

# 物 理

(物理测试共 4 页, 满分 100 分; 时间 75 分钟。)

## 一、选择题: 共 10 题, 共 43 分。

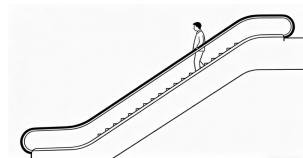
(一) 单项选择题: 共 7 题, 每题 4 分, 共 28 分。在每小题给出的四个选项中, 只有一项是符合题目要求的。

1. 现代家庭生活中常用到电磁炉。电磁炉工作时, 炉盘上放置的下列器具不能发热的是

- A. 铁锅                      B. 铝锅                      C. 不锈钢锅                      D. 陶瓷锅

2. 如题 2 图所示, 某顾客在商场随匀速运行的自动扶梯下楼 (二者无相对移动), 则扶梯对该顾客的作用力方向

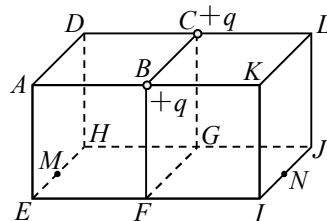
- A. 竖直向下  
B. 竖直向上  
C. 水平向左  
D. 水平向右



题 2 图

3. 如题 3 图所示,  $BCGF$  是两个完全相同的正方体的公共面,  $B$ 、 $C$  两点分别固定有两个等量正点电荷,  $M$ 、 $N$  分别是棱  $EH$ 、 $IJ$  的中点。已知点电荷在其周围某点产生的电势  $\varphi = \frac{kq}{r}$  (其中  $k$  为静电力常量,  $q$  为点电荷的电荷量,  $r$  为该点到点电荷的距离), 则下列说法正确的是

- A.  $M$  点与  $N$  点的电势相等  
B.  $M$  点与  $N$  点的电场强度相同  
C. 负试探电荷在  $M$  点的电势能大于其在  $N$  点的电势能  
D. 沿  $FG$  连线移动一正试探电荷, 电场力对该试探电荷始终不做功



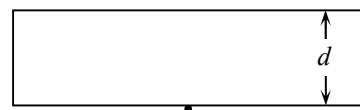
题 3 图

4. 为估测某水库的库容, 取一瓶无毒的某放射性元素的水溶液, 已知该放射性元素的半衰期是 8 d, 测得这瓶溶液每分钟衰变  $N_1$  次。现将这瓶溶液倒入水库, 经过时间 40 d 后在该水库中取水样  $1 \text{ m}^3$  (可认为溶液已均匀分布), 测得水样每分钟衰变  $N_2$  次。据此可以估算, 该水库中水的体积为

- A.  $\frac{N_1}{32N_2} \text{ m}^3$                       B.  $\frac{32N_1}{N_2} \text{ m}^3$                       C.  $\frac{5N_1}{N_2} \text{ m}^3$                       D.  $\frac{N_1}{5N_2} \text{ m}^3$

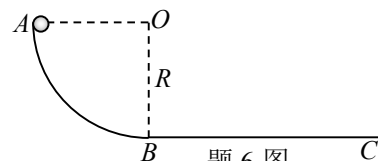
5. 如题 5 图所示, 在一厚度为  $d$ 、上下表面平行且足够大的均质玻璃砖的下表面放置一单色点光源  $S$ , 在其上表面可观测到一直径为  $D$  的圆形光亮区域。只考虑首次从点光源直接射向玻璃砖上表面的光线, 则该玻璃砖对该单色光的折射率为

- A.  $\frac{D}{2d}$                       B.  $\frac{2d}{D}$   
C.  $\sqrt{\left(\frac{2d}{D}\right)^2 + 1}$                       D.  $\sqrt{\left(\frac{2D}{d}\right)^2 + 1}$

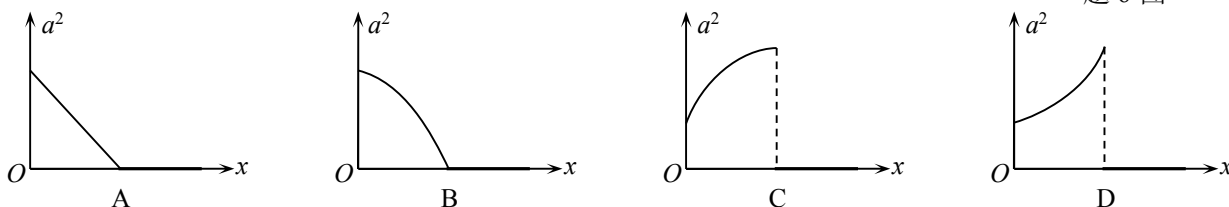


题 5 图

6. 如题 6 图所示, 光滑固定轨道  $ABC$  左侧为  $1/4$  圆弧轨道、右侧为水平轨道, 两轨道在  $B$  点平滑连接, 圆弧半径为  $R$ 。一小球 (可视为质点) 从圆弧轨道的最高点  $A$  处由静止释放后沿轨道  $ABC$  运动, 不计空气阻力, 则下列关于该小球运动的加速度的平方  $a^2$  与其水平位移  $x$  的关系图像, 可能正确的是

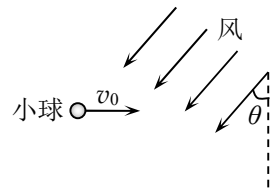


题 6 图



7. 某小组同学利用人工智能模拟“风洞”实验。如题7图所示，整个竖直平面内存在与竖直方向夹角为 $\theta$ 的恒力风，现将一小球以速度 $v_0$ 水平抛出，小球在该竖直平面内运动且所受风力大小是其重力的一半。其他条件不变，若在该竖直平面内任意改变角 $\theta$ 的大小，则该小球在所有运动过程中的最小速度大小为

- A.  $\frac{1}{3}v_0$   
 B.  $\frac{1}{2}v_0$   
 C.  $\frac{3}{4}v_0$   
 D.  $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$



题7图

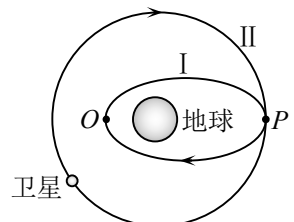
(二) 多项选择题：共3题，每题5分，共15分。在每小题给出的四个选项中，有多项符合题目要求。全部选对的得5分，选对但不全的得3分，有选错的得0分。

8. 2026年1月20日，“藏粤直流工程”广东段线路开工建设，计划2029年全线投运，其远距离全程输电采用的是 $\pm 8.0 \times 10^5$  V特高压直流输电技术（额定输电电压为 $1.6 \times 10^6$  V），额定输电容量为 $1.0 \times 10^{10}$  W，是全球首个四端特高压柔性直流工程。则下列说法正确的是

- A. 该工程的直流输电线可直接接入变压器输电  
 B. 该工程的直流输电线不可直接接入变压器输电  
 C. 该工程直流输电线上的电流等于 $1.25 \times 10^4$  A  
 D. 该工程直流输电线上的电流等于 $6.25 \times 10^3$  A

9. 如题9图所示，某卫星在椭圆轨道I上绕地球运行，其中O为近地点，P为远地点。当该卫星运动至P点时变轨进入圆形轨道II，则下列说法正确的是

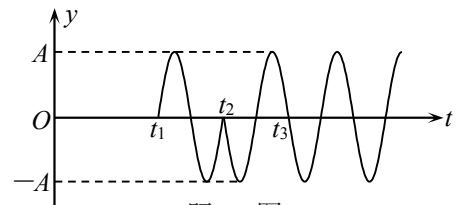
- A. 该卫星在轨道II上运行的速度大于11.2 km/s  
 B. 该卫星沿轨道I运行时，在O点的速度大于在P点的速度  
 C. 该卫星沿轨道I运行时，在O点的加速度大于在P点的加速度  
 D. 该卫星在P点从轨道I变轨进入轨道II时，需要向前喷气减速



题9图

10. 某均匀介质中，两个波源在 $t=0$ 时刻同时开始振动，产生持续的简谐横波。该介质中与这两个波源分别相距 $r_1$ 、 $r_2$ 的一质点的振动图像如题10图所示，其振幅为 $A$ 。已知 $t_1$ 与 $t_2$ 、 $t_2$ 与 $t_3$ 的时间间隔均为 $T$ ，则下列说法正确的是

- A. 这两个波源产生的简谐横波的波速 $v = \frac{|r_1 - r_2|}{T}$   
 B. 这两个波源产生的简谐横波的振幅相等  
 C. 这两个波源的起振方向相同  
 D. 稳定时，该介质中与这两个波源的距离差为 $\frac{|r_1 - r_2|}{2}$ 的质点的振幅为 $3A$



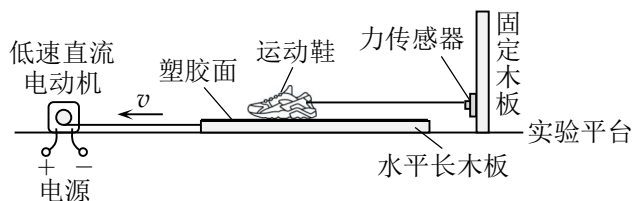
题10图

二、非选择题：共5题，共57分。

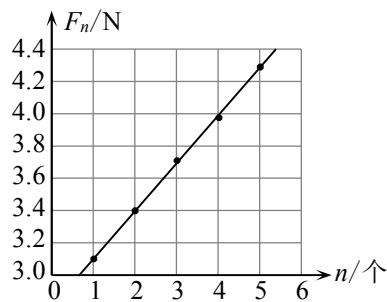
11. (7分)

某学习小组将一厚度均匀的塑胶面平整地贴在水平长木板上，来探究“该塑胶面与某运动鞋底面之间的动摩擦因数 $\mu$ ”。

主要实验步骤如下：



题 11 图 1



题 11 图 2

- ①如题 11 图 1 所示，贴有塑胶面的水平长木板用水平细线连接电动机，运动鞋用水平细线连接力传感器；
- ②接通电源，调节电动机的输入电压，使电动机低速缓慢拉动长木板，稳定时记录力传感器的示数  $F$ ；
- ③在运动鞋中分别添加  $n$  个 ( $n=1, 2, 3, 4, 5$ ) 质量均为 50 g 的钩码，重复步骤②，进行多次实验，并记录相应的力传感器示数  $F_n$ ；
- ④关闭电源，处理数据。根据所得实验数据，作出  $F_n$  与  $n$  的关系图像如题 11 图 2 所示。

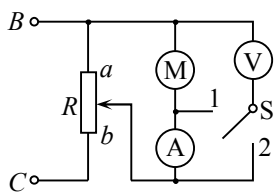
请回答下列问题：

- (1) 根据图像可知，该塑胶面与该运动鞋之间的正压力越大，它们之间的滑动摩擦力\_\_\_\_\_（选填“越大”或“越小”）。
- (2) 若重力加速度  $g$  取  $9.8 \text{ m/s}^2$ ，则由图像可得：该塑胶面与该运动鞋底面之间的动摩擦因数  $\mu = \underline{\hspace{2cm}}$ ，该运动鞋的质量约为\_\_\_\_\_kg。（结果均保留两位有效数字）

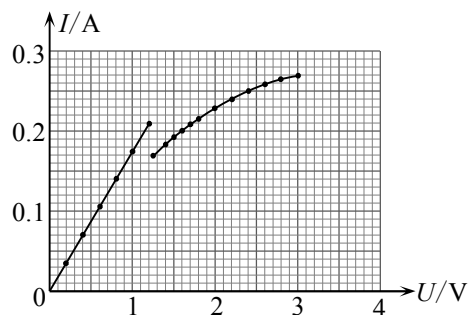
12. (9 分)

已知题 11 中使用的低速直流电动机正常工作时的额定电压为 3 V，为探究该电动机工作时的电流  $I$  与电压  $U$  之间的关系，该小组同学又设计了如题 12 图 1 所示的电路图来进行实验探究。所用实验器材有：电压表（量程 0~3 V，内阻约 1500  $\Omega$ ），电流表（量程 0~400 mA，内阻约 0.6  $\Omega$ ），滑动变阻器  $R$ ，学生电源（可提供 0~12 V 的交、直流电，内阻不计），单刀双掷开关  $S$  及导线若干。

- (1) 实验时在  $B$ 、 $C$  两端接入学生电源，电源旋钮应调至 4 V \_\_\_\_\_（选填“直”或“交”）流挡。在接通学生电源的开关前，滑动变阻器的滑片应调至\_\_\_\_\_（选填“ $a$ ”或“ $b$ ”）端。



题 12 图 1



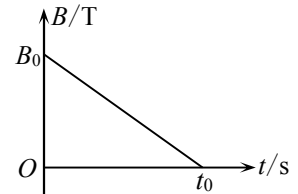
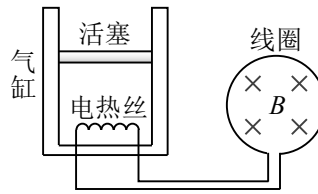
题 12 图 2

- (2) 正确连接电路后，接通学生电源的开关，移动滑动变阻器的滑片，记录多组电压表示数  $U$  和电流表示数  $I$ ，并作出  $I-U$  关系图像如题 12 图 2 所示。由此可知，为减小实验误差，题 12 图 1 中的开关  $S$  应与\_\_\_\_\_（选填“1”或“2”）连接。
- (3) 实验中，当滑动变阻器的滑片移至  $a$ 、 $b$  间  $4/5$  位置时（滑片到  $a$  端的距离为  $ab$  总长的  $4/5$ ），电压表示数为 3.0 V，若此时电动机突然被卡死但马上又正常工作，则结合题 12 图 2 可知：电动机被卡死不转的瞬间，该电动机的输入功率约为\_\_\_\_\_W（结果保留两位有效数字）。

13. (10分)

如题13图1所示，某圆柱体绝热气缸开口向上竖直放置，缸内用一质量为 $m$ 、横截面积为 $S_0$ 的水平绝热活塞封闭着一定质量的理想气体。 $t=0$ 时刻活塞静止，活塞距气缸底部的高度为 $h$ 。一阻值为 $R$ 的电热丝密封在气缸内，电热丝两端与 $N$ 匝横截面积为 $S_1$ 的线圈相连，线圈总电阻为 $r$ ，其余电阻不计。线圈内充满垂直线圈平面的匀强磁场，其磁感应强度按题13图2所示规律变化（其中 $B_0$ 、 $t_0$ 已知）； $t=t_0$ 时刻撤去磁场，经过足够长时间后，活塞距气缸底部的高度变为 $1.1h$ 。已知外界大气压强恒为 $p_0$ ，重力加速度为 $g$ ，活塞可在气缸内无摩擦滑动且不漏气，电热丝的体积、活塞及气缸底部的厚度均忽略不计，电热丝产生的焦耳热完全被气体吸收。求：

- (1)  $0\sim t_0$ 时间段内，通过电热丝的电荷量及电热丝产生的焦耳热；
- (2) 从 $t=0$ 时刻开始，经过足够长时间后，气缸内气体内能的增加量。



题13图1

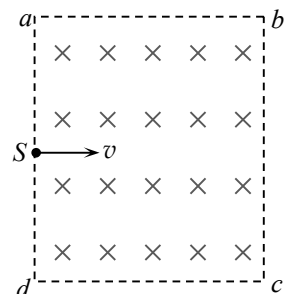
题13图2

14. (13分)

如题14图所示，矩形区域 $abcd$ 内充满垂直该区域向里的匀强磁场，其中 $ab=2\sqrt{3}L$ ， $ad=4L$ 。 $ad$ 边的中点 $S$ 处有一可视为质点的粒子源，在该区域内沿 $ab$ 方向持续发射出质量均为 $m$ 、电荷量均为 $q$ 、速率范围为 $v_0\sim 3v_0$ 的所有带电粒子，其中速率为 $2v_0$ 的粒子恰好从 $b$ 点射出磁场。若在该区域内叠加一平行于该区域且范围足够大的匀强电场（未画出），则速率为 $2v_0$ 的粒子恰好做匀速直线运动。

不计粒子重力、粒子间的相互作用及碰撞。

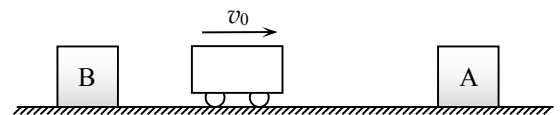
- (1) 求匀强磁场的磁感应强度大小 $B$ 。
- (2) 求匀强电场的电场强度 $E$ 。
- (3) 若保留电场、撤去磁场，其他条件不变，求粒子在该区域内运动的最长时间与最短时间之比。



题14图

15. (18分)

如题15图所示，足够长的水平地面上静置有两个质量分别为 $3m$ 、 $2m$ 的木块A、B，两木块与地面间的动摩擦因数均为 $\mu$ 。初始时刻，A、B两木块之间有一质量为 $m$ 的小车以初速度 $v_0$ 水平向右运动，两木块和小车在同一直线上。已知小车与两木块间的碰撞均为一维弹性碰撞，重力加速度为 $g$ ，碰撞时间、空气阻力及小车与地面间的摩擦均不计。



题15图

- (1) 求小车与木块A发生第一次碰撞后瞬时，小车和木块A各自的速度。
- (2) 计算说明：小车每次与木块碰撞前瞬时，木块均处于静止状态。
- (3) 求从初始时刻到三者均停止运动，A、B两木块各自运动的距离。

## 物理 参考答案

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	D	B	A	A	C	C	D	BD	BC	AD

解析:

1. D. 电磁炉的工作原理是“电磁感应”，工作时不能使炉盘上面放置的陶瓷锅发热，D 正确；故选 D。
2. B. 顾客相对地面做匀速直线运动，处于平衡状态，扶梯对顾客的作用力方向竖直向上，B 正确；故选 B。
3. A. 由对称性知，M 点与 N 点的电势相等，故负电荷在 M 点的电势能与在 N 点的电势能相同，A 正确，C 错误；由电场强度的矢量叠加知，M 点与 N 点的电场强度方向不同，B 错误；沿 FG 连线移动正试探电荷，因电荷所受电场力并非始终垂直于运动方向，故电场力先做负功后做正功，D 错误；故选 A。

4. A. 经过时间 40d 后剩余放射性元素是原来的  $(\frac{1}{2})^5$ ，所以整个水库中每分钟衰变的次数也变为原来的  $(\frac{1}{2})^5$ ，

$$\text{因此水库中水的体积 } V = \frac{(\frac{1}{2})^5 N_1}{N_2} \cdot 1\text{m}^3 = \frac{N_1}{32N_2} \text{m}^3, \text{ A 正确；故选 A.}$$

5. C. 由题知，该单色光在圆形光亮区域的边缘处恰好发生全反射，由  $n = \frac{1}{\sin C}$ ， $\sin C = \frac{\frac{D}{2}}{\sqrt{d^2 + (\frac{D}{2})^2}}$  可得，折

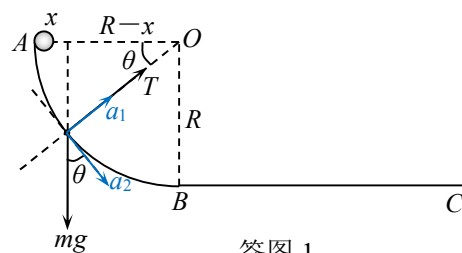
$$\text{射率 } n = \sqrt{(\frac{2d}{D})^2 + 1}, \text{ C 正确；故选 C.}$$

6. C. 小球在水平轨道上匀速运动，加速度为 0，因此只需考虑在圆弧轨道上的运动。如答图 1 所示，设小球运动至圆弧轨道上某处时速度为  $v$ 、水平位移为  $x$ 、经过的圆心角为  $\theta$ ，由  $mgR \sin \theta = \frac{1}{2}mv^2$  得，此时小球在

$$\text{该处的法向加速度 } a_1 = \frac{v^2}{R} = 2g \sin \theta, \text{ 切向加速度 } a_2 = g \cos \theta,$$

$$\text{合加速度的平方 } a^2 = a_1^2 + a_2^2 = g^2(4 - 3\cos^2 \theta) \text{ (由几何关系可知, 其中 } \cos \theta = 1 - \frac{x}{R} \text{), 因此 } a^2 = -3g^2(\frac{x}{R} - 1)^2 + 4g^2, \text{ 又结合}$$

$0 \leq x \leq R$  可知，正确的  $a^2-x$  关系图像为 C；故选 C。

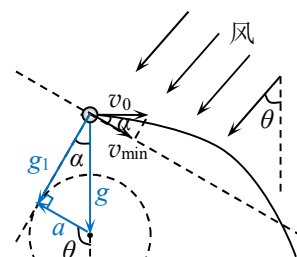


答图 1

7. D. 由题知，风力提供的加速度恒为  $a = \frac{g}{2}$ ，小球所受合加速度（等效重力加速度  $g_1$ ）是  $a$  与重力加速度  $g$  的

矢量和，结合抛体运动规律易知，最小速度就是  $v_0$  在垂直“等效重力加速度”方向的分速度（即匀速分运动的速度大小），由矢量三角形定则（如答图 2）可知，当  $a$  与  $g_1$  垂直时，小球运动的最小速度即为所有运动过程中的最小速度，由几何关系易

$$\text{得 } \sin \alpha = \frac{1}{2}, v_{\min} = v_0 \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0, \text{ D 正确；故选 D.}$$



答图 2

8. BD. 该工程的直流输电线上电流恒定，不能直接接入变压器，A 错误，B 正确；由  $P=UI$  可知，输电线上的电流等于  $6.25 \times 10^3 \text{A}$ ，C 错误，D 正确；故选 BD。

9. BC。卫星在轨道 II 上运行的速度小于 7.9km/s, A 错误; 卫星在轨道 I 上从近地点  $O$  向远地点  $P$  运动时, 万有引力做负功, 速度减小, 因此在  $O$  点的速度大于在  $P$  点的速度, B 正确; 根据  $a = \frac{GM}{r^2}$  可知, 沿轨道 I 运行时, 在  $O$  点的加速度大于在  $P$  点的加速度, C 正确; 轨道 II 为高轨道, 卫星沿轨道 I 运动至  $P$  点时, 应加速做离心运动才能进入轨道 II, 因此需要向后喷气加速, D 错误; 故选 BC。

10. AD。由图知,  $t_2$  时刻后两列波发生稳定的干涉, 这两列波的频率相同, 波速相同, 波长也相同。  $t_1$  时刻, 第

1 列波到达该质点处,  $t_2$  时刻第 2 列波到达该质点处, 可知波速  $v = \frac{|r_1 - r_2|}{t_2 - t_1} = \frac{|r_1 - r_2|}{T}$ , 波长  $\lambda = |r_1 - r_2|$ ,

A 正确; 合成波在该质点处的叠加为干涉减弱, 故这两列波的振幅分别为  $A$ 、 $2A$ , B 错误; 由图易知, 这两列波在该质点处的起振方向相反, 即这两个波源的起振方向相反, C 错误; 该介质中与这两个波

源的距离差为  $\frac{|r_1 - r_2|}{2} = \frac{\lambda}{2}$  的质点是干涉加强点, 故振幅为  $3A$ , D 正确; 故选 AD。

11. (7 分)

(1) 越大 (2 分)

(2) 0.61 (0.57~0.65 均可) (2 分)                      0.47 (0.42~0.52 均可) (3 分)

解析:

(2) 由  $F_n = \mu(nm + M)g$ , 得  $F_n = \mu mg \cdot n + \mu Mg$ , 结合图像的斜率  $k = 0.3 = \mu mg$ , 解得  $\mu = 0.61$ ; 在该直线上任取一点坐标, 代入  $F_n = \mu mg \cdot n + \mu Mg$  中, 解得  $M = 0.47\text{kg}$ 。

12. (9 分)

(1) 直 (2 分)                       $a$  (2 分)

(2) 1 (2 分)

(3) 1.4 (1.2~1.6 均可) (3 分)

解析:

(2) 由  $I-U$  图像可知, 电动机内阻  $r_M = \frac{1.2\text{V}}{0.21\text{A}} = \frac{40}{7}\Omega$ , 为减小实验误差, 电流表应外接, 故开关 S 应接“1”。

(3) 方法一: 由  $I-U$  图像可知, 当  $U \leq 1.2\text{V}$  时, 电动机未转动, 可视为纯电阻; 之后电动机开始转动。当电动机正常工作且电压表示数为  $3.0\text{V}$  时, 电流表示数为  $0.27\text{A}$ , 设滑动变阻器上、下两部分的电阻分

别为  $R_1$ 、 $R_2$ , 则  $R_1 = 4R_2$ , 由电路中的电压、电流关系可得  $\frac{3}{R_1} + 0.27 = \frac{1}{R_2}$ , 解得  $R_1 = \frac{100}{27}\Omega$ ,

$R_2 = \frac{25}{27}\Omega$ ; 电动机被卡死瞬间, 电动机视为纯电阻且  $r_M = \frac{40}{7}\Omega$ , 此时电动机与滑动变阻器并联

后的电阻  $R_{\text{并}} = \frac{r_M R_1}{r_M + R_1} = \frac{200}{89}\Omega$ , 电动机两端的实际电压  $U_M = \frac{R_{\text{并}}}{R_{\text{并}} + R_2} \cdot E = \frac{864}{305}\text{V} \approx 2.83\text{V}$ , 因此,

卡死不转瞬间电动机的输入功率  $P_M = \frac{U_M^2}{r_M} \approx 1.4\text{W}$ 。

方法二：由  $I-U$  图像可知，当电动机正常工作且电压表示数为  $3.0\text{V}$  时，电流表示数为  $0.27\text{A}$ ，设滑动变阻器上、下两部分的电阻分别为  $R_1$ 、 $R_2$ ，则  $R_1 = 4R_2$ ，且  $\frac{3}{R_1} + 0.27 = \frac{1}{R_2}$ ，解得  $R_1 = \frac{100}{27}\Omega$ ， $R_2 = \frac{25}{27}\Omega$ ，

此时将  $R_1$ 、 $R_2$  和学生电源视为一个“等效电源”，则“等效电源”内阻  $r' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20}{27}\Omega$ ，电动

势  $E' = U + Ir' = 3.2\text{V}$ ，在同一坐标图中作出“等效电源”的  $I-U$  图像如答图 3 所示（对应直线  $l_1$ ）；

电动机被卡死瞬间，电动机视为纯电阻且

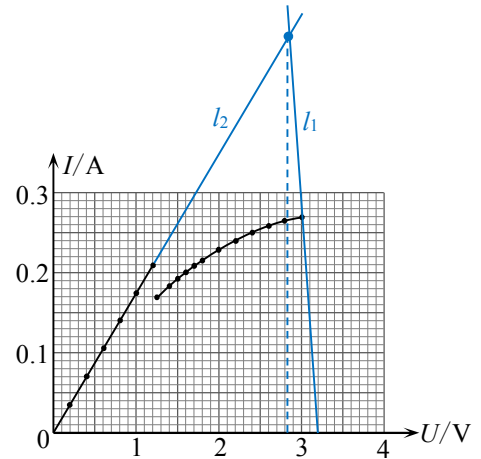
$r_M = \frac{40}{7}\Omega$ （对应直线  $l_2$ ），此时电动机的实际电

压和电流就是直线  $l_1$  和  $l_2$  的交点坐标，结合坐标

图可以读出，交点坐标对应的电压  $U_M \approx 2.8\text{V}$ ，

电动机的输入功率  $P_M = \frac{U_M^2}{r_M} \approx 1.4\text{W}$ 。

（提示：也可通过列出直线  $l_1$  和  $l_2$  的解析式来求交点坐标，或利用刻度尺作平行线让交点出现在坐标图上等方法来读取交点坐标）



答图 3

13. (10 分)

解：（1）由图 2 可知， $0 \sim t_0$  时间段内，线圈中产生的感应电动势为定值

感应电动势： $\varepsilon = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{NS_1 B_0}{t_0}$ ，感应电流： $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ （1 分）

通过电热丝的电荷量： $q = It_0$ （1 分），解得： $q = \frac{NB_0 S_1}{R+r}$ （1 分）

电热丝产生的焦耳热： $Q = I^2 R t_0$ （1 分），解得： $Q = \frac{N^2 B_0^2 S_1^2 R}{(R+r)^2 t_0}$ （1 分）

（2）缸内气体发生等压变化，设缸内气体压强为  $p$

$t=0$  时刻，对活塞有： $pS_0 = p_0 S_0 + mg$ （1 分）

从  $t=0$  时刻开始，经过足够长时间后，气体对外做功： $W = -pS_0(1.1h - h)$ （1 分）

由热力学第一定律有： $\Delta U = Q + W$ （1 分）

联立解得： $\Delta U = \frac{N^2 B_0^2 S_1^2 R}{(R+r)^2 t_0} - \frac{(p_0 S_0 + mg)h}{10}$ （2 分）

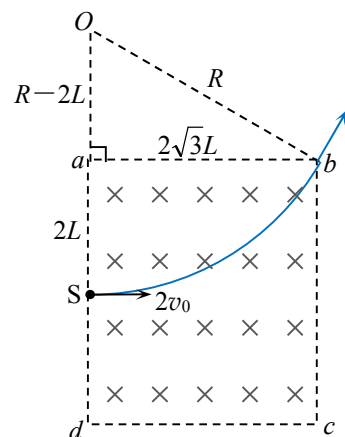
14. (13 分)

解：（1）速率为  $2v_0$  的粒子在磁场中运动的轨迹如答图 4 所示

设该粒子在磁场中做圆周运动的半径为  $R$

由几何关系有： $(R-2L)^2 + (2\sqrt{3}L)^2 = R^2$ （1 分）

解得： $R = 4L$ （1 分）



答图 4

又由  $q \cdot 2v_0 B = m \frac{(2v_0)^2}{R}$  (1分), 解得:  $B = \frac{mv_0}{2qL}$  (1分)

(2) 粒子仅在磁场中运动时向上方偏转, 由左手定则知粒子带正电

加上匀强电场后, 根据平衡条件有:  $q \cdot 2v_0 B = qE$  (1分)

解得:  $E = 2v_0 B = \frac{mv_0^2}{qL}$  (1分), 方向: 沿  $ad$  方向 (1分)

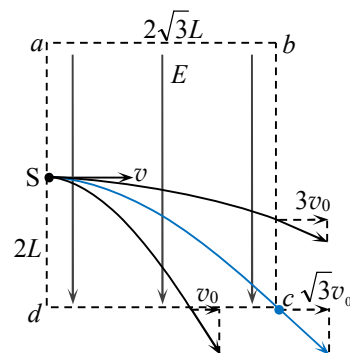
(3) 设速度大小为  $v$  的粒子恰好从  $c$  点离开矩形区域 (如答图 5)

由类平抛运动有:  $2\sqrt{3}L = vt$  (1分),  $2L = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} t^2$  (1分)

联立解得:  $v = \sqrt{3}v_0$  (1分)

由分析易知:  $\sqrt{3}v_0 < v \leq 3v_0$  的粒子将从  $bc$  边离开,

$v_0 \leq v \leq \sqrt{3}v_0$  的粒子将从  $dc$  边 (含  $c$  点) 离开



答图 5

速度为  $3v_0$  的粒子在电场中运动的时间最短:  $t_{\min} = \frac{2\sqrt{3}L}{3v_0}$  (1分)

$v_0 \leq v \leq \sqrt{3}v_0$  的粒子在电场中运动的时间最长且相等, 由  $2L = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} t_{\max}^2$  得:  $t_{\max} = \frac{2L}{v_0}$  (1分)

因此粒子在矩形区域内运动的最长时间与最短时间之比:  $\frac{t_{\max}}{t_{\min}} = \sqrt{3}$  (1分)

15. (18分)

解: (1) 设小车与 A 第 1 次碰撞后瞬时速度分别为  $v_1$ 、 $v_{A1}$ , 以水平向右为正方向

由弹性碰撞有:  $mv_0 = mv_1 + 3mv_{A1}$  (1分),  $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2} \cdot 3mv_{A1}^2$  (1分)

联立解得:  $v_1 = -\frac{v_0}{2}$ , 方向水平向左 (1分);  $v_{A1} = \frac{v_0}{2}$ , 方向水平向右 (1分)

(2) A 第 1 次被碰后做匀减速直线运动, 加速度大小  $a = \mu g$

当 A 第 1 次停止运动时, 历时  $t_{A1} = \frac{v_{A1}}{a} = \frac{v_0}{2\mu g}$  (1分), 位移大小  $x_{A1} = \frac{v_{A1}^2}{2a} = \frac{v_0^2}{8\mu g}$  (1分)

设 A、B 两木块的初始间距为  $L_1$ , 则

第 1 次与 B 碰撞前, 小车向左运动的时间:  $t_{\text{车左1}} = \frac{L_1}{-v_1} = \frac{2L_1}{v_0}$

小车第 1 次与 B 碰撞过程中:  $mv_1 = mv_2 + 2mv_{B1}$ ,  $\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2} \cdot 2mv_{B1}^2$

联立解得:  $v_2 = -\frac{1}{3}v_1 = \frac{v_0}{6}$  (水平向右) (1分),  $v_{B1} = \frac{2v_1}{3} = -\frac{v_0}{3}$  (水平向左) (1分)

小车第 2 次与 A 碰撞前, 若 A 已经静止, 则:

小车第 1 次与 B 碰后向右运动的时间:  $t_{\text{车右}1} = \frac{L_1 + x_{A1}}{v_2} = \frac{6L_1}{v_0} + \frac{3v_0}{4\mu g}$

小车第 1、2 次与 A 碰撞的时间间隔:  $t_{\text{车}1} = t_{\text{车左}1} + t_{\text{车右}1} = \frac{8L_1}{v_0} + \frac{3v_0}{4\mu g} > t_{A1}$  (1 分)

因此, 小车第 2 次与 A 碰撞前瞬时, A 已处于静止状态

B 第 1 次被碰后到停止运动, 历时:  $t_{B1} = \frac{-v_{B1}}{a} = \frac{v_0}{3\mu g} < t_{\text{车右}1}$  (1 分)

因此, 小车第 2 次与 B 碰撞前, B 也已处于静止状态

以此类推……同理可知:

小车第 2、3 次与 A 碰撞的时间间隔:  $t_{\text{车}2} = \frac{8L_2}{v_2} + \frac{3v_2}{4\mu g} > t_{A2} = \frac{v_2}{2\mu g}$

小车第  $n$ 、 $(n+1)$  次与 A 碰撞的时间间隔:  $t_{\text{车}n} = \frac{8L_n}{v_{2(n-1)}} + \frac{3v_{2(n-1)}}{4\mu g} > t_{An} = \frac{v_{2(n-1)}}{2\mu g}$  (其中  $n=1, 2, 3, \dots$ )

说明: 小车每次与 A 碰撞前瞬时, A 均处于静止状态 (1 分, 需写出必要的判断依据或过程方能得分)

小车第 2 次与 B 碰后向右运动的时间:  $t_{\text{车右}2} = \frac{6L_2}{v_2} + \frac{3v_2}{4\mu g} > t_{B2} = \frac{v_2}{3\mu g}$

小车第  $n$  次与 B 碰后向右运动的时间:  $t_{\text{车右}n} = \frac{6L_n}{v_{2(n-1)}} + \frac{3v_{2(n-1)}}{4\mu g} > t_{Bn} = \frac{v_{2(n-1)}}{3\mu g}$  (其中  $n=1, 2, 3, \dots$ )

说明: 小车每次与 B 碰撞前瞬时, B 均处于静止状态 (1 分, 需写出必要的判断依据或过程方能得分)

综上所述可知: 小车每次与木块碰撞前瞬时, 木块均处于静止状态

(3) 小车第  $n$  次与 A 碰撞后瞬时, A 的速度:  $v_{An} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \left(\frac{1}{3}\right)^{n-1} v_0 = \frac{v_0}{2^n \cdot 3^{n-1}}$  (其中  $n=1, 2, 3, \dots$ ) (1 分)

小车第  $n$  次与 B 碰撞后瞬时, B 的速度:  $v_{Bn} = -\frac{2}{3}v_{An} = -\frac{v_0}{2^{n-1} \cdot 3^n}$  (其中  $n=1, 2, 3, \dots$ ) (1 分)

A 第  $n$  次被碰后, 运动的位移:  $x_{An} = \frac{v_{An}^2}{2\mu g} = \frac{v_0^2}{2^{2n+1} \cdot 3^{2(n-1)} \mu g}$  (其中  $n=1, 2, 3, \dots$ ) (1 分)

B 第  $n$  次被碰后, 运动的位移:  $x_{Bn} = \frac{v_{Bn}^2}{2\mu g} = \frac{v_0^2}{2^{2n-1} \cdot 3^{2n} \mu g}$  (其中  $n=1, 2, 3, \dots$ ) (1 分)

显然:  $x_{An}$  是首项为  $\frac{v_0^2}{8\mu g}$ 、公比为  $\frac{1}{36}$  的等比数列,  $x_{Bn}$  是首项为  $\frac{v_0^2}{18\mu g}$ 、公比为  $\frac{1}{36}$  的等比数列

因此, 从初始时刻到三者均停止运动,

A 运动的距离:  $x_A = \frac{\frac{v_0^2}{8\mu g}}{1 - \frac{1}{36}} = \frac{9v_0^2}{70\mu g}$  (1 分)

B 运动的距离:  $x_B = \frac{\frac{v_0^2}{18\mu g}}{1 - \frac{1}{36}} = \frac{2v_0^2}{35\mu g}$  (1 分)