

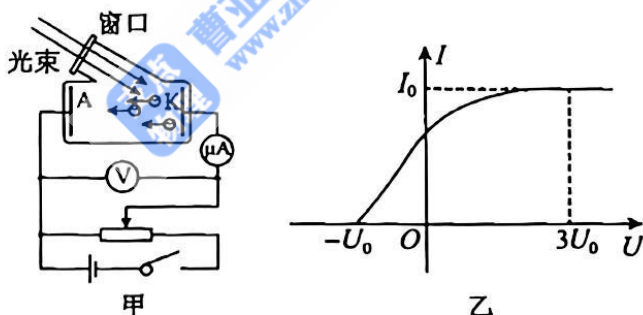
物 理

考生注意:

1. 本试卷分选择题和非选择题两部分。满分 100 分,考试时间 75 分钟。
2. 答题前,考生务必用直径 0.5 毫米黑色墨水签字笔将密封线内项目填写清楚。
3. 考生作答时,请将答案答在答题卡上。选择题每小题选出答案后,用 2B 铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑;非选择题请用直径 0.5 毫米黑色墨水签字笔在答题卡上各题的答题区域内作答,超出答题区域书写的答案无效,在试题卷、草稿纸上作答无效。
4. 本卷命题范围:高考范围。

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。

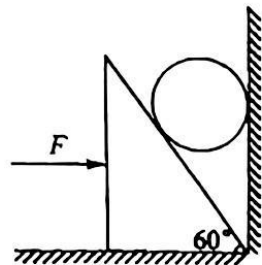
1. 用如图甲所示的电路可以研究光电效应的规律。用光强一定,频率一定的某种单色光照射光电管的阴极 K , 得到光电流 I 与加在光电管两端的电压 U 的关系如图乙所示, 已知电子的电荷量为 e , 则光电子的最大初动能为



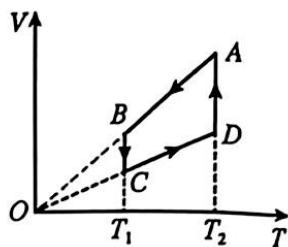
- A. eU_0 B. $2eU_0$ C. $3eU_0$ D. $4eU_0$

2. 如图所示, 质量为 m 、倾角为 60° 的斜面体放在水平面上, 质量也为 m 的均质球夹在斜面和竖直墙面之间, 水平外力 F 作用在斜面体上, 球和斜面体处于静止状态, 斜面体对墙面的作用力为零, 不计一切摩擦, 重力加速度为 g , 则下列说法正确的是

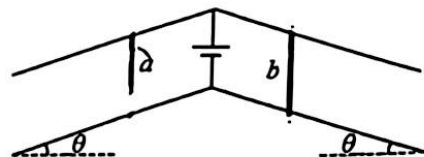
- A. 水平外力 F 的大小为 $2\sqrt{3}mg$
 B. 水平外力 F 的大小为 $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$
 C. 斜面体对水平面的压力大小等于 $2mg$
 D. 斜面体对水平面的压力大小小于 $2mg$



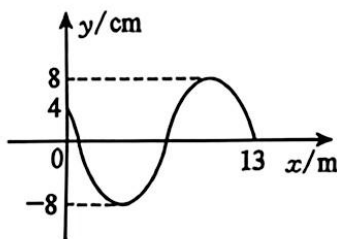
3. 如图所示为一定质量的理想气体经历 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 过程中气体体积 V 与热力学温度 T 的关系图像. BC 和 AD 与纵轴平行, AB 延长线与 CD 反向延长线过坐标原点, 则下列说法正确的是



- A. $A \rightarrow B$ 过程, 单位时间撞击器壁单位面积的分子数减少
 - B. $B \rightarrow C$ 过程, 气体放出热量
 - C. $C \rightarrow D$ 过程, 气体吸收的热量小于气体内能的增量
 - D. $D \rightarrow A$ 过程, 所有分子的动能不变
4. 如图所示, 两组间距均为 L 的光滑平行导轨倾斜固定, 两组导轨平面与水平面的夹角均为 $\theta = 30^\circ$, 左侧导轨处在垂直于导轨平面的匀强磁场 I 中, 磁场的磁感应强度大小为 B_1 , 右侧导轨处在沿竖直方向的匀强磁场 II 中, 磁场的磁感应强度大小为 B_2 , 两组导轨上端接有一个直流电源, 两质量均为 m 的导体棒 a 、 b 垂直导轨放置, 两导体棒均静止, 两导体棒接入电路的电阻均为 R , 导轨电阻不计, 不考虑导轨电流磁场对导体棒的作用及两导体棒间的相互作用, 则下列说法正确的是

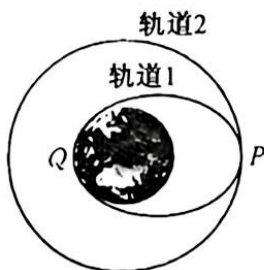


- A. 磁场 I 的方向垂直于导轨平面向上
 - B. 磁场 II 的方向竖直向下
 - C. $B_1 = \sqrt{3} B_2$
 - D. $B_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} B_2$
5. 一列简谐波沿 x 轴正方向传播, 波源在坐标原点处, 波源在 $t=0$ 时刻开始振动, 起振方向沿 y 轴负方向, $t=3.8$ s 时, $x=0$ 至 $x=13$ m 之间第一次出现如图所示的波形, 则下列说法正确的是



- A. $t=3.8$ s 时, $x=13$ m 处的质点正沿 y 轴负方向运动
- B. 波传播的速度大小约为 3.42 m/s
- C. 波上质点振动的频率为 $\frac{5}{12}$ Hz
- D. 若波源振动加快, 则波传播的速度也会变大

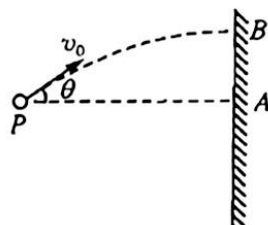
6. 2024年11月04日凌晨,神舟十八号载人飞船成功返回地面,飞船返回过程简化如图所示,椭圆轨道1为飞船返回时的运行轨道,圆形轨道2为空间站运行轨道, P 为轨道切点, Q 为轨道1近地点,离地高度忽略不计.地球半径为 R ,轨道2的半径为 kR ,轨道2上的周期为 T ,引力常量为 G ,则飞船从 P 点运动到 Q 点所用的时间为



- A. $\frac{(k+1)T}{4k} \sqrt{\frac{k+1}{2k}}$ B. $\frac{2kT}{k+1} \sqrt{\frac{2k}{k+1}}$ C. $\frac{2T}{k\sqrt{k}}$ D. $\frac{T}{k\sqrt{2k}}$

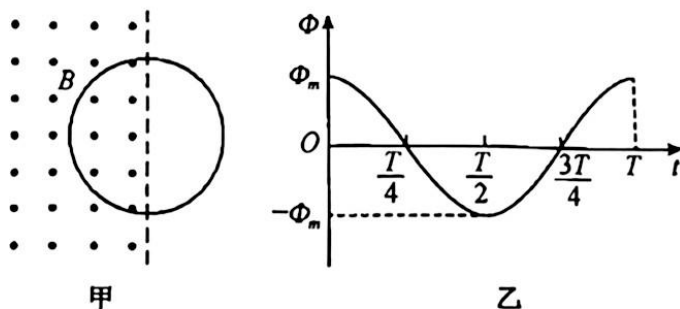
7. 如图所示,将小球从 P 点以速率 v_0 斜向上抛出, v_0 与水平方向的夹角 $\theta=30^\circ$,小球恰好垂直打在竖直墙壁上的 B 点, A 点与 P 点等高,若仅将 v_0 与水平方向的夹角变为 α ,则小球恰好打在墙壁上的 A 点,不计空气阻力,不计小球大小,则下列各式正确的是

- A. $\sin 2\alpha = \frac{\sqrt{3}}{3}$ B. $\sin 2\alpha = \frac{\sqrt{3}}{4}$
 C. $\sin 2\alpha = \frac{\sqrt{3}}{5}$ D. $\sin 2\alpha = \frac{\sqrt{3}}{6}$



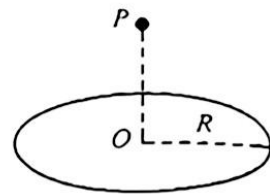
二、多项选择题:本题共3小题,每小题6分,共18分.在每小题给出的四个选项中,有两个或两个以上选项符合题目要求.全部选对的得6分,选对但不全的得3分,有选错的得0分.

8. 如图所示,半径为 r 、电阻为 R 的单匝圆形线圈垂直磁场放置,磁场的边界刚好与线圈的竖直直径重合,第一次保持线圈不动,使磁场随时间变化;第二次保持磁场的磁感应强度不变,让线圈绕竖直直径匀速转动,两次线圈中磁通量随时间变化的规律均如图乙所示,图中 Φ_m 、 T 均已知,则下列说法正确的是

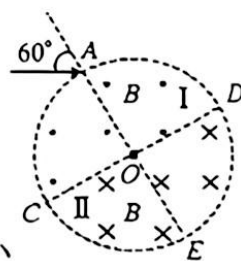


- A. 两次线圈中感应电动势的最大值均为 $\frac{2\pi\Phi_m}{T}$
 B. 第一次, $t = \frac{T}{4}$ 时,线圈中磁通量的变化率为 $\frac{\pi\Phi_m}{T}$
 C. 第二次,匀强磁场的磁感应强度大小为 $\frac{\Phi_m}{\pi r^2}$
 D. 第二次,从 $t=0$ 至 $t = \frac{T}{4}$ 时,通过线圈截面的电量为 $\frac{\Phi_m}{R}$

9. 如图所示,电荷量为 Q 的正电荷在半径为 R 的绝缘细圆环上均匀分布,一个质量为 m 的带电的小球(可看成点电荷)恰好静止在圆环的中心轴线上的 P 点, P 点到圆环圆心 O 的距离为 R ,静电力常量为 k ,重力加速度为 g ,已知点电荷电场中某点的电势 $\varphi = k \frac{q}{r}$ (q 为场源电荷的电量, r 为该点到场源电荷的距离),则 更多试题与答案,关注微信公众号:三晋高中指南



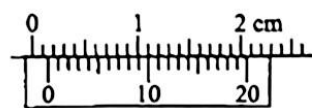
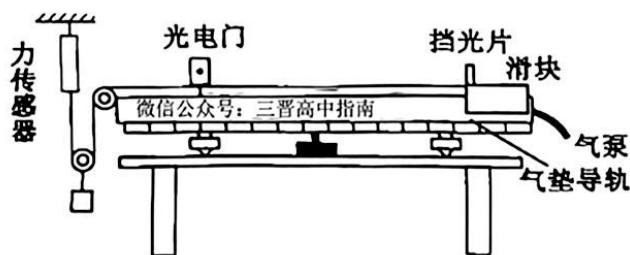
- A. P 点处的电场强度大小为 $\frac{\sqrt{2}kQ}{4R^2}$
- B. P 点的电势为 $\frac{kQ}{R}$
- C. 小球的带电量为 $\frac{\sqrt{2}mgR^2}{kQ}$
- D. 将带电小球从 P 点移到无穷远,电场力做功为 $2mgR$
10. 如图所示, AE 和 CD 为半径为 R 的圆的互相垂直的两个直径,以 CD 为界, CAD 半圆内有垂直圆面向外的匀强磁场 I, CED 半圆内有垂直圆面向里的匀强磁场 II,两磁场的磁感应强度大小均为 B .从 A 点以与 OA 直线成 60° 角的方向沿圆面向磁场内射入质量为 m 、电荷量为 q 的带正电的粒子,粒子能在两个磁场中运动,不计粒子的重力,则下列说法正确的是



- A. 粒子进入磁场时的速度大小可能为 $\frac{qBR}{2m}$
- B. 粒子不可能从 C 点射出磁场
- C. 粒子可能从磁场 II 再次进入磁场 I 运动
- D. 要使粒子在磁场中运动时不穿过 AE 线,粒子运动的速度不小于 $\frac{4(2\sqrt{3}-\sqrt{7})qBR}{5m}$

三、非选择题:本题共 5 小题,共 54 分.

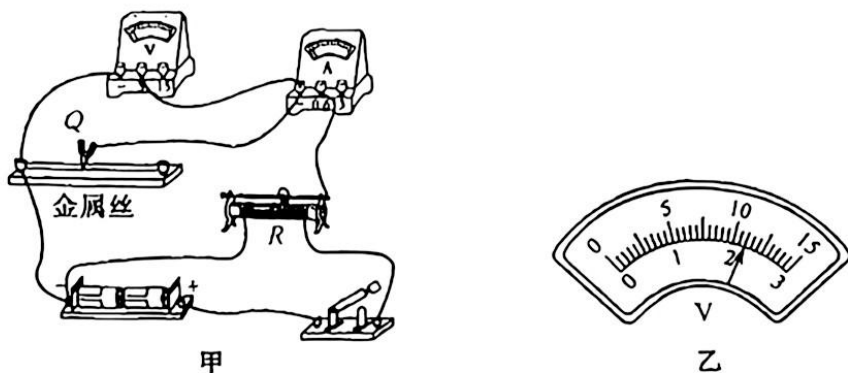
11. (6 分)某实验小组用如图甲所示装置进行多个实验.



- (1) 用游标卡尺测出挡光片的宽度,示数如图乙所示,则挡光片的宽度 $d =$ _____ mm;
- (2) 不挂重物,开通气源,将滑块轻放在气垫导轨上,将气垫导轨调节水平;
- (3) 如图甲所示悬吊重物,调节定滑轮的高度,使牵引滑块的细线与气垫导轨 _____ .测出挡光片到光电门的距离 x ,由静止释放滑块,记录挡光片通过光电门时挡光的时间 t ,记录力传感器的示数 F ,已知滑块和挡光片的总质量为 M ,动滑轮和悬吊重物的总质量为 m .如

果表达式_____成立,则牛顿第二定律得到验证;重力加速度为 g ,如果表达式_____成立,则机械能守恒定律得到验证.

12. (9分)某实验小组要测量金属丝的电阻率,根据实验室提供的器材,设计了如图甲所示的测量电路,已测得金属丝的直径为 d .

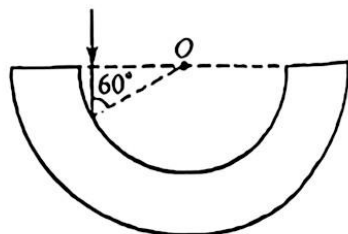


- (1) 闭合开关前,应将滑动变阻器的滑片移到最_____ (填“左”或“右”)端.
- (2) 甲同学实验时,将金属夹夹在图甲金属丝的最右端,测出金属丝接入电路的长度 L ,闭合开关后,通过调节滑动变阻器,测出多组电压表和电流表的示数 U 、 I ,作出 $U-I$ 图像,得到图像的斜率为 k_1 ,则该金属丝的电阻率为 $\rho_1 =$ _____ (用 L 、 k_1 和 d 表示).
- (3) 乙同学实验时,闭合开关后,移动金属夹 Q 的位置,测出金属丝接入电路的长度 x ,移动滑动变阻器,使电压表的指针偏转较大,示数如图乙所示,这时电压表的示数为 $U_0 =$ _____ V;记录这时电流表的示数 I ;调节金属夹的位置多次,每次调节后均测出金属丝接入电路的长度 x ,再调节滑动变阻器,使电压表的示数仍为 U_0 ,记录这时电流表的示数 I ,根据测得的多组 I 、 x ,作出 $I-\frac{1}{x}$ 图像,得到图像的斜率为 k_2 ,则金属丝的电阻率 $\rho_2 =$ _____ (用 U_0 、 d 、 k_2 表示);分析比较可知,_____ (填“甲”、“乙”或“甲、乙两”)同学的实验不存在因电表内阻引起的系统误差.

13. (9分)如图所示,截面为半圆环的玻璃砖如图所示放置,半圆环内径为 R ,外径为 $\frac{\sqrt{6}+\sqrt{2}}{2}R$,

一束单色光照射在半圆环的内侧,入射角为 60° ,已知玻璃砖对光的折射率为 $\sqrt{3}$,不考虑光在外环内表面的反射, $\sin 15^\circ = \frac{\sqrt{6}-\sqrt{2}}{4}$, $\cos 15^\circ = \frac{\sqrt{6}+\sqrt{2}}{4}$,光在真空中的传播速度为 c ,求:

- (1) 光在玻璃砖外环面的折射角的正弦值;
- (2) 光在玻璃砖中传播的时间.

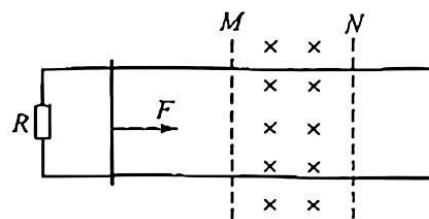


14. (14分) 如图所示, 间距为 L 的光滑平行导轨固定在水平面上, 导轨左端连接一个阻值为 R 的定值电阻, 垂直于导轨的虚线 M 、 N 是竖直向下的匀强磁场的边界, 磁场宽度也为 L , 质量为 m 的金属棒垂直导轨放置, 金属棒接入电路的电阻也为 R , 给金属棒施加一个水平向右大小为 F 的拉力, 使金属棒从静止开始运动, 当金属棒运动到 M 时撤去拉力, 此时金属棒的速度为 v_0 , 当金属棒运动到 N 时速度恰好为零, 不计导轨电阻, 金属棒运动过程中始终与导轨垂直且接触良好, 求:

(1) 金属棒初始位置到 M 的距离;

(2) 磁场的磁感应强度大小;

(3) 保持金属棒的初始位置不变, 将拉力变为 $2F$, 当金属棒运动到 M 时撤去拉力, 则金属棒最终的速度多大.

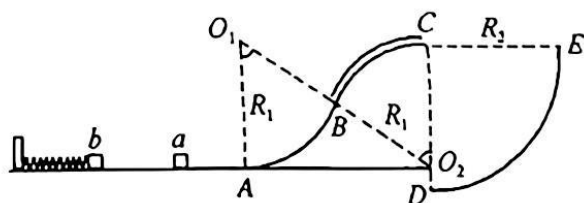


15. (16分) 如图所示, 固定在竖直平面内的圆弧轨道 AB 和管道(内径忽略不计) BC 在 B 点相切并平滑连接, 圆弧和管道的半径均为 $R_1 = 3.6 \text{ m}$, 水平面与圆弧在 A 点相切, 管道的 C 点切线水平, 圆弧和管道所对的圆心角均为 60° , 半径为 $R_2 = \frac{5}{2}\sqrt{3} \text{ m}$ 的四分之一圆弧面 DE 固定在竖直面内, 圆心在 C 点, CE 水平, 轻弹簧放在水平面上, 左端固定, 质量为 1 kg 的物块 a 放在水平面上, 用质量为 2 kg 的物块 b 压缩弹簧后由静止释放, 弹簧将 b 弹开后, b 与 a 发生弹性碰撞, 此后 a 到达 C 点时对管道的压力恰好为零, 重力加速度 g 取 10 m/s^2 , 不计物块的大小, 不计一切摩擦, 求:

(1) 物块 a 运动到 AB 圆弧上的 A 点时对轨道的压力大小;

(2) 弹簧开始被压缩时具有的弹性势能;

(3) 若改变 b 对弹簧的压缩量, 使 b 由静止释放后与 a 发生弹性碰撞, a 从 C 点水平抛出后落到圆弧面 DE 的动能最小, 则开始时弹簧被压缩时具有的弹性势能多大.



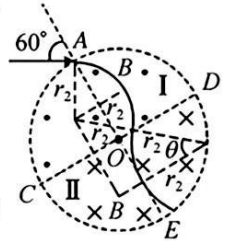
2024~2025 学年第二学期高三开学质量检测卷·物理

参考答案、提示及评分细则

1. A 由图乙可知遏止电压为 U_0 , 则光电子的最大初动能为 $E_k = eU_0$, A 正确.
2. C 根据平衡条件有 $F = mg \tan 60^\circ = \sqrt{3}mg$, A、B 错误; 斜面和球整体受力平衡, 水平面对斜面的支持力大小等于 $2mg$, 则斜面对水平面压力大小等于 $2mg$, C 正确, D 错误.
3. B $A \rightarrow B$ 过程, 温度降低, 压强不变, 体积减小, 分子的平均动能减小, 单位时间撞击器壁单位面积的分子数增多, A 错误; $B \rightarrow C$ 过程, 温度不变, 内能不变, 体积减小, 外界对气体做功, 根据热力学第一定律, 气体放出热量, B 正确; $C \rightarrow D$ 过程, 气体对外界做功, 气体内能增加, 根据热力学第一定律可知, 气体吸收的热量大于气体内能的增量, C 错误; $D \rightarrow A$ 过程, 温度不变, 分子的平均动能不变, 但不是所有分子的动能都不变化, D 错误.
4. D 根据电流方向, 结合左手定则及平衡条件可知, 磁场 I 的方向垂直于导轨向下, 磁场 II 的方向竖直向上, A、B 错误; 设两金属棒中电流均为 I, 对 a 研究, 根据平衡条件有 $mg \sin 30^\circ = B_1 IL$, 对 b 研究, 根据平衡条件有 $\tan 30^\circ = \frac{B_2 IL}{mg}$, 解得 $B_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} B_2$, C 错误, D 正确.
5. C 据同侧原理可知, $t = 3.8 \text{ s}$ 时, $x = 13 \text{ m}$ 处的质点正沿 y 轴正方向运动, A 错误; 设波长为 λ , 由图像可知, $\frac{13}{12} \lambda = 13 \text{ m}$, 解得 $\lambda = 12 \text{ m}$, 由题意可知, $t = 3.8 \text{ s}$ 时, 波传播到 $x = 19 \text{ m}$ 处, 则波传播的速度 $v = \frac{x}{t} = \frac{19}{3.8} \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$, B 错误; 波动频率 $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{5}{12} \text{ Hz}$, C 正确; 波传播的速度与波源振动快慢没有关系, 只跟介质有关, D 错误.
6. A 椭圆轨道 1 的半长轴为 $\frac{1}{2}(k+1)R$, 根据开普勒第三定律有 $\frac{(kR)^3}{\frac{1}{8}(k+1)^3 R^3} = \frac{T^2}{T'^2}$, 解得 $T' = \frac{(k+1)T}{2k} \sqrt{\frac{k+1}{2k}}$, 因此飞船从 P 点运动到 Q 点所用的时间为 $t = \frac{1}{2} T' = \frac{(k+1)T}{4k} \sqrt{\frac{k+1}{2k}}$, A 正确.
7. B 设 A、B 高度差为 h , P 到 A 的距离为 x , 重力加速度为 g , 则有 $x = v_0 \cos 30^\circ t$, $h = \frac{1}{2} v_0 \sin 30^\circ t = \frac{1}{2} g t^2$, 解得 $x = \frac{\sqrt{3} v_0^2}{4g}$, 设当抛出初速度与水平方向夹角为 α 时, 有 $\frac{1}{2} x = v_0 \cos \alpha \cdot t'$, $t' = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$, 解得 $\sin 2\alpha = \frac{\sqrt{3}}{4}$, B 正确.
8. AD 两次线圈中产生的均是正弦交流电, 最大电动势 $E_m = BS\omega = \frac{2\pi\Phi_m}{T}$, A 正确; 第一次, $t = \frac{T}{4}$ 时刻, 线圈中磁通量变化率最大, 为 $\frac{2\pi\Phi_m}{T}$, B 错误; 第二次, 线圈中磁通量的最大值 $\Phi_m = B \times \frac{1}{2} \pi r^2$, 解得 $B = \frac{2\Phi_m}{\pi r^2}$, C 错误; 第二次, 从 $t = 0$ 至 $t = \frac{T}{4}$ 时刻, 通过线圈截面的电量为 $q = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{\Phi_m}{R}$, D 正确.

9. AD 由于 P 点到 O 点的距离为 R , 则 P 点的电场强度 $E = k \frac{Q}{(\sqrt{2}R)^2} \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}kQ}{4R^2}$, A 正确; P 点的电势为 $\varphi = k \frac{Q}{\sqrt{2}R} = \frac{\sqrt{2}kQ}{2R}$, B 错误; 对小球, 由平衡条件有 $qE = mg$, 而 $E = \frac{\sqrt{2}kQ}{4R^2}$, 解得 $q = \frac{2\sqrt{2}mgR^2}{kQ}$, C 错误; 小球在 P 点的电势能 $E_P = q\varphi = 2mgR$, 将小球从 P 点移到无穷远, 电场力做功等于电势能的减少量, 即电场力做功为 $2mgR$, D 正确.

10. BD 设粒子要进入磁场 II 做圆周运动的最小半径为 r_1 , 根据几何关系有 $r_1 + r_1 \cos 30^\circ = R$, 解得 $r_1 = (4 - 2\sqrt{3})R$, 由牛顿第二定律有 $qv_1 B = m \frac{v_1^2}{r_1}$, 解得 $v_1 = \frac{(4 - 2\sqrt{3})qBR}{m}$, 由于 $\frac{qBR}{2m} < \frac{(4 - 2\sqrt{3})qBR}{m}$, 因此粒子进磁场的速度不可能是 $\frac{qBR}{2m}$, A 错误; 由于粒子从 CD



- 边进入磁场 II 后沿逆时针方向运动, 不可能到达 C 点, B 正确; 由于 $r_1 = (4 - 2\sqrt{3})R > 0.5R$, 因此粒子不可能从磁场 II 再次进入磁场 I 运动, C 错误; 如图所示, 设粒子速度为 v_2 时, 粒子的轨迹刚好与 OE 相切, 此时粒子做圆周运动的半径为 r_2 , 根据几何关系有 $r_2 \cos 30^\circ + r_2 \sin \theta = R$, $\sin \theta = \frac{\sqrt{(2r_2)^2 - (1.5r_2)^2}}{2r_2} = \frac{\sqrt{7}}{4}$, 根据牛顿第二定律有 $qv_2 B = m \frac{v_2^2}{r_2}$, 解得 $v_2 = \frac{4(2\sqrt{3} - \sqrt{7})qBR}{5m}$, D 正确.

11. (1) 1.55 (1分) (3) 平行 (1分) $F = M \frac{d^2}{2xt^2}$ (2分) $mgx = (M + \frac{1}{4}m) (\frac{d}{t})^2$ (2分)

解析: (1) 根据游标卡尺的读法, 遮光条的宽度为 $d = 1 \text{ mm} + 11 \times 0.05 \text{ mm} = 1.55 \text{ mm}$;

(3) 本实验要使牵引滑块的细线与气垫导轨平行, 则细线对滑块的拉力大小等于力传感器的示数 F ; 滑块运动的加速度大小为 $a = \frac{v^2}{2x} = \frac{d^2}{2xt^2}$, 如果 $F = M \frac{d^2}{2xt^2}$ 成立, 则牛顿第二定律得到验证; 如果 $mg \times \frac{1}{2}x = \frac{1}{2}M (\frac{d}{t})^2 + \frac{1}{2}m (\frac{d}{2t})^2$ 成立, 即 $mgx = (M + \frac{1}{4}m) (\frac{d}{t})^2$ 成立, 则机械能守恒定律得到验证.

12. (1) 左 (1分) (2) $\frac{\pi k_1 d^2}{4L}$ (2分) (3) 2.20 (2分) $\frac{\pi U_0 d^2}{4k_2}$ (2分) 乙 (2分)

解析: (1) 闭合开关前, 应将滑动变阻器的滑片移到最左端, 使输出电压为零;

(2) 甲同学实验时, $U - I$ 图像的斜率 k_1 为金属丝的电阻, 则有 $k_1 = \rho_1 \frac{L}{\pi (\frac{d}{2})^2}$, 解得 $\rho_1 = \frac{\pi k_1 d^2}{4L}$;

(3) 电压表的示数 $U_0 = 2.20 \text{ V}$; 根据题意有 $I = \frac{U_0}{\rho_2 \frac{x}{\pi (\frac{d}{2})^2}} + \frac{U_0}{R_V} = \frac{U_0}{R_V} + \frac{\pi U_0 d^2}{4\rho_2} \frac{1}{x}$, 则 $\frac{\pi U_0 d^2}{4\rho_2} = k_2$, 解得 $\rho_2 =$

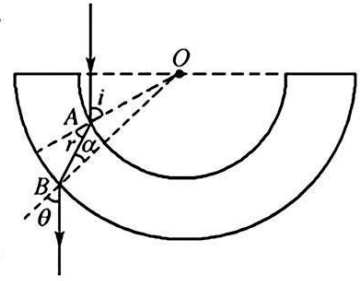
$\frac{\pi U_0 d^2}{4k_2}$; 甲同学实验时由于电压表分流存在系统误差, 乙同学实验不存在因电压表内阻存在的系统误差.

13. 解: (1) 如图所示, 设光在内侧面的入射角为 i , 折射角为 r , 入射点为 A , 在外

侧圆弧面的入射点为 B , 则有 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

解得 $r = 30^\circ$ (1分)

设光在 B 点的入射角为 α , 折射角为 θ , 根据正弦定理有 $\frac{\sin r}{\sin \alpha} = \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{2}$ (1分)



解得 $\sin \alpha = \frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4}$, $\alpha = 15^\circ$ (1分)

由 $n = \frac{\sin \theta}{\sin \alpha}$ (1分)

解得 $\sin \theta = \frac{3\sqrt{2} - \sqrt{6}}{4}$ (1分)

(2) 由于 $\alpha = 15^\circ$, 则 $\angle AOB = r - \alpha = 15^\circ$ (1分)

因此 $AB = R$ (1分)

则光在玻璃砖中传播时间 $t = \frac{AB}{v} = \frac{nR}{c} = \frac{\sqrt{3}R}{c}$ (2分)

14. 解: (1) 设金属棒初始位置到 M 的距离为 x , 由动能定理有 $Fx = \frac{1}{2}mv_0^2$ (2分)

解得 $x = \frac{mv_0^2}{2F}$ (1分)

(2) 设匀强磁场的磁感应强度大小为 B , 金属棒在磁场中运动过程有 $BLIt = mv_0$ (1分)

而 $It = q = \frac{BL^2}{2R}$ (2分)

解得 $B = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{2mRv_0}{L}}$ (2分)

(3) 将拉力变为 $2F$ 后, 设金属棒刚要进磁场时的速度为 v_1 , 根据动能定理有 $2Fx = \frac{1}{2}mv_1^2$ (1分)

则有 $v_1 = \sqrt{2}v_0$ (1分)

设金属棒通过磁场时的速度大小为 v_2 , 根据动量定理有 $BILt = m(v_1 - v_2)$ (1分)

即 $BqL = m(v_1 - v_2)$ (1分)

金属棒两次通过磁场 q 相同, 则有 $m(v_1 - v_2) = mv_0$ (1分)

解得 $v_2 = (\sqrt{2} - 1)v_0$ (1分)

15. 解: (1) 由于物块 a 运动到 C 点时对轨道的压力恰好为零, 设在 C 点速度为 v_C

根据题意有 $m_a g = m_a \frac{v_C^2}{R_1}$ (1分)

解得 $v_C = 6 \text{ m/s}$ (1分)

设 C 点离水平面的高度为 h , 根据题意有 $h=2(R_1-R_1\cos 60^\circ)=R_1$ (1 分)

设物块 a 在 A 点的速度大小为 v_A , 根据机械能守恒定律有

$$m_a g h = \frac{1}{2} m_a v_A^2 - \frac{1}{2} m_a v_C^2 \quad (1 \text{ 分})$$

在 A 点, 根据牛顿第二定律有 $F - m_a g = m_a \frac{v_A^2}{R_1}$ (1 分)

解得 $F=40 \text{ N}$ (1 分)

根据牛顿第三定律可知, 物块 a 对轨道 A 点的压力大小 $F'=F=40 \text{ N}$ (1 分)

(2) 由(1)问可知 $v_A=6\sqrt{3} \text{ m/s}$

设碰撞前 b 的速度为 v_0 , 根据动量守恒有 $m_b v_0 = m_b v_b + m_a v_A$

根据能量守恒有 $\frac{1}{2} m_b v_0^2 = \frac{1}{2} m_b v_b^2 + \frac{1}{2} m_a v_A^2$

解得 $v_0 = \frac{3}{4} v_A = \frac{9}{2} \sqrt{3} \text{ m/s}$ (2 分)

根据能量守恒, 弹簧开始被压缩具有的弹性势能 $E_p = \frac{1}{2} m_b v_0^2 = 60.75 \text{ J}$ (1 分)

(3) 设物块 a 从 C 点以速度 v'_C 抛出落到圆弧面 DE 上时的动能最小, 则有 $x=v'_C t$ (1 分)

$$y = \frac{1}{2} g t^2 \quad (1 \text{ 分})$$

根据几何关系有 $x^2 + y^2 = R_2^2$

根据动能定理, 物块 a 落到圆弧面上时的动能 $E_k = m_a g y + \frac{1}{2} m_a v'_C{}^2$

解得 $E_k = \frac{3}{8} m g^2 t^2 + \frac{1}{2} m \frac{R_2^2}{t^2}$ (1 分)

当 $\frac{3}{8} m g^2 t^2 = \frac{1}{2} m \frac{R_2^2}{t^2}$ 时, 物块 a 落到圆弧面上时的动能 E_k 最小

解得 $t = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ s}$, $v'_C = 5 \text{ m/s}$ (1 分)

设物块 a 在 A 点的速度大小为 v'_A , 根据机械能守恒有

$$m_a g h = \frac{1}{2} m_a v'_A{}^2 - \frac{1}{2} m_a v'_C{}^2 \quad (1 \text{ 分})$$

根据(2)问可知, a 、 b 碰撞前, b 的速度大小 $v'_0 = \frac{3}{4} v'_A$

根据能量守恒, 弹簧具有的弹性势能 $E'_p = \frac{1}{2} m_b v'_0{}^2$

解得 $E'_p = 54 \frac{9}{16} \text{ J} = 54.5625 \text{ J}$ (1 分)