

## 理科综合 · 物理参考答案

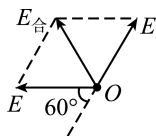
### 二、选择题(共 48 分)

14. A    15. B    16. C    17. D    18. C    19. BD    20. AD    21. BC

14. A。由质量数和电荷数守恒可知, X 是电子( ${}_{-1}^0\text{e}$ ), 故  ${}_{82}^{210}\text{Pb}$  发生的是  $\beta$  衰变, A 正确; 半衰期是原子核的固有属性, 不随外界条件的变化而变化, B 错误;  ${}_{82}^{210}\text{Pb}$  核和  ${}_{83}^{210}\text{Bi}$  核的质量数相等, 但构成核的中子数和质子数不同, 且衰变中还产生了电子和  $\gamma$  射线, 存在质量亏损, 故二者的质量不相等, C 错误; 方程中的 X 来源于中子向质子的转化, D 错误。故选 A。

15. B。球受三力作用处于平衡状态, 在抬高 B 端,  $\theta$  角缓慢增大的过程中, 挡板和木板对球作用力的合力始终与球的重力平衡, 故 A 错误; 球受到木板的支持力大小  $F_1 = mg\cos\theta$ ,  $\theta$  增大,  $F_1$  减小, 故球对木板的压力减小, B 正确; 球受到挡板的弹力  $F_2 = mg\sin\theta$ ,  $\theta$  增大,  $F_2$  增大, 故球对挡板的压力增大, CD 错误; 故选 B。

16. C。因两个电荷完全相同, 故 P 处的电荷在 O 点的电势也为  $\varphi$ 、电场强度大小也为 E。电势是标量, 电场强度是矢量, 故 O 点的电势为  $2\varphi$ , 两电荷在 O 点的场强方向如答图 1 所示, 两方向的夹角为  $120^\circ$ , 由构成的平行四边形可知, 合场强大小为 E。故选 C。



答图 1

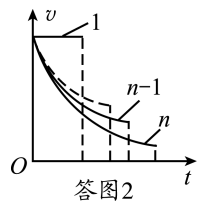
17. D。卫星正常运行过程中, 所受阻力的极小, 故机械能近似守恒或略有减小, A 错误; 地球附近的任何物体, 无论处于任何状态, 都将受到地球的引力作用, B 错误; “天宫空间站”到地心的距离小于“东方红一号”近地点到地心的距离, 由万有引力定律和牛顿第二定律有:  $F = G \frac{Mm}{r^2} = ma$ , 可知 C 错误; 若把“东方红一号”的轨道等效为圆轨道, 由题中数据可知, 其等效轨道半径大于“天宫空间站”的轨道半径, 由  $F = G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ , 有  $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ , 故绕地球一周, “东方红一号”比“天宫空间站”所用时间长, D 正确。故选 D。

18. C。启动过程中, 由  $P = Fv$  可知,  $v$  增大, 牵引力  $F$  减小, 阻力  $f$  恒定, 由牛顿第二定律:  $F - f = Ma$ , 可知  $a$  减小, 所以该车做加速度减小的加速直线运动, A 错误; 启动过程中, 设牵引力做的功为  $W_F$ , 克服阻力做的功为  $W_f$ , 由动能定理有:  $W_F - W_f = \frac{1}{2}Mv_m^2 - 0$ , 故  $W_F > \frac{1}{2}Mv_m^2$ , B 错误; 当车速达到  $v_m$  后, 车做匀速运动,  $F = f$ , 由  $P = Fv_m = fv_m$ , 可得  $f = \frac{P}{v_m}$ , 车速从 0 增至  $v_m$  的过程中, 由动能定理有:  $Pt - fx = \frac{1}{2}Mv_m^2 - 0$ , 可得:  $t = \frac{Mv_m^2}{2P} + \frac{x}{v_m}$ , C 正确; 当车速为  $\frac{v_m}{2}$  时, 牵引力  $F' = \frac{P}{\frac{v_m}{2}} = \frac{2P}{v_m}$ , 由  $F' - f = Ma$  得:  $a = \frac{P}{Mv_m}$ , D 错误。故选 C。

19. BD。由图(b)可知交流电的频率为 50 Hz, S 接  $a$  时, 每个周期内电容器将完成 2 次完整的充、放电, 故电容器每秒钟完成 100 次完整的充、放电, A 错误; 由图(b)可知,  $U_1 = 220$  V, S 接  $a$  时, 由  $U_1 : U_2 = n_1 : n_2$ , 可得  $U_2 = 22$  V, 故  $U_{2m} = \sqrt{2}U_2 = 22\sqrt{2}$  V, 故电容器所带电量的最大值为  $Q_m = CU_{2m} = 2.2\sqrt{2} \times 10^{-3}$  C, B 正确; S 接  $b$  时,  $I_2 = \frac{U_2}{R} = 2.2$  A, 由  $I_1 n_1 = I_2 n_2$ , 得  $I_1 = 0.22$  A, 故  $P_1 = P_2 = I_2 U_2 = 48.4$  W, 故 C 错误、D 正确。故选 BD。

20. AD。在 B 点, 运动员所需向心力方向向上, 故竖直方向的加速度方向向上, 运动员处于超重状态, A 正确; 因为运动员所受摩擦阻力和空气阻力不能忽略, 故运动员的机械能在不断减小, 故  $mgh_1 > \frac{1}{2}mv_C^2$ , 所以,  $v_C < \sqrt{2gh_1}$ , 且  $E_{kD} < mg(h_1 + h_2)$ , BC 错误; 在 C 点起跳时的速度方向斜向上, 故运动员在竖直方向先向上做加速度大于  $g$  的减速运动, 再向下做加速度小于  $g$  的加速运动, 故运动时间  $t$  一定大于从高度为  $h_2$  的 C 点做自由落体运动的时间  $t_0$ , 因  $h_2 = \frac{1}{2}gt_0^2$ , 故  $t > t_0 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}}$ , D 正确。故选 AD。

21. BC。根据机械能守恒定律可知, 每根棒刚进入磁场时的速度相同, 由  $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$ , 可得  $v = \sqrt{2gh}$ 。第 1 根棒在穿越磁场的过程中, 电路处于断路状态, 棒做匀速运动, 棒两端电压恒为  $U_1 = E = BLv = BL\sqrt{2gh}$ , 故 A 错误; 第 3 根棒刚进入磁场时, 电路总电阻为  $R_{\text{总}} = R + \frac{R}{2} = \frac{3R}{2}$ , 通过第



3 根棒的电流为  $I = \frac{E}{R_{\text{总}}} = \frac{2BL\sqrt{2gh}}{3R}$ ,  $F = BIL = ma$ , 故第 3 根棒刚进入磁场时的加速度大小为  $a = \frac{F}{m} = \frac{2B^2L^2\sqrt{2gh}}{3mR}$ , B 正确; 第  $n$  根棒刚进入磁场时, 电路总电阻为  $R_{\text{总}} = R + \frac{R}{n-1} = \frac{nR}{n-1}$ , 故端电压为  $U_n = \frac{R_{\text{外}}}{R_{\text{总}}}E = \frac{E}{n}$ , 故第 1 根棒的热功率为  $P_1 = \frac{U_n^2}{R} = \frac{2ghB^2L^2}{n^2R}$ , C 正确; 进入磁场时, 因  $R_{n\text{总}} < R_{n-1\text{总}}$ , 故  $I_n > I_{n-1}$ ,  $F_n > F_{n-1}$ ,  $a_n > a_{n-1}$ , 棒在磁场中做加速度减小的减速运动且位移相同, 由答图 2 的  $v-t$  图线知, 第  $n$  根棒比第  $n-1$  根棒在磁场中运动的时间长, D 错误。故选 BC。

### 三、非选择题

#### (一) 必考题

22. (6 分)

(1) 2.0 或 2 (2 分)

(2) ①乙 (1 分)      ②c (1 分)

(3)  $\frac{k\pi D^2}{4L}$  或  $\frac{\pi D^2 U}{4IL}$  (2 分)

【解析】(1) 示数为  $2.0 \times 1 \Omega = 2.0 \Omega$ ; (2) ①因  $\sqrt{R_A R_V} = 20 \Omega > 2.0 \Omega$ , 故应采用电流表外接  
理科综合 · 物理试题答案 第 2 页 (共 6 页)

法,故选乙;②连接电路时,为保护电源、电表和用电器,应使电路的电阻最大,故变阻器的滑片应靠近c。(3)由 $R=\rho\frac{L}{S}=\frac{U}{I}=k$ , $S=\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2=\frac{\pi D^2}{4}$ ,可解得 $\rho=\frac{k\pi D^2}{4L}$ 。

23. (9分)

(1)① $1:2^2:3^2:4^2:5^2\cdots n^2$ 或 $1:4:9:16:25\cdots$ (1分)

②初速度为零的匀加速直线或匀加速直线(1分)

(2)1.6(2分) 4.0(2分)

(3)0.25(2分) 大于(1分)

【解析】(1)①由图可知,滑块在 $0\sim 0.10\text{ s}$ 内, $0\sim 0.20\text{ s}$ 内, $0\sim 0.30\text{ s}$ 内, $0\sim 0.40\text{ s}$ 内, $0\sim 0.50\text{ s}$ 内…的位移分别为 $x_1=2.00\text{ cm}$ , $x_2=8.00\text{ cm}$ , $x_3=16.00\text{ cm}$ , $x_4=32.00\text{ cm}$ , $x_5=50.00\text{ cm}$ ,…故位移之比为 $x_1:x_2:x_3:x_4:x_5\cdots=1:2^2:3^2:4^2:5^2\cdots n^2$ ;②由此得出的结论是,在误差允许的范围内,滑块做初速度为零的匀加速直线运动。(2)利用匀变速直线运动

中间时刻的瞬时速度等于过程的平均速度,可得滑块在 $0.40\text{ s}$ 末的速度大小为 $v_4=\frac{x_6-x_2}{t_6-t_2}=\frac{72.00-8.00}{0.60-0.20}\times 10^{-2}\text{ m/s}=1.6\text{ m/s}$ ;同理, $v_3=\frac{x_5-x_1}{t_5-t_1}=\frac{(50.00-2.00)\times 10^{-2}}{0.50-0.10}\text{ m/s}=1.2\text{ m/s}$ ,故加速度 $a=\frac{v_4-v_3}{t_4-t_3}=\frac{1.6-1.2}{0.40-0.30}\text{ m/s}^2=4.0\text{ m/s}^2$ (也可由逐差法计算加速度)。

(3)设斜面倾角为 $\theta$ ,由题设条件可得: $\sin\theta=\frac{h}{\sqrt{L^2+h^2}}=\frac{60.00}{\sqrt{60.00^2+80.00^2}}=0.6$ , $\cos\theta=\sqrt{1-\sin^2\theta}=0.8$ ,对滑块,由牛顿第二定律有: $mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma$ ,可得: $\mu=\tan\theta-\frac{a}{g\cos\theta}$ ,将 $g=10\text{ m/s}^2$ 代入解得: $\mu=0.25$ ,若 $g_{\text{真}}=9.78\text{ m/s}^2$ ,由 $\mu$ 的计算式可知,计算得到的 $\mu$ 大于真实值。

24. (12分)

解:(1)设推木箱后小李和车获得的速度大小为 $v_2$ ,以水平向左为正方向

由动量守恒定律有: $0=Mv_2-mv_1$  (2分)

代入数据解得: $v_2=1\text{ m/s}$  (1分)

(2)在圆形轨道上P点,木箱受重力 $mg$ 、支持力 $N$ 作用

由牛顿第二定律有: $N-mg=m\frac{v_1^2}{R}$  (2分)

代入数据得: $N=380\text{ N}$  (1分)

由牛顿第三定律解得木箱对轨道的压力大小为: $N'=N=380\text{ N}$  (1分)

(3)设接住木箱后三者的共同速度大小为 $v_3$ ,以水平向左为正方向

由动量守恒定律有: $Mv_2+mv_1=(M+m)v_3$  (2分)

代入数据得: $v_3=\frac{3}{2}\text{ m/s}$

该过程中系统损失的机械能为： $\Delta E = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2 - \frac{1}{2}(M+m)v_3^2$  (2 分)

代入数据解得： $\Delta E = 30 \text{ J}$  (1 分)

(其他合理解法，参照给分)

25. (20 分)

解：(1) 如答图 3 所示，小球在第三象限做平抛运动，设小球初速度为  $v_0$ ，经过  $y$  轴的位置为  $A(0, -y)$  点，在  $A$  点的速度为  $v$ ， $v$  与  $v_0$  的夹角为  $\theta$ ，从  $P$  到  $A$  的时间为  $t_1$

在  $x$  方向： $x = v_0 t_1$  (1 分)

将  $x = \sqrt{3}L$ ， $v_0 = \sqrt{3gL}$

代入得： $t_1 = \sqrt{\frac{L}{g}}$  (1 分)

在  $y$  方向： $v_y = gt_1 = \sqrt{gL}$  (1 分)

$y = \frac{1}{2}gt_1^2 = \frac{L}{2}$  (1 分)

$v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = 2\sqrt{gL}$  (1 分)

$\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{\sqrt{3}}{3}$ ， $\theta = 30^\circ$  (1 分)

故小球经过  $y$  轴的位置为  $A(0, -\frac{L}{2})$  点，在  $A$  点的速度大小为  $v = 2\sqrt{gL}$ 、与  $x$  轴正方向的夹角为  $\theta = 30^\circ$

(2) 由题意，在第四象限，小球在矩形区域内做匀速圆周运动

故小球所受电场力大小必满足： $F = qE = mg$  (1 分)

即小球在矩形区域外做匀速直线运动

设小球做圆周运动的半径为  $r$ ，由牛顿第二定律有： $qvB = m\frac{v^2}{r}$  (1 分)

将  $r = \frac{L}{2}$  代入解得： $B = \frac{4m}{q}\sqrt{\frac{g}{L}}$  (1 分)

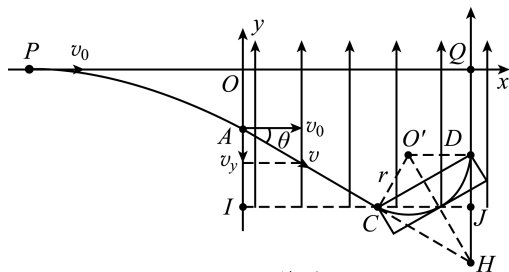
在答图 3 中，过  $A$  和  $Q$  点沿速度方向分别做延长线和反向延长线交于  $H$  点，则圆周运动的轨迹与两条延长线的交点分别为  $C$  和  $D$  点，故以  $CD$  为长边且与圆周运动轨迹相切的矩形区域为满足题设条件的最小磁场区域 (1 分)

由几何关系知： $\angle AHQ = \angle CO'H = 90^\circ - \theta = 60^\circ$

故矩形区域的长边边长为： $L_1 = 2r \sin \angle CO'H = \frac{\sqrt{3}L}{2}$  (1 分)

短边边长为： $L_2 = r - r \cos \angle CO'H = \frac{L}{4}$  (1 分)

矩形区域的最小面积为： $S_{\min} = L_1 \times L_2 = \frac{\sqrt{3}L^2}{8}$  (2 分)



答图3

(3)在答图3中,过C作平行于x轴的直线分别交y轴和QH于I和J点,可知: $\angle DCJ=30^\circ$

$$IC=OQ-CD\cos\angle DCJ=L, DJ=CD\sin\angle DCJ=\frac{\sqrt{3}L}{4}$$

小球在第四象限做匀速直线运动通过的路程为:

$$s=\frac{IC}{\sin 60^\circ}+\left(OA+\frac{IC}{\tan 60^\circ}\right)-DJ=\frac{L}{2}+\frac{3\sqrt{3}L}{4} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{小球在第四象限做匀速直线运动的时间为: } t_2=\frac{s}{v}=\frac{(2+3\sqrt{3})}{8}\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{小球在第四象限做匀速圆周运动的时间为: } t_3=\frac{2\angle DO'H}{360^\circ}T=\frac{1}{3}\times\frac{2\pi r}{v}=\frac{\pi}{6}\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{电场力恒定,故在第四象限对小球的冲量大小为: } I_F=qE(t_2+t_3) \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } I_F=\frac{6+9\sqrt{3}+4\pi}{24}m\sqrt{gL} \quad (1 \text{ 分})$$

(其他合理解法,参照给分)

## (二)选考题

33.[物理——选修3-3](15分)

(1)(5分)①增大(2分)  $r_1$ (1分) ②先减小后增大(1分)  $r_1$ (1分)

【解析】①由分子动理论可知,两分子间的引力与斥力均随 $r$ 的减小而增大,由图线可知,当 $r=r_1$ 时,分子力为零,故在此位置,分子引力与分子斥力的合力为零;②当 $r>r_1$ 时,分子力表现为引力,所以, $r$ 减小的过程中,分子力做正功,分子势能减小;当 $r<r_1$ 时,分子力表现为斥力,所以, $r$ 减小的过程中,分子力做负功,分子势能增大。所以,在整个过程中,分子势能先减小后增大,当 $r=r_1$ 时,分子势能最小。

(2)(10分)解:(i)设玻璃管的横截面积为 $S$ ,空气柱长度由 $L_0$ 变为 $L_1$ 的过程为等压过程

$$\text{由盖·吕萨克定律有: } \frac{V_1}{T_1}=\frac{V_0}{T_0} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{其中: } V_0=L_0S, T_0=t_0+273 \text{ K}, V_1=L_1S, T_1=t_1+273 \text{ K}, \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{代入数据解得: } t_1=21^\circ\text{C} \quad (1 \text{ 分})$$

(ii)设电梯的加速度为 $a$ ,水银的密度为 $\rho$ ,空气柱长度由 $L_0$ 变为 $L_2$ 的过程为等温过程

$$\text{由玻义耳定律有: } p_0V_0=p_2V_2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{其中: } V_0=L_0S, V_2=L_2S, p_0=p+h \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{代入数据得: } p_2=100 \text{ cmHg} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{设向上方向为正方向,对水银柱由牛顿第二定律有: } p_2S-pS-\rho hSg=\rho hSa \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{即: } 1.00\rho g-0.76\rho g-0.20\rho g=0.20\rho a$$

$$\text{解得: } a=2.0 \text{ m/s}^2, \text{方向向上} \quad (2 \text{ 分})$$

(其他合理解法,参照给分)

34. [物理——选修 3-4](15 分)

(1)(5 分)①简谐运动(1 分)      2 或 2.0(2 分)      ②0.05(2 分)

【解析】①设摆球偏离平衡位置(最低点)的位移为  $x$ ,当摆角很小且不计阻力时,单摆所

需的回复力  $F \approx -mg \sin \theta \approx -\frac{mg}{L}x$  且无能量损失,故单摆的振动可视为简谐运动,由周期公

式  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ ,可得  $T = 2 \text{ s}$ ;②在  $t = 202 \text{ s}$  内,总共补充能量的次数为  $n = \frac{202 \text{ s} - T}{10T} = 10$ ,故

补充的能量为: $E = nmgh = 0.05 \text{ J}$ 。

(2)(10 分)解:(i)设光在三棱镜中发生全反射的临界角为  $C$

由: $\sin C = \frac{1}{n}$  (1 分)

得: $\sin C = \frac{\sqrt{3}}{3} = 0.577$

两条光路如答图 4 所示

$a$  光射到  $AD$  边的入射角为  $i = 30^\circ$ ,  $\sin i = 0.5 < \sin C$ ,故  $a$  光将在  $G$  点射出三棱镜 (1 分)

由折射定律有: $n = \frac{\sin r}{\sin i}$  (1 分)

解得: $\sin r = \frac{\sqrt{3}}{2}$ ,  $r = 60^\circ$  (1 分)

$b$  光先射到  $BD$  边上  $E$  点,因入射角  $\alpha = 60^\circ$ ,  $\sin 60^\circ > \sin C$ ,故  $b$  光将在  $E$  点发生全反射 (1 分)

再射到  $AD$  边上  $F$  点,因入射角也为  $i = 30^\circ$ ,故将从  $F$  点射出三棱镜,且折射角也为  $r = 60^\circ$

两出射光的交点为  $O$ ,易知: $\theta = 180^\circ - 2(90^\circ - r) = 120^\circ$  (1 分)

(ii)由几何知识可得: $AG = \frac{AP}{\cos \angle A} = \frac{\sqrt{3}L}{9}$  (1 分)

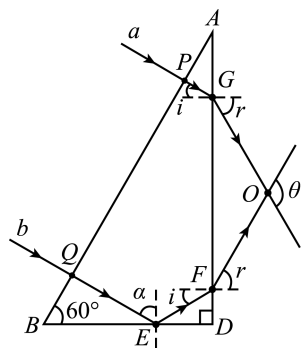
$ED = BD - BE = AB \cos \angle B - \frac{BQ}{\cos \angle B} = \frac{L}{6}$  (1 分)

$FD = ED \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}L}{18}$  (1 分)

所以,两个出射点间的距离: $d = AD - AG - FD = AB \sin 60^\circ - AG - FD$

$= \frac{\sqrt{3}L}{2} - \frac{\sqrt{3}L}{9} - \frac{\sqrt{3}L}{18} = \frac{\sqrt{3}L}{3}$  (1 分)

(其他合理解法,参照给分)



答图4