

## 物理参考答案

## 一、单选题(24分)

题号	1	2	3	4	5	6
答案	B	B	C	D	C	C

1. B 【解析】A. 根据质量数与电荷数守恒  $2+3-4=1$ ,  $1+1-2=0$  可知, X 是中子, 故 A 错误; B. 该核反应释放核能, 表明生成核比反应核更加稳定, 即  ${}^4_2\text{He}$  的比结合能比  ${}^3_1\text{H}$  的大, 故 B 正确; C. 重核裂变是链式反应, 该反应是轻核聚变, 不是链式反应, 故 C 错误; D. 结合能指单个自由发散的核子合成原子核释放的能量, 而 17.6 MeV 是  ${}^3_1\text{H}$  与  ${}^3_1\text{H}$  发生聚变反应释放的核能, 可知,  ${}^4_2\text{He}$  的结合能大于 17.6 MeV, 故 D 错误。故选 B。

2. B 【解析】设向上为正方向, 初速度大小为  $v_0$ , 由于篮球做斜抛运动, 速度与水平方向夹角为  $37^\circ$ , 由篮球水平方向做匀速直线运动得  $2h = v_0 \cos 37^\circ t$ , 篮球竖直方向做匀减速直线运动得  $h = v_0 \sin 37^\circ t - \frac{1}{2}gt^2$ , 联立解得篮球出手时速度的大小为  $v_0 = \frac{5}{2}\sqrt{gh}$ , 故选 B。

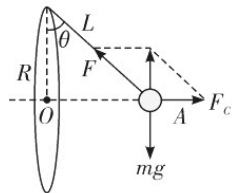
3. C 【解析】A. c 点和 d 点的电场强度大小相同, 方向不同, 故 A 错误; B. 根据电场线的疏密可知, a 点的电场强度小于 c 点的电场强度, 带上负电的颗粒在 a 点所受的电场力小于在 c 点所受的电场力, 故 B 错误; C. 由  $U = Ed$  可知, ab 间任意一点的电场强度都小于 bc 间任意一点的电场强度, 因  $ab = bc$ , 所以  $U_{ab} < U_{bc}$ , 故 C 正确; D. 电子从 c 点运动到 a 点的过程中, 电场力做正功, 电势能减小, 故 D 错误; 故选 C。

4. D 【解析】A. 飞船从②轨道变轨到③轨道, 飞船将由近心运动变成圆周运动, 所以需要在 Q 点点火加速, 选项 A 错误; B. 第一宇宙速度是最大的环绕速度, 飞船绕地球运行的速度小于第一宇宙速度, 选项 B 错误; C. 虽然在①轨道的速度大于③轨道的速度,

但由于飞船和核心舱的质量未知, 故无法判断他们动能的大小, 故 C 错误; D. 根据开普勒第三定律可知  $\frac{R_2^3}{T^2} = \frac{(R_1+R_2)^3}{T'^2}$ , 可得  $T' = \sqrt{\left(\frac{R_1+R_2}{R_2}\right)^3} T$ , 飞船在②轨道从 P 到 Q 的时间为  $\frac{1}{2}T'$ , 故等于  $\frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{R_1+R_2}{R_2}\right)^3} T$ , 选项 D 正确。故选 D。

5. C 【解析】由于小球 A、B、C 组成的系统只有重力做功, 故系统的机械能守恒, 故 A 错误; 小球 B 的初速度为零, C 落地瞬间, B 的速度为零, 故 B 的动能先增大后减小, 而 B 的重力势能不变, 则 B 的机械能先增大后减小, 同理可得 A 的机械能先增大后减小, 而系统机械能守恒, 故 C 的机械能先减小后增大, 故 B 错误; 根据以上分析, 设小球 C 落地前瞬间的速度大小为  $v$ , 根据动能定理可知  $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$ , 解得  $v = \sqrt{2gh}$ , 故 C 正确; 当小球 C 的机械能最小时, 小球 B 速度最大, 此时小球 B 的加速度为零, 水平方向所受的合力为零, 杆 CB 对小球 B 恰好没有力的作用, 所以地面对小球 B 的支持力大小为  $mg$ , 故 D 错误。

6. C 【解析】根据对称性可知, 带电荷量为 Q 的圆环在圆心 O 点的场强为 0, 带电金属小球在 O 点的场强不为 0, 所以 O 点的场强不为零, 故 A 错误; 设细线与竖直方向的夹角为  $\theta$ , 由几何关系  $\cos \theta = \frac{R}{L} = \frac{1}{2}$ ,  $\theta = 60^\circ$ , 由微元法无限划分圆环, 设每一极小段圆环带电荷量为  $\Delta q$ , 则  $\sum k \frac{\Delta q}{L^2} \sin \theta = E_P$ , 其中  $\sum \Delta q = Q$ , 解得



$E_P = \frac{\sqrt{3}kQ}{2L^2} = \frac{\sqrt{3}kQ}{8R^2}$ , 根据对称性可知, 带电荷量为 Q 的圆环, 在 P、P' 两点的场强大小相等, 方向相反, 而 P' 点的场强大小是圆环

与带电金属小球在 P' 点的电场强度的叠加, 所以  $E_{P'} \neq \frac{\sqrt{3}kQ}{8R^2}$ , 故 B 错误; 对小球受力分析如图, 则  $qE_P = mg \tan 60^\circ$ , 解得  $q =$

$\frac{8mgR^2}{kQ}$ , C 正确; 剪断细线瞬间, 小球受合外力沿细线方向斜向右下方, 则加速度方向斜向右下方, D 错误。

## 二、多选题(20分)

题号	7	8	9	10
答案	ABD	BCD	AC	AD

7. ABD 【解析】A. 受电线圈内的磁场强度在变小,磁通量变小,根据楞次定律可判断出线圈中产生顺时针方向的感应电流,即  $R_1$  中电流的方向为  $b \rightarrow a$ ,故 A 正确;BC. 由题图可知,  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{B_0}{t_0}$  且  $S = \pi r^2$ , 由法拉第电磁感应定律有  $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = n \frac{\Delta B}{\Delta t} S$ , 线圈中的感应电动势为  $E = \frac{n\pi B_0 r^2}{t_0}$ , 由闭合电路欧姆定律有, 线圈中感应电流的大小为  $I = \frac{E}{R_1 + R} = \frac{n\pi B_0 r^2}{2Rt_0}$ ,  $ab$  两点之间的电压为  $E_{ab} = IR_1 = \frac{n\pi B_0 r^2}{2t_0}$ , 故 B 正确, C 错误; D. 通过电阻  $R_1$  的电荷量  $q = It_0 = \frac{n\pi B_0 r^2}{2R}$ , 故 D 正确。故选 ABD。

8. BCD 【解析】A. 根据三角函数相关知识可知,  $NQ$  两质点平衡位置之间距离为  $x_{NQ} = \frac{3}{4}\lambda - \frac{\pi}{2\pi}\lambda = 16$  m, 解得  $\lambda = 24$  m, 根据乙图可知波的周期为  $T = 2$  s, 因此波速为  $v = \frac{\lambda}{T} = 12$  m/s, 故 A 错误; B. 由图乙可知  $t = 1.25$  s 时刻, 质点  $P$  沿  $y$  轴负方向运动, 根据同侧法可知, 该波沿  $x$  轴负方向传播。故 B 正确; C. 由图乙可知, 在  $t = 1.25$  s 之后, 质点  $P$  第一次位于波峰的时间为  $t = 2.5$  s, 由此可知是由波峰为  $t = 1.25$  s 时刻质点  $Q$  第一次回到平衡位置所在波峰传播来的, 所以有  $\frac{x_Q - x_P}{v} = 2.5$  s  $- 1.25$  s  $= 1.25$  s, 解得  $x_P = 1$  m, 故 C 正确; D. 从  $t = 1.25$  s 开始, 质点  $Q$  第一次回到平衡位置所经历的时间为  $t_1 = \frac{T}{4} = 0.5$  s,  $Q$  点左侧波形的第一个平衡位置处坐标为  $x_1 = x_Q - \frac{\lambda}{4} = 10$  m, 该振动状态第一次传播到  $P$  点所需时间为  $t_2 = \frac{x_1 - x_P}{v} = \frac{10 \text{ m} - 1 \text{ m}}{12 \text{ m/s}} = 0.75$  s, 则  $\Delta t = t_2 - t_1 = 0.25$  s, 即从  $t = 1.25$  s 开始, 质点  $Q$  比质点  $P$  早 0.25 s 回到平衡位置。故 D 正确。故选 BCD。

9. AC 【解析】A. 设滑动变阻器接入电路的阻值为  $R_1$ , 电流表的示数为  $I$ , 则变压器副线圈的电压  $U_2 = IR_1$ , 原线圈中有  $U_1 = \frac{n_1}{n_2} U_2 = 2IR_1$ ,  $I_0 = \frac{n_2}{n_1} I = \frac{I}{2}$ ,  $U_0 = I_0 R_0 + U_1$ , 解得  $I = \frac{2U_0}{R_0 + 4R_1}$ , 由此可知, 电流表的示数随滑动变阻器接入电路的阻值的增大而逐渐减小, 故 A 正确; B. 交流电源的输出功率  $P_1 = I_0 U_0 = \frac{U_0^2}{R_0 + 4R_1}$ , 由此可知, 交流电源的输出功率随滑动变阻器接入电路的阻值的增大而逐渐减小, 故 B 错误; C. 滑动变阻器消耗的电功率  $P_2 = I^2 R_1 = \frac{4U_0^2 R_1}{(R_0 + 4R_1)^2} = \frac{4U_0^2}{\frac{R_0^2}{R_1} + 16R_1 + 8R_0}$ , 当  $\frac{R_0^2}{R_1} = 16R_1$  即  $R_1 = \frac{R_0}{4} = 30 \Omega$  时,  $P_2$  有最大值  $P_{2\max} = 120$  W, 故 C 正确; D. 定值电阻消耗的电功率  $P_3 = I_0^2 R_0 = \frac{U_0^2 R_0}{(R_0 + 4R_1)^2}$ , 当  $R_1$  最小时,  $P_3$  有最大值  $P_{3\max} = 172.8$  W, 故 D 错误。故选 AC。

10. AD 【解析】ABC.  $P$  相对传送带向右运动时, 对  $PQ$ , 由牛顿第二定律有  $-\mu mg - mg = 2ma$ , 解得  $a = -6$  m/s<sup>2</sup>, 相对运动的位移  $x = \frac{v_1^2 - v_2^2}{-2a}$  (假设速度减小到  $v_1$  时未从传送带右端滑出), 代入数据解得  $x = \frac{7}{4}$  m  $< L$ , 所用的时间  $t_1 = \frac{v_2 - v_1}{a} = \frac{2 - 5}{6}$  s  $= 0.5$  s, 故假设成立, 在  $P$  的速度和传送带速度相等后, 会继续减速速度小于传送带速度, 所以摩擦力会突变向右, 由牛顿第二定律有  $-mg + \mu mg = 2ma_1$ , 得  $a_1 = -4$  m/s<sup>2</sup>, 则速度减小到 0 的位移为  $x_2 = \frac{0 - v_1^2}{-2a_1}$ , 代入数据得  $x_2 = \frac{1}{2}$  m, 则从  $v_1$  减速到 0 的时间  $t_2 = \frac{0 - v_1}{a_1} = \frac{0 - 2}{-4}$  s  $= 0.5$  s, 由于  $x + x_1 = \frac{27}{12}$  m  $< L$ , 故  $P$  不会从传送带右端滑出, 后面以  $a_1$  向左加速, 由  $x + x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_3^2$  求得  $t_3 = \frac{3\sqrt{2}}{4}$  s, 传到传送带最左端的速度  $v_3 = a_1 t_3 = \frac{3\sqrt{2}}{4} \times 4$  m/s  $= 3\sqrt{2}$  m/s, 随后掉下传送带, 则  $P$  在传送带上的时间  $t = t_1 + t_2 + t_3 = (0.5 + 0.5 + \frac{3\sqrt{2}}{4})$  s  $= (1 + \frac{3\sqrt{2}}{4})$  s, 故 A 正确, BC 错误; D. 由动能定理可得合外力对  $P$  做的功为  $W = \frac{1}{2} m v_3^2 - \frac{1}{2} m v_2^2$ , 代入数据求得  $W = -3.5$  J, 故 D 正确。故选 AD。

### 三、实验题(16分)

11. (每空 2 分, 共 6 分) (1) 1.86 (2)  $gH_0 = \frac{d^2}{2t_0^2}$  (3) AB

【解析】(1) 用游标卡尺测得小球的直径  $d = 1.80 \text{ cm} + 6 \times 0.01 \text{ cm} = 1.86 \text{ cm}$ 。

(2) 若小球下落过程中机械能守恒, 则  $mgH_0 = \frac{1}{2} m \frac{d^2}{t_0^2}$ , 解得  $gH_0 = \frac{d^2}{2t_0^2}$ 。

(3) A. 根据能量守恒推断若金属球从  $A$  点下落时初速度不为零, 则末速度大, 动能增加量  $\Delta E_k$  偏大,  $\Delta E_k > \Delta E_p$ , 故 A 正确;

B. 若测量的高度  $H$  为金属球在  $A$  点时球下端与光电门  $B$  点的高度差, 则  $H$  偏小, 重力势能  $\Delta E_p$  偏小,  $\Delta E_k > \Delta E_p$ , 故 B 正确;

C. 若小球下落的高度太高, 以致下落过程中空气阻力的影响比较大, 则末速度偏小,  $\Delta E_k$  偏小,  $\Delta E_k < \Delta E_p$ , 故 C 错误。故选 AB。

12. (每空 2 分,共 10 分)(1)7.5 5.0 (2)1  $E_A$   $\frac{E_A}{I_B}$

**【解析】**(1) 电流表 G 和定值电阻串联,其可看成一个电压表,则  $E = I_1(R_G + R_0) + (I_1 + I_2)r$ ,整理可得  $I_1 = -\frac{r}{R_G + R_0 + r}I_2 + \frac{E}{R_G + R_0 + r}$ ,根据图像可知,图线与纵轴会相交于的位置(0, 7.5 mA),则有  $\frac{E}{R_G + R_0 + r} = 7.5 \times 10^{-3} \text{ A}$ ,  $k = -\frac{r}{R_G + R_0 + r} = \frac{(5-7) \times 10^{-3}}{0.5-0.1} = 5 \times 10^{-3}$ ,联立可得  $E = 7.5 \text{ V}$ ,  $r = 5.0 \Omega$ .

(2) 由图(c)分析可知,单刀双掷开关接 1 和 2 时,只是电流表的内接与外接差别:当  $S_2$  接 1 时,是电流表的内接法(相对于电源),从图(d)可以看出,当电流表的示数为零时,即电源的外电路断开,而对电源来说断路电压就是电动势,根据实验原理知:图像的纵截距  $b_1 = E$ ,由于电流表内阻的影响,则短电流  $I_{短1} < I_{短}$  即横截距(即短路电流)小于真实值。当  $S_2$  接 2 时,电流表相对于电源外接,同理可以看出,当电流的示数为零时,但由于电压表与电源仍构成通路,则此时路端电压小于电动势,根据实验原理知:图像的纵截距  $b_2 < E$ ,由于电流表的测量值就是通过电源的电流,则  $I_{短2} = I_{短}$  即图像的横截距是真实值。总结以上两点可知, $U-I$  图像中纵截距小的  $E_B$  是  $S_2$  接 2 的数据所绘。图线 A 是  $S_2$  接 1 时的实验数据描出,则电源电动势  $E = E_A$ ,电源内阻  $r = \frac{E}{I_{短}} = \frac{E_A}{I_B}$ 。

**四、解答题(40 分)**

13. (12 分)**【解析】**(1) 当纸板相对物块运动时,桌面对纸板摩擦力的大小  $f = \mu(m_1 + m_2)g = 4 \text{ N}$  ..... (4 分)

(2) 物块与纸板发生相对滑动时,物块与纸板间摩擦力  $f_1 = \mu m_1 g$

纸板与桌面之间的摩擦力  $f_2 = \mu(m_1 + m_2)g$

设物块的加速度为  $a_1$ ,纸板的加速度为  $a_2$ ,则  $f_1 = m_1 a_1$ ,  $F - f_1 - f_2 = m_2 a_2$

物块与纸板发生相对滑动,则  $a_2 > a_1$ ,解得  $F > 2\mu(m_1 + m_2)g = 8 \text{ N}$  ..... (4 分)

(3) 对物块由牛顿第二定律得  $\mu m_1 g = m_1 a_3$

对纸板由牛顿第二定律得  $F_1 - \mu m_1 g - \mu(m_1 + m_2)g = m_2 a_4$

物块的位移大小  $x_1 = \frac{1}{2} a_3 t_1^2$

纸板的位移大小  $x_1 + d = \frac{1}{2} a_4 t_1^2$

纸板抽出后物块运动的距离  $x_2 = \frac{1}{2} a_5 t_2^2$

$a_5 = a_3 = \mu g$  由题意知  $a_3 t_1 = a_5 t_2$ ,  $l = x_1 + x_2$ ,解得  $F_1 = 2\mu(m_1 + m_2)g + \frac{2d\mu}{l} m_2 g = 308 \text{ N}$  ..... (4 分)

14. (13 分)**【解析】**(1) 初始时,对活塞 b,根据受力平衡有  $p_C S = mg + p_B S$

对活塞 a,根据受力平衡有  $p_B \cdot 2S + mg = p_A \cdot 2S$

联立解得  $p_C = 2p_0$ ,  $p_B = p_0$  ..... (4 分)

(2) 对气体 C,根据玻意耳定律可知  $p_C V_C = p_C' \cdot \frac{2}{3} V_C$

再次对活塞 b 和 c 根据平衡条件有  $p_C' S = mg + p_B' S$ ,  $p_B' \cdot 2S + mg = p \cdot 2S$

联立解得  $p_C = 3p_0$ ,  $p = 2.5p_0$  ..... (4 分)

(3) 对气体 B,根据玻意耳定律可知  $p_B V_0 = p_B' V_B'$  解得  $V_B' = \frac{1}{2} V_0$

末状态 C 的体积为  $\frac{2}{3} V_C = \frac{2}{3} V_0$

故  $V_A = 2V_0 - (\frac{1}{2} V_0 + \frac{1}{3} V_0) = \frac{11}{6} V_0$

对气体 A,根据玻意耳定律有  $1.5p_0 V_0 + np_0 \frac{V_0}{12} = 2.5p_0 \cdot \frac{11}{6} V_0$

解得  $n = 37$  次 ..... (5 分)

15. (15 分)**【解析】**(1) 施加沿 y 轴正向的匀强电场,使粒子只能从  $O'A'C'D'$  面飞出,粒子做类平抛运动

沿 y 轴方向做匀加速直线运动  $L = \frac{1}{2} at^2$  且  $qE = ma$

沿初速度方向做匀速直线运动  $s = v_0 t$

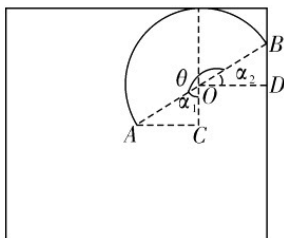
$$s \leq \frac{L}{2} \text{ 解得 } E \geq \frac{8mv_0^2}{qL}$$

代入数据得  $E_{\min} = 8.0 \times 10^2 \text{ N/C}$  ..... (5分)

(2) 在立方体内施加沿  $y$  轴正向的匀强磁场, 当磁感应强度大小为  $B = 4.0 \times 10^{-3} \text{ T}$  时, 有

$$qv_0 B = m \frac{v_0^2}{r}, T = \frac{2\pi r}{v_0}, \text{ 解得 } r = \frac{mv_0}{qB}, \text{ 代入数据得 } r = 0.2 \text{ m}, T = 5\pi \times 10^{-6} \text{ s}$$

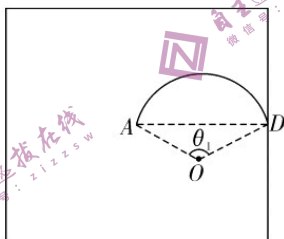
粒子在  $xOz$  平面做匀速圆周运动, 粒子在磁场中运动时间最长的轨迹图如下



其中  $OC = \frac{L}{2} - r, \cos \alpha_1 = \frac{OC}{OA}$ , 同理可得  $OD = \frac{L}{2} - r \sin \alpha_1, \cos \alpha_2 = \frac{OD}{OB}$ , 其中  $OB = OA = r$ , 联立解得  $\alpha_1 = 53^\circ, \alpha_2 = 37^\circ$ , 有

$$\theta = 360^\circ - \alpha_1 - \alpha_2 - 90^\circ, \text{ 解得 } \theta = 180^\circ, \text{ 故有 } t_{\max} = \frac{\theta}{360^\circ} \cdot T, \text{ 解得 } t_{\max} = 2.5\pi \times 10^{-6} \text{ s}$$

粒子在  $xOz$  平面内运动时间最短的轨迹图如下



$$\text{则有 } \sin \frac{\theta_1}{2} = \frac{\frac{L}{4}}{r}, \text{ 解得 } \theta_1 = 106^\circ, \text{ 故有 } t_{\min} = \frac{\theta_1}{360^\circ} \cdot T, \text{ 解得 } t_{\min} = \frac{53}{36} \pi \times 10^{-6} \text{ s} \dots \dots (5 \text{ 分})$$

(3) 在(2)的基础上再加上沿  $y$  轴正向的匀强电场后, 粒子的运动可分解为  $xOz$  平面内的匀速圆周运动和  $y$  轴方向的匀加速直线运动。若粒子能从  $O'A'C'D'$  平面射出, 则有

$$L = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2, \text{ 得 } t = 4\sqrt{2} \times 10^{-6} \text{ s}, \text{ 因为 } t_{\max} = 2.5\pi \times 10^{-6} \text{ s} > t, t_{\min} = \frac{53}{36} \pi \times 10^{-6} \text{ s} < t$$

故在磁场中运动时间最长的粒子能从  $O'A'C'D'$  平面射出, 运动时间最短的粒子不能从  $O'A'C'D'$  平面射出。

$$\text{运动时间最短的粒子在 } y \text{ 轴上运动的距离为 } y = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t_{\min}^2, \text{ 解得 } y = \frac{2809}{648} \pi^2 \times 10^{-2} \text{ m} \approx 0.43 \text{ m}$$

从  $yOz$  平面飞出立方体区域时的空间坐标有  $(0, 0.43 \text{ m}, 0.32 \text{ m})$  ..... (5分)