

1. B 【命题点】半衰期

【解析】原子核衰变后剩余质量 $m = m_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$, 代入数据得

剩余碘 125 的质量与初始时质量的比值为 $\frac{m}{m_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{180}{60}} = \frac{1}{8}$,

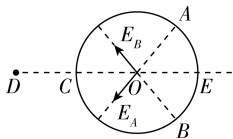
B 正确。

2. A 【命题点】动量、冲量问题

选项	分析	正误
A	高压气体将火箭推出, 火箭速度接近零时才点火, 故此过程中火箭先做加速度逐渐减小的加速运动, 合外力为零时, 加速度为零, 此后做减速运动直至速度接近零, 故加速度为零时, 动能最大	✓
B	高压气体释放的能量转化为火箭的动能、重力势能和与空气摩擦产生的内能	×
C	火箭动量的增加量等于火箭所受合外力的冲量, 火箭除受到高压气体的推力外, 还受到重力、空气阻力	×
D	火箭动能的增加量为合外力对火箭做的功, 即重力、空气阻力和高压气体的推力做的功之和	×

3. C 【命题点】电场强度的叠加

【解析】若将 A、B 处电荷补上, 由对称性可知, 关于 O 点对称的两点处的电荷在 O 处产生的场强大小相等, 方向相反, 故 O 处场强为零, 现取走 A、B 两处电荷, 则圆环上剩余电荷在 O 处产生的场强与取走的 A、B 处的电荷在 O 处产生的合场强大小相等, 方向相反。圆环上电荷均匀分布, 则 A、B 处取走的电荷量均为 $q' = \frac{Q \cdot \Delta L}{2\pi R}$, 则 $E_A = E_B = \frac{kq'}{R^2}$, 如图所



示, 取走的电荷在 O 处产生的合场强大小为 $E_{AB} = 2 \cdot \frac{kq'}{R^2} \cdot \cos 60^\circ$, 方向水平向左。因为 D 点的点电荷 q 和圆环上剩余电荷在 O 处产生的合场强为零, 故点电荷 q 在 O 处产生的场强大小和方向与 E_{AB} 相同, 则有 $\frac{kq}{(2R)^2} = E_{AB}$, 联立解得 $q = \frac{2Q\Delta L}{\pi R}$, 为负电荷, C 正确。

4. D 【命题点】理想变压器

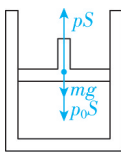
【解析】由题可知匝数为 n_1 的原线圈两端电压为 220 V, 单匝副线圈两端电压为 0.1 V, 根据理想变压器电压与匝数比可得 $n_1 = \frac{220}{0.1} = 2\,200$ 匝, 根据交变电压表达式可知交流电压最大值为 $U_m = 220\sqrt{2}$ V, 交流电的频率为 $f = \frac{100\pi}{2\pi}$ Hz = 50 Hz,

周期为 $T=0.02\text{ s}$, **A、C 错误**。当电阻 R 接在 BC 两端时, BC 两端电压 $U_{BC} = \sqrt{PR} = \sqrt{12 \times 12}\text{ V} = 12\text{ V}$, 流过 R 的电流 $I_R = \frac{12\text{ V}}{12\ \Omega} = 1\text{ A}$, 则 $n_{BC} = \frac{12}{0.1} = 120$ 匝; 由题图结合理想变压器的原理可知, $U_{AC} = 30\text{ V}$, $U_{AB} = 18\text{ V}$, 当电阻 R 接在 AB 两端时, R 两端电压为 18 V ; 当电阻 R 接在 AC 两端时, 流过电阻 R 的电流 $I_{AC} = \frac{30\text{ V}}{12\ \Omega} = 2.5\text{ A}$, **B 错误, D 正确**。

名师延展 为了减少磁损, 变压器线圈都是套在硅钢片或者铁芯上的, 可以理解为将磁场束缚在硅钢片或者铁芯中, 套在其上的线圈的感应电动势都可以像磁通量变化率一样来分析, 每个线圈的感应电动势与匝数成正比。

5. C 【命题点】热力学第一定律

【解析】设大气压强为 p_0 , 被封闭气体初始状态压强为 p , 活塞重力为 mg , 活塞面积为 S , 如图所示, 对活塞受力分析有 $pS = p_0S + mg$; 当汽缸缓慢转过 90° 时, 被封闭气体的压强变为 p_0 , 则气体的体积增大, 气体对外界做功, $W < 0$, 由于汽缸绝热, 故 $Q = 0$, 根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ 可知, $\Delta U < 0$, 即气体内能减小, 温度降低, 由于分子速率分布是统计规律, 可知速率大的分子数占总分子数比例减少, 而非所有分子热运动速率都减小, **A、B、D 错误, C 正确**。

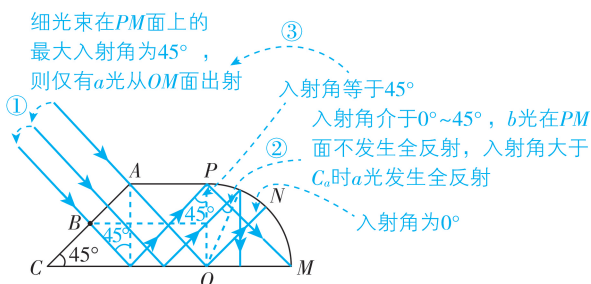


6. C 【命题点】万有引力与航天

【解析】由题可知, “羲和号”卫星环绕周期 $T_0 = \frac{T}{n}$, 设卫星轨道距离地面高度为 h , 则卫星轨道半径 $r = h + R$, 卫星所受万有引力提供向心力, 有 $\frac{GMm}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T_0} \right)^2 r$, 由于地球两极表面上的物体所受万有引力与重力相等, 则有 $\frac{GMm'}{R^2} = m'g$, 联立可得 $h = \left(\frac{gR^2 T^2}{4n^2 \pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} - R$, **C 正确**。

7. A 【命题点】光的全反射

【解析】由发生全反射的临界角 C 满足 $\sin C = \frac{1}{n}$ 可知 $C_a < 45^\circ$, $C_b > 45^\circ$ 。



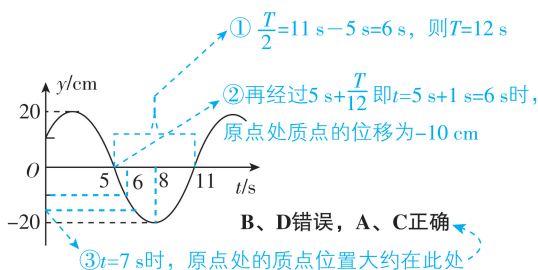
8. B 【命题点】运动学公式

【解析】小车在圆弧段运动时, 由 $a = \frac{v^2}{r}$ 知小车在 BC 段的最大速率为 $v_1 = \sqrt{6}\text{ m/s}$, 在 CD 段运动的最大速率为 $v_2 = 2\text{ m/s}$,

则小车保持速率不变通过圆弧段的最大速率为 $v_2 = 2 \text{ m/s}$; 小车从 A 到 D 所用时间最短时, 运动过程为在 AB 段先以 $v_0 = 4 \text{ m/s}$ 的速率匀速运动时间 t_1 , 然后以加速度大小 2 m/s^2 减速到 v_2 进入圆弧。小车在 AB 段匀速运动的位移 $l = v_0 t_1$, 减速运动的位移 $x = 8 \text{ m} - l$, 由 $v_2^2 - v_0^2 = -2ax$ 解得 $x = 3 \text{ m}$, $l = 5 \text{ m}$ 。

匀速运动的时间 $t_1 = \frac{l}{v_0} = \frac{5}{4} \text{ s}$, 减速运动的时间 $t_2 = \frac{v_0 - v_2}{a} = 1 \text{ s}$, 在圆弧 BCD 段匀速运动的时间 $t_3 = \frac{\pi(r_1 + r_2)}{v_2} = \frac{7\pi}{2} \text{ s}$, 则小车从 A 运动到 D 的最短时间 $t = t_1 + t_2 + t_3 = \left(\frac{9}{4} + \frac{7\pi}{2}\right) \text{ s}$, **B** 正确。

9. AC 【命题点】机械振动与机械波



一题多解

设原点处质点的振动方程为 $y = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right)$,

由振动图像可知 $T = 12 \text{ s}$, $t = 0$ 时刻该质点沿 y 轴正方向振动, 且 $y = \frac{A}{2}$, 解得 $y = 20 \sin\left(\frac{\pi}{6}t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ cm}$ 。当 $t = 7 \text{ s}$ 时, $y = 20 \sin \frac{4\pi}{3} (\text{cm}) = -10\sqrt{3} \text{ cm}$, **A、C** 正确。

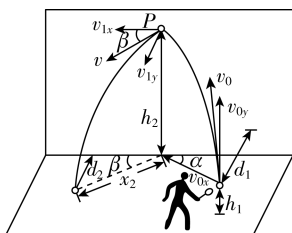
10. ACD 【命题点】光的干涉、衍射

选项	分析	正误
A	光分别通过两条狭缝后, 照在光屏不同位置, 叠加后形成干涉图像, 由题图乙可知光通过两狭缝也发生了衍射	✓
B	发生单缝衍射时, 缝宽度增加, 亮条纹宽度减小	×
C	照射两条狭缝时, 根据 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$ 可知, 增加 L , 干涉条纹间距增大	✓
D	照射两条狭缝时, 光从两条狭缝到 P 点的路程差为半波长奇数倍时, P 点一定为暗条纹	✓

11. BD 【命题点】抛体运动

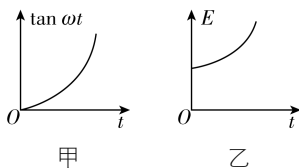
【解析】网球的运动过程如图所示, 设网球的竖直分速度为 v_{0y} , 则有 $v_{0y} = \sqrt{2g(h_2 - h_1)} = 12 \text{ m/s}$, 则网球的水平分速度 $v_{0x} = \sqrt{v_0^2 - v_{0y}^2} = 5 \text{ m/s}$, 网球从被击出到与墙壁碰撞经历的时间为 $t_1 = \frac{v_{0y}}{g} = 1.2 \text{ s}$, 网球的击出点到碰墙点的投影间的距离 $x_1 = v_{0x}t_1 = 6 \text{ m}$, 网球在碰到墙壁时的速度大小为 $v_1 = v_{0x} =$

5 m/s, 速度方向与墙壁间的夹角满足 $\sin \alpha = \frac{d_1}{x_1} = 0.8$, 网球碰到墙壁前瞬间平行于墙壁的分速度 $v_{1x} = v_1 \cos \alpha = 3$ m/s, 垂直墙壁的分速度 $v_{1y} = v_1 \sin \alpha = 4$ m/s, 网球碰到墙壁后的速度大小 $v = \sqrt{v_{1x}^2 + (0.75v_{1y})^2} = 3\sqrt{2}$ m/s, **A 错误, B 正确**。网球碰到墙壁后沿墙壁方向的速度 v_{1x} 与垂直墙壁方向的速度 $0.75 v_{1y}$ 相等, 则合速度方向与墙壁间的夹角 $\beta = 45^\circ$, 网球着地所用时间 $t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = 1.3$ s, 网球着地过程的轨迹在水平面的投影长度 $x_2 = vt_2 = 3.9\sqrt{2}$ m, 则网球着地点到墙壁的距离 $d_2 = x_2 \sin 45^\circ = 3.9$ m, **C 错误, D 正确**。



12. BC 【命题点】电磁感应

【解析】在 $t=0$ 到 $t=\frac{\pi}{4\omega}$ 的过程中, 金属框转过 45° , 切割磁感线的有效长度逐渐增大到最大值, 在 $t=\frac{\pi}{4\omega}$ 到 $t=\frac{\pi}{2\omega}$ 的过程中, 金属框再转过 45° , 切割磁感线的有效长度从最大值开始逐渐减小, 因此在 $t=0$ 到 $t=\frac{\pi}{2\omega}$ 的过程中, 感应电动势 E 先增大后减小, **A 错误, B 正确**; 在 $t=0$ 到 $t=\frac{\pi}{4\omega}$ 的过程中, 金属框转过 45° , 穿过金属框的磁通量 $\Phi = BS = B \cdot \frac{L^2}{2} \tan \omega t$, 在 0 到 45° 范围内, $\tan \omega t$ 与 t 的关系图像如图甲所示, 感应电动势 $E = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{BL^2}{2} \cdot \frac{\omega}{\cos^2 \omega t}$, E 与 t 的关系图像如图乙所示, 图像切线的斜率表示感应电动势 E 的变化率, 可知在 $t=0$ 到 $t=\frac{\pi}{4\omega}$ 的过程中, E 的变化率一直增大, **C 正确, D 错误**。



13. (1) 12(2分) (2) 0.20(2分) (3) 0.13(2分)

【命题点】利用牛顿第二定律测量物体质量的实验

【解析】(1) 弹簧伸长量 $\Delta x = 5.00$ cm $= 5.00 \times 10^{-2}$ m, 此时弹簧的弹力 $F = 0.610$ N, 由胡克定律可得弹簧劲度系数 $k = \frac{F}{\Delta x} = \frac{0.610 \text{ N}}{5.00 \times 10^{-2} \text{ m}} \approx 12 \text{ N/m}$ 。

(2) 由牛顿第二定律 $F = ma$ 可得 $a = \frac{1}{m}F$, 即 $a-F$ 图像的斜率的倒数表示滑块与加速度传感器的总质量, 则总质量

$$m_0 = \frac{0.50-0}{2.50-0} \text{ kg} = 0.20 \text{ kg}。$$

(3) 滑块、加速度传感器和待测物体的总质量 $m_1 = \frac{0.60-0}{1.80-0} \text{ kg} \approx 0.33 \text{ kg}$, 所以待测物体的质量 $M = m_1 - m_0 =$

0.13 kg。

14. (1) A_1 (2分) 60 (2分) (2) 100 (2分) (3) 无 (2分)

【命题点】利用闭合电路欧姆定律测电阻的实验

【解析】(1) 由于电流表的示数为满刻度的 $\frac{1}{2}$, 若电流表为

A_2 , 则闭合回路的总电阻为 $R_{\text{总}2} = \frac{E}{0.5I_{m2}} = 100 \Omega$, 小于定值

电阻 R_0 的阻值 150Ω , 故选电流表 A_2 示数无法达到半偏, 因此应选电流表 **A_1** 。当电流表 A_1 半偏时, 闭合回路的总

电阻为 $R_{\text{总}1} = \frac{E}{0.5I_{m1}} = 300 \Omega$, 又 $R_{\text{总}1} = R_0 + R + r + R_{A1}$, 不考虑

电池内阻 r , 解得滑动变阻器接入电路的电阻值 $R = \mathbf{60 \Omega}$ 。

(2) 当用 R_x 替换 R_0 , 电流表 A_1 的示数为满刻度的 $\frac{3}{5}$, 则闭

合回路的总电阻为 $R'_{\text{总}1} = \frac{E}{0.6I_{m1}} = 250 \Omega$, 又 $R'_{\text{总}1} = R_x + R + r +$

R_{A1} , $R_{\text{总}1} - R'_{\text{总}1} = R_0 - R_x = 50 \Omega$, 解得 $R_x = \mathbf{100 \Omega}$ 。

(3) 根据 $R_{\text{总}1} = R_0 + R + r + R_{A1}$ 和 $R'_{\text{总}1} = R_x + R + r + R_{A1}$, 可以发现两式相减, 直接消去电源内阻 r , 所以未考虑电源内阻对 R_x 的测量值**无**影响。

名师延展 如果电池实际电动势小于 1.5 V , 则 R_x 测量值是偏大还是偏小?

根据闭合电路欧姆定律得 $R_{\text{总}1} = \frac{E}{0.5I_{m1}} = R_0 + R + r + R_{A1}$ 和

$R'_{\text{总}1} = \frac{E}{0.6I_{m1}} = R_x + R + r + R_{A1}$, 两式相减, 化简得 $R_x = R_0 - \frac{E}{3I_{m1}}$,

可知在本次测量中, 电动势代入值偏大, R_x 的测量值会偏小。

15. (1) $\frac{mMa}{\rho g V}$ (2) $\frac{p_0 + \rho g H_1}{p_0 + \rho g H} m$

【命题点】理想气体变化分析

【解析】(1) 由题意可知, B 室内增加的气体使鱼增加的浮力提供鱼向上运动的加速度, 有 $\rho g \Delta V = Ma$ (1分)

由题意可知, B 室内气体的温度和压强不变, 则气体密度不变, 有 $\frac{m}{V} = \frac{\Delta m}{\Delta V}$ (1分)

解得 $\Delta m = \frac{mMa}{\rho g V}$ (1分)

(2) 鱼静止于水面下 H_1 处, 此时 B 室内的气体体积与鱼静止于 H 处时相等, 且气体温度不变, 则 B 室内气体压强与气

体质量成正比, 有 $\frac{m}{m_1} = \frac{p}{p_1}$ (1分)

$p = p_0 + \rho g H$ (1分)

$p_1 = p_0 + \rho g H_1$ (1分)

解得 $m_1 = \frac{p_0 + \rho g H_1}{p_0 + \rho g H} m$ (1分)

16. (1) 0.1 (2) 0.36 m

【命题点】动力学的全过程问题

【解析】(1) 小车装满粮食在电动机牵引下沿斜坡匀速上行, 设电动机的牵引力为 $F_{\text{牵}}$,

$$\text{电动机输出的机械功率 } P = UI - I^2 R \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{则 } F_{\text{牵}} = \frac{P}{v} = 7400 \text{ N} \quad (1 \text{ 分})$$

设斜坡的倾角为 θ , 小车匀速上行时, 对小车及车上粮食, 由平衡条件有 $F_{\text{牵}} + m_0 g = (m_1 + m_2) g \sin \theta + k(m_1 + m_2) g$ (1 分)

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, 则有 $m_1 g \sin \theta = m_0 g + k m_1 g$ (1 分)

$$\text{联立解得 } k = 0.1 \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 关闭电动机, 小车和粮食沿斜坡向上做匀减速运动, 设加速度大小为 a , 由运动学公式得 $v^2 = 2aL$ (1 分)

设配重与小车之间拉力大小为 T , 对小车和粮食由牛顿第二定律可得 $(m_1 + m_2) g \sin \theta + k(m_1 + m_2) g - T = (m_1 + m_2) a$ (1 分)

对配重由牛顿第二定律可得 $T - m_0 g = m_0 a$ (1 分)

$$\text{联立解得 } L = 0.36 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

$$17. (1) \frac{mv_0^2 \sin \beta \cos \beta}{qL} \quad (2) \frac{qBd}{m} \quad (3) (d, d, 0) \\ (4) \frac{2(\sqrt{2}+1)\pi m}{qB}$$

【命题点】离子在空间电磁场中的运动

【解析】(1) 假设离子甲由 A 点运动至 O 点时间为 t , 如图 1 所示,

离子甲从 A 点运动到 O 点的过程中, 沿 z 轴正向有 $v_0 t \cos \beta = L$ (1 分)

沿 y 轴方向有 $v_0 \sin \beta = at$ (1 分)

其中 $qE = ma$ (1 分)

$$\text{联立解得 } E = \frac{mv_0^2 \sin \beta \cos \beta}{qL} \quad (1 \text{ 分})$$

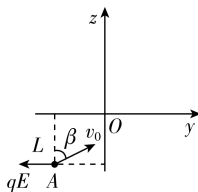


图 1

(2) 离子甲从 O 点进入磁场后, 其做圆周运动的最大轨迹半径为 $r_m = d$ (1 分)

由 $qv_m B = m \frac{v_m^2}{r_m}$ 可知,

$$\text{离子甲进入磁场时的最大速度 } v_m = \frac{qBd}{m} \quad (1 \text{ 分})$$

(3) 当 $v_1 = \frac{qBd}{2m}$ 时, 离子甲在磁场 I 中运动的轨迹半径

$$r_1 = \frac{mv_1}{qB} = \frac{d}{2} \quad (1 \text{ 分})$$

如图 2 所示, 离子甲在磁场 I 中偏转半个圆周到达 y 轴上 $y_1 = 2r_1 = d$ 处, 然后垂直于 xOy 平面进入 $z < 0$ 区域, 在磁场 II 中做匀速圆周运动 (运动平面与磁场 II 中磁感应强度方向垂直), 偏转半个圆周后到达 x 轴, 从 $x = x_1$ 处垂直于 xOy 平面进入 $z > 0$ 区域, 离子甲在磁场 II 中做匀速圆周运动

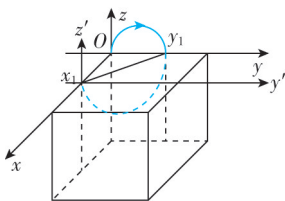


图 2

$$\text{的轨迹半径 } r_2 = \frac{mv_1}{\frac{\sqrt{2}}{2}Bq} = \frac{\sqrt{2}}{2}d \quad (1 \text{ 分})$$

由几何关系及对称性可知 $x_1 = d$, 之后离子甲在 $y'Ox_1z'$ 平面内偏转半个圆周后第四次穿过 xOy 平面, 可知离子甲的 x 轴坐标为 d , y 轴坐标为 d , z 轴坐标为 0 ,

故所求坐标为 $(d, d, 0)$ (1 分)

(4) 由 $\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}m_{\text{乙}}v_{\text{乙}}^2$ 和 $r_1 = \frac{mv_1}{qB} = \frac{d}{2}$ 得离子乙在磁场 I

中运动的轨迹半径 $r_{\text{乙}} = \frac{4mv_{\text{乙}}}{qB} = d$ (1 分)

离子甲先在磁场 I 中运动半个周期到达 y 轴上 $y_1 = d$ 处, 之后在磁场 II 中运动半个周期到达 x 轴上 $x_1 = d$ 处, 之后以 x_1 为起点重复之前的运动, 第二次到达 x 轴上的横坐标为 $x_2 = 2d$; 离子乙在磁场中运动半个周期到达 y 轴上 $y'_1 = 2d$ 处, 之后在磁场 II 中运动半个周期到达 x 轴上 $x'_1 = 2d$ 处, 则该点为离子甲、乙运动轨迹的第一个交点, 两离子运动轨迹如图 3 所示。

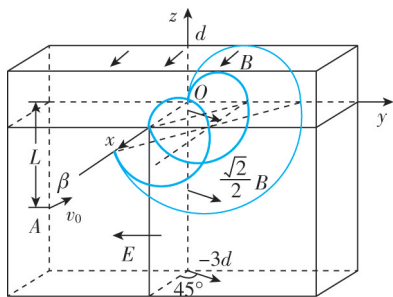


图 3

离子甲、乙在磁场 I 中做圆周运动的周期分别为 $T_{\text{甲}} = \frac{2\pi m}{qB}$,

$$T_{\text{乙}} = \frac{2\pi \cdot 4m}{qB} = \frac{8\pi m}{qB} \quad (1 \text{ 分})$$

离子甲、乙在磁场 II 中做圆周运动的周期分别为 $T'_{\text{甲}} =$

$$\frac{2\pi m}{q \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}B} = \frac{2\sqrt{2}\pi m}{qB}, T'_{\text{乙}} = \frac{2\pi \cdot 4m}{q \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}B} = \frac{8\sqrt{2}\pi m}{qB} \quad (1 \text{ 分})$$

则离子甲、乙的运动时间分别为 $t_{\text{甲}} = \frac{2\pi m}{qB} + \frac{2\sqrt{2}\pi m}{qB} =$

$$\frac{2(\sqrt{2}+1)\pi m}{qB}, t_{\text{乙}} = \frac{1}{2}T_{\text{乙}} + \frac{1}{2}T'_{\text{乙}} = \frac{1}{2} \times \frac{8\pi m}{qB} + \frac{1}{2} \times \frac{8\sqrt{2}\pi m}{qB} =$$

$$\frac{4(1+\sqrt{2})\pi m}{qB} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{故 } \Delta t = t_{\text{乙}} - t_{\text{甲}} = \frac{2(\sqrt{2}+1)\pi m}{qB} \quad (1 \text{ 分})$$

18. (1) 2 m/s 2 m/s (2) $\frac{7}{6}$ m (3) $-\frac{3}{65}$ J

$$(4) \frac{4\sqrt{2}\pi}{45} < \frac{M}{m_A} < \frac{4\sqrt{2}\pi}{45(1-\sqrt{1-\cos 5^\circ})}$$

【命题点】动量守恒定律、板块模型等

【解析】(1) A 与 B 发生弹性碰撞, 由动量守恒定律和能量守恒定律有 $m_A v_0 = m_A v_A + m_B v_B$ (1 分)

$$\frac{1}{2}m_A v_0^2 = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 \quad (1 \text{ 分})$$

代入数据解得

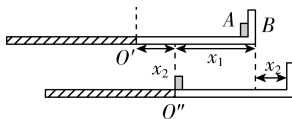
$$v_A = -2 \text{ m/s (负号表示方向向左)},$$

$$v_B = 2 \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) A 反弹后先做匀速直线运动,

$$\text{对 } B \text{ 有 } \mu_2(m_A + m_B)g = m_B a_B, \text{ 得 } a_B = 3 \text{ m/s}^2 \quad (1 \text{ 分})$$

假设 A 向左滑动 x_1 后进入粗糙段, 此过程 B 向右滑动距离



为 x_2 , A 滑上粗糙段后, 对 A

$$\text{有 } \mu_1 m_A g = m_A a_A, \text{ 得 } a_A = 4 \text{ m/s}^2 \quad (1 \text{ 分})$$

由题意可知, A 返回到 O 点正下方时对地速度为零, 结合运动分析图可知, 从 O'' 到 O' 点的水平距离也为 x_2 ,

$$\text{故 } x_2 = \frac{v_A^2}{2a_A}, \text{ 解得 } x_2 = \frac{1}{2} \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

设从 A 与 B 的挡板碰撞反弹到运动到 O'' 点所用时间为 t_1 ,

$$\text{对 } B \text{ 有 } v_B t_1 - \frac{1}{2} a_B t_1^2 = x_2, \text{ 得 } t_1 = \frac{1}{3} \text{ s 或 } t_1 = 1 \text{ s},$$

依题意可知, A 到达 O'' 点时, B 还有向右的速度,

$$\text{则需满足 } a_B t_1 < v_B, \text{ 得 } t_1 < \frac{2}{3} \text{ s} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{故 } x_1 = |v_A| t_1 = \frac{2}{3} \text{ m},$$

$$\text{所以 } B \text{ 光滑部分长度 } d = x_1 + x_2 = \frac{7}{6} \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

(3) A 滑至 O'' 点时, B 的速度 $v_{B1} = v_B - a_B t_1 = 1 \text{ m/s}$

A 滑上粗糙段后,

$$\text{对平板 } B \text{ 有 } \mu_1 m_A g + \mu_2(m_A + m_B)g = m_B a'_B \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{得 } a'_B = \frac{13}{3} \text{ m/s}^2,$$

由于 $\mu_1 m_A g < \mu_2(m_A + m_B)g$, 故平板 B 减速为零之后静止不动, 设 B 板再滑行 x'_B 停下,

$$\text{则 } x'_B = \frac{v_{B1}^2}{2a'_B} = \frac{3}{26} \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{从 A 滑上粗糙段到 B 速度减为零经历的时间 } t'_B = \frac{v_{B1}}{a'_B} = \frac{3}{13} \text{ s},$$

$$\text{从 A 滑上粗糙段到 A 速度减为零经历的时间 } t'_A = \frac{|v_A|}{a_A} = \frac{1}{2} \text{ s},$$

因为 $t'_B < t'_A$, 所以平板 B 先减速为零 (1 分)

$$\text{A 对 B 的摩擦力做功为 } W_f = -\mu_1 m_A g x'_B = -\frac{3}{65} \text{ J} \quad (1 \text{ 分})$$

$$(4) \text{ 设小球做简谐运动的周期为 } T, \text{ 则 } T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}},$$

A 从 O 点正下方运动至 B 的挡板处所用时间

$$t_0 = \frac{d}{v_0} = \frac{7}{24} \text{ s} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{由题意得 } t_0 + t_1 + t'_A = \frac{T}{4}, \text{ 得 } T = \frac{9}{2} \text{ s},$$

$$\text{代入周期公式解得 } L = \frac{81g}{16\pi^2} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{小球摆下过程由动能定理有 } MgL = \frac{1}{2}Mv^2,$$

小球与 A 碰撞过程动量守恒,有 $Mv=Mv_1+m_Av_0$,

小球摆角小于 5° , 则小球摆起时的初动能满足 $\frac{1}{2}Mv_1^2 < MgL \cdot (1-\cos 5^\circ)$ (1 分)

碰后小球沿原方向运动,即 $v_1>0$,

联立解得 $\frac{4\sqrt{2}\pi}{45} < \frac{M}{m_A} < \frac{4\sqrt{2}\pi}{45(1-\sqrt{1-\cos 5^\circ})}$ (1 分)