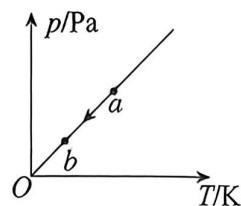


3. 冬季寒潮来袭,小华将热水倒入水瓶后,立即用瓶塞密封瓶口,瓶内封闭了一定质量的空气(视为理想气体)。水瓶容积不变,随着瓶内水温逐渐降低,封闭空气的温度从热力学温度 T_a 降至 T_b ,其压强随热力学温度($p-T$)的变化图像为过坐标原点的倾斜直线(如图所示)。关于 $a \rightarrow b$ 的过程,下列说法正确的是



- A. 封闭空气的内能增加,且空气对外界做负功
- B. 封闭空气向外界放出的热量等于其内能的减少量
- C. 封闭空气向外界放出的热量大于其内能的减少量
- D. 瓶内空气分子数密度不变,每个分子撞击器壁的作用力均减小

4. 中国“北斗”卫星导航系统创新性地采用“GEO(地球静止轨道)+IGSO(倾斜地球同步轨道)+MEO(中圆地球轨道)”三种轨道混合星座,实现“先区域、后全球”的技术路线。其中,GEO卫星的轨道半径约为MEO卫星的轨道半径的1.5倍,GEO卫星的质量比MEO卫星的大,卫星的运行轨道均视为圆轨道。下列说法正确的是

- A. GEO卫星与MEO卫星的线速度之比为2:3
- B. GEO卫星与MEO卫星的角速度之比为8:9
- C. GEO卫星与MEO卫星的向心加速度之比为4:9
- D. GEO卫星与MEO卫星的动能之比为2:3

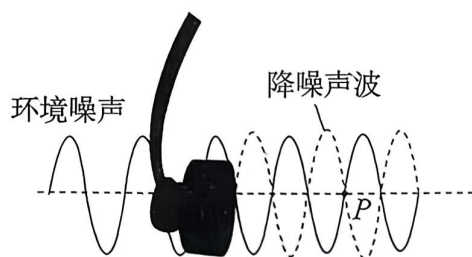
5. 降噪耳机主要通过主动降噪(ANC)和被动降噪(PNC)两种技术原理实现噪音消除,主动降噪利用声波干涉抵消噪音(如图所示),图中波峰表示密部,波谷表示疏部,下列说法正确的是

- A. 降噪声波与环境噪声的波长相同,且耳膜振动方向与环境噪声传播方向垂直

- B. 一个周期内, P 点处质点向右移动一个波长的距离

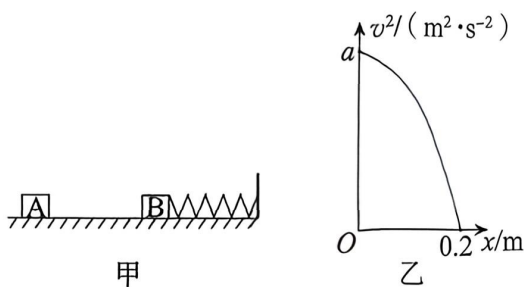
- C. 图中 P 点处质点的位移始终为0

- D. 环境噪声频率越高,降噪声波的频率也必须随之升高,同时从耳机传播到耳膜的速度越大

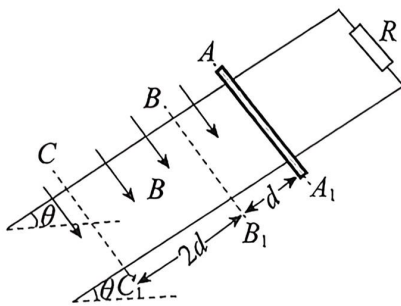


9. 某兴趣小组设计的“双滑块缓冲碰撞实验装置”可用于研究碰撞规律,其简化模型如图甲所示,水平导轨上有两个滑块,滑块 A 质量 $m_1 = 1 \text{ kg}$,滑块 B 质量 $m_2 = 2 \text{ kg}$,一劲度系数 $k = 600 \text{ N/m}$ 的轻质弹簧右端固定在墙上,左端与滑块 B 连接,初始时 B 静止,弹簧处于原长。现滑块 A 在水平轨道上向右运动一段时间后以初速度 v_0 和 B 发生弹性碰撞(碰撞时间极短),碰后滑块 B 运动过程中,始终受到 $f = 20 \text{ N}$ 的摩擦力。实验测得 B 从弹簧原长位置到弹簧压缩至最短过程的 $v^2 - x$ (x 为弹簧的形变量)图像如图乙所示。已知弹簧弹性势能 $E_p = \frac{1}{2}kx^2$,重力加速度 g 取 10 m/s^2 。下列说法正确的是

- A. $v^2 - x$ 图像与纵轴的交点 $a = 16 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- B. 碰前瞬间 A 的初速度大小 $v_0 = 6 \text{ m/s}$
- C. 弹簧压缩到最短的过程中,弹簧弹力做功为 12 J
- D. 若 A、B 碰撞后粘连在一起,则碰撞过程系统损失的机械能为 16 J



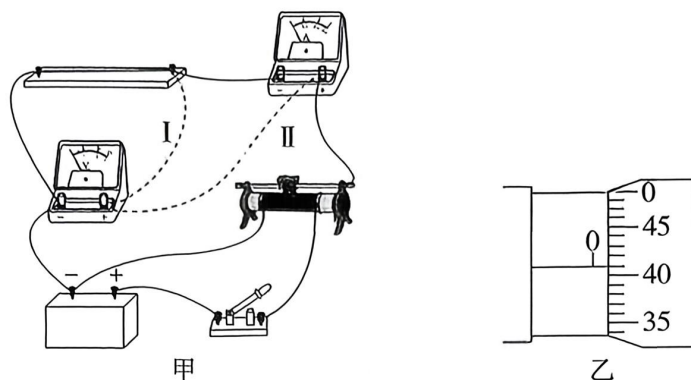
10. 两足够长且间距为 L 的平行金属导轨与水平面夹角为 θ ,导轨上端与一阻值为 R 的定值电阻相连,导轨 BC 段与 B_1C_1 段粗糙,其余部分光滑, AA_1 下方存在垂直于导轨平面向下的匀强磁场。一质量为 m 的金属杆垂直导轨放置在 AA_1 处,现将金属杆由静止释放,最终恰好停在 CC_1 处。已知金属杆接入导轨之间的阻值也为 R ,且与粗糙导轨间的动摩擦因数 $\mu = \tan \theta$, $AB = d$, $BC = 2d$,导轨电阻不计,金属杆与导轨接触良好,重力加速度为 g ,下列说法正确的是



- A. 金属杆通过 AA_1B_1B 区域所用的时间为 $\frac{3B^2L^2d}{2mgR\sin\theta}$
- B. 在整个过程中,定值电阻 R 产生的热量为 $\frac{mgd\sin\theta}{2}$
- C. 金属杆经过 AA_1B_1B 与 BB_1C_1C 区域,金属杆所受安培力的冲量相同
- D. 金属杆经过 BB_1C_1C 区域,金属杆所受安培力随位移线性变化

三、非选择题(本题共 5 小题,共 54 分)

11. (8 分)在测定电阻丝电阻率的实验中,实验组同学用螺旋测微器测量电阻丝的直径,用毫米刻度尺测量电阻丝的长度,用如图甲所示的电路测量电阻丝的电阻值。



(1)在进行实验时,下列说法正确的是_____ (填选项前字母)。

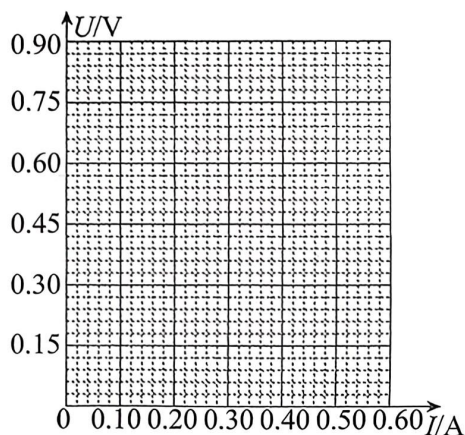
- A. 测量电阻丝直径时应选电阻丝的中点多次测量,求平均值
- B. 测量电阻丝的长度时应将电阻丝连入电路之后,用刻度尺测量出连入电路的电阻丝的长度
- C. 测量电阻丝的长度时应手持电阻丝的一端与刻度尺的 0 刻度线对齐,在电阻丝自然下垂的状态下,读取另一端对应的刻度值

(2)实验组同学使用螺旋测微器测量电阻丝的直径 d ,某次螺旋测微器的示数如图乙所示,则 $d=$ _____ mm。

(3)利用图甲所示电路测量电阻丝的电阻值,在确定电流表的连入方式时,先按虚线 I 试触,再按虚线 II 试触,观察到电压表示数变化较大,电流表示数几乎不变。据此确定好电流表的接入方式以使得测量误差较小,而后进行数据测量。

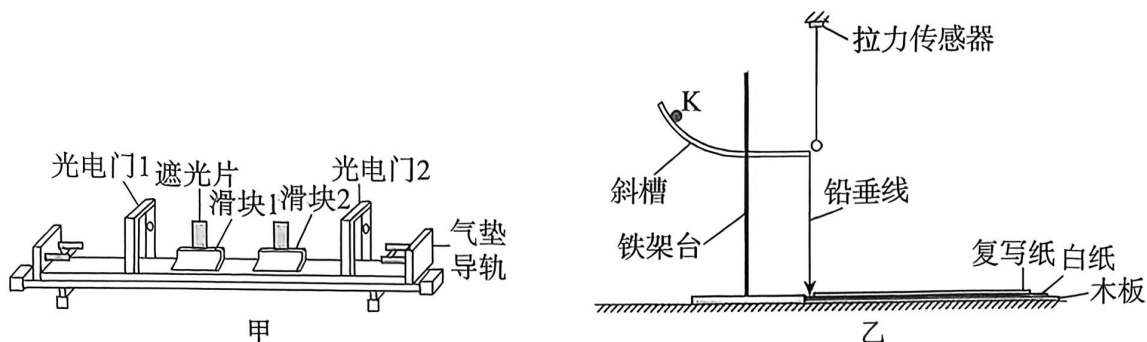
①测得的数据如下表格所示,请在坐标纸上根据表格中的数据描点连线绘制出 $U-I$ 图像;

实验次序	1	2	3	4	5
U/V	0.45	0.50	0.55	0.64	0.71
I/A	0.26	0.30	0.33	0.38	0.44



②电阻的测量值可由 $U-I$ 图像斜率求得,该测量值_____ (选填“大于”“等于”或“小于”)真实值。

12. (8分) 实验小组同学设计了两种方案验证动量守恒定律, 方案一、二的实验装置分别如图甲、乙所示。



(1) 按方案一进行实验, 实验时先将气垫导轨调节至水平。

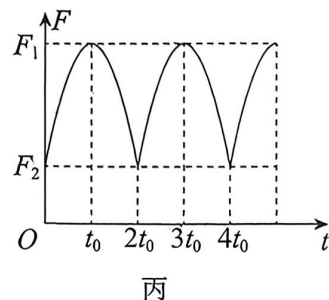
① 实验室有宽度分别为 10.00 mm 和 5.00 mm 的遮光片若干, 实验小组同学有两种观点, 观点一认为两个遮光片的宽度都为 5.00 mm 可以减小实验误差, 观点二认为遮光片规格相同即可, 遮光片的宽、窄不会给实验带来误差。说法正确的是 _____ (选填“观点一”或“观点二”);

② 将滑块 1 放到光电门 1 的左侧, 滑块 2 放到光电门 1 与光电门 2 之间, 向右轻推滑块 1 使它与滑块 2 相碰。光电门 1 的计时器记录了两次遮光时间依次为 t_1 、 t_2 , 光电门 2 的计时器记录的遮光时间为 t_3 , 若该碰撞为非弹性碰撞, 应满足的表达式: _____ (用题目已给的物理量符号表示)。

(2) 按方案二进行实验时, 测得单摆的摆长为 l 。

① 拉力传感器记录的数据如图丙所示 (图中数据均为已知量), 下列说法正确的是 _____ (填选项前字母);

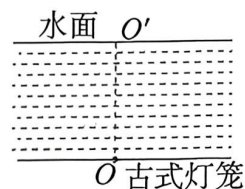
- A. 斜槽必须光滑且末端切线水平
- B. 入射小球的质量必须大于单摆小球的质量
- C. 通过图丙可以知道单摆小球的振动周期为 $2t_0$



② 实验小组同学通过图丙数据还可以求得单摆小球的质量 $m = \underline{\hspace{2cm}}$ (用 t_0 、 F_1 、 F_2 和 l 表示)。

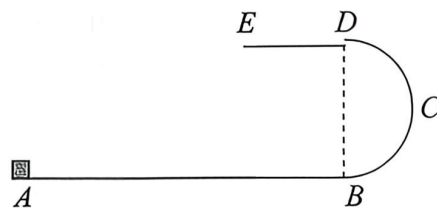
13. (8分)“潭清疑水浅”是古诗中描述的光的折射现象。如图所示,现有一面积足够大的圆形清潭,水深 $H=2.7\text{ m}$,水的折射率 $n=\frac{4}{3}$ 。在潭底中心 O 处有一盏古式灯笼(可视为点光源)向四周发光。已知光在真空中的传播速度为 $c=3\times 10^8\text{ m/s}$,取 $\pi=3.14$ 。

- (1)求光从 O 点竖直向上传播到其正上方水面上 O' 点的时间 t ;
- (2)求水面上能透出光线的圆形亮斑的面积 S 。(结果保留两位有效数字)



14. (14分)如图所示,竖直平面内固定一绝缘轨道,由以下三段轨道平滑连接组成:位于水平地面上长 $L_1=12.0\text{ m}$ 的粗糙直轨道 AB ,半径 $R=0.4\text{ m}$ 的竖直光滑半圆弧轨道 BCD (B 为轨道最低点, D 为最高点),长 $L_2=\frac{4}{3}\text{ m}$ 的水平光滑直轨道 DE 。整个空间内有水平向右的匀强电场(图中未画出),场强大小 $E_0=3.0\times 10^4\text{ N/C}$ 。将质量 $m=0.2\text{ kg}$ 、电荷量 $q=+5.0\times 10^{-5}\text{ C}$ 的小滑块从 A 点由静止释放至运动到 E 点过程中,电场恒定不变,滑块从半圆弧轨道 D 点进入水平轨道时速度大小和方向不变;滑块从 E 点飞出时计为 $t=0$,此时空间电场的大小发生变化(场强方向不变),大小随时间线性增加的关系: $E(t)=E_0+\beta t$,其中 $\beta=1.5\times 10^4\text{ N/(C}\cdot\text{s)}$,滑块从 E 点飞出后落到水平地面上的 F 点(图中未画出)。已知滑块与轨道 AB 间的动摩擦因数 $\mu=0.15$,重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,滑块可以看成质点,不计空气阻力,忽略电场变化时的磁效应。求:(取 $\sqrt{3}=1.732$)

- (1)滑块第一次到达 B 点时的速度大小 v_B ;
- (2)滑块在 D 点时,轨道对滑块的作用力大小 F_N ;
- (3)滑块落到 F 点前瞬间速度的水平分量 v_x 。(结果保留一位小数)



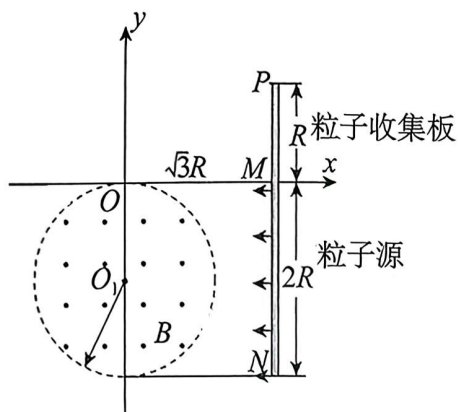
15. (16分) 如图所示, 在 xOy 坐标系内以 $O_1(0, -R)$ 点为圆心、 R 为半径的圆形区域内, 存在垂直纸面向外的匀强磁场。在 x 轴上 $M(\sqrt{3}R, 0)$ 点平行 y 轴放置一个长为 $3R$ 的薄板, 其中在 x 轴上方部分 MP 是长度为 R 的粒子收集板, 在 x 轴下方部分 MN 是长度为 $2R$ 的线状粒子源, 沿 $-x$ 方向均匀发射速度大小均为 v_0 、质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的相同粒子。粒子源释放的带电粒子在 y 方向上分布是均匀的, 且所有粒子经磁场偏转后从坐标原点 O 处射入 x 轴上方。打在收集板上的粒子将被立即导走, 使收集板的电势保持不变。不计带电粒子的重力及粒子间的相互作用, 不考虑电磁场的边界效应。

(1) 求匀强磁场的磁感应强度大小 B ;

(2) 求被收集的粒子数目占粒子总数的比值 η ;

(3) 为使经磁场偏转后从坐标原点 O 处沿 $+y$ 方向射入 x 轴上方的粒子能够恰好被收集板收集到, 在第 I、II 象限内加沿 $+x$ 方向的匀强电场, 求所加电场的电场强度 E 的大小;

(4) 在第 I、II 象限内施加第(3)问中的匀强电场后, 在第 I、II 象限内再施加垂直纸面向里的匀强磁场, 磁感应强度大小 $B' = \frac{2\sqrt{3}mv_0}{qR}$ 。求从坐标原点 O 处射入 x 轴上方的带电粒子到达 y 轴右侧距离 y 轴最远的位置坐标。

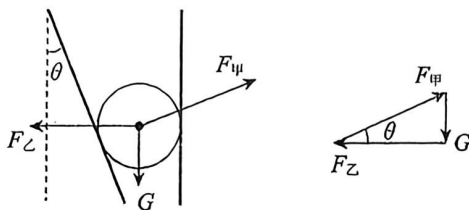


物理参考答案及评分标准

一、单项选择题:本题共 7 小题,每小题 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. D 【解析】由于该核反应过程中释放核能,裂变后新核的结合能大于铀核的结合能,所以 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 的裂变反应释放的能量为 $\Delta E=E_2+E_3-E_1$,故 D 正确。

2. C 【解析】物体受力分析如图,由平衡条件可知 $F_{\text{甲}}=\frac{G}{\sin \theta}$, $F_{\text{乙}}=\frac{G}{\tan \theta}$,故 A、B 错误;随着 θ 缓慢减小, $\sin \theta$ 和 $\tan \theta$ 均减小,故两根筷子对小球的弹力均增大,故 C 正确;根据平衡条件可得,小球所受的合力一直为零,两根筷子对小球的合力大小始终等于小球的重力,故 D 错误。



3. B 【解析】理想气体的内能仅由温度决定,过程 $a \rightarrow b$ 中,封闭空气温度从热力学温度 T_a 降至 T_b ,因此内能减少,又因水瓶容积不变,空气对外界不做功,A 错误;根据热力学第一定律 $\Delta U=Q+W$,等容过程中 $W=0$,温度降低,内能减少,故 $\Delta U < 0$,可得 $Q=\Delta U < 0$,即空气向外界放热,且放出的热量大小等于内能的减少量,B 正确,C 错误;水瓶容积不变,封闭空气的质量和体积均未改变,因此单位体积内的分子数保持不变,过程 $a \rightarrow b$ 中温度降低,分子平均动能减小,并非每个分子的动能都减小,D 错误。

4. C 【解析】卫星做匀速圆周运动,万有引力提供向心力, $\frac{GMm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}=m\omega^2 r=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r=ma$,

可得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$, $\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$, $a=\frac{GM}{r^2}$, $E_k=\frac{GMm}{2r}$,由 GEO 卫星与 MEO 卫星的半径之比为 3:2,

可知 GEO 卫星与 MEO 卫星的线速度之比为 $\sqrt{2}:\sqrt{3}$,故 A 错误;GEO 卫星与 MEO 卫星的角速度之比为 $2\sqrt{2}:3\sqrt{3}$,故 B 错误;GEO 卫星与 MEO 卫星的向心加速度之比为 4:9,故 C 正确;GEO 卫星与 MEO 卫星的动能之比大于 2:3,故 D 错误。

5. C 【解析】主动降噪利用波的干涉,降噪声波与环境噪声频率相同,波长相同,但声波在气体中是纵波,质点振动方向与传播方向平行,A 错误;P 点处的质点只在平衡位置附近振动,并不随波移动,两列振幅相同的声波在图中的 P 点振动方向相反,即 P 点是振动减弱点,位移始终为 0,故 B 错误,C 正确;要发生干涉降噪,降噪声波频率需与环境噪声频率相同,环境噪声频率升高,降噪声波频率随之升高;声波传播速度由介质决定,耳机到耳膜介质不变,速度不变,D 错误。故选 C。

6. D 【解析】由图乙知交流电的周期为 0.02 s, 所以频率为 $f = \frac{1}{T} = 50$ Hz, A 错误; 图乙所示电压的瞬时值表达式为 $u = 311 \sin 100\pi t$ (V), B 错误; 将降压变压器与降压变压器副线圈电路等效为一个电阻, 则 $R_{\text{等}} = \left(\frac{n_3}{n_4}\right)^2 (R_1 + R_2)$, 有 $U_2 = I_2 R + I_2 R_{\text{等}} = I_2 R + I_2 \left(\frac{n_3}{n_4}\right)^2 (R_1 + R_2)$ 。当滑片 P 向 a 端滑动时, R_2 连入电路的阻值变小, 升压变压器副线圈两端电压 U_2 不变, 则输电线上的电流 I_2 变大, 输电线上的电压变大, U_3 变小, U_4 变小, 由 $\frac{I_3}{I_4} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{n_4}{n_3}$, 可知 I_1 增大, 电阻 R_1 两端的电压变大, R_2 两端的电压变小, 电压表示数变小, C 错误; 由图乙知, 升压变压器输入端电压有效值为 $U_1 = \frac{311}{\sqrt{2}}$ V = 220 V。若升压变压器的输入功率为 66 kW, 则 $I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{66 \times 10^3}{220}$ A = 300 A, 根据理想变压器原、副线圈电流与匝数的关系有 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1000}{100}$, 所以 $I_2 = 30$ A, 所以远距离输电线路损耗功率为 $\Delta P = I_2^2 R = 30^2 \times 10$ W = 9 kW, D 正确。

7. B 【解析】救援物资包 B 在斜面上运动时的加速度由 $mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = ma$, 解得 $a = g$, 救援物资包 B 在斜面上运动的最高点位置为 $x = \frac{v_0^2}{2g}$ 。救援物资包 A 垂直落在斜面上, 有 $\frac{2v \sin \alpha}{g \cos 30^\circ} = \frac{v \cos \alpha}{g \sin 30^\circ}$, 解得 $2 \tan \alpha = \frac{1}{\tan 30^\circ}$ 。救援物资包 A 恰好落于救援物资包 B 运动的最高点, 则有 $\frac{v_0^2}{2g} = \frac{1}{2} g \sin 30^\circ \times \left(\frac{2v \sin \alpha}{g \cos 30^\circ}\right)^2$, 解得 $v = \sqrt{\frac{7}{8}} v_0 = \frac{\sqrt{14}}{4} v_0$ 。B 正确。

二、多项选择题: 本题共 3 小题, 每小题 6 分, 共 18 分。在每小题给出的四个选项中, 有多项是符合题目要求的。全部选对得 6 分, 选对但不全的得 3 分, 有选错的得 0 分。

8. CD 【解析】由图可知, $0 \sim t_0$ 时间内, 加速度随时间均匀增大, 机器人做加速度增大的加速运动, $t_0 \sim 2t_0$ 时间内, 加速度随时间均匀减小, 但加速度方向始终为正方向, 故机器人做加速度减小的加速运动, $2t_0$ 时刻机器人速度达到最大值 $a_0 t_0$, A、B 错误; $2t_0$ 时刻机器人速度达到最大值 $a_0 t_0$, 方向为正方向, $2t_0 \sim 4t_0$ 时间内加速度方向为负方向, 机器人做减速运动, 其中 $2t_0 \sim 3t_0$ 时间内加速度大小随时间均匀增大, 机器人做加速度增大的减速运动, $3t_0 \sim 4t_0$ 时间内加速度大小随时间均匀减小, 机器人做加速度减小的减速运动, $4t_0$ 时刻速度减为 0, 位移达到正向最大值, C、D 正确。故选 C、D。

9. AB 【解析】碰后由能量守恒可知 $\frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} kx^2 + fx$, 可知 $x_m = 0.2$ m 时, 解得 B 的速度为 $v_2 = 4$ m/s, $v^2 - x$ 图像与纵轴的交点 $a = 16$ m²/s²。A、B 碰撞为弹性碰撞, 由动量守恒定律和机械能守恒定律有 $m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$, $\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$, 联立以上方程可解得, 碰后

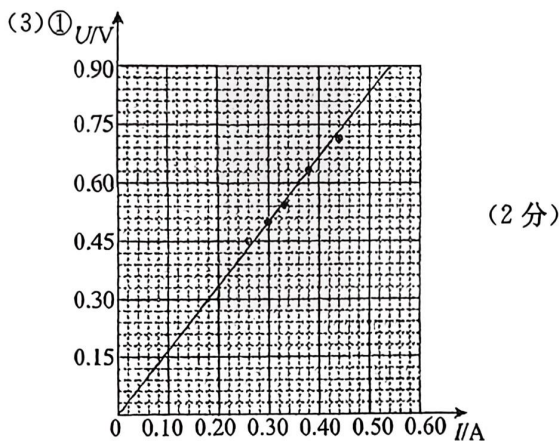
瞬间 A 的速度 $v_1 = -2 \text{ m/s}$, A 的初速度 $v_0 = 6 \text{ m/s}$, A、B 正确;由图乙可知,当 B 的速度为 0 时,弹簧的最大压缩量 $x_m = 0.2 \text{ m}$,压缩过程根据功能关系 $W_{\text{弹}} = -\Delta E_p = -\frac{1}{2}kx_m^2 = -12 \text{ J}$, C 错误;若 A、B 碰撞后粘连在一起则为完全非弹性碰撞,由动量守恒和能量关系可得 $m_1 v_0 = (m_1 + m_2)v_{\text{共}}$, $\Delta E = \frac{1}{2}m_1 v_0^2 - \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_{\text{共}}^2 = 12 \text{ J}$, D 错误。

10. ABD 【解析】设经过 BB_1 的速度为 v_0 ,金属杆通过 AA_1B_1B 区域由动量定理可知 $mgtsin\theta - \frac{B^2 L^2 d}{2R} = mv_0$,金属杆通过 BB_1C_1C 区域由动量定理可知 $mgtsin\theta - \mu mg t \cos\theta - \frac{B^2 L^2 (2d)}{2R} = -mv_0$, 联立可知 $t = \frac{3B^2 L^2 d}{2mgRsin\theta}$, A 正确;全程运动根据能量守恒可知 $3mgdsin\theta = Q_{\text{热}} + 2\mu mgd\cos\theta$,解得 $Q_{\text{热}} = mgdsin\theta$,定值电阻 R 产生的热量 $Q_R = \frac{R}{2R}Q_{\text{热}} = \frac{mgdsin\theta}{2}$, B 正确;金属杆通过 AA_1B_1B 、 BB_1C_1C 区域,金属杆所受安培力的冲量分别为 $I_1 = -\frac{B^2 L^2 d}{2R}$, $I_2 = -\frac{B^2 L^2 (2d)}{2R}$, C 错误;在 BB_1C_1C 区域,由动量定理 $mgtsin\theta - \mu mg t \cos\theta - \frac{B^2 L^2 x}{2R} = mv - mv_0$,变形可知 $v = v_0 - \frac{B^2 L^2 x}{2mR}$,而 $F_{\text{安}} = BIL = \frac{B^2 L^2 v}{2R}$,得 $F_{\text{安}} = \frac{B^2 L^2 (v_0 - \frac{B^2 L^2 x}{2mR})}{2R} = \frac{B^2 L^2 v_0}{2R} - \frac{B^4 L^4 x}{4mR^2}$,安培力与位移为线性关系, D 正确。故选 A、B、D。

三、非选择题(本题共 5 小题,共 54 分)

11. (8 分)

(1) B(2 分) (2) 0.410(2 分)



② 小于(2 分)

【解析】(1)测量电阻丝直径时应选电阻丝的不同位置多次测量,求平均值, A 错误;测量电阻丝的长度时应将电阻丝连入电路之后,再用刻度尺测量出连入电路的电阻丝长度, B 正确, C 错误。故选 B。

(2)螺旋测微器的分度值为 0.01 mm,由图乙可知示数为 0 mm+41.0×0.01 mm=0.410 mm。

(3)②试触时观察到电压表示数变化较大,电流表示数几乎不变,电压表分流较小,故电流表外接连入实验电路误差较小,电流表外接测得的电阻值为待测电阻丝的阻值与电压表内阻的并联值,测量值小于真实值。

12. (8分)

(1)①观点二(2分) ② $\frac{1}{t_1} > \frac{1}{t_2} + \frac{1}{t_3}$ (2分)

(2)①B(2分) ② $\frac{4(F_1+2F_2)t_0^2}{3\pi^2 l}$ (2分)

【解析】(1)①动量守恒表达式为 $m_1 v_1 = m_1 v_2 + m_2 v_3$, $v = \frac{d}{t}$, d 可消去且物块碰撞前后都做匀速运动,遮光片宽度相同即可,宽、窄不会带来误差。

②碰撞是非弹性碰撞满足 $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 > \frac{1}{2} m_1 v_2^2 + \frac{1}{2} m_2 v_3^2$, 代入 $v = \frac{d}{t}$, 整理可得 $\frac{m_1}{t_1^2} > \frac{m_1}{t_2^2} + \frac{m_2}{t_3^2}$, 又

由动量守恒有 $\frac{m_1}{t_1} = \frac{m_2}{t_3} + \frac{m_1}{t_2}$, 联立有 $\frac{1}{t_1} > \frac{1}{t_2} + \frac{1}{t_3}$ 。

(2)①小球从同一位置释放即可使得入射速度相同,故斜槽可以不光滑;但为保证入射小球做平抛运动,斜槽末端切线必须水平,A 错误;入射小球碰后也做平抛运动,要求它的质量必须大于单摆小球的质量,B 正确;单摆一个周期经过两次最低点,最低点时绳子拉力最大,故其周期为 $4t_0$,C 错误。

②单摆小球在最高点,有 $F_2 = mg \cos \theta$,在最低点,有 $F_1 = mg + \frac{mv^2}{l}$,从最高点到最低点过程中

机械能守恒,由机械能守恒定律得 $mg l (1 - \cos \theta) = \frac{1}{2} m v^2$,又有单摆周期公式 $4t_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$,联

立以上公式可得单摆小球质量 $m = \frac{4(F_1 + 2F_2)t_0^2}{3\pi^2 l}$ 。

13. (8分)

解:(1)光在水中传播速度为 v ,由折射定律可知 $n = \frac{c}{v}$ (1分)

由运动学公式可得 $t = \frac{H}{v}$ (1分)

代入数据解得 $t = 1.2 \times 10^{-8}$ s (1分)

(2)光从水中射向空气发生全反射的临界角为 C ,则可得 $\sin C = \frac{1}{n}$ (2分)

能透出光线的圆形亮斑的半径为 r , $\tan C = \frac{r}{H}$ (1分)

则圆形亮斑的面积 $S = \pi r^2$ (1分)

解得 $S = 29 \text{ m}^2$ (1分)

14. (14 分)

解: (1) 滑块从 A 点到 B 点, 由动能定理可得

$$E_0 q L_1 - \mu mg L_1 = \frac{1}{2} m v_B^2 - 0 \quad (2 \text{ 分})$$

解得 $v_B = 12 \text{ m/s}$ (2 分)

(2) 滑块从 B 点到 D 点, 由动能定理可得

$$-mg \cdot 2R = \frac{1}{2} m v_D^2 - \frac{1}{2} m v_B^2 \quad (1 \text{ 分})$$

滑块在 D 点时, 由牛顿第二定律可得

$$mg + F_N = \frac{m v_D^2}{R} \quad (2 \text{ 分})$$

解得 $F_N = 62 \text{ N}$ (1 分)

(3) 滑块从 D 点到 E 点, 由动能定理可得

$$-E_0 q L_2 = \frac{1}{2} m v_E^2 - \frac{1}{2} m v_D^2 \quad (1 \text{ 分})$$

滑块从 E 点做抛体运动, 水平方向变减速直线, 竖直方向自由落体运动

$$\text{竖直方向可得 } 2R = \frac{1}{2} g t^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{电场的大小随时间线性增加, 则电场的平均值为 } \bar{E} = \frac{E_0 + E_0 + \beta t}{2} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{在水平方向利用动量定理可得: } -q \bar{E} t = m v_x - m v_E \quad (2 \text{ 分})$$

解得 $v_x = 7.1 \text{ m/s}$ (1 分)

(其他方法正确可参照给分)

15. (16 分)

解: (1) 由题可知, 从左侧任选一个粒子经磁场偏转后, 通过坐标原点 O, 其运动轨迹如图甲所示。由几何关系可知, 四边形 AO_2OO_1 为菱形

可得粒子运动轨迹的半径 $r = R$ (1 分)

$$\text{洛伦兹力提供向心力 } q v_0 B = m \frac{v_0^2}{r} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } B = \frac{m v_0}{q R} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 临界粒子的轨迹如图乙所示, 由几何关系可得, 粒子从 O 点离开磁场时, 速度方向与 +x 方向夹角为 $0 \sim 30^\circ$ 范围内的粒子都能打到收集板上

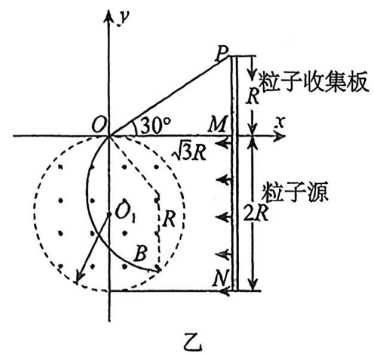
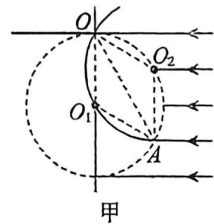
夹角为 30° 的粒子进入磁场时的纵坐标

$$y = -(R + R \cos 30^\circ) \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } y = -\frac{2 + \sqrt{3}}{2} R$$

打到收集板上的粒子占粒子源发出粒子总数的比值

$$\eta = \frac{-2R - y}{-2R} \quad (1 \text{ 分})$$



解得 $\eta = \frac{2-\sqrt{3}}{4}$ (1分)

(3)加电场后,从坐标原点 O 处沿 $+y$ 方向射入 x 轴上方的粒子做类平抛运动,若恰好能够被收集板收集到,将打在收集板的上端

y 方向: $R = v_0 t$ (1分)

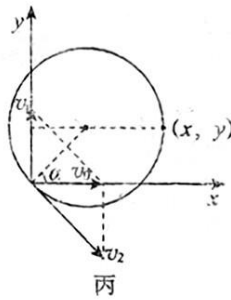
x 方向: $\sqrt{3}R = \frac{1}{2}at^2$ (1分)

且 $qE = ma$ (1分)

解得 $E = \frac{2\sqrt{3}mv_0^2}{qR}$ (1分)

(4)从坐标原点 O 处射入 x 轴上方的带电粒子的初速度 v_0 ,可以分解为一个沿 $+y$ 方向的速度 v_1 和另一个速度 v_2 ,沿 $+y$ 方向的速度 v_1 对应一个沿 $-x$ 方向的洛伦兹力,使其大小等于电场力, $qv_1 B' = qE$ 得 $v_1 = \frac{E}{B'} = v_0$ (1分)

则粒子沿 $+y$ 方向的分运动是速度为 v_1 的匀速直线运动,另一个分运动是以速度 v_2 沿逆时针方向的匀速圆周运动。可知带电粒子初速度 v_0 方向沿 $+x$ 方向时速度 v_2 最大,对应圆周运动的半径最大,且 α 角最小为 45° ,粒子能够到达 y 轴右侧且距离 y 轴的位置最远,此时 $v_2 = \sqrt{v_0^2 + v_0^2} = \sqrt{2}v_0$ (1分)



圆周运动的半径为 $r' = \frac{mv_2}{qB'} = \frac{\sqrt{6}R}{6}$,沿 $+x$ 方向发生位移 $x = r' + r' \cos \alpha = \frac{\sqrt{6} + \sqrt{3}}{6}R$ (1分)

粒子沿 $+y$ 方向,圆周运动的位移为 $y_1 = r' \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}R}{6}$ (1分)

速度为 v_1 的匀速直线运动沿 $+y$ 方向的位移为 $y_2 = v_0 t$ (1分)

其中 $T = \frac{2\pi m}{qB'}$, $t = \left(n + \frac{3}{8}\right)T = \frac{(8n+3)\sqrt{3}\pi R}{24v_0}$ ($n=0,1,2,3,\dots$)

可知 $y = y_1 + y_2 = \frac{4\sqrt{3} + (8n+3)\sqrt{3}\pi}{24}R$ ($n=0,1,2,3,\dots$)

即带电粒子能到达距离 y 轴最远的位置坐标为

$\left[\frac{\sqrt{6} + \sqrt{3}}{6}R, \frac{4\sqrt{3} + (8n+3)\sqrt{3}\pi}{24}R\right]$ ($n=0,1,2,3,\dots$) (1分)