

14. B 【命题点】动量守恒定律、机械能守恒定律的应用

【解析】撤去推力后,小车、弹簧和滑块组成的系统所受合外力为零,系统动量守恒,由于滑块与车厢的水平底板间有摩擦力,且二者发生了相对滑动,故系统在运动过程中机械能不守恒(易错:只有重力或弹力做功时,系统机械能守恒),B 正确。

易错警示 本题易混淆动量守恒和机械能守恒的条件,误认为系统所受合外力为零,则动量守恒,机械能也守恒;需要清楚只有重力或弹簧弹力做功时,系统机械能才守恒。

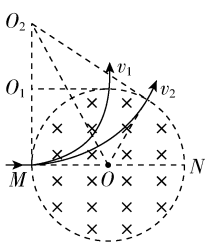
15. A 【命题点】电场的力的性质和能的性质

【解析】在电场中,等势面越密,电场强度越大(点拨:电场强度与等势面疏密的关系),由此可知 $E_M < E_N$,由 $F = qE$,可知 $F_M < F_N$,由于固定电荷为负电荷,电场方向由金属板指向负电荷,沿电场线方向电势越来越低,可知 M 点所在等势面的电势大于 N 点所在等势面的电势,即 $\varphi_M > \varphi_N$,正电荷在电势高处电势能大,可知 $E_{pM} > E_{pN}$,A 正确。

16. B 【命题点】带电粒子在磁场中的运动

【解析】粒子在磁场中的运动轨迹如图所示,设圆形磁场区域的半径为 R ,由几何知识知, $r_1 = R$, $r_2 = R \tan 60^\circ = \sqrt{3}R$,根据牛顿第二定律得 $qvB = m \frac{v^2}{r}$,解得

$$v = \frac{qBr}{m}, \text{ 则 } \frac{v_1}{v_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{3}}{3}, \text{ B 正确。}$$



学霸解题 · 技巧 北京大学 李安

带电粒子沿半径方向射入圆形磁场区域,出射速度方向沿半径方向;粒子在直线边界磁场中从同一边界射入有界磁场,再从同一边界射出,入射速度与出射速度方向与边界的夹角相同。

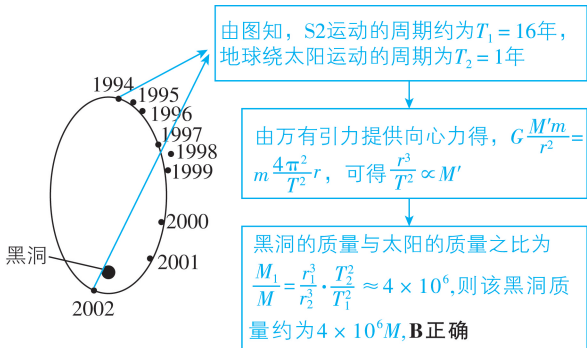
17. C 【命题点】半衰期

【解析】原子核衰变剩余质量为 $m = m_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T}}$,变形得 $\frac{m}{m_0} = \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T}}$,由题图知 $\frac{2}{3} = \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{67.3 \text{ d}}{T}}$, $\frac{1}{3} = \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{182.4 \text{ d}}{T}}$,由以上两式解得 $T = 115.1 \text{ d}$,C 正确。

快解

原子核衰变剩余质量由 $\frac{2}{3}m_0$ 变为 $\frac{1}{3}m_0$,即为一个半衰期,所以半衰期为 $T = 182.4 \text{ d} - 67.3 \text{ d} = 115.1 \text{ d}$ 。

18. B 【命题点】万有引力定律的应用



19. BC 【命题点】多过程运动中动量定理的应用

【解析】设物体与桌面间的动摩擦因数为 μ , 力 F 作用时, 有 $W - \mu mgs_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$, 撤去力 F 后物体继续运动, 对物体运动全程分析有 $W - 3\mu mgs_0 = 0$, 解得 $\mu = \frac{v_0^2}{4s_0g}$, $W = \frac{3}{4}mv_0^2$, A 错误, C 正确; 由 $W = Fs_0$, 解得 $F = 3\mu mg$, 即力 F 的大小是物体所受滑动摩擦力大小的3倍, D 错误; 设力 F 作用的时间为 t , 根据动量定理有 $3\mu mgt - \mu mgt = mv_0$, 力 F 的冲量大小 $I_F = 3\mu mgt = \frac{3}{2}mv_0$, B 正确。

一题多解 本题也可用牛顿运动定律求解。

$$F - \mu mg = ma_1,$$

$$v_0^2 = 2a_1s_0,$$

$$-\mu mg = m(-a_2),$$

$$0 - v_0^2 = 2 \cdot (-a_2) \cdot 2s_0,$$

$$v_0 = a_1t,$$

$$I_F = Ft,$$

$$\text{由以上各式可得 } F = 3\mu mg, \mu = \frac{v_0^2}{4s_0g}, I_F = \frac{3}{2}mv_0.$$

20. AD 【命题点】带电粒子在电场中的运动

【解析】若电场方向沿 y 轴负方向, 负电荷向 y 轴正方向偏转, 正电荷向 y 轴负方向偏转, 设沿 x 轴位移为 x' , 沿 y 轴位移为 y' , 则有 $x' = vt$, $a = \frac{q'E}{m'}$, $y' = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times \frac{q'E}{m'} \times \frac{x'^2}{v^2} = \frac{q'E}{2m'v^2}x'^2$, 带同种电荷且比荷相同的粒子轨迹相同, 正、负电荷比荷相同时轨迹关于 x 轴对称, 且比荷越小, 偏转程度越小, A 正确, B、C 错误; 同理, 电场方向沿 y 轴正方向时, D 正确。

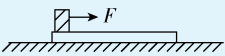
快解 观察各选项中图可知, 如果四个带电粒子轨迹各不重合, 则只有 C 正确, 本题多选, 故排除 C; 由于不考虑重力, 可知带电粒子只受电场力作用, 根据运动对称性可知 A、D 正确。

21. BCD 【命题点】板块模型

选项	分析	正误
A	t_1 时刻, 对木板和物块整体有 $F_1 = \mu_1(m_1+m_2)g$	×
B	t_2 时刻, 对物块有 $F_2 - \mu_2 m_2 g = m_2 a$, 对木板有 $\mu_2 m_2 g - \mu_1(m_1+m_2)g = m_1 a$, 解得 $F_2 = \frac{m_2(m_1+m_2)}{m_1}(\mu_2 - \mu_1)g$	√
C	$t_1 \sim t_2$ 时间内, 物块对木板的静摩擦力使木板加速, 有 $\mu_2 m_2 g > \mu_1(m_1+m_2)g$, 解得 $\mu_2 > \frac{m_1+m_2}{m_2}\mu_1$	√
D	由题图(c)可知, t_1 时刻前物块和木板静止, t_1 时刻后木板和物块共同加速, t_2 时刻后木板和物块相对滑动	√

学霸解题·技巧 南开大学 张媛

木板上下表面均有摩擦问题总结如下:



木板上表面与物块之间最大静摩擦力 $f_{2m} = \mu_2 m_2 g$,
木板下表面与地面之间最大静摩擦力 $f_{1m} = \mu_1(m_1+m_2)g$,
木板能够加速运动, 意味着 $f_{2m} > f_{1m}$, 否则无论拉力 F 多大, 木板不可能在地面上滑动。
当 $0 < F \leq f_{1m}$ 时, 物块与木板均静止;
若拉力为 F_0 时, 物块与木板恰好要发生相对滑动,
则 $F_0 - \mu_2 m_2 g = m_2 a$, $\mu_2 m_2 g - \mu_1(m_1+m_2)g = m_1 a$, 求得 F_0 ;
当 $f_{1m} < F \leq F_0$ 时, 物块与木板以相同的加速度共同加速运动;
当 $F > F_0$ 时, 木板加速度不变, 物块以更大的加速度加速运动。

22. (1) 1.0(1分) 2.0(2分) (2) 9.7(2分)

【命题点】平抛运动规律的验证

【解析】(1) 小球在 A 点时速度的水平分量大小为 $v_x = \frac{x}{T} = \frac{0.05}{0.05} \text{ m/s} = 1.0 \text{ m/s}$, 竖直分量大小为 $v_y = \frac{(11.0+8.6) \times 10^{-2}}{2 \times 0.05} \text{ m/s} = 2.0 \text{ m/s}$;
(2) 在竖直方向上, 由逐差法得当地重力加速度的大小 $g = \frac{(13.4+11.0-8.6-6.1) \times 10^{-2}}{4 \times 0.05^2} \text{ m/s}^2 = 9.7 \text{ m/s}^2$ 。

23. (1) 15.0(2分) (3) $\frac{R_V+R_0}{R_V R_0 E} R + \frac{R_V+R_0}{R_V R_0 E} r + \frac{1}{E}$ (2分)
(5) 1.54(2分) 1.1(2分) (6) 5.19(2分)

【命题点】伏阻法测电源电动势和内阻

【解析】(1) 定值电阻与电压表并联, 总电阻 $R_{并} = \frac{R_0 R_V}{R_0 + R_V}$

19 Ω ,干路允许的最大电流为 $I_m = \frac{U_0}{R_{\text{并}}} = \frac{1}{19}$ A,电路中总电阻最小值约为 $R_{\text{min}} = \frac{E}{I_m} = 28.5 \Omega$,闭合开关前电阻箱接入电路的电阻值 $R = R_{\text{min}} - R_{\text{并}} - r > 7.5 \Omega$,因此闭合开关前电阻箱接入电路的电阻值选 **15.0 Ω** ;

(3) 电路中总电流为 $I = \frac{U}{R_{\text{并}}} = \frac{E}{R_{\text{并}} + R + r}$,整理得 $\frac{1}{U} = \frac{R_V + R_0}{R_V R_0 E} R + \frac{R_V + R_0}{R_V R_0 E} r + \frac{1}{E}$;

(5) 根据(3)中得到的 $\frac{1}{U} - R$ 关系式,代入数据可得 $\frac{1}{U} = \frac{19+r}{19E} + \frac{1}{19E} R$ (V^{-1}),延长图线,得到图线与纵轴交点为 $0.86 V^{-1}$,得 $0.86 V^{-1} = \frac{19+r}{19E} + \frac{5}{19E}$ (V^{-1}),图线斜率为 $\frac{1.46-0.86}{22.5-5} \Omega^{-1} \cdot V^{-1} = \frac{1}{19E} \Omega^{-1}$,解得 $E = \mathbf{1.54 V}$, $r = \mathbf{1.1 \Omega}$;

(6) 若将题图(a)中的电压表当成理想电压表,则电路中电流为 $I = \frac{U}{R_0} = \frac{E'}{R_0 + R + r}$,整理得 $\frac{1}{U} = \frac{20+r}{20E'} + \frac{1}{20E'} R$ (V^{-1}), $\frac{1}{U} - R$ 图线斜率为 $\frac{1.46-0.86}{22.5-5} \Omega^{-1} \cdot V^{-1} = \frac{1}{20E'} \Omega^{-1}$,解得 $E' = 1.46 V$,

$$\left| \frac{E' - E}{E} \right| \times 100\% = \mathbf{5.19\%}.$$

24. (1) 4.5 J (2) 9 N

【命题点】动能定理、牛顿运动定律、运动学公式的综合应用

【解析】(1) 设篮球第一次与地面碰撞前的速度大小为 v_1 ,碰撞后的速度大小为 v_2 ,第二次与地面碰撞前的速度大小为 v_3 ,碰撞后的速度大小为 v_4 ,根据动能定理得

$$mgh_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = E_{k1}, mgh_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = E_{k2} \quad (2 \text{ 分})$$

设篮球每次与地面碰撞前后的动能的比值为 k ,解得 $k =$

$$\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{3}{2} \quad (1 \text{ 分})$$

运动员拍球时,根据动能定理得 $mgh_3 + W = \frac{1}{2}mv_3^2 =$

$$E_{k3}, mgh_4 = \frac{1}{2}mv_4^2 = E_{k4} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\frac{E_{k3}}{E_{k4}} = k = \frac{3}{2}, \text{解得 } W = \mathbf{4.5 J} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 根据上述分析可得 $v_3 = 3\sqrt{5}$ m/s,

运动员拍球时,根据牛顿第二定律得 $mg + F = ma$ (1分)

0.2 s 末篮球的速度为 $v = at$ (1分)

前 0.2 s 内的位移为 $x_1 = \frac{1}{2}vt$ (1分)

从 0.2 s 末到落地前的位移为 $x_2 = \frac{v_3^2 - v^2}{2g}$ (1分)

总位移 $x = x_1 + x_2 = 1.5$ m (1分)

解得 $v = 5$ m/s, $a = 25$ m/s², $F = \mathbf{9 N}$ (1分)

一题多解 第(2)问中可以根据恒力做功定义式列方程求解。

拍球过程中 $F+mg=ma$,

$$x_1 = \frac{1}{2}at^2,$$

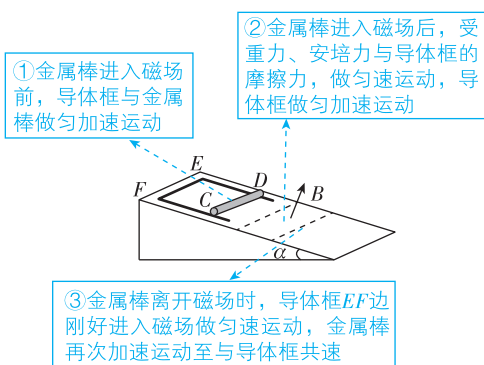
$$W = Fx_1,$$

联立解得 $F = 9 \text{ N}$ 。

25. (1) 0.18 N (2) 0.02 kg 0.375 (3) $\frac{5}{18} \text{ m}$

【命题点】金属棒—导体框在磁场中运动的电磁感应综合问题

【题图剖析】



【解析】(1) 导体框与金属棒一起加速运动,设加速度大小为 a ,根据牛顿第二定律得 $(M+m)g\sin\alpha = (M+m)a$ (1分)
解得 $a = 6 \text{ m/s}^2$,

设金属棒刚进入磁场时的速度为 v_1 ,由运动学公式得 $v_1^2 - 0 = 2as_1$ (1分)

解得 $v_1 = 1.5 \text{ m/s}$,

金属棒在磁场中受到的安培力 $F_{\text{安}} = BIL$ (1分)

流过金属棒的电流 $I = \frac{E}{R}$ (1分)

由法拉第电磁感应定律得 $E = BLv_1$ (1分)

联立解得 $F_{\text{安}} = 0.18 \text{ N}$ (2分)

(2) 金属棒在磁场中匀速运动,有

$$F_{\text{安}} = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha \quad (1 \text{ 分})$$

此时导体框做匀加速运动,有

$$Mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = Ma_1 \quad (1 \text{ 分})$$

当金属棒离开磁场时,导体框 EF 边刚好进入磁场做匀速直线运动,

对导体框有 $Mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha + F'_{\text{安}}$ (1分)

$$F'_{\text{安}} = BI'L = B \frac{BLv_2}{R} L = \frac{B^2 L^2 v_2}{R} \quad (1 \text{ 分})$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a_1 s_0 \quad (1 \text{ 分})$$

联立解得 $v_2 = 2.5 \text{ m/s}$, $m = 0.02 \text{ kg}$, $\mu = 0.375$ (1分)

(3) 金属棒再次加速运动时,有

$$mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = ma_2 \quad (1 \text{ 分})$$

解得 $a_2 = 9 \text{ m/s}^2$,

金属棒与导体框共速时,有 $v_2 = a_2 t + v_1$ (1分)

$$\text{解得 } t = \frac{1}{9} \text{ s}, x = v_2 t = 2.5 \times \frac{1}{9} \text{ m} = \frac{5}{18} \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

假设金属棒穿越磁场区域时间为 t_1 , 则 $v_2 - v_1 = a_1 t_1$ (1 分)

磁场区域宽度 $d = v_1 t_1$ (1 分)

解得 $d = 0.3 \text{ m}$, 有 $x = \frac{5}{18} \text{ m} < d = 0.3 \text{ m}$, 所以导体框与金属棒

共速时还未离开磁场区域 (1 分)

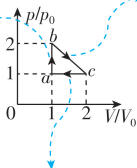
故导体框匀速运动距离为 $x = \frac{5}{18} \text{ m}$ (1 分)

33. (1) ABE 【命题点】 p - V 图像、气体实验定律、热力学第一定律

ab 过程气体发生等容变化, 则 $W = 0$,

由 $\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_b}{T_b}$ 解得 $T_b = 2T_0$, 气体温度升高, 内能增大, 根据 $\Delta U = W + Q$ 可知 $\Delta U > 0$, 则 $Q > 0$, 气体始终吸热, A 正确

由 $\frac{pV}{T} = C$ 可知, $T_b = T_c$, b 、 c 两点在同一条等温线上, bc 过程中气体温度先升高后降低, D 错误, E 正确



ca 过程气体体积减小, 外界对气体做功, 则 $W > 0$, 气体发生等压变化, 由 $\frac{V_c}{T_c} = \frac{V_0}{T_0}$ 解得 $T_c = 2T_0$, 气体温度降低, 内能减小, $\Delta U < 0$, 由 $\Delta U = W + Q$ 可知 $Q < 0$, 气体始终放热, B 正确, C 错误

(2) 1 cm 【命题点】液柱模型

【解析】以 B 中气体为研究对象, 设初状态压强为 p_B , 体积为 V_B , B 管横截面积为 S ,

初状态 $p_B = p_0$, $V_B = l_2 S$,

设末状态压强为 p'_B , 体积为 V'_B ,

$$p'_B = p_0 + p_h = 75 \text{ cmHg} + 5 \text{ cmHg} = 80 \text{ cmHg}, V'_B = l'_2 S,$$

由于水银从 C 管缓慢注入, 整个过程管内气体发生等温变化,

$$\text{由玻意耳定律得 } p_B V_B = p'_B V'_B \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } l'_2 = 30 \text{ cm} \quad (1 \text{ 分})$$

以 A 中气体为研究对象, 设初状态压强为 p_A , 体积为 V_A , A 管横截面积为 S' ,

初状态 $p_A = p_0$, $V_A = l_1 S'$,

设末状态压强为 p'_A , 体积为 $V'_A = l'_1 S'$,

$$\text{由题图中液柱关系可得 } A \text{ 中水银柱高为 } l_1 - l'_1 \quad (1 \text{ 分})$$

$$C \text{ 中水银柱高为 } h + (l_2 - l'_2) = 7 \text{ cm} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{则 } A \text{ 中气体末状态压强 } p'_A = (l'_1 + 68.5) \text{ cmHg} \quad (1 \text{ 分})$$

整个过程管内气体发生等温变化,

$$\text{由玻意耳定律有 } p_A V_A = p'_A V'_A \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } l'_1 = 12.5 \text{ cm},$$

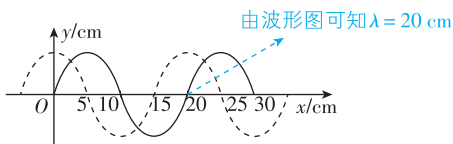
设 A 、 B 两管内水银柱的高度差为 Δh , 则

$$\Delta h = (l_2 - l'_2) - (l_1 - l'_1) = 1 \text{ cm} \quad (2 \text{ 分})$$

34. (1) 0.5 (2 分) 0.4 (1 分) 1.2 (2 分)

【命题点】波的传播、多解问题

【题图剖析】



【解析】若波沿 x 轴正方向传播,由波形图可知

$$\Delta t = \frac{3}{4}T + nT, \Delta t = 0.3 \text{ s 且 } \Delta t < T,$$

所以 $\Delta t = \frac{3}{4}T$, 解得 $T = 0.4 \text{ s}$,

由波形图可知 $\lambda = 20 \text{ cm}$, 波的传播速度 $v = \frac{\lambda}{T}$,

解得 $v = 0.5 \text{ m/s}$;

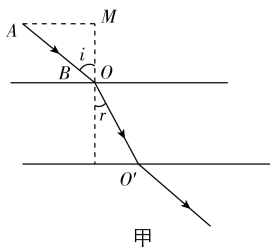
若波沿 x 轴负方向传播,

则 $\Delta t = \frac{1}{4}T$, 解得 $T = 1.2 \text{ s}$ 。

(2) (i) $\sqrt{2}$ (ii) 15°

【命题点】测定玻璃砖的折射率和光的折射和全反射

【解析】(i) 如图甲所示, 设入射角为 i , 折射角为 r ,



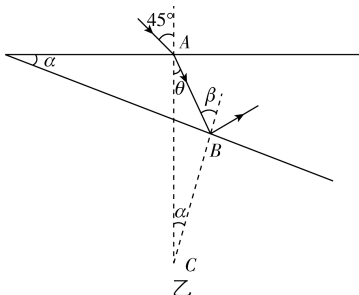
由折射定律得 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ (2 分)

由几何关系知 $\sin i = \frac{AM}{\sqrt{AM^2 + MO^2}} = \frac{10.0}{\sqrt{10.0^2 + 20.0^2}} = \frac{\sqrt{5}}{5}$ (1 分)

$\sin r = \frac{s}{\sqrt{s^2 + h^2}} = \frac{5.0}{\sqrt{5.0^2 + 15.0^2}} = \frac{\sqrt{10}}{10}$ (1 分)

解得 $n = \sqrt{2}$ (1 分)

(ii) 光在玻璃砖中发生全反射时的光路图如图乙所示, 设光在上表面的折射角为 θ ,



由 $n = \frac{\sin 45^\circ}{\sin \theta}$, 得 $\theta = 30^\circ$ (2 分)

光在玻璃砖下表面恰好发生全反射,

有 $\sin \beta = \frac{1}{n}$, 解得 $\beta = 45^\circ$ (2 分)

把光在上下表面入射点处的法线延长交于 C 点, 设法线延长线夹角为 α ,

由几何关系得 α 即为上下表面的夹角,

在 $\triangle ABC$ 中, $\theta = 30^\circ$, $\angle ABC = 135^\circ$,

则 $\alpha = 15^\circ$, 由几何关系可知, 此玻璃砖上下表面的夹角为 α ,

即该玻璃砖上下表面的夹角为 15° (1 分)