

14. C 【命题点】万有引力定律的应用

【解析】由于“天舟一号”与“天宫二号”空间实验室对接形成的组合体仍沿“天宫二号”原来的轨道运行,故轨道半径不变,根据万有引力提供向心力,有 $G \frac{Mm}{R^2} = ma = m \frac{v^2}{R} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$, 得 $T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$, $a = \frac{GM}{R^2}$, $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$, 故选项 A、B、D 错误; 由于对接形成组合体后质量增加, 所以动能增大, 故选项 C 正确。

刷有所得

根据万有引力提供向心力可推出 $T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$, $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$, $\omega = \sqrt{\frac{GM}{R^3}}$, 即 v 和 ω 随半径的增大而减小, 周期随半径的增大而增大, 可简单记忆卫星在不同圆轨道上稳定运行时的规律为“低轨, 高速, 短周期”。

15. D 【命题点】楞次定律的应用

【解析】由于金属杆 PQ 突然向右运动, 导致金属导轨与金属杆 PQ 所围的面积增大, 磁通量增大, 由楞次定律知, 感应电流产生的磁场阻碍原磁场的变化, 故感应电流产生的磁场方向应垂直于纸面向外, $PQRS$ 中的感应电流沿逆时针方向。对于圆环形金属线框 T , 金属杆由于运动产生的感应电流所产生的磁场使得 T 内的磁场的磁感应强度变小, 磁通量减小, 故线框 T 中感应电流产生的磁场方向应垂直于纸面向里, 故 T 中的感应电流沿顺时针方向, 故选项 D 正确。

刷有所得

(1) 楞次定律说明感应电流产生的磁场总是阻碍引起感应电流的磁通量的变化, 而磁通量的变化可以由磁感应强度变化引起, 也可以由有效面积的变化引起。(2) 阻碍的方式可以通过感应电流的磁场阻碍原磁场的变化, 也可以通过感应电流在磁场中受到的安培力阻碍磁通量的变化。(3) 感应电流的磁场阻碍的是磁通量的变化, 而非磁通量本身。“阻碍”并不一定是相反, 也不是“阻止”, 而是延缓了磁通量的变化过程。

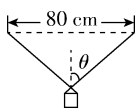
16. A 【命题点】链条重心变化与重力做功

【解析】由题意知, 将 Q 点拉至 M 点时, 外力对细绳所做的功等于细绳 MQ 段克服重力所做的功, 将 Q 点拉至 M 点的过程中, 细绳 MQ 段重心上升的高度 $\Delta h = \left(\frac{l}{3} + \frac{2l}{3} \times \frac{1}{2} \right) - \left(\frac{l}{3} + \frac{2l}{3} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \right) = \frac{1}{6}l$ (取悬挂点为基准点), 故外力做的

功 $W = \frac{2}{3}mg\Delta h = \frac{1}{9}mgl$, 故选项 A 正确。

17. B 【命题点】共点力的动态平衡

【解析】将一钩码挂在弹性绳的中点, 平衡后对钩码进行受力分析, 如图所示, 设钩码质量为 m , 弹性绳的拉力为 T , 弹性绳与竖直方向的夹角为 θ , 由平衡条件知 $2T\cos\theta = mg$, 由胡克定律得



的夹角为 θ , 由平衡条件知 $2T\cos\theta = mg$, 由胡克定律得

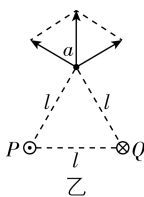
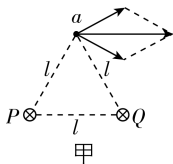
$T = k\Delta x$, 联立解得 $k = \frac{mg}{2\cos\theta\Delta x}$, 将弹性绳两端拉至同一点重新平衡后, 设弹性绳上拉力为 T_1 , 弹性绳的形变量为 $\Delta x'$, 由平衡条件知 $2T_1 = mg$, 由胡克定律有 $T_1 = k\Delta x'$, 联立解得

$k = \frac{mg}{2\Delta x'}$ 。由几何关系得 $\cos\theta = \frac{3}{5}$, $\Delta x = 0.2\text{ m}$, 联立解得 $\Delta x' = 0.12\text{ m}$, 故弹性绳的总长度变为 92 cm , 选项 B 正确。

18. C 【命题点】通电长直导线产生的磁场的叠加

【解析】设导线 P 在 a 点处产生的磁感应强度为 B , 由于 a 点处的磁感应强度为零, 故导线 P 、 Q 在 a 点处产生的合磁感应强度与 B_0 等大反向。如图甲所示, 由几何关系得, 导线 P 、 Q 在 a 点处产生的合磁感应强度 $B_0 = 2B\cos 30^\circ$, 方向水平向右。若 P 中的电流反向、其他条件不变, 如图乙所示, 由几何关系得, P 、 Q 导线在 a 点处的磁感应强度变为 B , 方向竖直向上, 则 a 点处磁感应强度的大小为

$\sqrt{B_0^2 + \left(\frac{B_0}{\sqrt{3}}\right)^2} = \frac{2\sqrt{3}}{3}B_0$, 故选项 C 正确。



19. BC 【命题点】爱因斯坦光电效应方程

【解析】由爱因斯坦光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ 可知, 若 $\nu_a > \nu_b$, 则 $E_{ka} > E_{kb}$, 遏止电压用于反映最大初动能的大小, $Ue = E_k$, 则 $U_a > U_b$, 故选项 A 错误, 选项 B 正确; 若 $U_a < U_b$, 则 $E_{ka} < E_{kb}$, 故选项 C 正确; $W_0 = h\nu - E_k$, 由于金属的逸出功由金属材料本身决定, 故选项 D 错误。

刷有所得 (1) 遏止电压用于反映光电子最大初动能的大小, 其物理意义是当光电流为零时, 对应的反向最大电压。

(2) 逸出功是电子发生光电效应, 从金属表面逸出时克服原子核的作用力所做功的最小值, 其大小由金属材料本身决定, 与入射光的频率和光照强度无关。

20. AB 【命题点】动量与动量定理

【解析】由动量定理可知 $I = Ft = mv$, 则 $t = 1\text{ s}$ 时物块的速度

大小为 $v_1 = 1 \text{ m/s}$, 故选项 **A 正确**; $t = 2 \text{ s}$ 时物块的动量大小 $p_2 = I_2 = 4 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 故选项 **B 正确**; $t = 3 \text{ s}$ 时物块的动量大小 $p_3 = I_3 = 2 \times 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s} - 1 \times 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 3 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 故选项 **C 错误**; $t = 4 \text{ s}$ 时物块的速度大小 $v_4 = \frac{I_4}{m} = \frac{2 \times 2 - 1 \times 2}{2} \text{ m/s} = 1 \text{ m/s}$, 故选项 **D 错误**。

刷有所得 (1) 在 $F-t$ 图像中, 图线与横轴所围成的面积表示冲量, 应用动量定理时, 应注意正方向。
(2) 分析 $F-t$ 图像时应从点、线、面、截距、斜率所表示的物理意义入手。

21. ABD 【命题点】匀强电场中的电场强度、电势、电势能、电场力做功

【解析】在匀强电场中, 两平行且等长的线段两端的电势差相等, 设 O 点电势为 φ , 则 $U_{ao} = U_{cb}$, 故 $\varphi = 1 \text{ V}$, 选项 **B 正确**; 连接 O 、 c , 过 a 点作 Oc 垂线, 分析可知此垂线为一等势线, 则 Oc 沿电场线方向, $E = \frac{26-1}{\sqrt{6^2+8^2}} \text{ V/cm} = 2.5 \text{ V/cm}$, 故选项 **A 正确**; 电子在 a 点的电势能 $E_{pa} = -10 \text{ eV}$, 在 b 点的电势能 $E_{pb} = -17 \text{ eV}$, $E_{pa} - E_{pb} = 7 \text{ eV}$, 电子在 a 点的电势能比在 b 点的高 7 eV , 故选项 **C 错误**; 电子在 c 点处的电势能 $E_{pc} = -26 \text{ eV}$, 电子从 b 点运动到 c 点, 电场力做的功 $W = -\Delta E_p = -(E_{pc} - E_{pb}) = 9 \text{ eV}$, 故选项 **D 正确**。

刷有所得 在匀强电场中:

- (1) 两平行且等长的线段两端点的电势差相等。
- (2) 沿同一条直线移动相同的距离电势变化相同。
- (3) 正电荷在高电势的位置电势能较大, 负电荷在低电势的位置电势能较大。

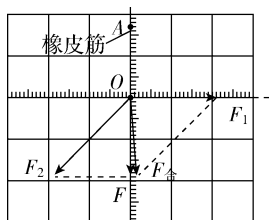
22. (1) 4.0 (1 分) (2) (i) 图见解析 (2 分) (ii) 4.0 (2 分) 0.05 (1 分)

【命题点】“验证力的平行四边形”实验

【思路分析】由于弹簧测力计最小刻度为 0.2 N , 故读数只需要估读到小数点后一位; 用 5 mm 长度的线段表示 1 N 的力, 故 F_1 用长为 21 mm 的线段表示, F_2 用长为 28 mm 的线段表示; 依据平行四边形定则画出合力, 通过测量合力的长度即可得到合力的大小; 根据图线求出合力与 F 夹角的正切值。

【解析】(1) 由题图可知, F 的大小为 **4.0 N**;

(2) (i) 根据题意画出 F_1 、 F_2 的图示, 如图所示, F_1 用长为 21 mm 的线段表示, F_2 用长为 28 mm 的线段表示;



(ii) 根据图示, 测得合力 $F_{\text{合}}$ 的长度为 20 mm , 则 $F_{\text{合}}$ 的大小为 **4.0 N**, 利用作图法可得, $F_{\text{合}}$ 与 F 夹角的正切值为 **0.05**。

23. (1) 黑 (1 分) (2) B (1 分) (3) 160 (2 分) 880 (2 分) (4) 1.47 mA (1 分) $1.10 \times 10^3 \Omega$ (1 分) 2.95 V (1 分)

【命题点】多用电表的组装

【解析】(1) 根据“红进黑出”的原则, 可知 A 端与黑表笔连接。

(2) 多用电表只有接欧姆挡时才会用到表内部的电源, 故多用电表接 3 时, 通过调节滑动变阻器达到欧姆调零的目的, 故答案选 B。

(3) 当多用电表接“2”时为小量程电流表, 量程为 1 mA, 表头满偏时为 250 μ A, 则经过 R_1 和 R_2 的电流为 750 μ A, 根据部分电路欧姆定律可得 $R_1 + R_2 = \frac{480 \Omega \times 250 \mu\text{A}}{750 \mu\text{A}} = 160 \Omega$;

当多用电表接“4”时, 为小量程电压表, 量程为 1 V, 则电表此时的总电阻为 $R = \frac{1 \text{ V}}{1 \times 10^{-3} \text{ A}} = 1000 \Omega$, 而表头和电阻 R_1 和 R_2

并联后的电阻为 $R' = \frac{480 \times 160}{480 + 160} \Omega = 120 \Omega$, 故 $R_4 = R - R' =$

880 Ω 。

(4) 若 B 端与“1”相连, 多用电表为量程为 2.5 mA 的电流表, 读数为 1.47 mA; 若 B 端与“3”相连, 多用电表为 $\times 100$ 欧姆挡, 则读数为 1100 Ω , 记为 $1.10 \times 10^3 \Omega$; 若 B 端与“5”相连, 多用电表为量程为 5 V 的电压表, 则读数为 2.95 V。

刷有所得 电流表的改装及电压表的改装都是依据部分电路欧姆定律, 改装为量程为 I 的电流表, 表头的满偏电流为 I_g , 表头内阻为 R_g , 则并联电阻 $R = \frac{I_g R_g}{I - I_g}$; 改装为量程为

U 的电压表, 则串联电阻 $R = \frac{U}{I_g} - R_g$ 。

24. (1) $\frac{\pi m}{B_0 q} \left(1 + \frac{1}{\lambda} \right)$ (2) $\frac{2mv_0}{B_0 q} \left(1 - \frac{1}{\lambda} \right)$

【命题点】带电粒子在磁场中的应用

【思路分析】粒子进入磁场后, 依据左手定则判断粒子的偏转方向, 由于在 $x < 0$ 区域磁感应强度更大, 则粒子运动轨迹半径更小, 画出粒子运动轨迹示意图结合公式即可求解。

【解析】(1) 在匀强磁场中, 带电粒子做圆周运动。设在 $x \geq 0$ 区域, 圆周半径为 R_1 ; 在 $x < 0$ 区域, 圆周半径为 R_2 。由洛伦兹力公式及牛顿第二定律得

$$qB_0 v_0 = m \frac{v_0^2}{R_1} \quad (1) \quad (2 \text{ 分})$$

$$q\lambda B_0 v_0 = m \frac{v_0^2}{R_2} \quad (2) \quad (2 \text{ 分})$$

粒子速度方向转过 180° 时, 所需时间 t_1 为

$$t_1 = \frac{\pi R_1}{v_0} \quad (3) \quad (2 \text{ 分})$$

粒子再转过 180° 时, 所需时间 t_2 为

$$t_2 = \frac{\pi R_2}{v_0} \quad (4) \quad (2 \text{ 分})$$

联立①②③④式得, 所求时间为

$$t_0 = t_1 + t_2 = \frac{\pi m}{B_0 q} \left(1 + \frac{1}{\lambda} \right) \quad (5) \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 由几何关系及①②式得, 所求距离为

$$d_0 = 2(R_1 - R_2) = \frac{2mv_0}{B_0 q} \left(1 - \frac{1}{\lambda} \right) \quad (2 \text{ 分}) \quad \textcircled{6}$$

25. (1) 1 m/s (2) 1.9 m

【命题点】板块模型

【解析】(1) 滑块 A 和 B 在木板上滑动时, 木板也在地面上滑动。设 A 、 B 和木板所受的摩擦力大小分别为 f_1 、 f_2 和 f_3 , A 和 B 相对于地面的加速度大小分别为 a_A 和 a_B , 木板相对于地面的加速度大小为 a_1 。在滑块 B 与木板达到共同速度前有

$$f_1 = \mu_1 m_A g \quad (1 \text{ 分}) \quad \textcircled{1}$$

$$f_2 = \mu_1 m_B g \quad (1 \text{ 分}) \quad \textcircled{2}$$

$$f_3 = \mu_2 (m + m_A + m_B) g \quad (1 \text{ 分}) \quad \textcircled{3}$$

由牛顿第二定律得

$$f_1 = m_A a_A \quad (1 \text{ 分}) \quad \textcircled{4}$$

$$f_2 = m_B a_B \quad (1 \text{ 分}) \quad \textcircled{5}$$

$$f_2 - f_1 - f_3 = m a_1 \quad (1 \text{ 分}) \quad \textcircled{6}$$

设在 t_1 时刻, B 与木板达到共同速度, 其大小为 v_1 。由运动学公式有

$$v_1 = v_0 - a_B t_1 \quad (1 \text{ 分}) \quad \textcircled{7}$$

$$v_1 = a_1 t_1 \quad (1 \text{ 分}) \quad \textcircled{8}$$

联立①②③④⑤⑥⑦⑧式, 代入已知数据得

$$v_1 = 1 \text{ m/s} \quad (2 \text{ 分}) \quad \textcircled{9}$$

(2) 在 t_1 时间间隔内, B 相对于地面移动的距离为

$$s_B = v_0 t_1 - \frac{1}{2} a_B t_1^2 \quad (1 \text{ 分}) \quad \textcircled{10}$$

设在 B 与木板达到共同速度 v_1 后, 木板的加速度大小为 a_2 。对于 B 与木板组成的体系, 由牛顿第二定律有

$$f_1 + f_3 = (m_B + m) a_2 \quad (1 \text{ 分}) \quad \textcircled{11}$$

由①②④⑤式知, $a_A = a_B$; 再由⑦⑧式知, B 与木板达到共同速度时, A 的速度大小也为 v_1 , 但运动方向与木板相反。由题意知, A 和 B 相遇时, A 与木板的速度相同, 设其大小为 v_2 。设 A 的速度大小从 v_1 变到 v_2 所用的时间为 t_2 , 则由运动学公式, 对木板有

$$v_2 = v_1 - a_2 t_2 \quad (1 \text{ 分}) \quad \textcircled{12}$$

对 A 有

$$v_2 = -v_1 + a_A t_2 \quad (1 \text{ 分}) \quad \textcircled{13}$$

在 t_2 时间间隔内, B (以及木板) 相对地面移动的距离为

$$s_1 = v_1 t_2 - \frac{1}{2} a_2 t_2^2 \quad (1 \text{ 分}) \quad \textcircled{14}$$

在 $(t_1 + t_2)$ 时间间隔内, A 相对地面移动的距离为

$$s_A = v_0 (t_1 + t_2) - \frac{1}{2} a_A (t_1 + t_2)^2 \quad (2 \text{ 分}) \quad \textcircled{15}$$

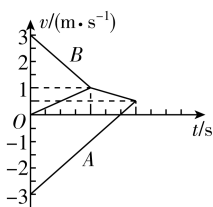
A 和 B 相遇时, A 与木板的速度也恰好相同。因此 A 和 B 开始运动时, 两者之间的距离为

$$s_0 = s_A + s_1 + s_B \quad (1 \text{ 分}) \quad \textcircled{16}$$

联立以上各式, 并代入数据得

$$s_0 = 1.9 \text{ m} \quad (2 \text{ 分}) \quad \textcircled{17}$$

(也可用如图的速度—时间图线求解)



33. (1) ABD 【命题点】 p - V 图像

【解析】在过程 ab 中, 体积不变, 外界不对气体做功, 气体也不对外界做功, 压强增大, 温度升高, 内能增加, 故 **A 正确**, **C 错误**; 在过程 ca 中, 气体的体积减小, 外界对气体做功, 故 **B 正确**; 在过程 bc 中, 温度不变, 内能不变, 体积增大, 气体对外界做功, 由热力学第一定律可知, 气体要从外界吸收热量, 故 **D 正确**; 在过程 ca 中, 压强不变, 体积减小, 温度降低, 故内能减少, 而外界对气体做功, 气体要向外界放出热量, 故 **E 错误**。

$$(2) (i) \frac{\pi \rho g h^2 d^2}{4V_0 + \pi d^2(l-h)} \quad (ii) \frac{\pi \rho g l^2 d^2}{4V_0}$$

【命题点】玻意耳定律与平衡条件的应用

【思路分析】求解热力学问题关键在于初、末状态的确定及实验定律的选取, 根据题意可知气体的体积发生变化, 温度不变, 故选用玻意耳定律进行求解压强; 求能够测量的最大压强, 其实质仍为初、末状态体积的变化, 温度不变, 故仍然选用玻意耳定律。

【解析】(i) 水银面上升至 M 的下端使玻璃泡中气体恰好被封住, 设此时被封闭的气体的体积为 V , 压强等于待测气体的压强 p 。提升 R , 直到 K_2 中水银面与 K_1 顶端等高时, K_1 中水银面比顶端低 h ; 设此时封闭气体的压强为 p_1 , 体积为 V_1 , 则

$$V = V_0 + \frac{1}{4}\pi d^2 l \quad (1 \text{ 分})$$

$$V_1 = \frac{1}{4}\pi d^2 h \quad (1 \text{ 分})$$

由力学平衡条件得

$$p_1 = p + \rho g h \quad (1 \text{ 分})$$

整个过程为等温过程, 由玻意耳定律得

$$pV = p_1 V_1 \quad (2 \text{ 分})$$

联立①②③④式得

$$p = \frac{\rho \pi g h^2 d^2}{4V_0 + \pi d^2(l-h)} \quad (2 \text{ 分})$$

(ii) 由题意知

$$h \leq l \quad (1 \text{ 分})$$

联立⑤⑥式有

$$p \leq \frac{\pi \rho g l^2 d^2}{4V_0} \quad (1 \text{ 分})$$

该仪器能够测量的最大压强为

$$p_{\max} = \frac{\pi \rho g l^2 d^2}{4V_0} \quad (1 \text{ 分})$$

刷有所得 麦克劳真空计的工作原理是将直接测量困难的待测压强气体的一部分进行隔离并加以压缩, 直至压强增大到可以直接测量的程度, 用玻意耳定律进行求解。

34. (1) BCE 【命题点】波的图像

【解析】由波形图可知,波长为 4 m,故 **A 错误**;简谐横波沿 x 轴正方向传播,实线为 $t=0$ 时的波形图,虚线为 $t=0.5$ s 时的波形图。又该简谐波的周期大于 0.5 s,波传播的距离 $\Delta x = \frac{3}{4}\lambda, \frac{3}{4}T = 0.5$ s,故周期 $T = \frac{2}{3}$ s,频率为 1.5 Hz,波速 $v = \lambda f = 6$ m/s,故 **B、C 正确**; $t = 1$ s $= \frac{3}{2}T$, $t = 0$ 时, $x = 1$ m 处的质点处于波峰, $t = 1$ s 时,该质点处于波谷,故 **D 错误**; $t = 2$ s $= 3T$,是周期的整数倍, $t = 0$ 时, $x = 2$ m 处的质点位于平衡位置, $t = 2$ s 时,该质点经过平衡位置,故 **E 正确**。

刷有所得

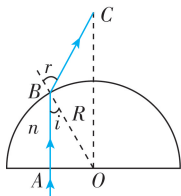
波形平移法:将波形沿波的传播方向平移(应注意的是:波形平移法移动的仅仅是波的振动形式,介质中各质点并不随波向前移动,仍在各自的平衡位置附近振动)。根据波速方向及某时刻的波形图像画出另一时刻的波形图像时,先算出经 Δt 时间波传播的距离 $\Delta s = v\Delta t = \frac{\lambda\Delta t}{T}$,若为某时刻之后 Δt 的波形图,就把波形沿传播方向平移 $\frac{\lambda\Delta t}{T}$;若为某时刻之前 Δt 的波形,则把波形沿波的传播方向的反方向平移 $\frac{\lambda\Delta t}{T}$ 。由于波形平移波长的整数倍时,波形和原来重合,所以实际处理时通常采用去整的方法处理。

(2) (i) $\frac{2}{3}R$ (ii) 2.74R

【命题点】折射定律与全反射

【思路分析】求入射光线到光轴距离的最大值,此时需要考虑全反射的情况,即入射光线射到球面后发生全反射,据此求出该光线入射的位置;计算光线经球面折射后与光轴的交点,应用折射定律结合几何关系进行分析即可。

【解析】(i)如图,从底面上 A 处射入的光线,在球面上发生折射时的入射角为 i ,当 i 等于全反射临界角 i_c 时,对应入射光线到光轴的距离最大,设最大距离为 l 。



$$i = i_c \quad \text{①} \quad (1 \text{ 分})$$

设 n 是玻璃的折射率,由全反射临界角的定义有

$$n \sin i_c = 1 \quad \text{②} \quad (1 \text{ 分})$$

由几何关系有

$$\sin i = \frac{l}{R} \quad \text{③} \quad (1 \text{ 分})$$

联立①②③式并利用题给条件,得

$$l = \frac{2}{3}R \quad \text{④} \quad (1 \text{ 分})$$

(ii) 设与光轴相距 $\frac{R}{3}$ 的光线在球面 B 点发生折射时的入射角和折射角分别为 i_1 和 r_1 ,由折射定律有

$$n \sin i_1 = \sin r_1 \quad (5) \quad (1 \text{ 分})$$

设折射光线与光轴的交点为 C , 在 $\triangle OBC$ 中, 由正弦定理有

$$\frac{\sin \angle C}{R} = \frac{\sin(180^\circ - r_1)}{OC} \quad (6) \quad (1 \text{ 分})$$

由几何关系有

$$\angle C = r_1 - i_1 \quad (7) \quad (1 \text{ 分})$$

$$\sin i_1 = \frac{1}{3} \quad (8) \quad (1 \text{ 分})$$

联立⑤⑥⑦⑧式及题给条件得

$$OC = \frac{3(2\sqrt{2} + \sqrt{3})}{5} R \approx 2.74R \quad (9) \quad (2 \text{ 分})$$

关键点拨 解答几何光学问题, 关键是作出光路图, 找出正确的边角关系, 恰当的选用物理规律, 对于题中出现“最大值”等涉及极值的问题, 需要考虑全反射的情况。