿认为外力是改变物体运动状态的原因

C．亚里士多德认为越重的物体下落越快，是因为它受到的重力大

D．力学的国际基本单位有 kg（千克）、m（米）和 s（秒）三个

【答案】C

【解析】A．伽利略通过理想实验指出，物体若不受外力将维持原有运动状态，否定了亚里士多德“力是维持运动原因”的观点，A 正确；

B．牛顿第一定律明确外力是改变物体运动状态（即产生加速度）的原因，B 正确；

C．亚里士多德认为重物下落更快是因物体“自然属性”而非“受到的重力大”，他并未提出“重力”概念，C 错误；

D．国际单位制（SI）中，力学基本单位为质量（kg）、长度（m）、时间（s），其他单位（如力的牛顿）均为导出单位，D 正确。

本题选错误的，故选 C。

6．2024 年 12 月 12 日 15 时 17 分，长征二号丁运载火箭远征三号上面级组成的运载系统，在酒泉卫星发射中心成功将高速激光钻石星座试验系统的 5 颗卫星送入预定轨道，发射任务取得圆满成功。长征二号丁运载火箭是常温液体二级运载火箭，在$7\times10^{5}\,\mathrm{m}$高度的太阳同步圆轨道上的运载能力为$1.3\times10^{3}\,\mathrm{kg}$。下列说法正确的是（　　）

A．“15 时 17 分”是时刻

B．“kg”和“m”对应的物理量一定都是标量

C．“kg”是导出单位

D．卫星发射升空过程中，卫星相对于运载火箭是运动的

【答案】A

【解析】A．“15 时 17 分”指的是时刻，A 正确；

B．“kg”对应的物理量是质量，一定是标量，“m”对应的物理量可能是标量，如路程，也可能是矢量，如位移，B 错误；

C．“kg”是国际单位制中的基本单位，C 错误；

D．卫星发射升空过程中，卫星相对于运载火箭是静止的，D 错误。

故选 A。

7．某同学用手机运动 APP 记录了自己的一次锻炼的情况，如图所示，则下列说法正确的是（　　）

A．图中的 7.83 公里/小时是平均速率　　B．公里是国际单位制中的基本单位

C．图中的用时 00:24:09 是指时刻　　D．图中的 3.15 公里是指位移大小

【答案】A

【解析】A．图中的 7.83 公里/小时是该同学运动轨迹长度与时间的比值，可知，7.83 公里/小时是平均速率，故 A 正确；

B．公里不是国际单位制中的基本单位，米是国际单位制中的基本单位，故 B 错误；

C．图中的用时 00:24:09 指该同学锻炼的总时间，指的是指时间间隔，故 C 错误；

D．图中的 3.15 公里指该同学运动轨迹的长度，指的是指路程，故 D 错误。

故选 A。

8．选定了长度的单位 m、质量的单位 kg、时间的单位 s 之后，就足以导出力学中其他所有物理量的单位，但必须依据相关的公式，现有一个物理量 $A=\frac{v^2}{r}$，其中 v 是速度，r 是长度，据此推导 A 是什么物理量（　）

A．速度　　B．加速度　　C．力　　D．质量

【答案】B

【解析】根据公式 $A=\frac{v^2}{r}$ 可知物理量 A 的单位为

$$\frac{\mathrm{m^2/s^2}}{\mathrm{m}}=\mathrm{m/s^2}$$

可知物理量 A 为加速度。

故选 B。

9．下列有关说法正确的是（　　）

A．定义“质点”的概念用到了极限思想

B．公交车起步时的提示语“车辆起步，请拉好扶手…”中的“拉好扶手”是让乘客保持平衡状态

C．千克、米、牛顿和安培都是国际单位制的基本单位

D．9N、5N、2N 三个力合力的最小值为 2N

【答案】D

【解析】A．定义“质点”的概念用到了理想化模型，故 A 错误；

B．车辆起步是指车要加速，所以拉好扶手是使乘客与车一起加速，不是使乘客保持静止平衡状态，故 B 错误；

C．牛顿不是国际单位制的基本单位，故 C 错误；

D．5N、2N 两个力合力的最大值为 7N，再和 9N 的力合成，合力的最小值为 2N，故 D 正确。

故选 D。

10．根据航运行业机构的数据，到 2030 年全球将有超过 250GW 的海上风电容量，共有约 730 个海上风电场和 30000 台风电机组处于运营状态。如果用物理量的基本单位来表示海上风电容量的单位。下列表达中正确的是（　　）

A．$\mathrm{N\cdot m\cdot s^{-1}}$　　B．$\mathrm{J\cdot s^{-1}}$　　C．$\mathrm{kg\cdot m^2\cdot s^{-3}}$　　D．$\mathrm{kg\cdot m^2\cdot s^{-2}}$

【答案】C

【解析】通过题干可知，到 2030 年全球将有超过 250GW 的海上风电容量，即海上风电容量的单位是功率的单位$1\mathrm{GW}=1\times10^{9}\mathrm{W}$

由表达式$P=\frac{W}{t}$，$W=Fs$，$F=ma$

可得用物理量国际单位的基本单位表示$1\mathrm{W}=\frac{1\mathrm{kg\cdot m/s^2\cdot m}}{\mathrm{s}}=1\mathrm{kg\cdot m^2\cdot s^{-3}}$

故选 C。

11．英国物理学家焦耳最早发现了焦耳定律，给出了电能向热能转化的定量关系。为了纪念他，国际单位制（SI）中能量的导出单位也以焦耳（J）命名。焦耳用国际单位制中基本单位表示正确的是（　　）

A．J　　B．$\mathrm{N\cdot m}$　　C．$\mathrm{kg\cdot m^2\cdot s^{-2}}$　　D．$\mathrm{kg\cdot s^{-2}}$

【答案】C

【解析】根据 W=Fx=max

可得$1\mathrm{J}=1\mathrm{kg\cdot m/s^2\cdot m}=1\mathrm{kg\cdot m^2\cdot s^{-2}}$

故选 C。

12．物理学发展推动了社会进步，关于物理学史和物理学研究方法，下列说法正确的是（　　）

A．质点概念的建立体现了等效替代的思想

B．速度$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$和加速度$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$都是利用比值定义法得到的定义式

C．牛顿、千克、秒是国际单位制中的三个基本单位

D．牛顿第一定律是通过多次实验总结出来的一条实验定律

【答案】B

【解析】A．质点概念的建立体现了理想模型的思想，故 A 错误；

B．速度$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$和加速度$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$都是利用比值定义法得到的定义式，故 B 正确；

C．米、千克、秒是国际单位制中的三个基本单位，牛顿是国际单位制中的导出单位，故 C 错误；

D．牛顿第一定律是以实验为基础，通过推理、想像总结出来的，所以不是实验定律，故 D 错误。

故选 B。

13．第 19 届亚运会在杭州市举行，我国游泳名将张雨霏以 2 分 5 秒 57 的成绩到达终点（也是起点位置），拿下女子 200 米蝶泳金牌，这是中国游泳队在本届亚运会的首金。下列说法正确的是（　　）

A．“米”是力学的基本物理量之一

B．200 米蝶泳的位移大小为 200 米

C．张雨霏 200 米蝶泳的平均速率约为$1.59\ \mathrm{m/s}$

D．在研究张雨霏的技术动作时，可以把张雨霏看成质点

【答案】C

【解析】A．“米”是力学中基本单位之一，不是物理量，故 A 错误；

B．由于起点与终点是同一位置，则 200 米蝶泳的位移大小为 0，故 B 错误；

C．张雨霏 200 米蝶泳的平均速率约为$\bar{v}=\frac{s}{t}=\frac{200}{125.57}\mathrm{m/s}\approx 1.59\mathrm{m/s}$

故 C 正确；

D．在研究张雨霏的技术动作时，张雨霏的形状大小不能忽略不计，不可以把张雨霏看成质点，故 D 错误。

故选 C。

14．2024 年 9 月 25 日上午 8 点 44 分我国成功发射东风 41 洲际导弹，其最大速度8500m/s，射程 14000 公里，下列说法正确的是（　　）

A．8 点 44 分指的是时间间隔　　B．8500m/s 指的是瞬时速度

C．14000 公里指的是路程　　D．“ m/s ”是力学基本单位

【答案】B

【解析】A．8 点 44 分对应时间轴上的一点，指的是时刻，故 A 错误；

B．8500m/s 是某一时刻的速度，指的是瞬时速度，故 B 正确；

C．导弹的射程 14000 公里，通常指起点到终点的最大水平距离（位移大小），而非实际飞行路径（路程），故 C 错误；

D．国际单位制中，力学基本单位为米（m）、千克（kg）、秒（s）。m/s 是导出单位，由基本单位组合而成。故 D 错误。

故选 B。

15．2024 年 12 月 27 日，由我国自主研制建造的 076 两栖攻击舰首舰，命名为“四川舰”，舷号为“51”，仅用 15 个月就完成了建造。该舰长度约为 260 米，宽度约为 50 米，满载排水量 4 万余吨，满载重约为 4×10^8N。以上叙述中涉及了时间、长度、质量和力及其单位，下列说法正确的是（　　）

A．该舰长度约为 260 米，宽度约为 50 米，长度是国际单位制中的基本单位

B．舰满载排水量 4 万余吨，单位“吨”是国际单位制中的导出单位

C．满载重约为 4×10^8N，使质量为1kg 的物体产生$1\mathrm{m/s^2}$ 的加速度的力的大小就是1N

D．15 个月完成建造，月是时间的单位，物理量要注明单位，所有物理量都有单位

【答案】C

【解析】A．在国际单位制中，长度、质量、时间三个物理量被选作力学的基本物理量，力学的三个基本单位分别是米、千克、秒，选项 A 错误；

B．“吨”是质量的一个单位，但不是国际单位制中的单位，选项 B 错误；

C．在国际单位制中力的单位是牛顿，它是导出单位，是根据牛顿第二定律 $F=ma$ 定义的，1N 就是使质量 1kg 的物体产生$1\mathrm{m/s^2}$ 加速度的力，选项 C 正确；

D．单位是物理量的组成部分，有单位的物理量要注明单位，但并不是所有物理量都有单位，如动摩擦因数 μ 就没有单位，选项 D 错误。

故选 C。

16．“血沉”是指红细胞在一定条件下沉降的速度，在医学中具有重要意义。测量“血沉”可将经过处理后的血液放进血沉管内，由于重力作用，血液中的红细胞将会下沉。设血沉管竖直放置且足够深，红细胞

的形状为球体。已知红细胞下落受到血液的粘滞阻力表达式为 $f=6\pi\eta rv$，其中 η 为血液的粘滞系数，r 为红细胞半径，v 为红细胞运动的速率。若某血样中半径为 r 的红细胞，由静止下沉直到匀速运动的速度为 v_m，红细胞密度为 ρ_1，血液的密度为 ρ_2，重力加速度为 g。以下说法正确的是（　）

A．该红细胞先做匀加速运动，后做匀速运动

B．该红细胞的半径可表示为 $r=\sqrt{\dfrac{9\eta v_m}{2g\left(\rho_1-\rho_2\right)}}$

C．若血样中红细胞的半径较小，则红细胞匀速运动的速度较大

D．若采用国际单位制中的基本单位来表示 η 的单位，则其单位为 kg/ m

【答案】B

【解析】A.设红细胞质量为 m，所受浮力为 $F_{浮}$，由牛顿第二定律有 $mg-f-F_{浮}=ma$

又因为 $f=6\pi\eta rv$

故红细胞随着速度的增大，粘滞阻力逐渐增大，加速度逐渐减小，红细胞做加速度减小的加速运动，当加速度减到零时，受力平衡，此后匀速运动，A 错误；

B.红细胞匀速时有 $mg=f+F_{浮}$

又因为红细胞的质量为 $m=\rho_1\cdot\dfrac{4}{3}\pi r^3$

其所受浮力为 $F_{浮}=\rho_2\cdot\dfrac{4}{3}\pi r^3 g$

联立可得解得 $r=\sqrt{\dfrac{9\eta v_m}{2g\left(\rho_1-\rho_2\right)}}$，B 正确；

C.由上述分析可知若血样中红细胞的半径较小，则红细胞匀速运动的速度较小，C 错误；

D.由粘滞阻力公式 $f=6\pi\eta rv$

可知 $\eta=\dfrac{f}{6\pi rv}$，

故采用国际单位制中的基本单位来表示 η 的单位，应为：$\dfrac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}}$，D 错误。

故选 B。

17．（多选）电动汽车的电池的能量密度是指单位质量或单位体积中存储的能量大小，其单位为 W·h/kg 或 $\mathrm{W}\cdot\mathrm{h}/\mathrm{m}^3$。下列用国际单位制基本单位表示的能量密度的单位正确的是（　）

A．$\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{s}^{-2}$　　B．$\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^{-2}\cdot\mathrm{s}^{-1}$　　C．$\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{s}^{-1}$　　D．$\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^{-1}\cdot\mathrm{s}^{-2}$

【答案】AD

【解析】AC．根据$1\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}=\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}/\mathrm{s}^2\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{kg}}=\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{s}^{-2}$

可知能量密度的单位用国际单位制基本单位表示为$\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{s}^{-2}$

故 A 正确、C 错误；

BD．根据$1\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{m}^3}=\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}/\mathrm{s}^2\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{m}^3}=\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^{-1}\cdot\mathrm{s}^{-2}$

可知能量密度的单位用国际单位制基本单位表示为$\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^{-1}\cdot\mathrm{s}^{-2}$

故 B 错误、D 正确。

故选 AD。

18.（多选）雨滴从高空落下，会砸死人吗？答案是否定的。因为雨滴在空气中竖直下落的速度较大时，受到的空气阴力f与雨滴（可看成球形）的横截面积S成正比，与下落速度v的平方成正比，即$f=kSv^2$，其中k为比例系数，当阻力增大到跟雨滴的重力平衡时，雨滴匀速下落。已知水的密度为ρ，重力加速度为g。下列说法正确的是（　　）

A．比例系数k的单位是$\mathrm{kg/m}^2$　　B．比例系数k的单位是$\mathrm{kg/m}^3$

C．雨滴越大匀速下落时的速度也越大　　D．半径为r的雨滴匀速下落的速度大小为$\sqrt{\frac{4\rho gr}{3k}}$

【答案】BCD

【解析】AB．根据题意可得

$$k=\frac{f}{Sv^2}$$

由于 f 的单位为 kg·m/s2，S 的单位为 m2，v 的单位为 m/s，所以比例系数 k 的单位为

$$\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m/s}^2}{\mathrm{m}^2\cdot(\mathrm{m/s})^2}=\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$$

故 A 错误，B 正确；

CD．半径为 r 的雨滴匀速下落，则

$$f=mg=\rho\cdot\frac{4}{3}\pi r^3 g$$

$$f=kSv^2$$

解得

$$v=\sqrt{\frac{4\rho gr}{3k}}$$

由此可知，雨滴越大，即 r 越大，匀速下落时的速度 v 也越大，故 CD 正确。

故选 BCD。

19.（多选）“血沉”是指红细胞在一定条件下沉降的速度，在医学中具有重要意义。测量“血沉”可将经过处理后的血液放进血沉管内，由于重力作用，血液中的红细胞将会下沉。设血沉管竖直放置且足够深，红细胞的形状为球体。已知红细胞下落受到血液的粘滞阻力表达式为$f=6\pi\eta rv$，其中η为血液的粘滞系数，r为红细胞半径，v为红细胞运动的速率。若某血样中半径为r的红细胞，由静止下沉直到匀速运动的速度为v_{m}，红细胞密度为ρ_1，血液的密度为ρ_2。以下说法正确的是（　　）

A．该红细胞先做匀加速运动，后做匀速运动

B．该红细胞的半径可表示为$r=\sqrt{\dfrac{9\eta v_{\mathrm{m}}}{2g\left(\rho_1-\rho_2\right)}}$

C．若血样中红细胞的半径较小，则红细胞匀速运动的速度较大

D．若采用国际单位制中的基本单位来表示η的单位，则其单位为$\dfrac{kg}{m\cdot s}$

【答案】BD

【解析】A．设红细胞质量为 m，浮力为$F_{浮}$，由牛顿第二定律

$$mg-f-F_{浮}=ma$$

又因为

$$f=6\pi\eta rv$$

故红细胞随着速度的增大，粘滞阻力逐渐增大，加速度逐渐减小，红细胞做加速度减小的加速运动，当加速度减到零时，受力平衡，此后匀速运动，A 错误；

B．红细胞匀速时

$$mg=f+F_{浮}$$

又因为红细胞的质量为

$$m=\rho_1\cdot\frac{4}{3}\pi r^3$$

浮力为

$$F_{浮}=\rho_2\cdot\frac{4}{3}\pi r^3 g$$

联立可得

$$\rho_1\cdot\frac{4}{3}\pi r^3 g=6\pi\eta rv_{\mathrm{m}}+\rho_2\cdot\frac{4}{3}\pi r^3 g$$

解得

$$r=\sqrt{\frac{9\eta v_{\mathrm{m}}}{2g\left(\rho_1-\rho_2\right)}}$$

B 正确；

C．由上述分析可知若血样中红细胞的半径较小，则红细胞匀速运动的速度较小，C 错误；

D．由粘滞阻力公式

$$f=6\pi\eta rv$$

可知

$$\eta=\frac{f}{6\pi rv}$$

故采用国际单位制中的基本单位来表示η的单位，应为：$\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}}$，D 正确；

故选 BD。

20．风洞被称为“航空航天飞行器的摇篮”。被世界各国视为重要的战略资源。风洞实验室为我国载人航天、深空探测等提供了先进的地面试验手段。在某高超声速低密度风洞实验室中，风速的大小是一个重要参数，利用风压（空气流动产生的压强）来确定风速。通过压力传感器，测出不同风速情况下，风力产生的压强，数据如下表所示

	1	2	3	4	5	6	7
风速 v（m/s）	3.00	4.50	6.80	7.00	8.40	9.60	10.80
风速的平方 v^2（m^2/s^2）	9.00	20.25	46.24	49.00	70.56	92.16	116.64
风压 p/Pa	5.41	12.17	27.75	29.38	44.30	55.31	70.00

(1)根据以上数据，若能直观的反应风压与风速的关系，在直角坐标系中以风压（p）为纵坐标，横坐标用（填“v”或“v^2”）表示，作出的图像接近一条直线；

(2)图像的斜率 k 的单位是_____（用国际单位制中的基本单位的字母表示），说明斜率一定与空气的_____有关。

(3)若风压为 135Pa，可推得风速为_____。（保留三位有效数字）

【答案】(1)v^2　(2)kg/m^3　密度　(3)15.0

【解析】（1）根据以上数据归纳可知，$p\propto v^2$，即若能直观的反应风压与风速的关系，在直角坐标系中以风压（p）为纵坐标，横坐标用 v2 表示，作出的图像接近一条直线；

（2）[1]根据 $p\propto v^2$ 可知图像的斜率

$$k=\frac{p}{v^2}$$

k 的单位是

$$\frac{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}}{(\mathrm{m/s})^2}=\frac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{s}^2}{\mathrm{m}^4}=\frac{(\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m/s}^2)\mathrm{s}^2}{\mathrm{m}^4}=\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$$

[2]说明斜率一定与空气的密度有关。

（3）由表中数据可得斜率约为

k=0.6

则

$$p=0.6v^2$$

若风压为 135Pa，可推得风速为

$$v=\sqrt{\frac{p}{k}}=\sqrt{\frac{135}{0.6}}\mathrm{m/s}=15.0\mathrm{m/s}$$

21．雨滴在竖直下落过程中由于受到阻力的作用，只要高度足够高，最终都会以收尾速度匀速下落。若雨滴受到空气阻力 f 与雨点横截面积 S 及下落速度 v 关系为 $f=kSv^2$（k 为常数），已知重力加速度大小为 g。

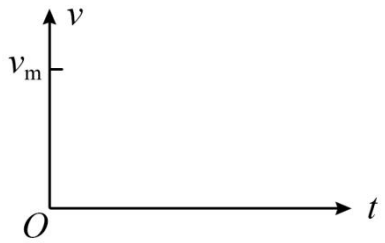
(1)若使用国际单位制中的基本单位，常数 k 的单位可表示为___；

(2)质量为 m 的雨滴下落的最大速度 v_{m} 即收尾速度的大小为___；

(3)当雨滴速度为 $\frac{v_{\mathrm{m}}}{2}$ 时，其加速度 a 的大小为___；

(4)试分析雨滴下落过程中加速度 a 和速度 v 的大小如何变化？

(5)大致画出雨滴由静止下落到以收尾速度 v_{m} 下落的 v—t 图像。



【答案】(1)kg/m³ (2)$\sqrt{\frac{mg}{kS}}$ (3)$\frac{3}{4}g$ (4)加速度先减小后一直为 0，速度先增大后不变 (5)见解析

【解析】（1）由于

$$f=kSv^2$$

则有

$$k=\frac{f}{Sv^2}$$

根据单位运算解得，k 的单位为 $\mathrm{kg/m^3}$。

（2）速度最大时，空气阻力与重力平衡，则有

$$kSv_{\mathrm{m}}^2=mg$$

解得

$$v_{\mathrm{m}}=\sqrt{\frac{mg}{kS}}$$

（3）根据牛顿第二定律有

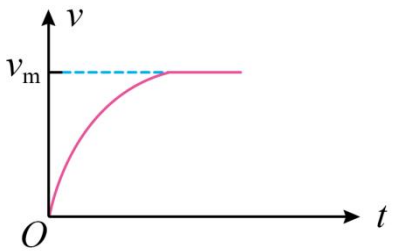
$$mg-kS\left(\frac{v_{\mathrm{m}}}{2}\right)^2=ma$$

结合上述解得

$$a=\frac{3}{4}g$$

（4）雨滴下落过程，速度先增大，空气阻力增大，加速度减小，即雨滴先做加速度减小的变加速直线运动，当空气阻力与重力平衡时，速度达到最大值，雨滴开始做匀速直线运动。可知，加速度先减小后一直为 0，速度先增大后不变。

（5）$v-t$ 图像的斜率表示加速度，结合上述，作出图像如图所示



综合演练

22．雷诺数 Re 是流体力学中的一个物理量，其表达式为 $\mathrm{Re}=\frac{\rho vd}{\mu}$，式中 ρ 为流体密度、v 为流体流速、d 为一特征长度、μ 为黏性系数。已知黏性系数 μ 的单位为 $\mathrm{kg\cdot m^{-1}\cdot s^{-1}}$。则下列关于雷诺数 Re 的单位说法正确的是（　　）

A．$\mathrm{kg\cdot m^{-1}\cdot s^{-1}}$ 是基本单位　　B．雷诺数 Re 没有单位

C．雷诺数 Re 的单位与力的单位相同　　D．雷诺数 Re 的单位与加速度的单位相同

【答案】B

【解析】A．$\mathrm{kg\cdot m^{-1}\cdot s^{-1}}$ 是导出单位，故 A 错误；

BCD．雷诺数的表达式为 $\mathrm{Re}=\dfrac{\rho vd}{\mu}$，则雷诺数的单位为 $1\dfrac{\mathrm{kg/m^3\cdot m/s\cdot m}}{\mathrm{kg\cdot m^{-1}\cdot s^{-1}}}=1$

故雷诺数 Re 没有单位。

故选 B。

23．下列给出的四个表达式中，g 表示重力加速度，单位是 $\mathrm{m/s^2}$；h 表示高度，单位是 m；x 表示位移，单位是 m；v 表示速度，单位是 m/s。下列表达式中，单位是 s 的有（　　）

A．$\sqrt{\dfrac{2g}{h}}$　　B．$\sqrt{\dfrac{2h^2}{g}}$　　C．$\dfrac{x}{v}$　　D．$\dfrac{v}{x}$

【答案】C

【解析】根据单位的推导可知 $\sqrt{\dfrac{2g}{h}}$ 的单位为 s-1；$\sqrt{\dfrac{2h^2}{g}}$ 的单位为 $\mathrm{s\cdot m^{\frac{1}{2}}}$；$\dfrac{x}{v}$ 的单位为 s；$\dfrac{v}{x}$ 的单位为 s-1。

故选 C。

24．杨氏弹性模量是表征弹性限度内物质材料抗拉或抗压能力的物理量，当一条长度为 L、横截面面积为 S 的金属丝在力 F 作用下伸长 ΔL 时，$\dfrac{F}{S}$ 叫应力，$\dfrac{\Delta L}{L}$ 叫应变，应力与应变的比值即弹性模量，由以上信息可以推断弹性模量的单位应为（　）

A．$\dfrac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m\cdot s}}$　　B．$\dfrac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m\cdot s^2}}$　　C．$\dfrac{\mathrm{N}}{\mathrm{s}}$　　D．$\dfrac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$

【答案】B

【解析】由题意知应力的单位为

$$\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m^2}}=\frac{\mathrm{kg\cdot m}}{\mathrm{s^2\cdot m^2}}=\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m\cdot s^2}}$$

应变无单位，故应力与应变比值的单位即应力的单位。

故选 B。

25．物体在粘滞流体中运动时所受的阻力叫做粘滞阻力，球形物体在流体中运动时受到的粘滞阻力的表达式为 $f=6\pi\eta vr$，其中 η 为流体的粘滞系数，r 为球形物体的半径，v 为球形物体运动的速率。小球在蓖麻油中从液面下某处由静止开始下落，经过一段时间达到最大速度。已知蓖麻油足够深，小球的密度为 ρ_1，蓖麻油的密度为 ρ_2，重力加速度为 g，则下列说法正确的是（　　）

A．在国际单位制中粘滞系数的单位为$\mathrm{kg\cdot m\cdot s^{-1}}$

B．仅改变小球半径，小球达到最大速度所需时间不变

C．仅改变小球密度，小球达到最大速度所需时间不变

D．小球运动过程中加速度的最大值为$g-\frac{\rho_2}{\rho_1}g$

【答案】D

【解析】A．结合题述可得

$$\eta=\frac{f}{6\pi rv}$$

则在国际单位制中粘滞系数的单位为$\mathrm{kg\cdot m^{-1}\cdot s^{-1}}$，A 错误。

B．设释放后某一时刻小球的速度为v_0，则此时小球所受粘滞阻力为

$$f=6\pi\eta v_0 r$$

小球受到重力、浮力和粘滞阻力，由牛顿第二定律有

$$\frac{4}{3}\pi r^3\rho_1 a=\frac{4}{3}\pi r^3\rho_1 g-\frac{4}{3}\pi r^3\rho_2 g-6\pi\eta v_0 r$$

化简得

$$a=g-\frac{\rho_2}{\rho_1}g-\frac{9\eta v_0}{2r^2\rho_1}$$

可知在密度、速度相同时，小球的加速度与半径有关，故仅改变小球半径，小球达到最大速度所需时间改变，B 错误；

C．结合上述分析可知在半径、速度相同时，小球的加速度与小球密度有关，故仅改变小球密度，小球达到最大速度所需时间改变，C 错误。

D．小球运动过程中，小球速度为零时加速度最大，为

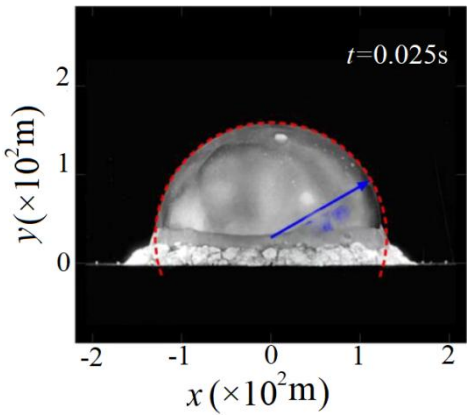
$$a_{\mathrm{m}}=g-\frac{\rho_2}{\rho_1}g$$

D 正确。

故选 D。

26．量纲分析是我们分析、估算物理问题的有力工具和重要思路。1950 年，英国力学家泰勒通过原子弹爆炸后火球随时间扩散的照片，并结合量纲分析，估算出了美国第一颗原子弹爆炸释放的能量。假设原子弹爆炸时形成的冲击波是球面波，爆炸中心是该球面波的球心，爆炸火球半径 R 仅仅依赖于爆炸后的时间 t，爆炸瞬间释放的能量 E、空气密度 ρ，以及无量纲常数 C，因此可以写成 $R=Ct^xE^y\rho^z$。为了估算量级，C

可以近似等于 1，空气密度 $\rho=1.2\mathrm{kg/m^3}$。图中是原子弹爆炸 25 毫秒时刻的冲击波，横纵轴都是长度。请你利用所学知识，估算该次原子弹爆炸释放的能量量级最接近以下哪个选项（　　）



A．$10^8\mathrm{J}$　　B．$10^{14}\mathrm{J}$　　C．$10^{20}\mathrm{J}$　　D．$10^{25}\mathrm{J}$

【答案】B

【解析】由题意

$R=Ct^xE^y\rho^z$ R 的国际单位为 m，t 的国际单位为 s，E 的国际单位为 kg•m2/s2，ρ 的国际单位为 kg/m3

令各个量的数值均为 1，可得：

$$1\mathrm{m}=(1\mathrm{s})^x\times(1\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2/\mathrm{s}^2)^y\cdot\times(\mathrm{kg/m^3})^z$$

整理得

$$\mathrm{m}=\mathrm{kg}^{(y+z)}\mathrm{m}^{(2y-3z)}\ \mathrm{s}^{(x-2y)}$$

由单位的关系可得：

$$y+z=0$$

$$2y-3z=1$$

$$x-2y=0$$

解得

$$x=\frac{2}{5}$$

$$y=\frac{1}{5}$$

$$z=-\frac{1}{5}$$

由上述结论可得

$$R=Ct^{\frac{2}{5}}E^{\frac{1}{5}}\rho^{-\frac{1}{5}}$$

将 C=1，$\rho=1.2\mathrm{kg/m^3}$，t=25 毫秒，由图可知 R=132m，带入可解得

$$E=\frac{\rho R^5}{t^2}=\frac{1.2\times 132^5}{0.025^2}\approx 7.69\times 10^{13}\,\mathrm{J}$$

故该次原子弹爆炸释放的能量量级最接近以 1014J。

故选 B。

27．汽车行驶时，如果空气阻力很大，会增加汽车燃油消耗量或严重影响汽车的动力性能。经研究，人们发现空气阻力的大小 $F_{阻}$ 与空气密度 ρ、物体迎风面积 S、物体与空气的相对运动速度 v 均有关，关系式为 $F_{阻}=k\rho Sv^x$，其中 k 是一个无单位的常数。请根据国际单位制推断速度 v 的指数 x 的数值。

【答案】2

【解析】由于

$$F_{阻}=k\rho Sv^x$$

则有

$$v^x=\frac{F_{阻}}{k\rho S}$$

对该表达式根据国际单位制进行单位运算有

$$v^x=\frac{F_{阻}}{k\rho S}=\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg\cdot m^{-3}\cdot m^2}}=\frac{\mathrm{kg\cdot m\cdot s^{-2}}}{\mathrm{kg\cdot m^{-3}\cdot m^2}}=\left(\mathrm{m\cdot s^{-1}}\right)^2$$

可知

$$x=2$$

进阶检测

（考试时间：40 分钟 试卷满分：100 分）

一、单选题（5 分/题，共 70 分）

1．国产芯片麒麟 9010 和 9020 使用的是 5nm 工艺技术。纳米是一个基本物理量的单位，这个基本物理量是（　　）

A．质量　　B．长度　　C．时间　　D．电流

【答案】B

【解析】纳米是长度的单位。

故选 B。

2．三星的 OLED 屏幕通过微型像素点技术提高了亮度均匀性，其亮度功率的单位是瓦特每平方微米（$\mathrm{W/\mu m^2}$）．改用国际单位制的基本单位表示正确的是（　）

A．$\mathrm{kg/s^3}$　　B．$\mathrm{kg\cdot m/s^3}$　　C．$\mathrm{kg\cdot m^2/s^2}$　　D．$\mathrm{kg\cdot m^2/s^3}$

【答案】A

【解析】根据单位的推导可知 $\mathrm{W/\mu m^2}=\dfrac{10^{12}\mathrm{J}}{\mathrm{s\cdot m^2}}=10^{12}\dfrac{\mathrm{kg\cdot m/s^2\cdot m}}{\mathrm{s\cdot m^2}}=10^{12}\mathrm{kg/s^3}$

故选 A。

3．1960 年第 11 届国际计量大会制订了一种国际通用的、包括一切计量领域的单位制，叫做国际单位制。国际单位制中，在力学范围内规定的三个基本量是（　　）

A．米、千克、秒　　B．长度、质量、时间

C．力、长度、时间　　D．牛、米、秒

【答案】B

【解析】国际单位制中，在力学范围内规定的三个基本量是长度、质量、时间，基本单位是米、千克、秒。

故选 B。

4．雨滴在空气中下落速度比较大时，受到的空气阻力与其速度二次方成正比，与其横截面积成正比，即 $f=kSv^2$。比例系数 k 的单位用国际制中的基本单位表示为（　　）

A．$\mathrm{N\cdot s^2/m^3}$　　B．$\mathrm{N\cdot s^2/m^4}$

C．$\mathrm{kg/m^3}$　　D．$\mathrm{kg/m^2}$

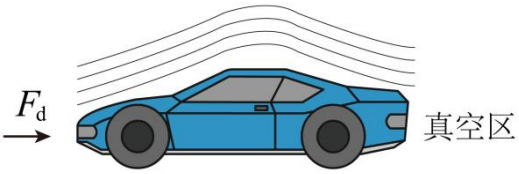
【答案】C

【解析】根据 $f=kSv^2$ 解得 $k=\dfrac{f}{Sv^2}$

阻力的单位是 $\mathrm{kg\cdot m/s^2}$，横截面积的单位是 m2，速度的单位是 m/s，通过单位运算，可知比例系数 k 的单位用国际单位基本单位表示为 $\mathrm{kg/m^3}$。

故选 C。

5．如图所示，汽车向前行驶时，会受到来自空气的阻力，阻力大小 $F_{\mathrm{d}}=\dfrac{1}{2}\rho v^2SC_{\mathrm{d}}$，其中 ρ 是空气的密度，v 是汽车的行驶速度，S 是迎风面积，C_{d} 叫做风阻系数，C_{d} 越小，汽车越节能。关于风阻系数 C_{d}，下列说法正确的是（　　）



A．C_{d} 的单位是 $\mathrm{kg\cdot m/s^2}$　　B．C_{d} 的单位是 $\mathrm{m/s}$

C．C_{d} 的单位是 $\mathrm{m/s^2}$　　D．C_{d} 没有单位

【答案】D

【解析】根据阻力公式可知

$$C_{\mathrm{d}}=\frac{2F_{\mathrm{d}}}{\rho v^2S}=\frac{2\mathrm{kg\cdot m/s^2}}{1\dfrac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m^3}}\cdot\left(\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2\cdot\mathrm{m^2}}=2$$

所以没有单位，故选 D。

6．阿戈斯蒂尼、克劳斯和吕利耶三位教授因为“研究物质中的电子动力学而产生阿秒光脉冲的实验方法”而获得诺贝尔物理学奖。“阿秒脉冲光”是一种阿秒量级的光脉冲，“1 阿秒”即 $10^{-18}\mathrm{s}$。则下列说法正确的是（　　）

A．$10^{-18}\mathrm{s}$ 虽然非常的短，但 1 阿秒仍表示时间间隔

B．$10^{-18}\mathrm{s}$ 非常的短，故 1 阿秒表示时刻

C．阿秒是国际单位制的基本单位，其对应的物理量是标量

D．时间在国际单位制的基本单位是秒，所以阿秒不是表示时间的单位

【答案】A

【解析】CD．国际单位制中时间的基本单位是秒，不是阿秒，但阿秒仍是表示时间的单位，且时间是标量，故 CD 错误；

AB．10^{-18}s 虽然非常的短，但仍表示的是一段很短的时间间隔，则 A 正确，B 错误。

故选 A。

7．2024 年 6 月 6 日 14 时 48 分，嫦娥六号上升器与轨道器和返回器组合体在月球轨道成功对接，对接过程应用抱爪式对接机构，仅用 21 秒便完成了“抓牢”“抱紧”动作。6 月 25 日，嫦娥六号返回地球，从 38 万公里外的月球带回 1935.3 克月球背面样品，下列说法正确的是（　　）

A．14 时 48 分、21 秒都是指时间

B．38 万公里指的是嫦娥六号返回地球的路程

C．研究对接过程中的“抓牢”等动作时，不能将上升器看成质点

D．题目的单位“分”“克”和“公里”均是国际基本单位

【答案】C

【解析】A．14 时 48 分指的是时刻，21 秒指的是时间间隔，故 A 错误；

B．38 万公里指的是嫦娥六号返回地球的位移大小，不是路程，故 B 错误；

C．研究对接过程中的“抓牢”等动作时，上升器的形状大小不能忽略不计，不能将上升器看成质点，故 C 正确；

D．题目的单位“分”“克”和“公里”均不是国际基本单位，“秒”“千克”和“米”才是国际基本单位，故 D 错误。

故选 C。

8．以下四种情境中所用单位是国际单位制的基本单位的是（　　）

A．商场里的自动扶梯运行时速度大小约为 0.5m/s

B．新版电动车国标限制塑料件使用比例，整车质量限值由 55kg 提升到 63kg

C．搭载神舟十九号载人飞船的火箭点火发射后约 10min 飞船与火箭成功分离

D．某高一年级学生体测坐位体前屈成绩为 18.0cm

【答案】B

【解析】A．速度的单位 m/s 是国际单位制的导出单位，故 A 错误；

B．质量的单位 kg 是国际单位制的基本单位，故 B 正确；

C．时间的单位 s 是国际单位制的基本单位，min 不是国际单位制的基本单位，故 C 错误；

D．长度的单位 m 是国际单位制的基本单位，cm 不是国际单位制的基本单位，故 D 错误。

故选 B。

9．研究表明，球形物体在液体中运动时除了受到浮力，还会受到阻力，阻力表达式为 $f=\eta rv$，式中 η 称为黏性系数，r 和 v 分别是球的半径和速度。国际单位制中，黏性系数 η 的单位是（　　）

A．无单位　　B．$\mathrm{kg/(m\cdot s)}$　　C．$\mathrm{kg\cdot m/s}$　　D．$\mathrm{kg/(m\cdot s^2)}$

【答案】B

【解析】根据

$$f=\eta rv$$

可得

$$\eta=\frac{f}{rv}$$

根据国际单位制推断黏性系数的单位是

$$\frac{kg\cdot \mathrm{m/s^2}}{\mathrm{m\cdot m/s}}=kg/(\mathrm{m\cdot s})$$

故选 B。

10．汽车在加速时将使乘客产生不适感，这种不适感不仅来自于加速度，也与加加速度有关。加速度对时间的变化率在物理学被称为“加加速度”，通常用符号“j”表示，下列能表示“j”的单位是（　）

A．$\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg\cdot s}}$　　B．$\frac{\mathrm{N\cdot m}}{\mathrm{kg\cdot s}}$　　C．$\frac{\mathrm{N\cdot s}}{\mathrm{kg}}$　　D．$\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg\cdot m\cdot s}}$

【答案】A

【解析】由题意知

$$j=\frac{\Delta a}{\Delta t}$$

因此 j 的单位为 $\mathrm{m\cdot s^{-3}}$，由于

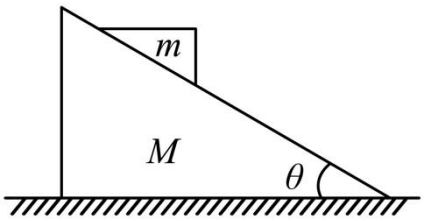
$$1\mathrm{N}=1\mathrm{kg\cdot m/s^2}$$

则

$$1\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-3}=1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{s}}$$

故选 A。

11．要判断一个物理关系式是否成立，有时不必作复杂的推导，只需分析式中各量的单位，就可判定有些表达式是错误的，在下面的实例中某同学导出了四个不同的关系式，请你根据单位分析，确定其中必定错误的选项例。如图，光滑水平面上有一质量为 M、倾角为 θ 的光滑斜面体，它的斜面上有另一质量为 m 的物块沿斜面下滑。关于下滑过程中物块对斜面压力 N、斜面的加速度 a_M 及滑块加速度 a_m，某同学得出的关系式一定错误的是（　　）



A．$F_{\mathrm{N}}=\dfrac{Mmg\cos\theta}{M^2+m^2\sin^2\theta}$　　B．$F_{\mathrm{N}}=\dfrac{Mmg\cos\theta}{M-m\sin^2\theta}$

C．$a_{\mathrm{M}}=\dfrac{mg\sin\theta\cdot\cos\theta}{M-m\sin^2\theta}$　　D．$a_{\mathrm{m}}=\dfrac{Mg\sin\theta\cdot\cos\theta}{M-m\sin^2\theta}$

【答案】A

【解析】A．该表达式左边是力的单位 N，等式右边的 $\cos\theta$、$\sin\theta$ 没有单位，M、m 的单位是 kg，g 的单位是 $\mathrm{m/s^2}$，代入后等式右边单位是 $\mathrm{m/s^2}$ 单位不同，故 A 一定错误；

B．该表达式左边是力的单位 N，代入后等式右边单位是 $\mathrm{kg\cdot m/s^2}$，即 N，单位相同，故 B 可能正确；

CD．表达式左边的单位都是 m/s2，代入后等式右边单位是 g 的单位，也是 m/s2，单位相同，故 CD 可能正确。

本题选一定错误的，故选 A。

12．按黑体辐射理论，黑体单位面积的辐射功率与其热力学温度的四次方成正比，比例系数 σ 称为斯特藩-玻尔兹曼常数，由国际单位制中基本单位表示 σ 的单位是（　　）

A．W/（$\mathrm{m^2\cdot K^4}$）　　B．$\mathrm{m^2\cdot K^4/W}$　　C．kg/（$\mathrm{s^3\cdot K^4}$）　　D．$\mathrm{s^3\cdot K^4/kg}$

【答案】C

【解析】由题可知 $\dfrac{P}{S}=\sigma T^4$

则 σ 的单位是 W/（m2・K4）

由国际单位制中基本单位表示其单位为 kg/（s3・K4）。

故选 C。

13．刘老师给小朋友演示飞机模型 AS-6 的起飞过程，小朋友们都集中精力认真观看。已知飞机模型 AS-6 在跑道上滑行的过程中获得的升力 F 跟速度的三次方 v^3 成正比，跟模型的总质量 m 成反比。其表达式可写为 $F=k\frac{v^3}{m}$。那么 k 的单位是（　　）

A．$\mathrm{s}\cdot\frac{\mathrm{kg}^2}{\mathrm{m}^2}$　　B．$\mathrm{N}\cdot\frac{\mathrm{kg}^2}{\mathrm{m}^2}$　　C．$\mathrm{s}\cdot\frac{\mathrm{kg}^3}{\mathrm{m}^2}$　　D．$\mathrm{kg}\cdot\frac{\mathrm{s}^3}{\mathrm{m}^3}$

【答案】A

【解析】因为 v 的单位是 m/s，m 的单位是 kg，F 的单位是 N，则根据题意 k 的单位应该是

$$\mathrm{k}=1\mathrm{N}\cdot\mathrm{kg}\cdot\frac{\mathrm{s}^3}{\mathrm{m}^3}$$

其中又因为

$$1\mathrm{N}=1\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m/s}^2$$

所以 k 的单位可转化为

$$1\mathrm{k}=1\mathrm{s}\cdot\frac{\mathrm{kg}^2}{\mathrm{m}^2}$$

故 A 正确，BCD 错误。

故选 A。

14．物理学的关系式在确定了物理量之间的关系时，也确定了物理量单位之间的关系，根据单位间的关系可以判断物理关系式是否可能正确。下列说法可能正确的是（　　）

A．圆锥体积 V 与圆锥的高度 h 和底面半径 R 的关系为 $V=\frac{\pi R^3h}{3}$

B．声速 v 与空气压强 p 和空气密度 ρ 的关系为 $v=k\sqrt{\frac{p}{\rho}}$，其中 k 是一个无单位的常数

C．空气阻力的大小 F_{m} 与空气密度 ρ、物体迎风面积 S、物体与空气的相对运动速度 v 均有关，关系式为 $F_{\mathrm{m}}=k\rho Sv^3$，其中 k 是一个无单位的常数

D．物体的位移 x 与该物体的质量 m、物体所受合力 F 及力 F 作用时间 t 的关系式 $x=\frac{Ft}{2m}$

【答案】B

【解析】A．高度和底面半径的国际单位都为 m，体积的国际单位为 m^3，表达式

$$V=\frac{\pi R^3h}{3}$$

的单位为 m4，故 A 错误；

B．压强的单位为

$$N/m^2=kg\cdot m/s^2/m^2=kg/m\cdot s^2$$

密度的单位为 kg/m^3，速度的单位为 m/s，则表达式 $k\sqrt{\frac{p}{\rho}}$ 的单位为 m/s，即为速度的单位，故 B 正确；

C．表达式

$$F_m=k\rho Sv^3$$

根据国际单位制进行单位运算有

$$（kg/m^3）\cdot m^2\cdot(m/s)^3=kg\cdot m^2/s^3$$

F 的单位为 N，即 $kg\cdot m/s^2$，故 C 错误；

D．位移的国际单位为 m，$\frac{Ft}{2m}$ 的单位为 m/s，故 D 错误。

故选 B。

二、多选题（漏选得 3 分，全对得 5 分，错选得 0 分，共 20 分）

15．角鹰在鹰类中体型最大，成年角鹰有的质量达 9 千克，翼展可达 1.8-1.9 米。如图所示为一只正在捕猎的角鹰，它正斜向下加速朝地面上的猎物俯冲，下列说法正确的是（　　）

A．“米”是国际单位制中的导出单位　　B．“千克”是国际单位制中力学的基本单位

C．角鹰加速俯冲过程中角鹰的惯性不变　　D．角鹰加速俯冲过程中可能受力平衡

【答案】BC

【解析】A．“米”是国际单位制中的基本单位，故 A 错误；

B．“千克”是国际单位制中力学的基本单位，故 B 正确；

C．角鹰加速俯冲过程中角鹰的质量不变，惯性不变，故 C 正确；

D．角鹰加速俯冲过程中所受合力不为零，受力不平衡，故 D 错误。

故选 BC。

16．在国际单位制中，下列说法正确的是（　　）

A．质量单位 kg 是基本单位　　B．质量单位 kg 是导出单位

C．速度单位 m/s 是基本单位　　D．速度单位 m/s 是导出单位

【答案】AD

【解析】AB．kg 是质量的单位，是基本单位，故 A 正确，B 错误；

CD．已知 kg、m、s 是基本单位，由 $v=\frac{x}{t}$

可知速度单位 $\mathrm{m/s}$ 是导出单位，故 C 错误，D 正确。

故选 AD。

17．下列说法正确的是（　　）

A．国际单位制中力学的三个基本单位：长度的单位“米”、时间的单位“秒”、质量的单位“千克”

B．伽利略依据逻辑推理把实际实验理想化得出了力不是维持物体运动状态的原因

C．亚里士多德认为力不是维持物体运动的原因，而是改变物体运动状态的原因

D．由声速 v 与空气压强 p 和空气密度 ρ 的关系式 $v_{声}=k\sqrt{\frac{p}{\rho}}$，可推知系数 k 没有单位

【答案】ABD

【解析】A．国际单位制中力学的三个基本单位：长度的单位“米”、时间的单位“秒”、质量的单位“千克”，故 A 正确；

B．伽利略通过实验和逻辑推理提出物体的运动不需要力来维持，故 B 正确；

C．牛顿提出力不是维持物体运动的原因，而是改变物体运动状态的原因，故 C 错误；

D．对关系式 $v_{声}=k\sqrt{\frac{p}{\rho}}$，密度的单位为 $\mathrm{kg/m^3}$，压强的单位为 $\mathrm{N/m^2}$，其中

$1\mathrm{N}=1\mathrm{kg\cdot m/s^2}$ $\sqrt{\frac{p}{\rho}}$ 的单位为

$$\sqrt{\frac{\mathrm{kg/\left(m\cdot s^2\right)}}{\mathrm{kg/m^3}}}=\mathrm{m/s}$$

则 k 没有单位，故 D 正确。

故选 ABD。

18．国际单位制（缩写 SI）定义了米（m）、秒（s）等 7 个基本单位，其他单位均可由物理关系导出。例如，由 m 和 s 可以导出速度单位 m/s，历史上，曾用“米原器”定义米，用平均太阳日定义秒。但是，以实物或其运动来定义基本单位会受到环境和测量方式等因素的影响，而采用物理常量来定义则可避免这种困扰。1967 年用铯 - 133 原子基态的两个超精细能级间跃迁辐射的频率△v=9192631770Hz 定义 s；1983 年用真空中的光速 c=299792458m/s 定义 m。2018 年第 26 届国际计量大会决定，7 个基本单位全部用基

本物理常量来定义。新 SI 自 2019 年 5 月 20 日（国际计量日）正式实施，这将对科学和技术发展产生深远影响。下列选项正确的是（　　）

A．7 个基本单位全部用物理常量定义，保证了基本单位的稳定性

B．用真空中的光速 c（m/s）定义 m，因为长度 l 与速度 v 存在 $l=vt$，而 s 已定义

C．用基本电荷 e（C）定义安培（A），因为电荷量 q 与电流 I 存在 $I=\frac{q}{t}$，而 s 已定义

D．因为普朗克常量 h（J•s）的单位中没有 kg，所以无法用它来定义质量单位

【答案】ABC

【解析】A．由题可知，为了保证了基本单位的稳定性，基本单位全部采用物理常量定义，A 正确；

B．真空中光速恒定，而时间单位已确定，因此可以利用速度公式确定长度，B 正确；

C．根据 $I=\frac{q}{t}$，电量单位为 C，而时间单位 s 已确定，故可以确定电流的单位，C 正确；

D．根据 $E=mc^2$ 以及 $E=h\nu$ 即可确定出质量的单位，D 错误。

故选 ABC。

三、解答题（10 分）

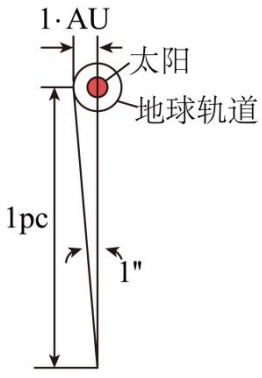
19．由于天体之间的距离遥远，用通常的长度单位 m 或 km 来表示天体之间的距离是很不方便的。在天文学中通常用天文单位、光年和秒差距来表示距离。

（1）天文单位（AU）定义为日地平均距离，光需要传播 8.3 分钟。

（2）光年（1.y.）定义为光在真空中沿直线传播一年所经过的距离。

（3）秒差距（pc）定义为地球公转轨道半径对应的视角为 1"（$\frac{1}{3600}$ 度）时的距离，即地球、太阳和被测恒星构成直角三角形。

将以上各单位化为 SI 制单位。



天文单位和秒差距

【答案】（1）l.5 亿 km；（2）10 万亿 km；（3）30 万亿 km

【解析】

$1AU=1.4959787\times10^{8}km\approx l.5$ 亿 km

$1l.y.=9.4605536\times10^{12}km\approx10$ 万亿 km

$1pc=3.085678\times10^{13}km\approx3.2615l.y.\approx30$ 万亿 km