



教育图书 功能学具 学生之家  
基础教育行业专研品牌

30<sup>+</sup>年专注教育行业

—— 考向追踪 ——

# 答案之书

主 编 肖德好

破题有方，得分有道  
从**解题思路**到**标准答案**  
“答案之书”让你赢得明明白白

物理

长江出版传媒  
崇文书局

本答案之书以《中国高考评价体系》的“一核四层四翼”为核心框架展开深度解析。在系统梳理高考考查逻辑与命题方向的基础上，聚焦“四层”考查内容，突出呈现**必备知识、关键能力与学科素养**。

## 一、必备知识：夯实学科基础，稳抓高考必得分

答案之书中**文字双色**部分，均为源自教材的基本概念、物理定理、定律和公式；或者高中阶段总结的核心二级结论，要求考生重点记忆并熟练掌握物理观念，确保考前达到灵活运用的程度。

### 示例

**【答案】** A

**【精析】**

A	笔尖由 a 点经 b 点回到 a 点的过程中，初位置和末位置相同，位移为零	✓
B	笔尖由 a 点经 b 点回到 a 点的过程中，轨迹长度不为零，则路程不为零	✗
C	两次过 a 点时轨迹的切线方向不同，则速度方向不同	✗
D	摩擦力方向与笔尖的速度方向相反，则两次过 a 点时摩擦力方向不同	✗

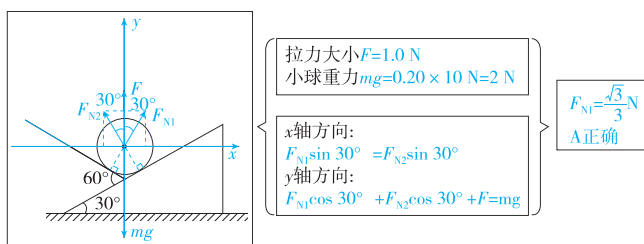
**【答案】** B

**【精析】** 对普通列车，5 次加速、减速的总时间  $t_1 = \frac{10v_1}{a} = 600$  s，5 次加速和减速的总位移  $x_1 = \frac{v_1 t_1}{2} = 9$  km，匀速运动的时间  $t_2 = \frac{x - x_1}{v_1} = 9 \frac{11}{12}$  h；对高铁列车，5 次加速、减速的总时间  $t_1' = \frac{10v_2}{a} = 1800$  s，5 次加速和减速的总位移  $x_1' = \frac{v_2 t_1'}{2} = 81$  km，匀速运动的时间  $t_2' = \frac{x - x_1'}{v_2} = 3 \frac{1}{12}$  h；节省时间

## 二、关键能力：多维破题精析，巧夺高考差距分

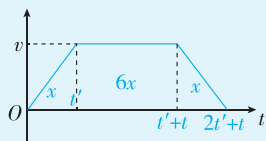
解析过程中，通过一题多解、流程分析、大题拆招等，深化理解物理概念，可视化对试题分步拆解，在提高解题能力的同时，培养学生的**逻辑推理、科学探究精神**。

### 示例 (1) 构建流程分析图



### (2) 答案一题多解

**一题多解** 图像法：图线斜率等于加速度大小， $v-t$  图像面积等于位移大小



$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{v}{t'} \\ x &= \frac{1}{2} v t' \\ 6x &= v t \end{aligned} \right\} x = \frac{1}{18} a t^2$$

**一题多解** 特殊值法快速求解：由多选分析，可知 A、B 选项二选一，C、D 选项二选一，为双选；

(1) 分析 A、B 选项：带入数据  $\theta = 15^\circ$ ， $v_2 = 2$  m/s， $v'^2 = 1$  m/s，根据正弦定理得

$$\frac{2t_1}{\sin(2\alpha + 15^\circ)} = \frac{t_2}{\sin 15^\circ} = \frac{(t_1 + t_2)v_1}{\sin(2\alpha + 30^\circ)}$$

A：带入数据  $\alpha = 15^\circ$ ，得  $v_1 = \sqrt{2}$  m/s，A 选项正确；

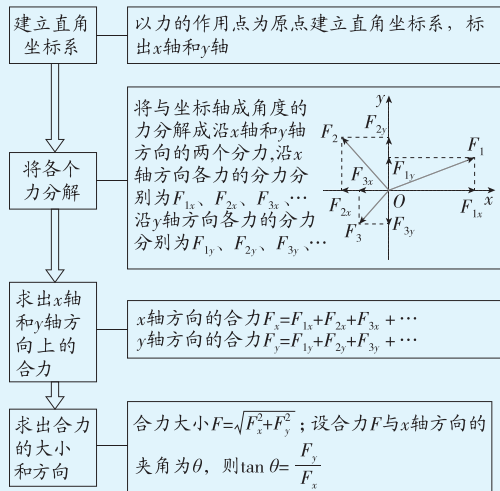
B：带入数据  $\alpha = 0^\circ$ ，得  $v_1 = \frac{1}{3 \sin 15^\circ}$  m/s，B 选项

### 三、学科素养：落实核心素养，冲击高考关键分

学科素养是高考评价体系中“四层”考查内容的核心落脚点，本答案之书严格依据《普通高中物理课程标准（2017年版2025年修订）》要求，将物理学科核心素养的四大维度——**物理观念**、**科学思维**、**科学探究**、**科学态度与责任**贯穿解析全过程，并对高考高频考点中的思维方法、模型构建进行重点总结。

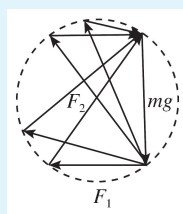
#### 示例

##### 【思维方法——正交分解法】



##### 【模型建构——动态圆模型】

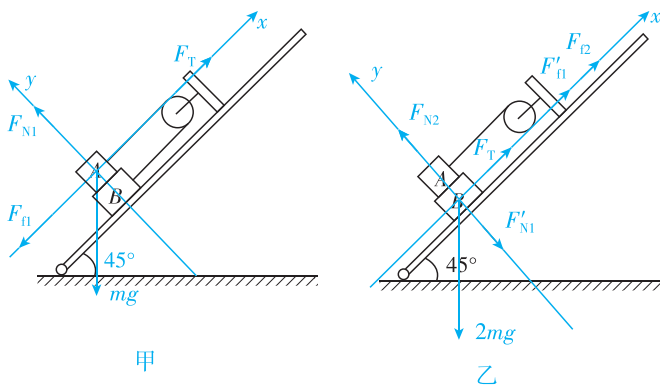
如图所示，物体受三个共点力作用而平衡，其中一力恒定，另外两力方向一直变化，但两力的夹角不变，作出不同状态的矢量三角形，利用两力夹角不变，可以作出动态圆，恒力为圆的一条弦，根据不同位置判断各力的大小变化。



### 四、细节处理：把控试卷细节，坚决避免失误分

高考中，细节把控是规避失误、锁定满分的关键一环。本答案之书在细节设计上精耕细作，为考生打造“失分防护网”。为方便考生使用，对受力分析图、运动流程图等双色图形剖析，表达等更直观、分析更明朗，助力考生扫清盲点和认知误区。

#### 示例



#### 特别说明

全国卷，山东卷，河北卷，浙江卷，福建卷，江西卷，江苏卷，天津卷，湖南卷，辽宁卷参考官方答案。

其他省份试卷已与本省老师核对，仅供参考。

高频考点 1 直线运动规律

1. 【答案】 C

【精析】

A	挖沟作业涉及机械臂的具体操作,需考虑机器人的结构和动作	不可视为质点	×
B	监测转弯姿态需关注机器人的方向变化和姿态(如倾斜、转动),必须考虑其形状	不可视为质点	×
C	定位机器人在线路上的位置时,只需确定其整体坐标,无需考虑细节动作或结构,此时可忽略大小和形状	视为质点	✓
D	测试机械臂动作需分析部件运动,必须考虑结构	不可视为质点	×

2. 【答案】 A

【精析】

A	笔尖由 a 点经 b 点回到 a 点的过程中,初位置和末位置相同,位移为零	✓
B	笔尖由 a 点经 b 点回到 a 点的过程中,轨迹长度不为零,则路程不为零	×
C	两次过 a 点时轨迹的切线方向不同,则速度方向不同	×
D	摩擦力方向与笔尖的速度方向相反,则两次过 a 点时摩擦力方向不同	×

3. 【答案】 B

【精析】 动车运动的时间为  $t = \frac{60}{60} \times 70 \text{ s} = 70 \text{ s}$ , 动车行驶的距离为  $x = \frac{v_0}{2}t = \frac{10}{2} \times 70 \text{ m} = 350 \text{ m}$ , 故选 B.

4. 【答案】 C

【精析】 速度是对物体位置变化快慢的描述, B、D 错误; 根据题中  $x$  与  $t$  的关系式可知,  $t=0$  时, 质点位于  $x_0=1 \text{ m}$  处,  $t=1 \text{ s}$  时, 质点位于  $x_1=6 \text{ m}$  处, 因此质点在第 1 s 内的位移为  $\Delta x = x_1 - x_0 = 5 \text{ m}$ , A 错误, C 正确.

5. 【答案】 C

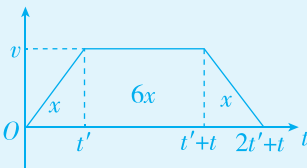
【精析】 设车的最大速度为  $v$ , 根据匀变速直线运动的规律可知加速过程和减速过程的平均速度均为  $\frac{v}{2}$ , 且

时间相等, 均为  $t=2 \text{ s}$ , 根据  $x = 2 \times \frac{v}{2}t$ , 可得  $v = 1 \text{ m/s}$ , 则加速度  $a = \frac{v}{t} = \frac{1}{2} \text{ m/s}^2 = 0.5 \text{ m/s}^2$ , 故选 C.

6. 【答案】 A

【精析】 设匀加速直线运动的时间为  $t'$ , 匀速运动时的速度为  $v$ , 匀加速直线运动阶段, 由位移公式有  $x = \frac{v}{2}t'$ , 根据逆向思维, 匀减速直线运动阶段的位移等于匀加速直线运动阶段的位移, 则匀速直线运动阶段有  $8x - x - x = vt$ , 联立解得  $t' = \frac{t}{3}$ , 再根据  $x = \frac{1}{2}at'^2$ , 解得  $x = \frac{1}{18}at^2$ , B、C、D 错误, A 正确.

一题多解 图像法: 图线斜率等于加速度大小,  $v-t$  图像面积等于位移大小



$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{v}{t'} \\ x &= \frac{1}{2}vt' \\ 6x &= vt \end{aligned} \right\} x = \frac{1}{18}at^2$$

7. 【答案】 C

【精析】 由题知当列车的任一部分处于隧道内时, 列车速率都不允许超过  $v (v < v_0)$ , 则列车头部进隧道前必须减速到  $v$ , 有  $v = v_0 - 2at_1$ , 解得  $t_1 = \frac{v_0 - v}{2a}$ , 在隧道内做匀速运动, 有  $t_2 = \frac{L+l}{v}$ , 列车尾部出隧道后立即加速到  $v_0$ , 有  $v_0 = v + at_3$ , 解得  $t_3 = \frac{v_0 - v}{a}$ , 则列车从减速开始至回到正常行驶速率  $v_0$  所用时间至少为  $t = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{3(v_0 - v)}{2a} + \frac{L+l}{v}$ , 故选 C.

8. 【答案】 B

【精析】 对普通列车, 5 次加速、减速的总时间  $t_1 = \frac{10v_1}{a} = 600 \text{ s}$ , 5 次加速和减速的总位移  $x_1 = \frac{v_1 t_1}{2} = 9 \text{ km}$ , 匀速运动的时间  $t_2 = \frac{x - x_1}{v_1} = 9 \frac{11}{12} \text{ h}$ ; 对高铁列车, 5 次加速、减速的总时间  $t_1' = \frac{10v_2}{a} = 1800 \text{ s}$ , 5 次加速和减速的总位移  $x_1' = \frac{v_2 t_1'}{2} = 81 \text{ km}$ , 匀速运动的

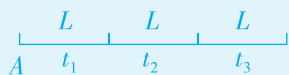
时间  $t_2' = \frac{x-x_1'}{v_2} = 3 \frac{1}{12} \text{ h}$ ; 节省时间  $\Delta t = t_1 + t_2 - t_1' - t_2' = 6 \frac{1}{2} \text{ h}$ , 选项 B 正确.

### 9. 【答案】 A

**【精析】** 木板在斜面上所受合力  $F = mg \sin \theta$  不变, 则木板的加速度不变, 木板从静止释放到下端到达 A 点的过程, 有  $L = \frac{1}{2} a t_0^2$ , 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  $2L = \frac{1}{2} a t_1^2$ , 当木板长度为  $2L$  时, 有  $3L = \frac{1}{2} a t_2^2$ , 又  $\Delta t_1 = t_1 - t_0$ ,  $\Delta t_2 = t_2 - t_0$ , 联立解得  $\Delta t_2 : \Delta t_1 = (\sqrt{3} - 1) : (\sqrt{2} - 1)$ , A 正确.

**一题多解** 二级结论—初速度为零的匀变速直线运动的推论

逆向考虑, 可认为木板静止不动, 质点 A 向上做初速度为零的匀加速直线运动, 通过连续相等的位移  $L$  所用时间之比为  $t_1 : t_2 : t_3 = 1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2})$ , 如图所示, 则  $\Delta t_2 : \Delta t_1 = (t_2 + t_3) : t_2 = (\sqrt{3} - 1) : (\sqrt{2} - 1)$ .



### 10. 【答案】 B

**【精析】** 石块自由下落做自由落体运动, 与质量无关, 则下落 1 s 后速度为  $v_1 = v_2 = gt = 10 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ s} = 10 \text{ m/s}$ , 故选 B.

### 11. 【答案】 D

**【精析】** 铯原子团先做竖直上抛运动, 后做自由落体运动, 加速度不变,  $v-t$  图像是一条倾斜的直线, A、B 错误; 取竖直向上为正方向, 加速度方向一直竖直向下, 加速度的数值一直为负值且恒定, C 错误, D 正确.

### 12. 【答案】 A

**【精析】** 所给图像表示篮球从一定高度由静止下落后的反弹情况, 起初速度由零变为负值, 表示篮球下落; 然后速度突变为正值, 表示篮球落地反弹; 接着速度由正值减小, 表示篮球上升; 当速度等于零时, 篮球到达最高点; 之后重复上述过程. 由图像可知, 篮球后一次反弹的速度都比前一次的小, 说明篮球第一次反弹后上升到的最高点是所有上升过程中能达到的最高点, 故 a 点对应篮球位置最高, A 正确.

## 【思维方法——公式法】

题目中所涉及的物理量	没有涉及的物理量	适宜选用公式
$v_0, v, a, t$	$x$	$v = v_0 + at$
$v_0, a, t, x$	$v$	$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$
$v_0, v, a, x$	$t$	$v^2 - v_0^2 = 2ax$
$v_0, v, x, t$	$a$	$x = \frac{v+v_0}{2} t$

每个公式含有不相同的四个物理量, 合理选择公式, 可快速解题

## 高频考点 2 直线运动图像 追及相遇问题

### 1. 【答案】 C

**【精析】** 一个质点做直线运动, 它在任意时刻都只能对应一个速度和一个位置, 故 C 正确, A、B、D 错误.

### 2. 【答案】 D

**【精析】** 在  $x-t$  图像中, 斜率表示速度, 根据题意可知速度先增大后减小, 故斜率先增大后减小, 由于速度方向没有发生变化, 所以位移持续增大, 故 D 正确.

### 3. 【答案】 C

**【精析】**  $v-t$  图像中图线与横轴围成的面积表示位移, 故可得  $x = (74 - 25 + 94) \times 20 \times \frac{1}{2} \text{ m} = 1430 \text{ m}$ , 故选 C.

**一题多解** 根据图像可知, 列车在  $0 \sim 25 \text{ s}$  内做匀加速直线运动, 位移为  $x_1 = \frac{0+20}{2} \times 25 \text{ m} = 250 \text{ m}$ ; 在  $25 \sim 74 \text{ s}$  内做匀速直线运动, 位移为  $x_2 = 20 \times (74 - 25) \text{ m} = 980 \text{ m}$ ; 在  $74 \sim 94 \text{ s}$  内做匀减速直线运动, 位移为  $x_3 = \frac{20+0}{2} \times (94 - 74) \text{ m} = 200 \text{ m}$ ; 因此两站间的距离  $x = x_1 + x_2 + x_3 = 1430 \text{ m}$ , 故 C 正确.

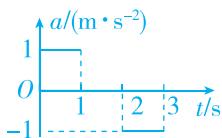
### 4. 【答案】 D

**【精析】**  $v-t$  图像的斜率表示加速度, 由题图可知  $0 \sim t_1$  时间内, 训练后运动员的平均加速度比训练前的小, 故 A 错误;  $v-t$  图像与横坐标轴围成的面积表示位移的大小, 由题图可知  $0 \sim t_2$  时间内, 训练前运动员跑过的距离比训练后的大, 故 B 错误;  $v-t$  图像与横坐标轴围成的面积表示位移的大小, 由题图可知  $t_2 \sim t_3$  时间内, 训练后运动员的位移比训练前的大, 根据平均速度等于位移与时间的比值, 可知训练后运动员的平均速度大, 故 C 错误; 根据  $v-t$  图像可知,  $t_3$  时刻后运动员训练前

速度减小,做减速运动,运动员训练后速度增大,做加速运动,故 D 正确.

5. [答案] A

[精析] 根据牛顿第二定律和题图的  $F-t$  图画出如图所示的  $a-t$  图像,可知机器人在  $0\sim 1\text{ s}$  和  $2\sim 3\text{ s}$  内加速度大小均为  $1\text{ m/s}^2$ ,方向相反,由  $v-t$  图线的斜率表示加速度可知, A 正确.



6. [答案] A

[精析]  $v-t$  图像的斜率表示加速度,  $0\sim t_1$  时间内加速度为负且恒定,速度为正,加速度方向与速度方向相反,故  $0\sim t_1$  时间内汽车做匀减速直线运动,故 A 正确;  $t_1\sim t_2$  内汽车做匀速直线运动,故 B 错误;  $0\sim t_1$  内汽车的加速度为负,  $t_2\sim t_3$  内汽车的加速度为正,故  $0\sim t_1$  和  $t_2\sim t_3$  内,汽车加速度方向相反,故 C 错误;  $0\sim t_1$  和  $t_2\sim t_3$  内汽车的速度均为正,速度方向相同,故 D 错误.

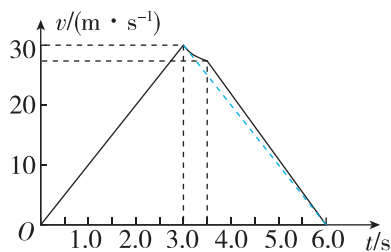
7. [答案] BC

[精析]

A	甲、乙在 $t_0$ 时刻之前位移没有相等的时刻,即两人在 $t_0$ 时刻之前不能相遇	×
B	甲、乙在 $t_0$ 时刻之前图像有交点,即此时位移相等,即两人在 $t_0$ 时刻之前能再次相遇	✓
C	因 $v-t$ 图像与 $t$ 轴围成的面积表示位移大小,则甲、乙在 $t_0$ 时刻之前位移有相等的时刻,即两人能再次相遇	✓
D	因 $v-t$ 图像与 $t$ 轴围成的面积表示位移大小,由图像可知在 $t_0$ 时刻之前甲的位移始终大于乙的位移,则两人不能相遇	×

8. [答案] D

[精析] 依题意可知  $0\sim 3.0\text{ s}$  内汽车做匀加速直线运动,平均速度大小  $v_1 = \frac{0+30}{2}\text{ m/s} = 15\text{ m/s}$ ,故选项 A 错误;  $3.0\sim 3.5\text{ s}$  内  $v-t$  图线为曲线,说明汽车做非匀变速运动,故选项 B 错误;在  $v-t$  图像中图线与时间轴所围面积表示位移大小,在图中作一条辅助线(如图中斜虚线所示),可判断出  $3.0\sim 6.0\text{ s}$  内的位移要大于  $0\sim 3.0\text{ s}$  内的位移,故选项 C 错误;结合图中数据可知,  $0\sim 3.0\text{ s}$  内的加速度大小为  $a_1 = \frac{30-0}{3}\text{ m/s}^2 = 10\text{ m/s}^2$ ,  $3.5\sim 6.0\text{ s}$  内的加速度大小约为  $a_2 = \left| \frac{0-27}{2.5} \right|\text{ m/s}^2 = 10.8\text{ m/s}^2$ ,故选项 D 正确.

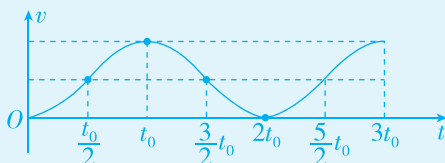


9. [答案] BD

[精析] 质点在  $0\sim t_0$  时间内从静止出发先做加速度增大的加速运动再做加速度减小的加速运动,此过程一直向前加速运动;  $t_0\sim 2t_0$  时间内加速度与速度方向相反,先做加速度增大的减速运动再做加速度减小的减速运动,由  $a-t$  图像与时间轴所围面积表示速度变化量可知,  $2t_0$  时刻速度减为零,  $0\sim 2t_0$  时间内一直向前运动;  $2t_0\sim 3t_0$  时间内的运动重复  $0\sim t_0$  时间内的运动,质点也一直向前运动, A、C 错误, B 正确.  $\frac{t_0}{2}\sim \frac{3}{2}t_0$  内速度的变化量为零,因此  $\frac{t_0}{2}$  时刻的速度与  $\frac{3}{2}t_0$  时刻的速度相同, D 正确.

一题多解 图像法:

在初速度为 0 的直线运动中,  $a-t$  图像中图线与时间轴围成图形的面积表示速度的变化量,故利用  $a-t$  图像画出  $v-t$  图像,如图所示,可知 B、D 正确;在  $v-t$  图像中图线与时间轴围成的图形的面积表示位移大小,可知  $0\sim 3t_0$  时间内,质点运动方向未变,一直在远离原点, A、C 错误.



10. [答案] AC

[精析] 由于水平面光滑,故两小球均做匀速直线运动,若两小球能相遇,绘出两小球的运动轨迹如图甲

所示,则根据正弦定理有  $\frac{v_2 t_1}{\sin(2\alpha+\theta)} = \frac{v_2' t_1}{\sin\theta} = \frac{v_1(t_1+t_2)}{\sin[180^\circ-2(\alpha+\theta)]}$ , 已知  $v_2' = \frac{1}{2}v_2$ , 解得  $v_1 = \frac{v_2 \sin(2\alpha+2\theta)}{\sin(2\alpha+\theta)+2\sin\theta}$ , 对此式进行变形得  $v_1 = \frac{v_2 \sin(2\alpha+2\theta)}{\sin(2\alpha+2\theta-\theta)+2\sin\theta} = \frac{v_2 \sin(2\alpha+2\theta)}{\sin(2\alpha+2\theta)\cos\theta - \sin\theta\cos(2\alpha+2\theta)+2\sin\theta} = \frac{v_2}{\cos\theta - \sin\theta \frac{\cos(2\alpha+2\theta)}{\sin(2\alpha+2\theta)} + \sin\theta \frac{2}{\sin(2\alpha+2\theta)}} = \frac{v_2}{\cos\theta + \sin\theta \cdot \frac{2 - \cos(2\alpha+2\theta)}{\sin(2\alpha+2\theta)}}$ , 构造函数  $f(\beta) =$

$\frac{2-\cos\beta}{\sin\beta}$ , 它表示以原点为圆心、半径为1的圆上的点和点(2,0)的连线与x轴所成夹角 $\delta$ 的余切值,如图乙所示,当 $\beta=60^\circ$ 时,该夹角 $\delta$ 最大,此时 $f(\beta)$ 有最小值,为 $\sqrt{3}$ ,即 $f(\beta) \geq \sqrt{3}$ ,所以 $v_1 =$

$$\frac{v_2}{\cos\theta + \sin\theta} \cdot \frac{2-\cos(2\alpha+2\theta)}{\sin(2\alpha+2\theta)} \leq \frac{v_2}{\cos\theta + \sqrt{3}\sin\theta}$$

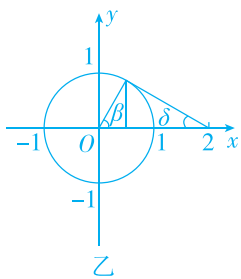
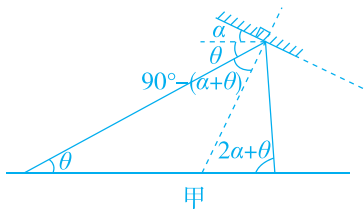
当 $2\alpha+2\theta=60^\circ$ 时, $v_1$ 取得最大值.因此,若 $\theta=15^\circ$ ,则当 $\alpha=15^\circ$ 时, $v_1$ 取得最大值,为 $v_{1\max} =$

$$\frac{2\text{ m/s}}{\cos 15^\circ + \sqrt{3}\sin 15^\circ} = \frac{2\text{ m/s}}{2\sin 45^\circ} = \sqrt{2}\text{ m/s}, \text{选项 A 正确, B 错误;}$$

若 $\theta=30^\circ$ ,则当 $\alpha=0^\circ$ 时, $v_1$ 取得最大值,为 $v_{1\max} =$

$$\frac{2\text{ m/s}}{\cos 30^\circ + \sqrt{3}\sin 30^\circ} = \frac{2\text{ m/s}}{2\sin 60^\circ} = \frac{2}{3}\sqrt{3}\text{ m/s},$$

选项 C 正确, D 错误.



**一题多解** 特殊值法快速求解:由多选分析,可知

A、B选项二选一,C、D选项二选一,为双选;

(1)分析 A、B选项:代入数据 $\theta=15^\circ, v_2=2\text{ m/s}, v_2'=1\text{ m/s}$ ,根据正弦定理得

$$\frac{2t_1}{\sin(2\alpha+15^\circ)} = \frac{t_2}{\sin 15^\circ} = \frac{(t_1+t_2)v_1}{\sin(2\alpha+30^\circ)}$$

A:代入数据 $\alpha=15^\circ$ ,得 $v_1=\sqrt{2}\text{ m/s}$ ,A选项正确;

B:代入数据 $\alpha=0^\circ$ ,得 $v_1=\frac{1}{3\sin 15^\circ}\text{ m/s}$ ,B选项错误;

(2)分析 C、D选项:同理代入数据 $\theta=30^\circ, v_2=2\text{ m/s}, v_2'=1\text{ m/s}$ ,得

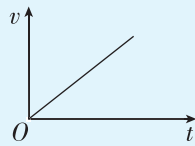
$$\frac{2t_1}{\sin(2\alpha+30^\circ)} = \frac{t_2}{\sin 30^\circ} = \frac{(t_1+t_2)v_1}{\sin(2\alpha+60^\circ)}$$

C:代入数据 $\alpha=0^\circ$ ,得 $v_1=\frac{2}{3}\sqrt{3}\text{ m/s}$ ,C选项正确;

D:代入数据 $\alpha=15^\circ$ ,得 $v_1=(8-4\sqrt{3})\text{ m/s}$ ,D选项错误.

## 【思维方法——图像法】

### 1. $v-t$ 图像法



(1)物理意义:反映了做直线运动的物体速度随时间变化的规律.

(2)图线斜率的意义

①图线斜率的大小表示物体运动的加速度的大小.

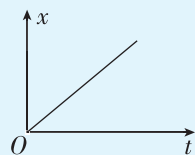
②图线斜率的正负表示加速度的方向.

(3)图像与时间轴围成的“面积”的意义

①图像与时间轴围成的面积表示位移的大小.

②若此面积在时间轴的上方,表示这段时间内的位移方向为正;若此面积在时间轴的下方,表示这段时间内的位移方向为负.

### 2. $x-t$ 图像法



(1)物理意义:反映了做直线运动的物体位移随时间变化的规律.

(2)图线斜率的意义

①图线斜率的大小表示物体速度的大小.

②图线斜率的正负表示物体速度的方向.

## 实验一 研究匀变速直线运动规律

### 1. 【答案】(1)相邻 1 s 内的位移之差近似相等

(2)547 (3)79

**【精析】**(1)第 1 s 内的位移为 507 m,第 2 s 内的位移为 587 m,第 3 s 内的位移为 665 m,第 4 s 内的位移为 746 m,第 5 s 内的位移为 824 m,第 6 s 内的位移为 904 m,相邻 1 s 内的位移之差近似相等,可判断飞行器在这段时间内做匀加速运动;

(2)当  $x=507\text{ m}$  时,飞行器的速度等于 0~2 s 内的平均速度,则  $v=\frac{1094}{2}\text{ m/s}=547\text{ m/s}$ ;

(3)由逐差法  $\Delta x = aT^2$  得  $a = \frac{x_{36} - x_{03}}{9T^2} = \frac{4233 - 1759 - 1759}{9 \times 1^2}\text{ m/s}^2 \approx 79\text{ m/s}^2$ .

2. 【答案】(1)刻度尺 (2)1.5

(3)  $\frac{2d(\Delta t_1 - \Delta t_2)}{\Delta t_1 \cdot \Delta t_2(\Delta t_1 + \Delta t_2)}$  (4)光栅板受到空气阻力的作用

作用

【精析】(1)本实验需要得出每段遮光带(或透光带)通过光电传感器时的平均速度来表示遮光带(或透光带)经过光电传感器中间时刻的瞬时速度,所以需要测量遮光带或透光带的宽度  $d$ ,故本实验还需要刻度尺.

(2)编号为3的遮光带的宽度和经过光电传感器的时间均已知,  $v_3 = \frac{d}{\Delta t_3}$ ,代入数据解得  $v_3 =$

$$\frac{4.5 \times 10^{-2} \text{ m}}{30.00 \times 10^{-3} \text{ s}} = 1.5 \text{ m/s}.$$

(3)遮光带通过光电传感器的平均速度  $v_1 = \frac{d}{\Delta t_1}$ ,透光

带通过光电传感器的平均速度  $v_2 = \frac{d}{\Delta t_2}$ ,速度由  $v_1$  变

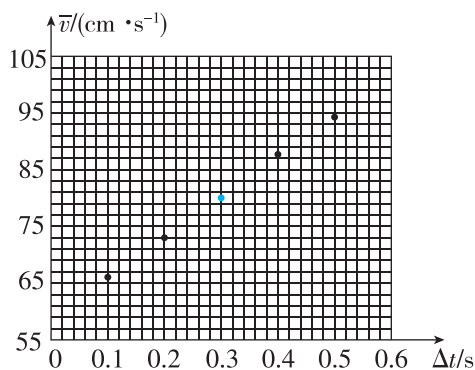
化到  $v_2$  所用的时间  $\Delta t = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2}$ ,由匀变速直线运动的规律  $v_2 = v_1 + g \cdot \Delta t$ ,可求得当地的重力加速

$$g = \frac{2d(\Delta t_1 - \Delta t_2)}{\Delta t_1 \cdot \Delta t_2(\Delta t_1 + \Delta t_2)}.$$

(4)可能存在空气阻力作用;光栅板并非完全竖直放置等.

3. 【答案】(1)24.00 80.0 (2)如图所示

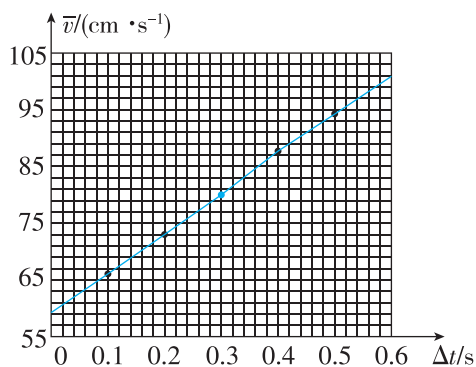
(3)70.0 59.0 (4) $b = 2k$



【精析】(1)根据纸带的数据可得  $\Delta x_{AD} = \Delta x_{AB} + \Delta x_{BC} + \Delta x_{CD} = 6.60 \text{ cm} + 8.00 \text{ cm} + 9.40 \text{ cm} = 24.00 \text{ cm}$ ,平均速度为  $\bar{v}_{AD} = \frac{\Delta x_{AD}}{3T} = 80.0 \text{ cm/s}$ .

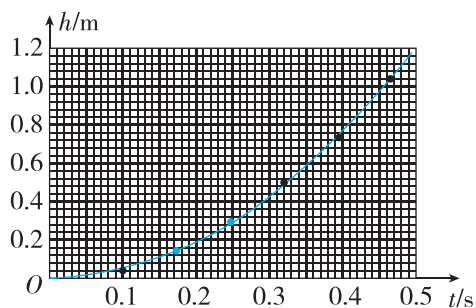
(2)根据(1)的结果补全图丙中实验点,如图所示.

(3)从实验结果可知,小车运动的  $\bar{v}-\Delta t$  图线可视为一条直线,图像如图所示,此直线用方程  $\bar{v} = k\Delta t + b$  表示,由图像可知其中  $k = \frac{101.0 - 59.0}{0.6} \text{ cm/s}^2 = 70.0 \text{ cm/s}^2$ ,  $b = 59.0 \text{ cm/s}$ .



(4)小车做匀变速直线运动,由位移公式  $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ ,整理得  $\frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2} a t$ ,即  $\bar{v} = v_A + \frac{1}{2} a t$ ,故根据图像斜率和截距可得  $v_A = b$ ,  $a = 2k$ .

4. 【答案】(4)如图所示 (5)非线性 (6)9.83



【精析】(4)由表中数据在图乙中描点画图,如图所示.  
(5)由绘制的  $h-t$  图线可知,下落高度随时间的变化是非线性关系.

(6)如果长直木条做自由落体运动,则满足  $h = \frac{1}{2} g t^2$ ,由  $h = 4.916 t^2$  (SI),可得  $\frac{1}{2} g = 4.916 \text{ m/s}^2$ ,解得  $g = 9.832 \text{ m/s}^2 \approx 9.83 \text{ m/s}^2$ .

5. 【答案】(1)2.205 (3) $1.0 \times 10^{-2}$

(4)  $\frac{\pi(\rho - \rho_0) g D^2}{6v}$  (5)减小

【精析】(1)根据图甲可知小球直径  $D = 2 \text{ mm} + 20.5 \times 0.01 \text{ mm} = 2.205 \text{ mm}$ .

(3)由图乙可知 A、E 两点间的距离为  $x = (7.02 - 5.00) \times 10^{-2} \text{ m} = 2.02 \times 10^{-2} \text{ m}$ ,时间为  $t = 4t_0 = 4 \times 0.5 \text{ s} = 2 \text{ s}$ ,所以速度为  $v = \frac{x}{t} = \frac{2.02 \times 10^{-2} \text{ m}}{2 \text{ s}} \approx 1.0 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ .

(4)小球匀速运动,根据受力平衡有  $\rho g V = \rho_0 g V + F_f$ ,求得体积公式为  $V = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D}{2}\right)^3$ ,整理可得  $k =$

$$\frac{(\rho - \rho_0) g V}{Dv} = \frac{\pi(\rho - \rho_0) g D^2}{6v}.$$

(5)根据(4)可知  $v \propto D^2$ ,所以换成直径更小的同种材质小球,速度将减小.

高频考点1 受力分析 力的合成与分解

1. [答案] C

[精析]

A	鱼儿吞食花瓣时,假设鱼儿受力平衡,鱼儿就会保持静止状态或者匀速直线运动状态	×
B	鱼儿摆尾出水时,在水里的体积很小,其浮力小于重力	×
C	鱼儿摆尾击水时,鱼尾对水有作用力,根据牛顿第三定律可知,鱼尾会受到水的反作用力	✓
D	研究鱼儿摆尾跃出水面的具体动作,不能将其看作质点	×

2. [答案] CD

[精析]

A	选手和楠竹在湖面减速滑行,速度在变化,根据牛顿第二定律可知合力不为零	×
B	楠竹在水平方向有加速度,在竖直方向选手对楠竹有压力,水平方向有摩擦力,所以选手对楠竹的作用力的方向不是竖直向下的	×
C	选手手持划杆可降低自身与划杆整体的重心,重心越低物体越稳定,所以选手更易保持平衡	✓
D	选手和划杆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选手受到楠竹作用力的方向应该在同一竖直面上	✓

3. [答案] D

[精析]

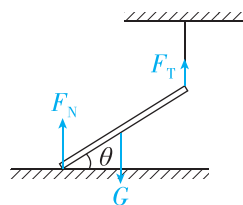
A	当运动员双臂夹角增大时,根据力分解的原理,每只手臂需要承担的竖直方向的分力不变,因此,双臂夹角越大,每只手臂受力越大	×
B	杠铃重 $G = mg = 1210 \text{ N}$ ,双臂对称支撑时每臂所受竖直方向的分力大小为 $605 \text{ N}$ ,所以每只手臂所受合力大于 $605 \text{ N}$	×

(续表)

C	根据牛顿第三定律,杠铃对手臂的压力和手臂对杠铃的支持力大小相等、方向相反、作用在不同的物体上,是相互作用力	×
D	在加速举起杠铃的过程中,运动员和杠铃整体具有向上的加速度,根据牛顿第二定律有 $F_{支} - m_{总}g = m_{总}a$ ,因此在加速举起杠铃过程中,地面对人的支持力大于人与杠铃总重力	✓

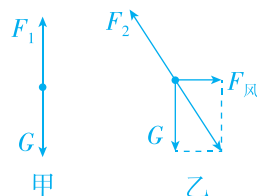
4. [答案] D

[精析] 对钢管受力分析,如图所示,若钢管受到地面的摩擦力,则钢管水平方向受力不平衡,钢管不可能处于静止状态,则地面对钢管左端的摩擦力大小为零,故A、B、C错误,D正确.



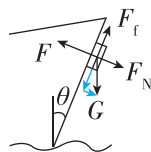
5. [答案] A

[精析] 底部巨石对风动石的作用力为支持力和静摩擦力的合力,无风时风动石的受力情况如图甲所示,  $F_1 = G$ ;风动石受到水平风力作用时,受力情况如图乙所示,根据力的平衡条件可知  $F_2 > G$ . 故选项A正确.



6. [答案] C

[精析] 机器人的重力按照沿壁面和垂直于壁面的方向分解(如图所示).沿壁面方向上有  $G \cos \theta = F_f$ ;垂直于壁面方向上有  $F = F_N + G \sin \theta$ ,选项C正确.



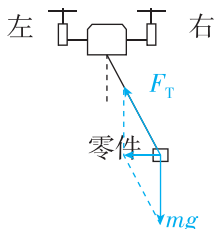
7. [答案] D

[精析] 根据滑动摩擦力的公式  $F_f = \mu F_N$ ,可知滑动摩

摩擦力的大小与接触面积无关,只与接触面的粗糙程度和压力大小有关,由题可知三个货箱各表面材质和粗糙程度均相同,压力大小也相同,故摩擦力相同,即  $F_{f1} = F_{f2} = F_{f3}$ ,故**选 D**.

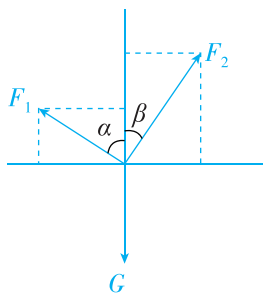
### 8. 【答案】 D

**【精析】** 无人机沿水平方向飞行,零件相对于无人机静止,则零件也沿水平方向飞行,故零件的高度不变,可知零件的重力势能保持不变, **D 正确**;对零件受力分析如图所示,其受重力和绳子的拉力,所受合外力沿水平方向,故零件水平向左做匀加速直线运动,即无人机水平向左做匀加速直线运动, **A、B 错误**;惯性的的大小只与质量有关,零件的质量不变,故零件的惯性不变, **C 错误**.



### 9. 【答案】 D

**【精析】** 根据平衡条件可知在水平方向  $F_1$  的分力与  $F_2$  的分力大小相等,即  $F_1 \sin \alpha = F_2 \sin \beta$ ,由题可知  $\alpha > \beta$ ,且  $\alpha, \beta$  都是锐角,所以  $F_1 < F_2$ ,又  $\cos \alpha < \cos \beta$ ,则在竖直方向  $F_1$  的分力  $F_1 \cos \alpha$  小于  $F_2$  的分力  $F_2 \cos \beta$ , **D 正确**.



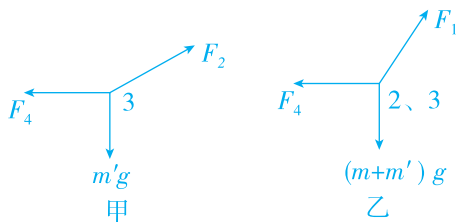
### 10. 【答案】 B

**【精析】** 对曲辕犁,力  $F$  在水平方向及竖直方向的分力分别为  $F_{1x} = F \sin \alpha, F_{1y} = F \cos \alpha$ ,对直辕犁,力  $F$  在水平方向及竖直方向的分力分别为  $F_{2x} = F \sin \beta, F_{2y} = F \cos \beta$ ,因  $\alpha < \beta$ ,故  $F_{1x} < F_{2x}, F_{1y} > F_{2y}$ ,故 **A 错误, B 正确**;耕索对犁的拉力与犁对耕索的拉力是一对作用力和反作用力的关系,它们大小相等,故 **C、D 错误**.

### 11. 【答案】 D

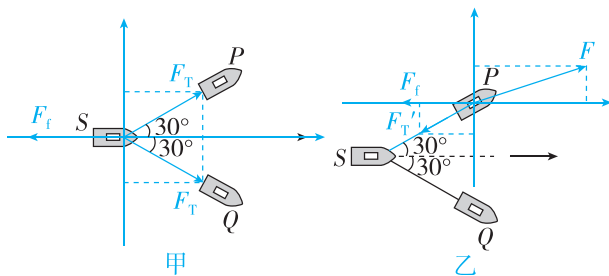
**【精析】** 六块形状完全相同的石块组成半圆对应的圆心角为  $180^\circ$ ,每块石块对应的圆心角为  $30^\circ$ ,对石块 3

受力分析如图甲所示,可知  $\tan 60^\circ = \frac{F_4}{m'g}$ ,对石块 2 和石块 3 整体受力分析如图乙所示,  $\tan 30^\circ = \frac{F_4}{(m+m')g}$ ,解得  $\frac{m}{m'} = 2$ ,故**选 D**.



### 12. 【答案】 B

**【精析】** 对货船 S 受力分析如图甲所示,其中  $F_T$  为绳的拉力,根据正交分解法可得  $2F_T \cos 30^\circ = F_f$ ,对拖船 P 受力分析如图乙所示,其中  $F$  为发动机提供的动力,有  $(F_T' \sin 30^\circ)^2 + (F_f + F_T' \cos 30^\circ)^2 = F^2$ ,根据牛顿第三定律可知  $F_T' = F_T$ ,联立解得  $F = \frac{\sqrt{21}}{3} F_f$ ,故 **B 正确**.



### 【思维方法——正交分解法】

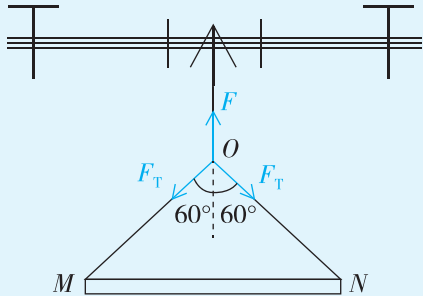
建立直角坐标系	以力的作用点为原点建立直角坐标系,标出 $x$ 轴和 $y$ 轴
将各个力分解	将与坐标轴成角度的力分解成沿 $x$ 轴和 $y$ 轴方向的分力,各力沿 $x$ 轴方向的分力分别为 $F_{1x}, F_{2x}, F_{3x}, \dots$ 各力沿 $y$ 轴方向的分力分别为 $F_{1y}, F_{2y}, F_{3y}, \dots$
求出 $x$ 轴和 $y$ 轴方向上的合力	$x$ 轴方向的合力 $F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \dots$ $y$ 轴方向的合力 $F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \dots$
求出合力的大小和方向	合力大小 $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$ ; 设合力 $F$ 与 $x$ 轴方向的夹角为 $\theta$ , 则 $\tan \theta = \frac{F_y}{F_x}$

### 高频考点 2 物体平衡问题

#### 1. 【答案】 B

**【精析】** 以钢管为研究对象,设轻绳的拉力为  $F_T$ ,根据对称性可知两边绳子拉力相等,根据平衡条件有  $2F_T \cos 60^\circ = mg$ ,可得  $F_T = mg$ ,故**选 B**.

**一题多解** 以钢管和轻绳整体为研究对象,其受到重力和缆绳的拉力,由二力平衡可知缆绳的拉力  $F=mg$ ,以结点  $O$  为研究对象,其受到缆绳的拉力和两端轻绳的拉力而平衡,根据对称性可知三个拉力大小相等,故  $MO$  的弹力大小  $F_T=F=mg$ ,故 B 正确.

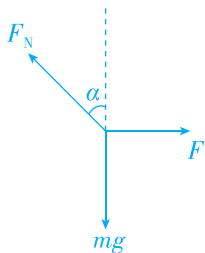


2. 【答案】 D

**【精析】** 对“嫦娥五号”探测器受力分析有  $F_N=mg_{月}$ , 则对一条腿有  $F_{N1}=\frac{1}{4}F_N=\frac{1}{4}mg_{月}=\frac{mg}{24}$ , 根据牛顿第三定律可知每条腿对月球表面的压力大小为  $\frac{mg}{24}$ , 故选 D.

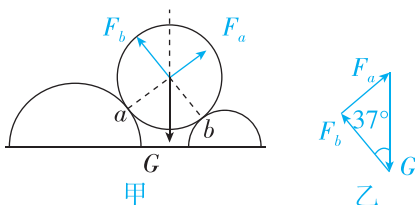
3. 【答案】 D

**【精析】** 设球的半径为  $R$ , 球与横杆接触点到球心的连线和竖直方向的夹角为  $\alpha$ , 根据几何知识可得  $\sin \alpha = \frac{1.8R-R}{R} = 0.8$ , 对球进行受力分析如图所示, 根据平衡条件得  $F_N \cos \alpha = mg$ , 解得  $F_N = \frac{5}{3}mg$ , 根据牛顿第三定律得球对横杆的压力大小为  $F_N' = F_N = \frac{5}{3}mg$ , 故选 D.



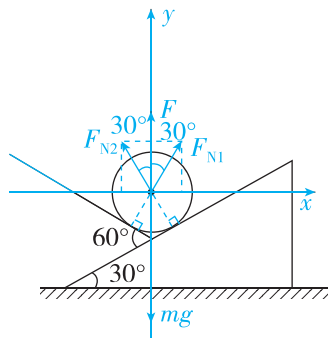
4. 【答案】 D

**【精析】** 根据题意, 圆柱体的受力分析如图甲所示, 并得到力的矢量三角形如图乙所示, 根据几何关系可知  $F_a = G \sin 37^\circ = 0.6G$ ,  $F_b = G \cos 37^\circ = 0.8G$ , 选项 D 正确.



5. 【答案】 A

**【精析】** 对球体受力分析如图所示.



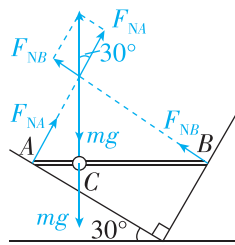
拉力大小  $F=1.0\text{ N}$   
 小球重力  $mg=0.20 \times 10\text{ N}=2\text{ N}$

x轴方向:  
 $F_{N1} \sin 30^\circ = F_{N2} \sin 30^\circ$   
 y轴方向:  
 $F_{N1} \cos 30^\circ + F_{N2} \cos 30^\circ + F = mg$

$F_{N1} = \frac{\sqrt{3}}{3}\text{ N}$   
 A正确

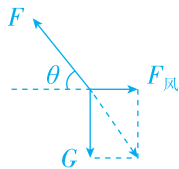
6. 【答案】 B

**【精析】** 对轻杆和小球组成的系统进行受力分析, 设左、右两侧斜面对杆 AB 支持力的大小分别为  $F_{NA}$ 、 $F_{NB}$ , 如图所示, 由平衡条件有  $F_{NA} = mg \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$ , 选项 B 正确.



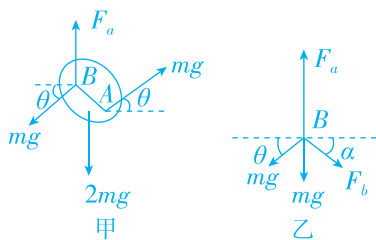
7. 【答案】 A

**【精析】** 由于飘带可视为粗细一致的匀质长绳, 设单位长度绳子的质量为  $m$ . 因所处范围内风速水平向右、大小恒定且不随高度改变, 设单位长度绳子受风力为  $k$ . 飘带上任意选取一点 P, 以 P 点及 P 以下的部分飘带为研究对象, 其长度为  $x$ , 其重力为  $G = mgx$ , 风力为  $F_{风} = kx$ , 绳子拉力为  $F$ , 受力分析如图所示, 重力与风力的合力与水平方向的夹角为  $\theta$ , 则  $\tan \theta = \frac{G}{F_{风}} = \frac{mgx}{kx} = \frac{mg}{k}$ , 因为  $\tan \theta$  处处相等, 所以当飘带稳定时呈直线状态, 选项 A 正确.



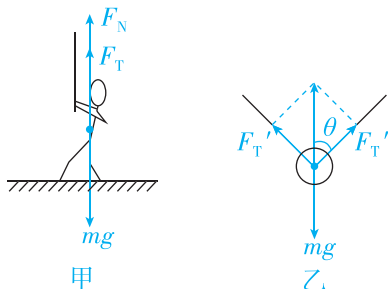
8. 【答案】 D

**【精析】** 对 A、B 整体受力分析, 如图甲所示, 根据平衡条件可知  $F_a = 2mg = 1\text{ N}$ ; 对 B 球受力分析, 设  $F_b$  与水平方向夹角为  $\alpha$ , 如图乙所示, 根据平衡条件可知  $F_b \cos \alpha = mg \cos 30^\circ$ ,  $F_b \sin \alpha = F_a - mg - mg \sin 30^\circ$ , 联立解得  $\alpha = 30^\circ$ ,  $F_b = mg = 0.5\text{ N}$ , 选项 D 正确.



9. 【答案】 B

【精析】 对人受力分析如图甲所示,则有  $F_N + F_T = mg$ ,其中工人对绳的拉力和绳对工人的拉力是一对作用力与反作用力, A 错误, B 正确;对左边滑轮受力分析如图乙所示,则有  $F_T' = \frac{mg}{2\cos\theta}$ ,随着将重物缓慢提起,  $\theta$  逐渐增大,则  $F_T'$  逐渐增大, C、D 错误。

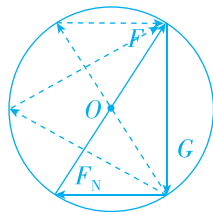


10. 【答案】 C

【精析】 滑块由 A 到 B 缓慢移动,则重力沿凹槽切线的分力与  $F$  大小相等,设凹槽切线与水平面的夹角为  $\theta$ ,  $F = mg \sin \theta$ ,  $\theta$  角逐渐增大,则推力  $F$  逐渐增大,故 A 错误;凹槽对滑块的支持力  $F_{N1} = mg \cos \theta$ ,  $\theta$  角逐渐增大,凹槽对滑块的支持力减小,故 B 错误;由受力分析可知滑块在 A 点墙面对凹槽的压力为 0,在 B 点墙面对凹槽的压力也为 0,中间任意位置时墙面对凹槽有压力,则可知墙面对凹槽的压力先增大后减小,故 C 正确;以滑块和凹槽整体为研究对象,有  $F_N + F \sin \theta = (M + m)g$ ,  $\theta$  角逐渐增大,水平地面对凹槽的支持力减小,故 D 错误。

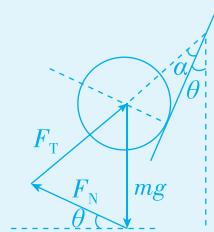
11. 【答案】 B

【精析】 设两绳子对圆柱体的拉力的合力为  $F$ ,绳子拉力为  $F_T$ ,两绳子之间的夹角为  $2\theta$ ,则  $2F_T \cos \theta = F$ ,可得  $F_T = \frac{F}{2\cos\theta}$ ,画出矢量三角形,如图所示,  $G$  为圆柱体重力,  $F_N$  为所受支持力.因为  $F$  和  $F_N$  的夹角保持不变,矢量三角形处在以斜边中点(初始时  $F$  中点)为圆心的外接圆中,在将木板以底边  $MN$  为轴向后方缓慢转动直至水平过程中,可判断出  $F_N$  先增大后减小,  $F$  逐渐减小,进而推出  $F_T$  不断减小。



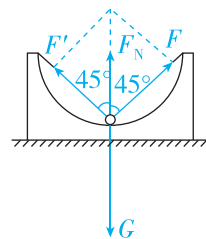
一题多解 正弦定理(拉密定理法)

圆柱体受到竖直向下的重力  $mg$ ,设两绳对圆柱体拉力的合力大小为  $F_T$ ,与木板的夹角为  $\alpha$ (不变),木板对圆柱体的支持力大小为  $F_N$ .当木板转动角度  $\theta$  ( $0^\circ < \theta \leq 90^\circ$ ) 时,平移三个力矢量组成矢量三角形(如图所示),有  $\frac{F_N}{\sin(\alpha + \theta)} = \frac{F_T}{\sin(90^\circ - \theta)} = \frac{mg}{\sin(90^\circ - \alpha)}$ ,即  $\frac{F_N}{\sin(\alpha + \theta)} = \frac{F_T}{\cos\theta} = \frac{mg}{\cos\alpha}$ ;在角  $\theta$  由  $0^\circ$  增大到  $90^\circ$  的过程中,可知  $F_T$  一直减小,两绳上的拉力一直减小,选项 C、D 错误;在  $\alpha + \theta = 90^\circ$  时  $F_N$  最大,故  $F_N$  先增大后减小,选项 B 正确, A 错误。



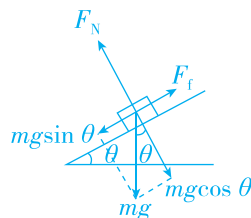
12. 【答案】 B

【精析】 小球始终位于内壁最低点,对小球进行受力分析,如图所示,小球受到重力  $G$ 、两段绳子的拉力  $F$  和凹槽的支持力  $F_N$ ,当凹槽底部对小球支持力为零时,拉力  $F$  最大,根据平衡条件有  $2F_m \cos 45^\circ = G$ ,解得  $F_m = \frac{\sqrt{2}}{2}G$ ,故选 B。



13. 【答案】 B

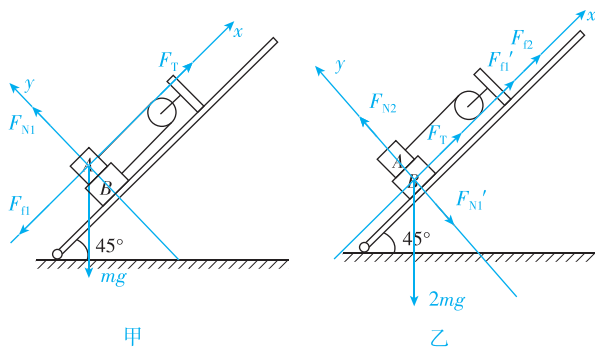
【精析】 人形机器人“天工”可以在斜坡上稳定站立和行走,对其进行受力分析,如图所示,应满足最大静摩擦力  $F_{fm} \geq mg \sin \theta$ ,因  $\theta \leq 30^\circ$ ,故  $F_{fm} \geq mg \sin 30^\circ$ ,又知最大静摩擦力等于滑动摩擦力,所以  $\mu mg \cos 30^\circ \geq mg \sin 30^\circ$ ,解得  $\mu \geq \frac{\sqrt{3}}{3}$ ,故 B 正确。



14. 【答案】 C

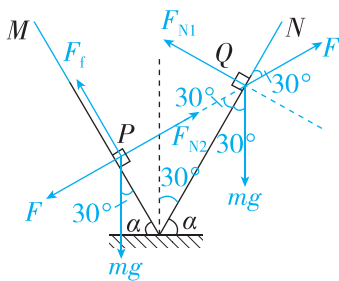
【精析】 B 物块有向下滑动的趋势, A 物块有向上滑动的趋势,对物块 A 受力分析如图甲所示,由平衡条

件可得  $F_T = mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta$ , 对物块 B 受力分析如图乙所示, 由平衡条件可得  $2mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta + F_T + 3\mu mg \cos \theta$ , 联立得  $\mu = \frac{1}{5}$ , 选项 C 正确.



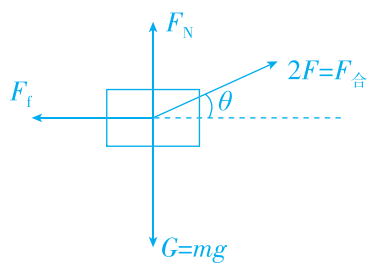
15. 【答案】D

【精析】滑块 Q 在光滑斜面 N 上静止, 则 P 与 Q 电性相同, 两者之间的库仑斥力设为 F, 对两滑块受力分析如图所示, 对 Q 滑块, 在沿着斜面方向有  $mg \cos 30^\circ = F \cos 30^\circ$ , 可得  $F = mg$ , 而对 P 滑块, 当 P 与 M 间的动摩擦因数最小时有  $F_{N2} = F + mg \sin 30^\circ$ ,  $F_f = \mu F_{N2}$ ,  $F_f = mg \cos 30^\circ$ , 联立解得  $\mu = \frac{\sqrt{3}}{3}$ , 故 D 正确.



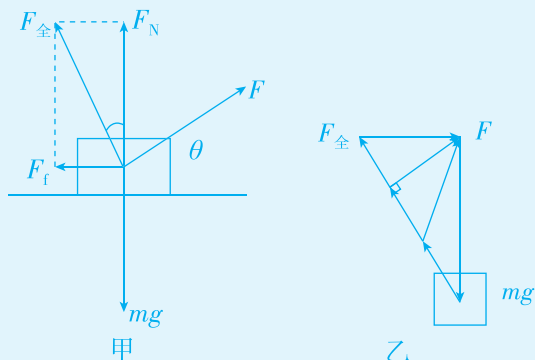
16. 【答案】B

【精析】对石墩受力分析, 如图所示, 设两根轻绳的拉力均为 F, 根据平衡条件, 有  $2F \cos \theta = F_f$ ,  $2F \sin \theta + F_N = mg$ , 且  $F_f = \mu F_N$ ,  $F_{\text{合}} = 2F$ , 联立解得  $F_{\text{合}} = \frac{\mu mg}{\cos \theta + \mu \sin \theta}$ , 选项 A 错误, B 正确;  $F_{\text{合}} = \frac{\mu mg}{\cos \theta + \mu \sin \theta} = \frac{\mu mg}{\sqrt{1 + \mu^2} \sin(\theta + \alpha)}$ , 其中  $\tan \alpha = \frac{1}{\mu}$ ,  $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ , 即  $\alpha$  是一个常数, 根据三角函数知识知, 减小夹角  $\theta$ ,  $\sin(\theta + \alpha)$  可能减小, 轻绳的合拉力  $F_{\text{合}}$  可能增大, 选项 C 错误; 根据  $F_{\text{合}}$  的表达式可知, 当  $\theta + \alpha = \frac{\pi}{2}$  时, 合拉力最小, 而摩擦力  $F_f = F_{\text{合}} \cos \theta = \frac{\mu mg \cos \theta}{\cos \theta + \mu \sin \theta} = \frac{\mu mg}{1 + \mu \tan \theta}$ , 当  $\theta = \frac{\pi}{2}$  时, 摩擦力最小, 即合拉力最小和摩擦力最小对应的  $\theta$  取值不同, 所以合拉力最小时, 摩擦力不是最小, 选项 D 错误.



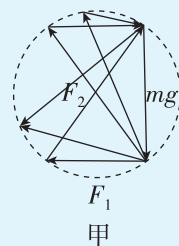
一题多解 二级结论法—摩擦角结论快速判断 C、D 选项

本题支持力与摩擦力垂直且成正比, 如图甲, 可将支持力  $F_N$  与滑动摩擦力  $F_f$  的合力叫作全反力, 在拉力 F 由水平变成竖直过程中, 若物体始终处于平衡状态, 则拉力 F 先减小后增大. 由动态画图法可知, 当拉力 F 与全反力  $F_{\text{全}}$  垂直时, 拉力 F 最小, 此时摩擦力不为零, 可快速判断 C、D 错误.

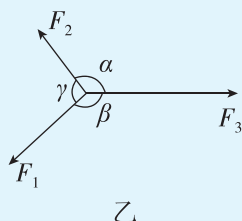


【模型建构——“一力恒定, 另外两力方向变化但夹角一定”的动态圆模型】

如图甲所示, 物体受三个共点力作用而平衡, 其中一力恒定, 另外两力方向一直变化, 但两力的夹角不变, 作出不同状态的矢量三角形, 利用两力夹角不变, 可以作出动态圆, 恒力为圆的一条弦, 根据不同位置判断各力的大小变化.



方法解读: 可采用正弦定理法  
如图乙所示, 物体受三个共点力作用而处于平衡状态, 则三个力中任意一个力的大小与另外两个力的夹角的正弦成正比, 即  $\frac{F_1}{\sin \alpha} = \frac{F_2}{\sin \beta} = \frac{F_3}{\sin \gamma}$ .



### 【思维方法——临界极值法】

题目中如出现“最大”“最小”“刚好”等词语时,一般隐含着临界问题,极值法是一种处理临界问题的有效方法,它是通过恰当选取某个变化的物理量将问题推向极端(“极大”“极小”“极右”“极左”等),从而把比较隐蔽的临界现象暴露出来,使问题明朗化,便于分析求解.

### 实验二 探究弹簧弹力与形变量的关系

1. 【答案】(1)13.14(13.13~13.15 均可) (4)49  
(5)0.028

【精析】(1)该刻度尺的分度值为 0.1 cm,应估读到分度值的后一位,故弹簧原长为 13.14 cm.

(4)由胡克定律可知  $mg + \rho Vg = kx$ ,化简可得  $x = \frac{\rho g}{k}V + \frac{mg}{k}$ ,由图像可知  $\frac{\rho g}{k} = 200 \text{ m}^{-2}$ ,代入数据解得该弹簧的劲度系数为  $k = 49 \text{ N/m}$ .

(5)由图可知  $\frac{mg}{k} = 0.0056 \text{ m}$ ,代入数据可得所用小桶质量为  $m = 0.028 \text{ kg}$ .

2. 【答案】(1)7.414(7.412/7.413/7.414 均可)  
(2)184 17.6

【精析】(1)根据螺旋测微器的读数法则有  $7 \text{ mm} + 41.4 \times 0.01 \text{ mm} = 7.414 \text{ mm}$ .

(2)当弹力为零时弹簧处于原长,即为 17.6 mm,将图反向延长与纵坐标的交点为 2.50 N,则根据胡克定律可知弹簧的劲度系数为  $k = \frac{\Delta F}{\Delta x} \approx 184 \text{ N/m}$ .

3. 【答案】(1)1.90 (2)质量的增加量 52  
(3)1.00 300

【精析】(1)根据图甲可知悬挂的钩码质量分别为 200 g 和 300 g 时,橡皮筋底端位置间的距离为 1.90 cm.

(2)根据图像可知钩码每增加相同的质量则橡皮筋增加相同的长度,故在所测范围内橡皮筋长度的增加量与所挂钩码的质量的增加量成正比.设橡皮筋原长为  $L_0$ ,劲度系数为  $k$ ,根据胡克定律  $F = kx$ ,其中  $F = mg$ , $x$  为橡皮筋长度的增加量.设悬挂质量为  $m_1$ 、 $m_2$  的钩码时,橡皮筋长度的增加量分别为  $x_1$ 、 $x_2$ ,则  $m_1g = kx_1$ , $m_2g = kx_2$ ,两式相减得  $(m_2 - m_1)g = k(x_2 - x_1)$ ,取  $m_1 = 200 \text{ g} = 0.2 \text{ kg}$ , $m_2 = 300 \text{ g} = 0.3 \text{ kg}$ , $\Delta x = x_2 - x_1 = 1.9 \text{ cm} = 1.9 \times 10^{-2} \text{ m}$ ,根据  $(m_2 - m_1)g = k(x_2 - x_1)$ ,可得  $k = \frac{(m_2 - m_1)g}{x_2 - x_1} = \frac{(0.3 - 0.2) \times 9.8}{1.9 \times 10^{-2}} \text{ N/m} \approx 52 \text{ N/m}$ .

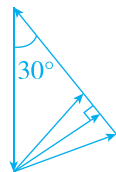
(3)根据图乙可知  $F = 1.00 \text{ N}$ ;设橡皮筋与竖直方向夹角为  $\theta$ ,对橡皮筋下端点进行受力分析有  $\tan \theta = \frac{F}{mg}$ ;

从图中可知  $\tan \theta \approx \frac{1}{3}$ ,结合  $F = 1.00 \text{ N}$ ,可得  $m \approx 0.30 \text{ kg}$ ,所以  $m = 300 \text{ g}$ .

### 实验三 探究两个互成角度的力的合成规律

1. 【答案】(1)106 偏大 (2)C (3)减小绳 1 与竖直方向的夹角

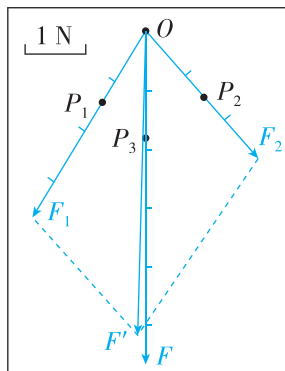
【精析】(1)测得  $x = 11.60 \text{ cm}$ ,由图乙可知,该芒果的质量为 106 g;若杯中放入芒果后,绳 1 与竖直方向夹角为  $30^\circ$  但与橡皮筋不垂直,根据共点力平衡可知橡皮筋的拉力变大,导致橡皮筋的长度偏大,若仍然根据图像读出芒果的质量,则芒果质量与  $m_0$  相比偏大.



(2)另一组同学利用同样方法得到的  $x-m$  图像在后半部分弯曲,可能是所测物体的质量过大,导致橡皮筋所受的弹力过大超过了弹性限度,从而使橡皮筋弹力与其伸长量不成正比.故选 C.

(3)根据共点力平衡条件可知,当减小绳 1 与竖直方向的夹角时,相同的物体质量对应橡皮筋的拉力较小,故用相同的橡皮筋,减小绳 1 与竖直方向的夹角可增大质量测量范围.

2. 【答案】(1)如图所示 (2)①没有做到弹簧测力计、细线、橡皮条都与木板平行;②读数时没有正视弹簧测力计



【精析】(1)按照给定的标度画出  $F_1$ 、 $F_2$  和  $F$  的图示,然后按平行四边形定则画出  $F_1$ 、 $F_2$  的合力  $F'$ ,如图所示.

(2) $F$  和  $F'$  不完全重合的误差可能是:①没有做到弹簧测力计、细线、橡皮条都与木板平行;②读数时没有正视弹簧测力计.

高频考点 1 牛顿运动定律的理解

1. 【答案】 B

【精析】

A	运动员要踢出香蕉球,则踢球的部分不同,足球飞行轨迹也有所变化,因此不能将足球视作质点	×
B	物体的惯性大小仅与其质量有关,足球在飞行、触网时其质量不变,因此惯性不变	✓
C	足球在飞行时,不再受到脚的作用力	×
D	触网时足球对网的力与网对足球的力属于相互作用力,即大小是相等的	×

2. 【答案】 AC

【精析】 根据题意可知  $\frac{a^2 b}{c^2}$  的单位为  $\frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{s}^2} = \text{kg} \cdot$

$(\text{m/s})^2$ , 结合动能公式  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  可知  $\text{kg} \cdot (\text{m/s})^2$

为能量单位,故 A 正确;同理  $\frac{ab^2}{c^2}$  的单位为

$\frac{\text{m} \cdot \text{kg}^2}{\text{s}^2} = \text{kg}^2 \cdot \text{m/s}^2$ , 根据  $F=ma$  可知  $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$  为

力的单位,故可知  $\text{kg}^2 \cdot \text{m/s}^2$  为力与质量的乘积的单位,故不是能量的单位,故 B 错误;

$\frac{d^2}{b}$  的单位为

$\frac{(\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1})^2}{\text{kg}} = \text{kg} \cdot (\text{m/s})^2$ , 根据前面 A 选项分析

可知该单位为能量单位,故 C 正确;

$\frac{b^2}{d}$  的单位为  $\frac{\text{kg}^2}{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}$ , 不是能量单位,故 D 错误。

3. 【答案】 A

【精析】 根据题意,由牛顿第二定律有  $F - mg = ma$ ,

代入数据解得  $a = \frac{6 \times 10^6 - 5 \times 10^6}{5 \times 10^5} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$ , 故

选 A。

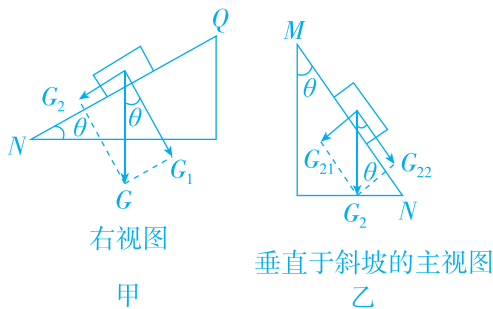
4. 【答案】 C

【精析】 由图可知相等时间内铁质小圆盘的位移先增大后减小,可知铁质小圆盘的速度先增大后减小,以向下为正方向,即铁质小圆盘的加速度先正后负,根据牛顿第二定律有  $G - F_f = ma$ ,可知  $F_f$  先小于  $G$ ,后大于  $G$ ,故选 C。

5. 【答案】 B

【精析】 将建筑材料的重力  $G$  分解,先分解为垂直于斜坡向下的力  $G_1$  和沿着斜坡向下的力  $G_2$ ,如图甲所示,再将沿着斜坡向下的力分解为垂直于挡板向下的力  $G_{21}$  和沿着挡板向下的力  $G_{22}$ ,如图乙所示,由图分析可知,  $G_1 = G \cos \theta = mg \cos \theta$ ,  $G_2 = G \sin \theta =$

$mg \sin \theta$ ,  $G_{21} = G_2 \sin \theta = mg \sin^2 \theta$ ,  $G_{22} = G_2 \cos \theta = mg \sin \theta \cos \theta$ , 则斜坡对建筑材料的摩擦力  $F_{f1} = \mu G_1 = \mu mg \cos \theta$ , 挡板对建筑材料的摩擦力  $F_{f2} = \mu G_{21} = \mu mg \sin^2 \theta$ , 两个摩擦力均沿着  $MN$  向上,根据牛顿第二定律有  $G_{22} - F_{f1} - F_{f2} = ma$ , 解得  $a = g \sin \theta \cos \theta - \mu g \cos \theta - \mu g \sin^2 \theta$ , 故选 B。



6. 【答案】 A

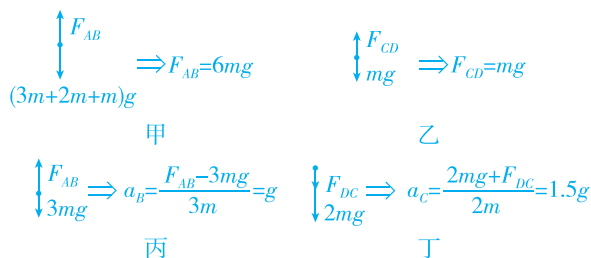
【精析】 缓慢拉至  $P$  点,保持静止,由平衡条件可知此时拉力  $F$ 、重力和两弹簧拉力的合力为零,此时两弹簧的合力大小为  $mg$ 。当撤去拉力,则小球从  $P$  点运动到  $O$  点的过程中两弹簧的拉力与重力的合力始终向下,小球一直做加速运动, A 正确, B 错误;小球从  $P$  点运动到  $O$  点的过程中,弹簧形变量变小,且两弹簧拉力夹角增大,故弹簧在竖直方向的合力不断变小,故小球所受合外力一直变小,加速度的最大值为刚撤去拉力时的加速度,由牛顿第二定律可知  $2mg = ma$ , 加速度的最大值为  $2g$ , C、D 错误。

7. 【答案】 B

【精析】 书放在水平桌面上,若书相对于桌面不滑动,则最大静摩擦力提供加速度有  $F_{fm} = \mu mg = ma_m$ , 解得  $a_m = \mu g = 4 \text{ m/s}^2$ , 书相对高铁静止,故若书不动,高铁的最大加速度为  $4 \text{ m/s}^2$ , 故选 B。

8. 【答案】 A

【精析】 将  $B$ 、 $C$  间的细线剪断前,  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  受力平衡,对  $B$ 、 $C$ 、 $D$  整体受力分析,如图甲所示,  $A$ 、 $B$  间弹簧的弹力  $F_{AB} = 6mg$ , 对  $D$  受力分析,如图乙所示,  $C$ 、 $D$  间弹簧的弹力  $F_{CD} = mg$ ; 剪断细线瞬间,细线无拉力,弹簧弹力不突变,对  $B$  受力分析,如图丙所示,则  $B$  所受的合力  $F_B = F_{AB} - 3mg = 3mg$ ,  $B$  的加速度大小  $a_B = \frac{F_B}{3m} = g$ , 对  $C$  受力分析,如图丁所示,则  $C$  所受的合力  $F_C = F_{CD} + 2mg = 3mg$ ,  $C$  的加速度大小  $a_C = \frac{F_C}{2m} = 1.5g$ , 故 A 正确。



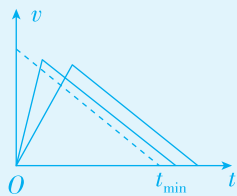
**一题多解** 剪断 B、C 间的细线前,各个小球均处于平衡状态,剪短该细线瞬间,该细线中的弹力消失,但弹簧中的弹力不变,因此 B、C 两球所受的合外力大小等于该细线中原来的弹力,由平衡条件可知,该细线中原来的弹力  $F_{BC} = 3mg$ ,所以剪断细线瞬间,B、C 两球的加速度大小分别为  $a_B = \frac{F_{BC}}{3m} = g$  和  $a_C = \frac{F_{BC}}{2m} = 1.5g$ ,故 A 正确.

9. 【答案】 B

**【精析】** 门板先在向右的外力作用下做匀加速直线运动,撤去外力后做匀减速直线运动,若外力比较大,加速时间很短,位移很小,可以忽略不计,此时门板的运动时间最短,撤去外力后根据牛顿第二定律有  $\mu mg = ma$ ,设撤去外力后门板运动时间为  $t$ ,运动的距离为  $\frac{L}{2} = \frac{1}{2}at^2$ ,可得门板的最短运动时间趋近于  $t =$

$$\sqrt{\frac{L}{\mu g}}, \text{B 正确.}$$

**一题多解** 图像法分析:门板先在拉力的作用下做加速运动,撤去拉力后做匀减速直线运动直到停止.门板做匀减速运动的加速度  $a$  一定,借助  $v-t$  图像分析(如图),由于门板运动的总位移大小一定,若开始拉力越大且加速时间越短,整个过程中门板运动的时间越短.由  $v-t$  图像知,若门板刚开始以极大的拉力在极短时间内获得一个较大的初速度,撤去拉力后门板仅在摩擦力作用下滑到右端,这种情况所用时间最短.撤去拉力后对门板的运动有  $\mu mg = ma$ ,由逆向思维有  $\frac{L}{2} = \frac{1}{2}at^2$ ,解得  $t = \sqrt{\frac{L}{\mu g}}$ ,选项 B 正确.



10. 【答案】 BC

**【精析】** 空气阻力与速率的关系为  $F_{阻} = kv^2$ ,飞行器以  $v_1 = 10 \text{ m/s}$  的速率匀速下落时,有  $Mg = kv_1^2$ ,飞行器以  $v_2 = 5 \text{ m/s}$  的速率匀速向上运动时,有  $F_{max} = Mg + kv_2^2$ ,联立解得发动机的最大推力为  $F_{max} = 1.25Mg$ ,A 错误;当飞行器以  $v_2 = 5 \text{ m/s}$  匀速水平飞行时,空气阻力和重力的合力大小  $F_2 = \sqrt{(Mg)^2 + (kv_2^2)^2} = \frac{\sqrt{17}}{4}Mg$ ,则发动机推力的大小为  $\frac{\sqrt{17}}{4}Mg$ ,B 正确;发动机以最大推力推动飞行器

匀速水平飞行时,飞行器受力平衡,将飞行器所受推力沿竖直方向和水平方向分解,可知竖直方向的分力与重力平衡,水平方向的分力与空气阻力平衡,则空气阻力  $kv_3^2 = \sqrt{F_{max}^2 - (Mg)^2} = \frac{3}{4}Mg$ ,解得  $v_3 = 5\sqrt{3} \text{ m/s}$ ,C 正确;当飞行器以  $v_2 = 5 \text{ m/s}$  的速率飞行时,要使加速度最大,应该向上飞行且以最大推力反向推动,此时有  $F_{max} + Mg + kv_2^2 = Ma_{max}$ ,解得最大加速度  $a_{max} = 2.5g$ ,D 错误.

11. 【答案】 AD

**【精析】** 设两滑块的质量均为  $m$ ,撤去拉力前,两滑块均做匀速直线运动,则拉力大小为  $F = 2\mu mg$ ,撤去拉力前对 Q 受力分析可知,弹簧的弹力为  $F_{T0} = \mu mg$ ,以向右为正方向,撤去拉力瞬间弹簧弹力不变,为  $\mu mg$ ,两滑块与桌面间仍然保持相对滑动,此时滑块 P 的加速度为  $-F_{T0} - \mu mg = ma_{P1}$ ,解得  $a_{P1} = -2\mu g$ ,此刻滑块 Q 所受的力不变,加速度仍为零,滑块 P 做减速运动,故 P、Q 间距离减小,弹簧的伸长量变小,弹簧弹力变小.根据牛顿第二定律可知 P 减速的加速度减小,滑块 Q 受到的合力增大,方向向左,向右做加速度增大的减速运动,故刚撤去拉力瞬间,P 的加速度最大,为  $2\mu g$ ,弹簧恢复原长时,Q 的加速度最大,有  $-\mu mg = ma_{Qm}$ ,解得  $a_{Qm} = -\mu g$ ,故滑块 Q 加速度大小的最大值为  $\mu g$ ,A 正确,B 错误.滑块 P、Q 水平向右运动,P、Q 间的距离在减小,故 P 的位移一定小于 Q 的位移,C 错误.滑块 P 在弹簧恢复到原长时的加速度为  $-\mu mg = ma_{P2}$ ,解得  $a_{P2} = -\mu g$ ,撤去拉力时,P、Q 的速度相等,滑块 P 开始时的加速度大小为  $2\mu g$ ,之后做加速度减小的减速运动,最后弹簧恢复原长时加速度大小为  $\mu g$ ;滑块 Q 开始的加速度为 0,之后做加速度增大的减速运动,最后弹簧恢复原长时加速度大小也为  $\mu g$ ,分析可知 P 的速度大小均不大于同一时刻 Q 的速度大小,D 正确.

**【思维方法——比较法】**

区分一对相互作用力与一对平衡力是利用牛顿第三定律解决问题的关键,平衡力是同一物体受到的一对力,其作用效果可以抵消,相互作用力是两个不同物体受到的一对力,二力分别作用在不同物体上,其作用效果不能抵消;牛顿第三定律的重要作用之一是转换研究对象,当根据已知条件无法直接求得物体受到的某作用力时,可以根据牛顿第三定律,先求得该力的反作用力.

**高频考点 2 牛顿运动定律的应用**

1. 【答案】 A

**【精析】** 此图像为电梯上升过程的速度随时间变化的图像,说明图像中大部分时间内的速度为竖直向上,由图像可知,速度为正表示方向向上,而速度图像的斜率表示加速度,则斜率为正表示加速度方向向上,斜率为

负表示加速度方向向下,由图像可知,电梯在 20.0 s 到 30.0 s 时间段内加速上升,在 30.0 s 到 40.0 s 时间段内匀速上升,在 40.0 s 到 50.0 s 时间段内减速上升,在 50.0 s 到 60.0 s 时间段内处于静止,故 **A 正确**。

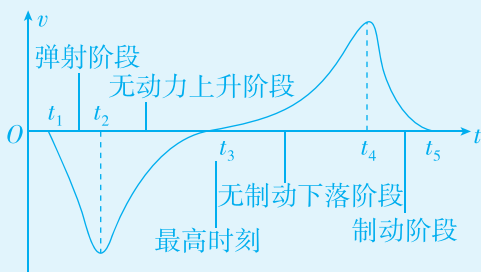
## 2. [答案] D

**【精析】** 位移—时间图像的斜率表示速度,  $0 \sim t_1$  时间内乘客的速度增大,乘客向下做加速运动,故加速度向下,乘客失重,得  $F_N < mg$ ,选项 A 错误;  $t_1 \sim t_2$  时间内乘客的速度不变,乘客做匀速运动,说明乘客处于平衡状态,得  $F_N = mg$ ,选项 B 错误;  $t_2 \sim t_3$  时间内乘客的速度减小,乘客向下做减速运动,故加速度向上,乘客超重,得  $F_N > mg$ ,选项 C 错误, **D 正确**。

## 3. [答案] B

**【精析】**  $t_1 \sim t_3$  时间内,  $F_f$  向下,先增大后减小,可知此时速度方向向上,先增大后减小,故实验舱先处于弹射过程后竖直向上做减速运动,故 A 错误;  $t_2 \sim t_3$  时间内,  $F_f$  向下在减小,可知此时速度方向向上,速度在减小,根据牛顿第二定律有  $mg + F_f = ma$ ,即  $a = \frac{F_f}{m} + g$ ,故加速度在减小,故 **B 正确**;  $t_3 \sim t_5$  时间内,  $F_f$  向上,先增大后减小,可知此时速度方向向下,先增大后减小,先向下加速后向下减速,加速度方向先向下后向上,先失重后超重,故 C 错误;根据前面分析可知  $t_3$  时刻速度方向改变,从向上变成向下运动,故  $t_3$  时刻到达最高点,故 D 错误。

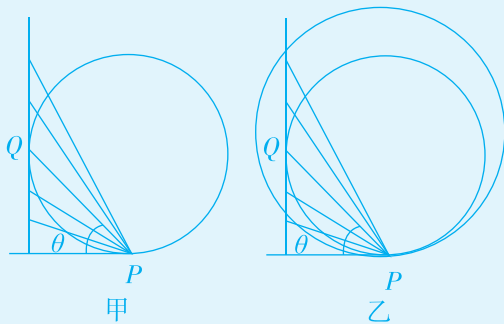
**一题多解** 根据“受到的空气阻力  $F_f$  的大小随速率增大而增大”,空气阻力随时间变化的图像可视为速率随时间变化的图像(定性图像)。由于速度不能突变,所以只有速度为零前后才可能速度反向,即速度图像中只能是  $t_3$  时刻前后速度才会反向,由此可知  $t_3$  时刻实验舱达到最高点,  $t_1 \sim t_3$  时间内,实验舱处于上升阶段,  $t_3 \sim t_5$  时间内,实验舱处于下降阶段, D 错误;速度图像中是以向下为正方向,斜率为正值时加速度向下,斜率为负值时加速度向上,由于图中  $t_1 \sim t_2$  时间内斜率为负,表示加速度向上,所以从  $t_1$  到  $t_2$ ,实验舱处于电磁弹射过程,从  $t_2$  到  $t_3$ ,实验舱处于减速上升阶段且加速度减小,而从  $t_3$  到  $t_5$ ,实验舱的加速度先向下后向上,所以实验舱内的物体先处于失重状态,后处于超重状态,故 A、C 错误, B 正确。



## 4. [答案] D

**【精析】** 假设 P 点到铁架台竖直杆的底端的水平距离为  $x$ , 则对物块沿平板加速下滑, 有  $\frac{x}{\cos \theta} = \frac{1}{2}gt^2 \sin \theta$ ,  $t = \sqrt{\frac{2x}{g \sin \theta \cos \theta}} = 2\sqrt{\frac{x}{g \sin 2\theta}}$ , 因为  $2\theta$  由  $60^\circ$  逐渐增大至  $120^\circ$  时,  $\sin 2\theta$  先增大后减小, 故时间先减小后增大, 故 **选 D**。

**一题多解** 画出以 P 为最低点且 PQ 为弦的圆, 将此题转化成等时圆模型, 根据等时圆模型的结论: ①从同一个圆上各点沿着弦下滑到圆的最低点(或从同一个圆的最高点沿着弦下滑到圆上各点)所用的时间相等; ②等时圆对应的半径越大则所用的时间越长。如图甲所示, 当  $\theta = 45^\circ$  时, 所用的时间最短, 如图乙所示,  $\theta$  不同时, PQ 弦对应的圆半径越大则所用的时间越长, 因此  $\theta$  由  $30^\circ$  逐渐增大至  $60^\circ$  的过程中, 物块的下滑时间  $t$  将先减小后增大, 选项 D 正确。



## 5. [答案] B

**【精析】** 物块在桌面上做匀变速直线运动, 加速度大小  $a = \mu g$ , 物块能从另一端滑落, 则物块到另一端的速度  $v > 0$ , 根据  $v = v_0 - at$ , 得  $v_0 > 10\mu$ , 根据题意有  $L = \frac{v_0 + v}{2}t$ , 得  $v_0 + v = 2 \text{ m/s}$ , 则  $v_0 < 2 \text{ m/s}$ ,  $\mu < 0.2$ , **B 正确**。

## 6. [答案] (1) $\frac{8}{3} \text{ m/s}^2$ (2) 12 m/s (3) 66 N

**【精析】** (1) 在 AB 段, 由运动学公式有  $v_1^2 = 2a_1x_1$

$$\text{解得 } a_1 = \frac{8}{3} \text{ m/s}^2$$

(2) 在 AB 段, 由运动学公式有  $v_1 = a_1t_1$

$$\text{解得 } t_1 = 3 \text{ s}$$

在 BC 段, 由运动学公式有  $x_2 = v_1t_2 + \frac{1}{2}a_2t_2^2$

$$t_2 = t_{\text{总}} - t_1$$

$$\text{联立解得 } a_2 = 2 \text{ m/s}^2$$

$$\text{故 } v = v_1 + a_2t_2 = 12 \text{ m/s}$$

(3) 在 BC 段, 由牛顿第二定律有  $mg \sin 15^\circ - F_f = ma_2$

$$\text{解得 } F_f = 66 \text{ N}$$

7. 【答案】(1)0.1 (2) $\frac{67}{185}$  m

【精析】(1)设电动机连接小车的缆绳张力为  $F_{T1}$ , 对电动机由能量守恒定律有

$$UI = I^2 R + F_{T1} v$$

解得  $F_{T1} = 7400$  N

小车和配重一起匀速运动, 设配重连接小车的缆绳的张力为  $F_{T2}$ , 对配重有

$$F_{T2} = m_0 g = 400$$
 N

设斜坡倾角为  $\theta$ , 小车和粮食沿斜坡匀速上行, 有

$$F_{T1} + F_{T2} = (m_1 + m_2) g \sin \theta + k(m_1 + m_2) g$$

而卸粮后给小车一个向下的初速度, 小车沿斜坡刚好匀速下行, 有

$$m_1 g \sin \theta = m_0 g + k m_1 g$$

联立各式解得  $\sin \theta = 0.5, k = 0.1$

(2)关闭发动机后小车和配重一起做匀减速直线运动, 设加速度大小为  $a$ , 对系统由牛顿第二定律有

$$(m_1 + m_2) g \sin \theta + k(m_1 + m_2) g - m_0 g = (m_1 + m_2 + m_0) a$$

$$\text{可得 } a = \frac{370}{67} \text{ m/s}^2$$

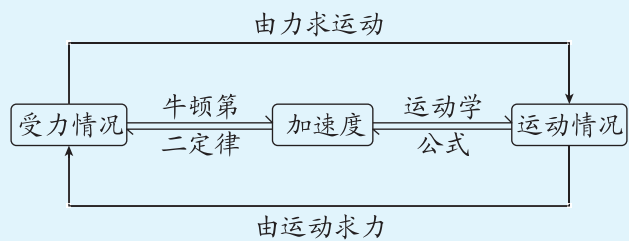
由运动学公式可知

$$v^2 = 2aL$$

$$\text{解得 } L = \frac{67}{185} \text{ m}$$

### 【思维方法——转化法】

以加速度为“桥梁”进行中间变量转化, 由运动学公式和牛顿第二定律列方程求解, 具体逻辑关系如图所示:



### 高频考点3 动力学图像问题

1. 【答案】D

【精析】设  $P$  的质量为  $M$ ,  $P$  与桌面间的滑动摩擦力为  $F_f$ , 绳的拉力为  $F_T$ , 以  $P$  为研究对象, 根据牛顿第二定律可得  $F_T - F_f = Ma$ , 以盘和盘中砝码为研究对象, 根据牛顿第二定律可得  $mg - F_T = ma$ , 联立可

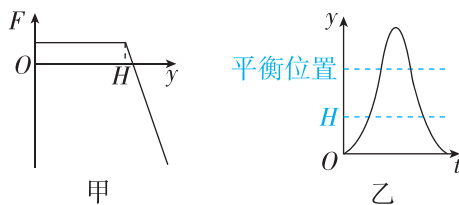
$$\text{得 } a = \frac{mg - F_f}{M + m} = \frac{g - \frac{F_f}{m}}{\frac{M}{m} + 1}$$

时, 才有一定的加速度, 当  $m$  趋于无穷大时, 加速度趋近于  $g$ , 故 D 正确.

2. 【答案】B

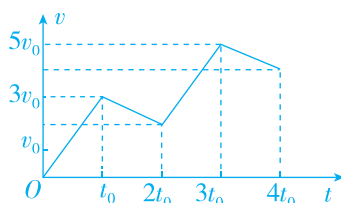
【精析】在木块下落  $H$  高度之前, 木块所受合外力为

木块的重力, 保持不变, 即  $F = mg$ , 当木块接触弹簧后, 合外力  $F = mg - kx$ , 其中  $x$  为弹簧压缩量且  $x = y - H$ ,  $F-y$  图像如图甲所示, 故 B 正确, A 错误; 在木块下落  $H$  高度之前, 木块做自由落体运动, 根据  $y = \frac{1}{2}gt^2$ , 知  $y-t$  图像为抛物线, 故 D 错误; 在  $O \sim H$  的过程中, 速度逐渐增大,  $y-t$  图像斜率逐渐增大, 当木块接触弹簧后到合外力为零前, 木块的速度继续增大, 所以  $y-t$  图像斜率继续增大, 从弹簧弹力开始大于木块的重力到最低点过程中  $F = kx - mg$ , 木块所受合外力向上, 木块速度减小, 所以  $y-t$  图像斜率减小, 到达最低点后, 木块向上运动, 经过以上分析可知,  $y-t$  图像大致为如图乙所示, 故 C 错误.



3. 【答案】AD

【精析】根据牛顿第二定律可知, 当拉力为  $2mg \sin \theta$  时, 滑块加速度  $a_1 = 3g \sin \theta$ , 方向沿斜面向下; 当拉力为  $-2mg \sin \theta$  时, 滑块加速度  $a_2 = -g \sin \theta$ , 方向沿斜面向上; 作出滑块沿斜面运动的  $v-t$  图像如图所示, 其中  $v_0 = g \sin \theta \cdot t_0$ . 根据  $v-t$  图像, 可判断出滑块一直沿斜面向下运动, 故选项 A 正确;  $4t_0$  时滑块速度不为零, 根据动量定理  $I_{\text{合}} = m \Delta v$  可知  $0 \sim 4t_0$  内滑块所受合外力的冲量不为零, 故选项 B 错误; 滑块在  $t_0$  时的速度大于在  $2t_0$  时的速度, 即滑块在  $t_0$  时的动量大于在  $2t_0$  时的动量, 故选项 C 错误; 根据  $v-t$  图线与  $t$  轴所围面积表示位移大小, 可判断出选项 D 正确.

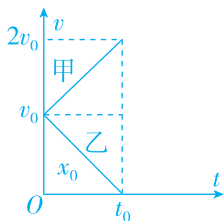


**一题多解** 排除法: 根据题中  $F-t$  图像与  $t$  轴所围图形的面积表示冲量可知,  $0 \sim 4t_0$  内,  $F$  的冲量  $I_F = 0$ , 又合外力的冲量  $I_{\text{总}} = I_F + I_G$ , 由于  $I_G \neq 0$ , 故  $I_{\text{总}} \neq 0$ , B 错误;  $t_0 \sim 2t_0$  内,  $F = -2mg \sin \theta$ , 有  $F + mg \sin \theta = ma$ , 可得  $a = -g \sin \theta$ , 方向沿斜面向上, 滑块沿斜面做匀减速直线运动, 则  $t_0$  时滑块的速度大于  $2t_0$  时的, 滑块质量不变, 故滑块在  $t_0$  时的动量大于在  $2t_0$  时的动量, C 错误; 此题为多选题, 应用排除法, 可知 A、D 正确.

4. 【答案】AD

【精析】根据  $x-t$  图像可画出甲、乙两物块的  $v-t$  图像, 结合  $v-t$  图像与  $t$  轴围成的面积表示位移, 可得  $t_0$  时

刻甲的速度大小为  $v=2v_0$ , B 错误; 又由  $v-t$  图像的斜率表示物体的加速度可知,  $a_{\text{甲}} = \frac{v_0}{t_0}$ ,  $a_{\text{乙}} = -\frac{v_0}{t_0}$ , 对甲由牛顿第二定律有  $mg \sin \theta - \mu_1 mg \cos \theta = ma_{\text{甲}}$ , 同理对乙有  $mg \sin \theta - \mu_2 mg \cos \theta = ma_{\text{乙}}$ , 联立可得  $\mu_1 + \mu_2 = 2 \tan \theta$ , A 正确; 设斜面的质量为  $M$ , 取水平向左为正方向, 由系统牛顿第二定律可得  $F_f = ma_{\text{甲}} \cos \theta + ma_{\text{乙}} \cos \theta = 0$ , 则  $t=t_0$  之前, 地面和斜面之间摩擦力为零, C 错误;  $t=t_0$  之后, 乙保持静止, 甲继续沿斜面向下加速, 由系统牛顿第二定律可得  $F_f = ma_{\text{甲}} \cos \theta$ , 即地面对斜面的摩擦力向左, D 正确。



### 【思维方法——图像分析法】

常见的动力学图像有  $v-t$  图像、 $a-t$  图像、 $F-t$  图像和  $F-a$  图像等。

(1) 图像问题常见的类型:

- ① 已知物体受到的力随时间变化的图线, 要求分析物体的运动情况;
- ② 由已知条件确定某物理量的变化图像。

(2) 解题策略:

- ① 问题实质是力与运动的关系, 解题的关键在于弄清图像斜率、截距、交点、拐点、面积的物理意义;
- ② 应用物理规律列出与图像对应的函数方程式, 进而明确“图像与公式”“图像与物体”间的关系, 以便对有关物理问题作出准确分析。

### 高频考点 4 连接体问题 (整体隔离法)

#### 1. 【答案】 A

【精析】 根据题意, 对整体应用牛顿第二定律有  $F = (M+m)a$ , 对空间站分析有  $F' = Ma$ , 解得  $F' = \frac{M}{M+m}F$ , 故选 A。

#### 2. 【答案】 A

【精析】 设物体与地面间的动摩擦因数为  $\mu$ , 小车拖动物体行驶的位移为  $x_1$  的过程中有  $F - F_f - \mu mg = (m+M)a_1$ ,  $v_1^2 = 2a_1x_1$ ,  $P_0 = Fv$ , 轻绳从物体上脱落后做匀减速直线运动有  $a_2 = \mu g$ ,  $v^2 = 2a_2(x_2 - x_1)$ , 联立解得  $P_0 = \sqrt{\frac{2F^2(F-F_f)(x_2-x_1)x_1}{(M+m)x_2 - Mx_1}}$ , 故选 A。

#### 3. 【答案】 C

【精析】 因为物块甲向右运动, 木箱静止, 根据相对运动可知, 甲对木箱的摩擦力方向向右, A 错误; 设乙运动的加速度为  $a$ , 竖直方向上只有乙有竖直向下的恒

定加速度, 对甲、乙和木箱, 由整体法可知, 竖直方向受力分析有  $F_N = M_{\text{总}}g - ma$ , 则地面对木箱的支持力大小不变, B 错误; 设绳子的拉力大小为  $F_T$ , 对甲受力分析有  $F_T - \mu mg = ma$ , 对乙受力分析有  $mg - F_T = ma$ , 联立解得  $a = 2.5 \text{ m/s}^2$ ,  $F_T = 7.5 \text{ N}$ , C 正确, D 错误。

#### 4. 【答案】 CD

【精析】 设杆的弹力为  $F_N$ , 对小球 A, 竖直方向受力平衡, 则杆水平方向的分力与竖直方向的分力满足  $\frac{F_{N_x}}{F_{N_y}} = \tan \theta$ , 竖直方向  $F_{N_y} = mg$ , 则  $F_{N_x} = mg \tan \theta$ , 若 B 球受到的摩擦力为零, 对 B 根据牛顿第二定律可得  $F_{N_x} = ma$ , 可得  $a = g \tan \theta$ , 对小球 A、B 和小车整体根据牛顿第二定律有  $F = 4ma = 4mg \tan \theta$ , A 错误; 若推力  $F$  向左, 根据牛顿第二定律可知加速度向左, 小球 A 所受向左的合力的最大值为  $F_{N_x} = mg \tan \theta$ , 对小球 B, 由于  $\tan \theta \leq \mu$ , 小球 B 受到向左的合力的最大值  $F_{\text{max}} = \mu(F_{N_y} + mg) - F_{N_x} \geq mg \tan \theta$ , 则对小球 A, 根据牛顿第二定律可得  $F_{N_x} = ma_{\text{max}}$ , 对系统整体根据牛顿第二定律有  $F = 4ma_{\text{max}}$ , 解得  $F = 4mg \tan \theta$ , B 错误; 若推力  $F$  向右, 根据牛顿第二定律可知加速度向左, 小球 A 所受向左的合力的最大值为  $F_{N_x} = mg \tan \theta$ , 小球 B 所受向左的合力的最大值  $F_{\text{max}} = (F_{N_y} + mg) \cdot \mu - F_{N_x} = 2\mu mg - mg \tan \theta$ , 由于  $\mu < \tan \theta \leq 2\mu$  可知  $F_{\text{max}} < mg \tan \theta$ , 则对小球 B, 根据牛顿第二定律有  $F_{\text{max}} = 2\mu mg - mg \tan \theta = ma_{\text{max}}$ , 对系统根据牛顿第二定律有  $F = 4ma_{\text{max}}$ , 联立可得  $F$  的最大值为  $F = 4mg(2\mu - \tan \theta)$ , C 正确; 若推力  $F$  向右, 根据牛顿第二定律可知系统整体加速度向右, 由于小球 A 可以受到左壁向右的支持力, 理论上向右的合力可以无限大, 因此只需要讨论小球 B 即可, 当小球 B 所受的摩擦力向左时, 小球 B 向右的合力最小, 此时  $F_{\text{min}} = F_{N_x} - (F_{N_y} + mg)\mu = mg \tan \theta - 2\mu mg$ , 当小球所受摩擦力向右时, 小球 B 向右的合力最大, 此时  $F_{\text{max}} = F_{N_x} + (F_{N_y} + mg)\mu = mg \tan \theta + 2\mu mg$ , 对小球 B 根据牛顿第二定律有  $F_{\text{min}} = ma_{\text{min}}$ ,  $F_{\text{max}} = ma_{\text{max}}$ , 对系统根据牛顿第二定律有  $F = 4ma$ , 代入小球 B 的加速度范围可得  $F$  的范围为  $4mg(\tan \theta - 2\mu) \leq F \leq 4mg(\tan \theta + 2\mu)$ , D 正确。

### 【思维方法——整体隔离法】

#### 1. 连接体运动特点

轻绳——轻绳在伸直状态下, 两端的连接体沿绳方向的速度总是相等的。

轻杆——轻杆平动时, 连接体具有相同的平动速度; 轻杆转动时, 连接体具有相同的角速度, 而线速度与转动半径成正比。

轻弹簧——在弹簧发生形变的过程中，两端连接体的速率不一定相等；在弹簧形变量最大时，两端连接体的速率相等。

2. (1) 连接体分析方法：整体法和隔离法。

(2) 选用整体法和隔离法的策略。

① 当各物体的运动状态相同时，宜选用整体法；当各物体的运动状态不同时，宜选用隔离法；

② 对较复杂的问题，通常需要多次选取研究对象，交替应用整体法与隔离法才能求解。

### 高频考点 5 传送带、滑块滑板类问题

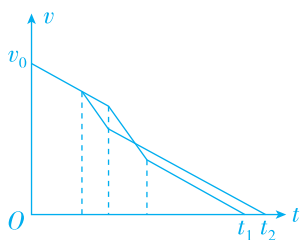
#### 1. 【答案】 A

【精析】 对两种运动的整个过程根据能量守恒定律有

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \mu_1 mgx_{MN} + \mu_2 mg(x_1 - x_{MN}), \quad \frac{1}{2}mv_0^2 =$$

$$\mu_1 mgx_{MN} + \mu_2 mg(x_2 - x_{MN}), \text{ 可得 } x_1 = x_2, \text{ 故 C、D 错误；}$$

根据牛顿第二定律得  $\mu mg = ma$ ，可得  $a = \mu g$ ，由于  $\mu_1 > \mu_2$ ，故滑块在 MN 上时的加速度大，根据前面分析可知两次运动的总位移相等，即两次运动过程中  $v-t$  图像与横轴围成的面积相等，由于第二次时滑块出发点距离 M 点较近，根据公式  $v_0^2 - v^2 = 2\mu_2 gx$  可知第二次到达 M 点时速度较大，作出整个过程中两种运动状态的  $v-t$  图像，可得  $t_2 > t_1$ ，故 A 正确，B 错误。



#### 2. 【答案】 BCD

【精析】  $0 \sim t_1$  时间内，木板的加速度为零，木板不动， $t_1 \sim t_2$  时间内，木板加速度增大，木板与物块一起加速，而  $t_2$  时刻之后木板加速度保持不变，说明物块与木板之间出现相对滑动。 $0 \sim t_1$  时间内物块与木板都静止， $t_1$  时刻，对物块和木板整体，有  $F_1 = F_{\text{地}} = \mu_1(m_1 + m_2)g$ ，A 错误； $t_2$  时刻对物块，有  $F_2 - \mu_2 m_2 g = m_2 a$ ，对木板，有  $\mu_2 m_2 g - \mu_1(m_1 + m_2)g = m_1 a$ ，联立可得  $F_2 = \frac{m_2(m_1 + m_2)}{m_1}(\mu_2 - \mu_1)g$ ，B 正确；

由于地面与木板之间先发生相对滑动，所以  $\mu_2 m_2 g > \mu_1(m_1 + m_2)g$ ， $\mu_2 > \frac{m_1 + m_2}{m_2} \mu_1$ ，C 正确； $0 \sim t_1$  时间内，木板和物块都不动，加速度为零， $t_1 \sim t_2$  时间内，木板与物块一起加速，所以  $0 \sim t_2$  时间内，木板与物块的加速度相等，D 正确。

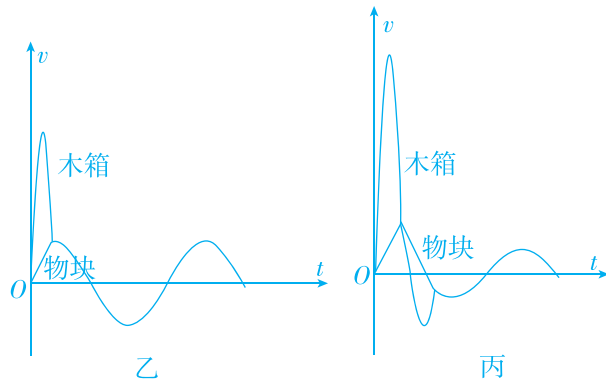
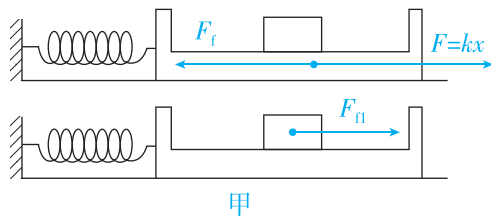
3. 【答案】 D

【精析】 设弹簧的最大弹力为  $F$ ，物块与木箱之间的最大静摩擦力为  $F_f$ ，木箱质量为  $M$ ，物块质量为  $m$ ，释放

后瞬间，分别对木箱和物块进行受力分析，如图甲所示，结合释放后物块在木箱上有滑动，且物块与木箱之间有摩擦，可知释放瞬间，弹簧的最大弹力  $F \geq F_f$ ，即物块受到滑动摩擦力，加速度不为零，A 错误；由于物块与木箱间有摩擦力且发生相对滑动，所以弹簧、物块与木箱组成的系统机械能会减少，弹簧最大弹力  $F$  会减小，对物块根据牛顿第二定律有  $F_f = ma$ ，对物块与木箱整体，根据牛顿第二定律有  $F = (m + M)a$ ，可得  $F = (m + M) \frac{F_f}{m}$ ，即弹簧的最大弹力减小到  $F =$

$(m + M) \frac{F_f}{m}$  后，物块与木箱一起做简谐运动，故 B 错误；

定性画出木箱与物块的速度—时间图像，如图乙、丙所示，木箱第一次到达最右端时，若二者已共速（图乙），即动摩擦因数较大的情况，则物块速度与木箱相同，均为零，若二者未共速（图丙），即动摩擦因数较小的情况，则物块所受摩擦力反向，物块减速，此时木箱速度为零，物块速度不为零，C 错误；物块和木箱第一次速度相同前，木箱的速度始终大于物块的速度，物块始终相对木箱向左滑动，受到向右的滑动摩擦力，大小和方向均不变，D 正确。



#### 4. 【答案】 ABD

【精析】  $v-t$  图像的斜率表示加速度，由图像可知  $t = 3t_0$  时刻木板的加速度发生改变，说明小物块在  $t = 3t_0$  时刻滑上木板，故 A 正确；设小物块和木板间的动摩擦因数为  $\mu_0$ ，根据题意结合图像可知小物块在  $t = 3t_0$

时刻开始滑上木板时的速度大小为  $v_0 = \frac{1}{2} \mu_0 g t_0 \cdot t_0$ 。

$3t_0 = \frac{3}{2} \mu_0 g t_0$ ，方向水平向左，小物块在木板上滑动的

加速度大小为  $a_0 = \frac{\mu_0 mg}{m} = \mu_0 g$ ，在  $t = 4t_0$  时刻小物块与木板的速度相同，即经过  $t_0$  时间与木板共速，此时

速度大小为  $v_{共} = \frac{1}{2}\mu g t_0$ , 方向水平向右, 可得  $\frac{v_0}{\mu_0 g} +$

$\frac{v_{共}}{\mu_0 g} = t_0$ , 解得  $\mu_0 = 2\mu$ , 故 B 正确; 设木板质量为  $M$ , 小物块质量为  $m$ , 根据图像可知小物块滑上木板前木板的

加速度大小为  $a = \frac{\frac{1}{2}\mu g t_0}{t_0} = \frac{1}{2}\mu g$ , 由牛顿第二定律

得  $F - \mu Mg = Ma$ , 解得  $F = \frac{3}{2}\mu Mg$ , 根据图像可知小

物块滑上木板后木板的加速度为  $a' = \frac{\frac{1}{2}\mu g t_0 - \frac{3}{2}\mu g t_0}{t_0} = -\mu g$ , 此时对木板由牛顿第二定律

得  $F - \mu(m+M)g - \mu_0 mg = Ma'$ , 联立解得  $\frac{m}{M} = \frac{1}{2}$ ,

故 C 错误; 假设  $t = 4t_0$  之后小物块和木板一起共速运动, 对整体有  $F - \mu(m+M)g = (m+M)a_{共}$ , 解得  $a_{共} = 0$ , 由于小物块此时所受的摩擦力  $F_f = ma_{共} < \mu_0 mg$ , 所以假设成立, 因  $a_{共} = 0$ , 说明  $t = 4t_0$  之后小物块和木板一起做匀速运动, 故 D 正确。

**一题多解**  $v-t$  图像的斜率表示加速度, 可知  $t = 3t_0$  时刻木板的加速度发生改变, 故小物块在  $t = 3t_0$  时刻滑上木板, 故 A 正确; 以水平向右为正方向, 设小物块和木板间动摩擦因数为  $\mu_0$ , 小物块和木板质量分别为  $m, M$ , 根据题意结合图像可知小物块开始滑上木板时的速度为  $v_0 = -\frac{3}{2}\mu g t_0$ , 共

速时速度为  $v_{共} = \frac{1}{2}\mu g t_0$ , 对小物块根据动量定理有  $\mu_0 m g t_0 = m v_{共} - m v_0$ , 解得  $\mu_0 = 2\mu$ , 故 B 正确; 根据  $v-t$  图中  $t_0$  时刻木板的速度可知, 小物块滑上

木板前木板的加速度为  $a = \frac{\frac{1}{2}\mu g t_0}{t_0} = \frac{1}{2}\mu g$ , 可得  $F - \mu Mg = Ma$ , 解得  $F = \frac{3}{2}\mu Mg$ , 对木板全过程应用动量定理, 有  $F \cdot 4t_0 - \mu Mg \cdot 3t_0 - \mu(M+m)g \cdot t_0 - \mu_0 m g t_0 = M v_{共}$ , 联立可解得  $\frac{m}{M} = \frac{1}{2}$ , 故

C 错误;  $t = 4t_0$  之后, 小物块与木板整体所受合外力为  $F - \mu(m+M)g = 0$ , 可知此时整体处于平衡状态, 小物块和木板一起做匀速运动, 故 D 正确。

## 5. 【答案】 C

**【精析】** 在  $0 \sim t_0$  时间内对小物块受力分析可知, 物块受重力、支持力、滑动摩擦力, 滑动摩擦力大于重力的下滑分力, 合力不变, 故做匀加速直线运动,  $t_0$  之后物块速度与传送带相同, 静摩擦力与重力的下滑分力相等, 加速度突变为零, 物块做匀速直线运动, C 正确, A、B、D 错误。

## 6. 【答案】 (1) $0.4 \text{ m/s}^2$ (2) $4.5 \text{ s}$

**【精析】** (1) 小包裹的速度  $v_2$  大于传送带的速度  $v_1$ , 所以小包裹受到传送带的摩擦力沿传送带向上, 根据牛顿第二定律有

$$\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma$$

$$\text{解得 } a = 0.4 \text{ m/s}^2$$

(2) 根据(1)可知小包裹开始阶段在传送带上做匀减速直线运动, 用时

$$t_1 = \frac{v_1 - v_2}{a} = \frac{1.6 - 0.6}{0.4} \text{ s} = 2.5 \text{ s}$$

在传送带上滑动的距离为

$$x_1 = \frac{1.6 + 0.6}{2} \times 2.5 \text{ m} = 2.75 \text{ m}$$

因为小包裹所受最大静摩擦力大于重力沿传送带方向上的分力, 即  $F_{fm} = \mu mg \cos \alpha > mg \sin \alpha$ , 所以小包裹与传送带共速后做匀速直线运动至传送带底端, 匀速运动的时间为

$$t_2 = \frac{L - x_1}{v_1} = \frac{3.95 - 2.75}{0.6} \text{ s} = 2 \text{ s}$$

所以小包裹通过传送带的时间为

$$t = t_1 + t_2 = 4.5 \text{ s}$$

## 7. 【答案】 (1) $\frac{I}{v_0}$ (2) $\frac{dI}{Mv_0 \Delta t}$ (3) $\frac{I(2v_0 + 9g \Delta t)}{2 \Delta t}$

**【精析】** (1) 对单个散货水平方向由动量定理有  $-I = 0 - mv_0$

解得单个散货的质量为  $m = \frac{I}{v_0}$

(2) 落入货箱中散货的个数为

$$N = \frac{M}{m} = \frac{Mv_0}{I}$$

则水平传送带的平均传送速度大小为

$$\bar{v} = \frac{d}{N \Delta t} = \frac{dI}{Mv_0 \Delta t}$$

(3) 设倾斜传送带的长度为  $L$ , 其中散货在加速阶段时, 由牛顿第二定律有

$$\mu mg \cos 30^\circ - mg \sin 30^\circ = ma$$

$$\text{解得 } a = \frac{1}{4}g$$

$$\text{加速时间 } t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{4v_0}{g}$$

$$\text{加速位移 } x_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{2v_0^2}{g}$$

设匀速时间为  $t_2$

$$\text{其中 } t_1 + t_2 = 9\Delta t$$

$$\text{则匀速位移为 } x_2 = v_0 t_2 = v_0 \left( 9\Delta t - \frac{4v_0}{g} \right)$$

故倾斜传送带的长度为

$$L = x_1 + x_2 = 9v_0 \Delta t - \frac{2v_0^2}{g}$$

# 答案速查

专题一	热点1	1.B 2.B	P1
	热点2	1.C 2.B 3.C 4.A 5.C	P1-2
	热点3	1.D 2.C 3.A	P2-4
	热点4	1.D 2.B 3.D 4.B 5.B 6.D	P4-5
专题二	热点1	1.D 2.C 3.C 4.C 5.A 6.A	P5-6
	热点2	1.A 2.B 3.A 4.C	P6
	热点3	1.C 2.D	P6-7
	热点4	1.A 2.C 3.B	P7
	热点5	1.BC 2.B 3.C 4.C 5.B	P7-8
	热点6	1.ABC	P8-9
专题三	热点1	1.B 2.B	P1
	热点2	1.C 2.B 3.C 4.A 5.C	P1-2
	热点3	1.D 2.C 3.A	P2-4
	热点4	1.D 2.B 3.D 4.B 5.B 6.D	P4-5
专题四	热点1	1.D 2.C 3.C 4.C 5.A 6.A	P5-6
	热点2	1.A 2.B 3.A 4.C	P6
	热点3	1.C 2.D	P6-7
	热点4	1.A 2.C 3.B	P7
	热点5	1.BC 2.B 3.C 4.C 5.B	P7-8
	热点6	1.ABC	P8-9
专题五	热点1	1.B 2.B	P1
	热点2	1.C 2.B 3.C 4.A 5.C	P1-2
	热点3	1.D 2.C 3.A	P2-4
	热点4	1.D 2.B 3.D 4.B 5.B 6.D	P4-5
专题六	热点1	1.D 2.C 3.C 4.C 5.A 6.A	P5-6
	热点2	1.A 2.B 3.A 4.C	P6
	热点3	1.C 2.D	P6-7
	热点4	1.A 2.C 3.B	P7
	热点5	1.BC 2.B 3.C 4.C 5.B	P7-8
	热点6	1.ABC	P8-9