

第三单元 牛顿运动定律

考点基础巩固卷 I

1. A 必刷知识 ▶ 加速度与力的关系

【深度解析】根据牛顿第二定律有 $F_1 = ma_1$, $F_2 = ma_2$, F_1 和 F_2 合力大小的取值范围为 $F_1 + F_2 \geq F \geq F_2 - F_1$, F_1 和 F_2 同时作用在该物体上, 则产生加速度大小的范围为 $a_1 + a_2 \geq a \geq a_2 - a_1$, 即 $1 \text{ m/s}^2 \leq a \leq 7 \text{ m/s}^2$, 故选 A。

2. A 必刷知识 ▶ 超重+失重+图像分析

【深度解析】小明在下蹲过程经历先向下加速再向下减速的过程, 即先失重后超重, 起立过程经历先向上加速再向上减速的过程, 即先超重后失重, 由题图知, 小明先下蹲后起立, 小明完成了 1 次下蹲和 1 次起立, a 点对应时刻 $F = mg$, 小明的加速度为零, 向下的速度达到最大, A 正确, B、D 错误; b 点对应时刻 $F < mg$, 所以小明处于失重状态, C 错误。

技巧必背

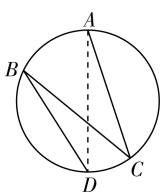
物体具有向上的加速度, 处于超重状态; 物体具有向下的加速度, 处于失重状态。

3. A 必刷知识 ▶ 超重和失重

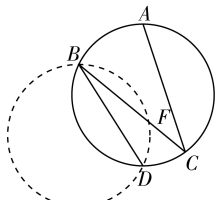
【深度解析】从物体 P 接触弹簧到压缩弹簧至最短的过程中, 弹簧弹力先小于重力, 物体 P 的合力方向向下, 加速度方向向下, 则物体处于失重状态, 弹簧弹力后大于重力, 物体 P 的合力方向向上, 加速度方向向上, 则物体 P 处于超重状态, A 正确, B 错误; 对 Q , 有 $F_N = m_Q g + F_{\text{弹}}$, 根据牛顿第三定律知, $F'_N = F_N$, 因为弹簧弹力逐渐增大, 所以物体 Q 对地面的压力一直增大, 弹簧弹力先小于 P 的重力后大于 P 的重力, 则物体 Q 对地面的压力先小于后大于 P 、 Q 两物体的总重力, C、D 错误。

4. C 必刷模型 ▶ 等时圆模型

【深度解析】如图甲所示, 连接 A 、 D 两点, 设 AC 与 AD 的夹角为 θ , 则 $AC = 2R \cos \theta$, 由牛顿第二定律得 $mg \cos \theta = ma$, 解得 $a = g \cos \theta$, 由匀变速直线运动规律得 $x = \frac{1}{2} at^2$, 联立解得 $t = 2\sqrt{\frac{R}{g}}$, 故运动时间与角度 θ 无关, BD 与 AC 的情形类似, 故 $t_1 = t_3$, 以点 B 为最高点画过 D 点的圆, 如图乙所示, 图中小球沿杆分别下滑到 D 、 F 的时间相等, 而 BC 比 BF 长, 下滑时间会长一点, 故 $t_2 > t_3$, C 正确, A、B、D 错误。



甲



乙

5. D 必刷题型 ▶ 牛顿第二定律+最大静摩擦力综合分析

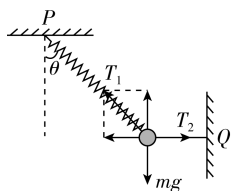
【深度解析】木箱水平运动时物块 A 的最大静摩擦力 $f_{m1} = \mu mg = 1.5 \text{ N}$, 木箱向右加速时, 以 A 为研究对象, 由牛顿第二定律得 $F - f_1 = ma_1$, 解得 $f_1 = 0.95 \text{ N} < f_{m1}$, 故物块 A 相对木箱静止, **A 错误**; 木箱向左加速时, 以 A 为研究对象, $f_2 - F = ma_2$, 解得 $f_2 = 1.45 \text{ N} < f_{m1}$, 故物块 A 相对木箱静止, **B 错误**; 木箱竖直向上做匀加速运动时, 以 A 为研究对象, 根据牛顿第二定律得 $F_N - mg = ma_3$, 解得底板对 A 的支持力大小为 $F_N = 6.5 \text{ N}$, 物块 A 的最大静摩擦力大小为 $f_{m2} = \mu F_N = 1.95 \text{ N} > 1.2 \text{ N}$, 故物块 A 相对木箱底板静止, **C 错误**; 木箱竖直向下做匀加速运动时, 以 A 为研究对象, 根据牛顿第二定律得 $mg - F'_N = ma_4$, 解得底板对 A 的支持力大小为 $F'_N = 3.5 \text{ N}$, 物块 A 的最大静摩擦力大小为 $f_{m3} = \mu F'_N = 1.05 \text{ N} < 1.2 \text{ N}$, 故物块 A 相对木箱底板向右运动, **D 正确**。

快解

设物块 A 刚好被拉动时加速度为 a_0 , 以向右为正方向, 由牛顿第二定律得 $F - \mu mg = ma_0$, 解得 $a_0 = -0.6 \text{ m/s}^2$, 加速度方向向左, 大小大于 0.6 m/s^2 时才会被拉动, **A、B 错误**; 向上竖直加速时, 物块 A 处于超重状态, 所受最大静摩擦力变大, 故物块 A 不会被拉动, **C 错误**; 向下竖直加速时, 物块 A 处于失重状态, 所受最大静摩擦力变小, 故物块 A 可能会被拉动, **D 正确**。

6. C 必刷考点 ▶ 瞬时加速度

【深度解析】开始时小球处于平衡状态, 小球受力分析如图所示, 由平衡



条件得, 弹簧的弹力 $T_1 = \frac{mg}{\cos \theta}$, 水平细线的拉力 $T_2 = mg \tan \theta$, 若突然施

加一个水平向左的拉力, 则小球在原位置保持平衡(关键点: 施加水平向左的拉力时, 细线长度不变, 小球仍静止在原位置), 水平细线的拉力将增大, **A 错误**; 若突然施加一个水平向右的拉力, 只要拉力不大于 T_2 , 则细线的拉力减小, 小球仍保持平衡, **B 错误**; 若突然断开弹簧, 则 水平细线中拉力突然变为零 (易错点: 断开弹簧, 细线上的拉力发生突变, 小球将绕 Q 点做圆周运动), 小球只受重力作用, 加速度 $a = g$, **C 正确**; 若突然断开水平细线, 则 小球受弹簧弹力和重力的作用 (关键点: 断开细线的瞬间, 弹簧弹力不变), 由牛顿第二定律得 $mg \tan \theta = ma$, 解得加速度 $a = g \tan \theta$, **D 错误**。

知识拓展

瞬时加速度问题中, 绳断的瞬间, 弹簧弹力不变, 其他的绳或物体间的弹力立即发生变化。

7. (1) 0.30 (2) 66 N (3) 质量不同的游客在斜面 BC 滑行距离相同

必刷模型 ▶ 多运动过程模型

【深度解析】(1) 游客在 B 处速度最大, 设为 v_m , 由运动学公

$$\text{式得 } \frac{0+v_m}{2}t_1=L, \frac{0+v_m}{2}t_2=l, t_1+t_2=10.5 \text{ s},$$

$$\text{解得 } t_1=3.5 \text{ s}, t_2=7 \text{ s},$$

设游客在 AB 段匀加速运动时的加速度大小为 a_1 , 由牛顿第

$$\text{二定律得 } mgsin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ = ma_1,$$

$$\text{由运动学公式得 } L = \frac{1}{2}a_1t_1^2,$$

$$\text{解得 } a_1 \approx 3.6 \text{ m/s}^2, \mu \approx 0.30.$$

(2) 设游客在 BC 段匀减速运动时的加速度大小为 a_2 , 由牛

$$\text{顿第二定律得 } mgsin 4^\circ + f = ma_2,$$

$$\text{由运动学公式得 } l = \frac{1}{2}a_2t_2^2,$$

$$\text{解得 } a_2 \approx 1.8 \text{ m/s}^2, f \approx 66 \text{ N}.$$

(3) 设游客的质量为 m_0 ,

对游客在斜面 AB 上, 根据牛顿第二定律得

$$m_0gsin 37^\circ - \mu m_0g \cos 37^\circ = m_0a_1,$$

在斜面 BC 上, 有

$$m_0gsin 4^\circ + \mu' m_0g \cos 4^\circ = m_0a_2,$$

可知游客在斜面上的运动状态与质量无关, 质量不同的游客在斜面 BC 滑行距离相同。

考点基础巩固卷 II

1. C 必刷方法 ▶ 牛顿第二定律+整体法、隔离法

【深度解析】在 3 号猴子手滑后的一瞬间, 4 号猴子只受重力

作用, 其加速度等于重力加速度, 速度等于零, **A 错误**; 在 3

号猴子手滑后的一瞬间, 1 号、2 号、3 号猴子的加速度 a 相

同, 由牛顿第二定律得 $mg = 3ma$, 解得加速度 $a = \frac{1}{3}g$, 加速度

的方向竖直向上, **B 错误**; 设 2 号猴子对 3 号猴子的作用力大

小为 F_{23} , 由牛顿第二定律得 $F_{23} - mg = ma$, 解得 $F_{23} = \frac{4mg}{3}$, **C**

正确; 设 1 号猴子对 2 号猴子的作用力大小 F_{12} , 由牛顿第二

定律得 $F_{12} - 2mg = 2ma$, 解得 $F_{12} = \frac{8mg}{3}$, **D 错误**。

知识拓展

对于连接体问题, 整体法和隔离法经常交替使用, 一般只有各物体间的加速度相同时才能使用整体法。

2. B 必刷方法 ▶ 牛顿第二定律+整体法、隔离法+临界问题

【深度解析】刚撤去外力 F 时(关键点: 弹簧弹力不变, A 、 B 间的作用力发生变化), 对 A 、 B 组成的整体, 由牛顿第二定律得

$F = 3ma_1$, 对物体 B , 有 $F_N - 2mg = 2ma_1$, 联立解得 $F_N = 2mg +$

$\frac{2F}{3}$, **A 错误**; 弹簧弹力等于 F 时, 对 A 、 B 组成的整体, 有 $F -$

$3mg = 3ma_2$, 对物体 B , 有 $F_N - 2mg = 2ma_2$, 联立解得 $F_N = \frac{2F}{3}$,

B 正确;当 A 、 B 恰好分离时, A 、 B 间相互作用力为零, 对 B , 有 $2mg = 2ma$, 得 $a = g$, A 的加速度也为 g , 根据牛顿第二定律知, 弹簧恰好恢复到原长, **C、D 错误**。

3. C 必刷模型 ▶ 牛顿第二定律+板块模型

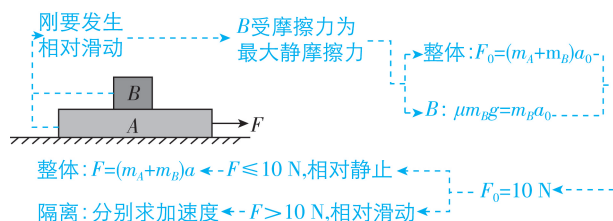
【深度解析】设小孩和滑板的质量均为 m , $\mu_1 = 0.4$, $\mu_2 = \frac{21}{40}$ 。
对小孩, 由牛顿第二定律得 $mg \sin 37^\circ - \mu_1 mg \cos 37^\circ = ma_1$, 解得加速度大小为 $a_1 = 2.8 \text{ m/s}^2$, 对滑板, 由牛顿第二定律得 $mg \sin 37^\circ + \mu_1 mg \cos 37^\circ - 2\mu_2 mg \cos 37^\circ = ma_2$, 解得加速度大小 $a_2 = 0.8 \text{ m/s}^2$, **A、B 错误**; 设小孩离开滑板的时间为 t , 根据位移—时间关系得 $\frac{1}{2}a_1 t^2 - \frac{1}{2}a_2 t^2 = L$, 解得 $t = 1 \text{ s}$, 离开滑板时小孩的速度大小为 $v = a_1 t = 2.8 \text{ m/s}$, **C 正确, D 错误**。

知识拓展

分析板块模型的基本思路: 先分别求出小孩与滑板的加速度, 再找出小孩与滑板的位移关系或速度关系, 最后根据位移关系或速度关系列式求解。

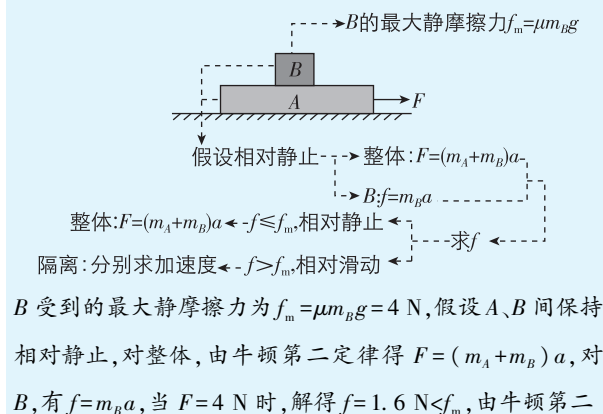
4. D 必刷考点 ▶ 牛顿第二定律+临界分析

【题图剖析】



【深度解析】若 A 、 B 恰好保持相对静止 (关键点: A 、 B 间摩擦力为最大静摩擦力), 则由牛顿第二定律得 $F_0 = (m_A + m_B)a_0$, $\mu m_B g = m_B a_0$, 解得 $a_0 = 2 \text{ m/s}^2$, $F_0 = 10 \text{ N}$, 当 $F = 4 \text{ N}$ 时, A 、 B 保持相对静止, 由牛顿第二定律得 $F = (m_A + m_B)a$, $f = m_B a$, 解得 $f = 1.6 \text{ N}$, 方向水平向右, **A 错误**; 当 $F = 10 \text{ N}$ 时, A 、 B 恰好保持相对静止, **B 错误**; 当 $F = 12 \text{ N}$ 时, A 、 B 发生相对运动, 对 B , 由牛顿第二定律得 $\mu m_B g = m_B a_B$, 解得 B 的加速度大小为 $a_B = 2 \text{ m/s}^2$, **C 错误**; 当 $F = 16 \text{ N}$ 时, A 、 B 间发生相对运动, 对 A , 由牛顿第二定律得 $F - \mu m_B g = m_A a_A$, 解得 $a_A = 4 \text{ m/s}^2$, **D 正确**。

一题多解



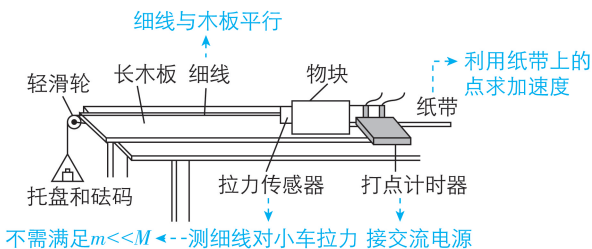
定律可知摩擦力方向向右, A 错误; 当 $F = 10 \text{ N}$, 解得 $f = 4 \text{ N} = f_m$, A、B 恰好保持相对静止, B 错误; 当 $F = 12 \text{ N}$ 时, 解得 $f = 4.8 \text{ N} > f_m$, A、B 间发生滑动, 对 B, 由牛顿第二定律得 $\mu m_B g = m_B a_B$, 解得 B 的加速度大小为 $a_B = 2 \text{ m/s}^2$, C 错误; 当 $F = 16 \text{ N}$ 时, A、B 间发生相对运动, 对 A, 由牛顿第二定律得 $F - \mu m_B g = m_A a_A$, 解得 $a_A = 4 \text{ m/s}^2$, D 正确。

5. (1) $\frac{(s_4 + s_5 + s_6) - (s_1 + s_2 + s_3)}{9T^2}$ (2) 该实验小组在操作中没有

补偿阻力 $\frac{1}{k}$ (3) 不需要 (4) $\frac{kF_0}{g}$

必刷题型 ▶ 实验原理分析+误差分析+数据处理

【题图剖析】



【深度解析】 (1) 由逐差法可得, 加速度 $a = \frac{(s_4 + s_5 + s_6) - (s_1 + s_2 + s_3)}{9T^2}$ 。

(2) 根据题图丙知, 当拉力大于 F_0 时, 才产生加速度, 且实验操作中已使长木板水平, 所以该实验小组在操作过程中没有补偿阻力; 设物块和拉力传感器的总质量为 M , 由牛顿第二定律得

$$F - \mu Mg = Ma, \text{ 解得 } a = \frac{1}{M}F - \mu g, \text{ 由题意知 } k = \frac{1}{M}, \text{ 解得 } M = \frac{1}{k}。$$

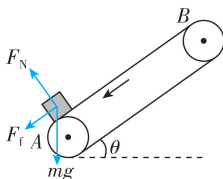
(3) 该实验由于有拉力传感器测量物块的拉力, 则不需要满足托盘及盘内砝码的总质量远小于物块和拉力传感器的总质量。

(4) 由题图丙知, $f = F_0 = \mu Mg$, 解得 $\mu = \frac{F_0}{Mg} = \frac{kF_0}{g}$ 。

6. (1) 7.2 m (2) $(2\sqrt{2} + 0.4) \text{ s}$

必刷模型 ▶ 牛顿第二定律+传送带模型

【深度解析】 (1) 对货物受力分析, 如图甲所示,



甲

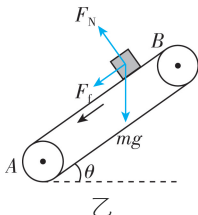
设货物刚滑上传送带时加速度大小为 a_1 , 根据牛顿第二定律得 $mg \sin \theta + F_f = ma_1$, $mg \cos \theta = F_N$, $F_f = \mu F_N$,

联立解得 $a_1 = (\sin \theta + \mu \cos \theta)g = 10 \text{ m/s}^2$,

货物速度从 v_0 减至零所用时间 $t_1 = \frac{0 - v_0}{-a_1} = 1.2 \text{ s}$,

位移大小 $x_1 = \frac{0-v_0^2}{-2a_1} = 7.2 \text{ m}$ 。

(2) 货物到达最高点再次下滑时, 受力分析如图乙所示,



所以刚下滑时加速度大小仍为 a_1 , 设下滑时间为 t_2 ,

$$t_2 = \frac{v}{a_1} = 0.2 \text{ s},$$

位移大小 $x_2 = \frac{1}{2}a_1 t_2^2 = 0.2 \text{ m}$,

此后摩擦力反向,

因为 $\mu mg \cos \theta < mg \sin \theta$,

故此后加速度为 $a_2 = g \sin \theta - \mu g \cos \theta = 2 \text{ m/s}^2$,

设此后下滑时间为 t_3 , 有 $x_1 - x_2 = vt_3 + \frac{1}{2}a_2 t_3^2$,

解得 $t_3 = (2\sqrt{2} - 1) \text{ s}$,

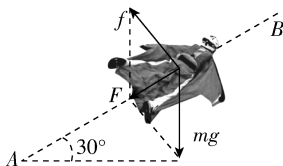
货物从滑上传送带到再次滑回 A 端用时

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = (2\sqrt{2} + 0.4) \text{ s}。$$

单元综合提升卷

1. D 必刷知识 ▶ 牛顿第二定律的应用

【深度解析】由牛顿第二定律知, 翼装飞行者所受合力方向沿 BA 方向, 受力分析如图所示, 合力 $F = ma = \frac{1}{2}mg$, 由几何关系知, 空气作用力大小为 $f = mg \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$, 方向与 AB 垂直, 斜向左上方, **D 正确**。



2. C 必刷方法 ▶ 牛顿第二定律的应用+整体法和隔离法

【深度解析】根据题意可知第 2 节车厢对第 3 节车厢的牵引力为 F , 因为每节车厢质量相等, 阻力相同, 根据牛顿第二定律有 $F - 38F_f = 38ma$; 设倒数第 3 节车厢对倒数第 2 节车厢的牵引力为 F_1 , 根据牛顿第二定律有 $F_1 - 2F_f = 2ma$, 联立解得 $F_1 = \frac{F}{19}$, **C 正确**。

3. C 必刷题型 ▶ 牛顿第二定律的应用+图像分析

【深度解析】以竖直向上为正方向, 从最低点开始计时, 设此时橡皮绳伸长量为 x_0 , 有 $k(x_0 - x) > mg$, 人所受的合力 $F = k(x_0 - x) - mg$, 到达平衡位置前, x 增大, 方向向上, 合力 F 减小、

方向竖直向上,加速度减小,方向向上,速度增加,方向向上,A、D 错误;到达平衡位置时, $k(x_0-x)=mg$,合力为零,加速度为零,速度最大,人继续上升,合力 $F=mg-k(x_0-x)$, x 增大,合力 F 增大、方向竖直向下,加速度增大、方向向下,速度减小,橡皮绳到达原长位置后,上升到最高点再返回到原长位置,此过程人只受重力,加速度为 g ,做匀变速直线运动,C 正确,B 错误。

快解

从第一次运动到最低点开始计时,竖直向上为正方向,故 $t=0$ 时位移向上,为正,合力方向向上,为正,A、D 错误;橡皮绳恢复原长后继续上升,人体的加速度不变, $v-t$ 图像为直线,B 错误,C 正确。

4. D 必刷题型 ▶ 牛顿第二定律的应用+图像分析

【深度解析】根据 $v-t$ 图像的切线斜率表示加速度知,当 $v_0 = 3 \text{ m/s}$ 时,雪橇的加速度大小为 $a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{9-3}{4} \text{ m/s}^2 = 1.5 \text{ m/s}^2$,A 错误;根据 $v-t$ 图像与横轴围成的面积表示位移知, $0 \sim 4 \text{ s}$ 过程中雪橇的位移 $x > \frac{3+6}{2} \times 4 \text{ m} = 18 \text{ m}$,则在 $0 \sim 4 \text{ s}$ 过程中雪橇的平均速度 $\bar{v} = \frac{x}{t} > \frac{18}{4} \text{ m/s} = 4.5 \text{ m/s}$,B 错误; $t=0$ 时,空气阻力大小为 $f_0 = kv_0 = 3 \text{ N}$,根据牛顿第二定律得 $mgsin \theta - \mu mgcos \theta - f_0 = ma_0$,当 $v = 6 \text{ m/s}$ 时,空气阻力大小为 $f = kv = 6 \text{ N}$,此时雪橇的加速度为零,则 $mgsin \theta - \mu mgcos \theta - f = 0$,联立解得 $m = 2 \text{ kg}$, $\mu = \frac{3}{8}$,C 错误,D 正确。

5. A 必刷模型 ▶ 牛顿第二定律的应用+传送带模型

【深度解析】物料在传送带上加速运动时,由牛顿第二定律得 $\mu mg = ma$,解得物料的加速度大小 $a = \mu g = 2 \text{ m/s}^2$,当传送带以 $v = 8 \text{ m/s}$ 的速度大小匀速运动时,物料加速过程的时间为 $t_1 = \frac{v}{a} = \frac{8}{2} \text{ s} = 4 \text{ s}$,加速过程的位移大小 $x_1 = \frac{v}{2} t_1 = 16 \text{ m}$,匀速过程的时间 $t_2 = \frac{L-x_1}{v} = 2.5 \text{ s}$,物料通过传送带的时间 $t = t_1 + t_2 = 6.5 \text{ s}$,当传送带以 $v' = 16 \text{ m/s}$ 的速度大小匀速运动时,设物料在传送带上一直做匀加速直线运动,则 $L = \frac{1}{2} at'^2$,解得 $t' = \sqrt{\frac{2L}{a}} = 6 \text{ s}$,物料离开传送带时的速度大小 $v_1 = at' = 12 \text{ m/s} < 16 \text{ m/s}$,假设成立,故物料通过传送带的时间差 $\Delta t = t - t' = 6.5 \text{ s} - 6 \text{ s} = 0.5 \text{ s}$,A 正确,B、C、D 错误。

知识拓展

求物块从传送带一端运动到另一端的时间时,应先判断物块的运动情况,是一直加速,还是先加速后匀速。

6. B 必刷题型 ▶ 牛顿第二定律的应用+图像分析

【深度解析】以竖直向下为正方向, $0 \sim 3 \text{ s}$ 时间内,根据牛顿第二定律得 $mg - F_1 = ma_1$,解得 $a_1 = 4 \text{ m/s}^2$, $3 \sim 5 \text{ s}$ 时间内,根

据牛顿第二定律得 $mg - F_2 = ma_2$, 解得 $a_2 = -6 \text{ m/s}^2$, 负号表示方向竖直向上, 故工人下落过程先处于失重状态后处于超重状态, **A 错误**; $t = 3 \text{ s}$ 时速度最大, 最大速度为 $v_m = 4 \times 3 \text{ m/s} = 12 \text{ m/s}$, **B 正确**; 下落的总高度为 $h = \frac{v_m}{2} \times t_1 + \frac{v_m}{2} \times t_2 = \frac{12}{2} \times 3 \text{ m} + \frac{12}{2} \times 2 \text{ m} = 30 \text{ m}$, **C、D 错误**。

技巧必背

绳索的拉力大于工人的重力或工人具有向上的加速度时, 处于超重状态; 绳索的拉力小于工人的重力或工人具有向下的加速度时, 处于失重状态。

7. D 必刷方法 ▶ 牛顿第二定律的应用+整体法与隔离法

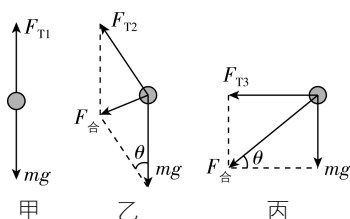
【深度解析】若稳定下滑时, 细线竖直向下, 小球受力如图甲所示, 则 $F_{T1} = mg$, 故小球匀速下滑, 小球和木块相对静止, 则木块沿斜面匀速下滑, 木块受到沿斜面向上的摩擦力, **A 错误**; 若稳定下滑时, 细线垂直斜面, 小球受力如图乙所示, 则 F_{T2} 与 mg 的合力必定沿加速度方向, 即沿斜面方向 (关键点: 木块和小球加速度相同, 木块加速度一定沿斜面方向),

$F_{\text{合}} = mg \sin \theta$, 由牛顿第二定律得 $a = \frac{F_{\text{合}}}{m} = g \sin \theta$, 此时小球和

木块组成的系统加速度大小为 $a = g \sin \theta$, 木块的重力沿斜面的分力为 $G' = Mg \sin \theta$, 对木块, 由牛顿第二定律得 $Ma = Mg \sin \theta$, 木块不受摩擦力, **B、C 错误**; 若用外力拉动木块稳定下滑时, 细线是水平的, 小球受力如图丙所示, 此时小球所

受的合力方向沿斜面向下, $F_{\text{合}} = \frac{mg}{\sin \theta}$, 小球和木块的加速度

大小为 $a = \frac{g}{\sin \theta}$, **D 正确**。



8. D 必刷模型 ▶ 牛顿第二定律的应用+连接体模型

【深度解析】若 A 相对 B 未发生滑动, 则 A 、 B 可看成整体, 加速度相同, C 的运动方向向下, 加速度方向与 A 、 B 不同, **A 错误**; 若 A 和 B 共同运动的加速度大小为 g , 则 C 的加速度大小也为 g , 对 C 隔离分析可知 C 不可能做自由落体运动, 因此不论 M 等于多少, A 、 B 共同运动的加速度大小不可能是 g , **B 错误**; 若 A 和 B 竖直面之间的正压力刚好为零, 此时 A 刚好相对 B 发生滑动, 设此时 A 的加速度为 a , 对 A 受力分析

可得 $\frac{mg}{\tan \alpha} = ma$, 解得 $a = \frac{\sqrt{3}}{3}g$, 对 A 、 B 、 C 整体运用牛顿第二定

律可得 $Mg = (M + 2m)a$, 解得 $M = (\sqrt{3} + 1)m$, **C 错误, D 正确**。

9. C 必刷题型 ▶ 牛顿第二定律的应用+临界分析

【深度解析】当滑块向左做匀速运动时,由平衡条件得 $mg\sin\theta=T$,解得 $T=0.5mg$,**A 错误**;小球刚要离开滑块时,斜面对小球的支持力为零,由牛顿第二定律得 $T\sin\theta=mg$, $T\cos\theta=ma$,解得 $a=\sqrt{3}g>g$,故当 $a=g$ 时,小球未离开滑块,滑块对小球有支持力,由牛顿第二定律得 $T\sin\theta+N\cos\theta=mg$, $T\cos\theta-N\sin\theta=ma$,解得 $T=\frac{\sqrt{3}+1}{2}mg$,**B 错误,C 正确**;由以上分析知,当 $a=2g$ 时,小球已离开斜面,设此时细线与水平方向的夹角为 α ,由牛顿第二定律得 $T\sin\alpha=mg$, $T\cos\alpha=ma=2mg$,解得 $T=\sqrt{5}mg$,**D 错误**。

知识拓展

此类临界问题,需要判断小球是否离开斜面,先求出小球刚要离开斜面时的临界加速度,若小球加速度小于临界加速度,则小球受支持力作用,否则不受支持力作用。

10. C 必刷模型 ▶ 牛顿第二定律的应用+传送带模型

【深度解析】当物块 B 的速度与传送带速度相同时,由于 $m_B g\sin 37^\circ > \mu_B m_B g\cos 37^\circ$,则之后物块 B 相对传送带发生滑动,**A 错误**;物块 A 的速度与传送带速度相同时,由于 $m_A g\sin 37^\circ = \mu_A m_A g\cos 37^\circ$,则之后物块 A 与传送带保持相对静止,物块 B 的速度与传送带速度相同时,由牛顿第二定律得 $m_B g\sin 37^\circ - \mu_B m_B g\cos 37^\circ = m_B a'_B$,解得 $a'_B = 2 \text{ m/s}^2$,物块 B 继续做匀加速直线运动,故物块 B 一定能追上物块 A ,**B 错误**;物块 A 做匀加速运动的过程中,由牛顿第二定律得 $m_A g\sin 37^\circ + \mu_A m_A g\cos 37^\circ = m_A a_A$,解得 $a_A = 12 \text{ m/s}^2$,则物块 A 达到与传送带速度相同所经历的时间 $t_A = \frac{v}{a_A} = 0.2 \text{ s}$,此后物块 A 与传送带保持相对静止,物块 B 在与传送带速度相同前的加速过程中,由牛顿第二定律有 $m_B g\sin 37^\circ + \mu_B m_B g\cos 37^\circ = m_B a_B$,解得 $a_B = 10 \text{ m/s}^2$,物块 B 达到与传送带速度相同所经历的时间 $t_B = \frac{v}{a_B} = 0.24 \text{ s}$,故 $t = 0.24 \text{ s}$ 时 A 、 B 两物块速度大小相等,**C 正确**;设物块 B 经 t' 时间追上物块 A ,则 $\frac{1}{2}at_A + v(t' - t_A) + 0.042 \text{ m} = \frac{1}{2}at_B + v(t' - t_B) + \frac{1}{2}a'_B(t' - t_B)^2$,解得 $t' = 0.54 \text{ s}$,故 $0 \sim 0.24 \text{ s}$ 时间内 A 、 B 两物块之间的距离逐渐变大, $0.24 \sim 0.54 \text{ s}$ 时间内 A 、 B 两物块之间的距离逐渐变小,**D 错误**。

关键点拨

此题考查传送带模型,解答此类问题的关键通常是传送带和物块速度相等的时刻,本题还需要判断出当物块速度与传送带速度相等后物块的运动情况,除摩擦力外,若物块受其他力的合力不大于最大静摩擦力,则物块与传送带保持相对静止,当物块受其他力的合力大于最大静摩擦力时,物块与传送带发生相对滑动,沿传送带向下做匀加速直线运动。

11. (1) ①右端 (2) ①远小于 ② $\frac{x_3-x_1}{50T^2}$ ③ $\frac{1}{k}$ $\frac{b}{k}$

必刷知识 ▶ 验证牛顿第二定律

【深度解析】(1) ①在补偿小车所受的阻力时,取下小吊盘,应将木板右端抬高,用手轻拨小车,反复调节木板抬高的高度,直到打点计时器在纸带上打出一系列间隔均匀的点,则说明小车做匀速运动。

(2) ①在补偿小车所受的阻力后,小车所受的合力就是绳子的拉力 F , 根据牛顿第二定律, 对小吊盘和盘中物块, 有 $m'g - F = m'a$, 对小车和车中砝码, 有 $F = Ma$, 解得 $F = \frac{m'g}{1 + \frac{m'}{M}}$,

当 $m' \ll M$ 时, 绳子的拉力近似等于小吊盘和盘中物块的总重力, 小车所受拉力近似不变。

②两个相邻计数点之间还有 4 个计时点, 打点计时器的打点时间间隔为 T , 两个相邻计数点间的时间间隔 $t = 5T$, 由匀变速直线运动的推论 $\Delta x = at^2$ 可得, 加速度 $a = \frac{x_3 - x_1}{2t^2} = \frac{x_3 - x_1}{50T^2}$ 。

③设小车所受拉力为 F , 小车的质量为 M' , 由牛顿第二定律有 $F = (M' + m)a$, 变形得 $\frac{1}{a} = \frac{M'}{F} + \frac{m}{F}$, 结合题图丙可得斜率

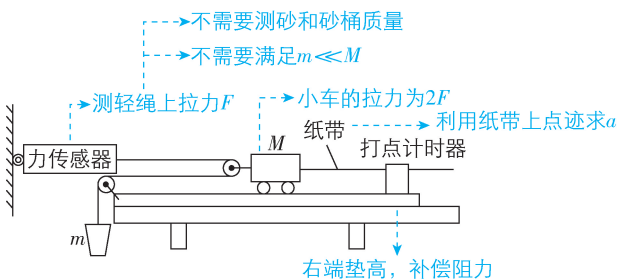
$k = \frac{1}{F}$, 所以拉力 $F = \frac{1}{k}$, 由截距 $b = \frac{M'}{F}$, 解得小车的质量为

$$M' = bF = \frac{b}{k}。$$

12. (1) BC (2) 1.23 6.03 (3) 小于 (4) 0.20

必刷题型 ▶ 实验原理分析+注意事项+数据处理

【题图剖析】



【深度解析】(1) 轻绳中的拉力大小可由力传感器测出, 不需要用天平测出砂和砂桶的质量, 故不需要使砂和砂桶的质量远小于小车的质量, **A、D 错误**; 实验时需将长木板右端垫高, 以补偿阻力, **B 正确**; 实验时, 小车应靠近打点计时器, 先接通电源, 再释放小车, 同时记录力传感器的示数, **C 正确**。

(2) 计数点间的时间间隔为 $T = 5 \times 0.02 \text{ s} = 0.1 \text{ s}$, 打 B 点时小车的速度等于在 AC 段的平均速度, 即 $v_B = \frac{x_{AC}}{2T} =$

$$\frac{(27.80 - 3.20) \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 1.23 \text{ m/s}; \text{ 根据 } \Delta x = aT^2 \text{ 得, 小车的}$$

$$\text{加速度 } a = \frac{x_{BD} - x_{OB}}{4T^2} \approx 6.03 \text{ m/s}^2。$$

(3) 根据题图甲知小车与砂和砂桶通过动滑轮连接, 滑轮的质量可以忽略, 它们之间的速度关系为 $v_{\text{砂}} = 2v_{\text{车}}$, 根据初速度为零的匀变速直线运动规律知 $a_{\text{砂}} = 2a_{\text{车}}$, 所以实验过程中小车的加速度小于砂和砂桶的加速度。

(4) 滑轮的质量可以忽略, 根据牛顿二定律得 $2F = Ma$, 解得 $a = \frac{2}{M}F$, $a-F$ 图像的斜率 $k = \frac{2}{M}$, 由图像知 $k = \frac{4.0}{0.4} = 10 \text{ kg}^{-1}$, 解得小车的质量 $M = 0.20 \text{ kg}$ 。

13. (1) 4 m/s (2) 0.8 m/s (3) 4.6 s

必刷模型 ▶ **牛顿第二定律的应用+多运动过程模型**

【深度解析】(1) 铅球在 AB 段运动,

由牛顿第二定律得 $mg\sin\theta_1 + F_{\text{fl}} = ma_1$,

解得加速度大小 $a_1 = 8 \text{ m/s}^2$,

由运动学公式得

$$2a_1x_{AB} = v_A^2,$$

解得 $v_A = 4 \text{ m/s}$ 。

(2) 铅球在 BC 段运动,

由牛顿第二定律得 $mg\sin\theta_2 - F_{\text{f2}} = ma_2$,

解得加速度大小 $a_2 = 0.2 \text{ m/s}^2$,

由运动学公式得

$$2a_2x_{BC} = v_C^2,$$

解得 $v_C = 0.8 \text{ m/s}$ 。

(3) 铅球在 CD 段运动,

由牛顿第二定律得 $mg\sin\theta_3 + F_{\text{fl}} = ma_3$,

解得加速度大小 $a_3 = 8 \text{ m/s}^2$,

铅球在 CD 轨道上速度第一次减为零时所用的时间为

$$t_1 = \frac{v_C}{a_3} = 0.1 \text{ s},$$

铅球在 BC 轨道上的时间为

$$t_2 = \frac{v_C}{a_2} = 4 \text{ s},$$

铅球在 AB 轨道上的时间为

$$t_3 = \frac{v_A}{a_1} = 0.5 \text{ s},$$

从轨道 A 点到在 CD 轨道上速度第一次减为零时所用的总时间 $t_{\text{总}} = t_1 + t_2 + t_3 = 4.6 \text{ s}$ 。