

高三物理

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。

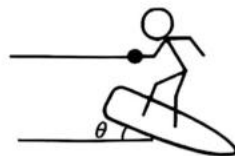
一、单项选择题：本题共 7 小题，每小题 4 分，共 28 分。每小题只有一个选项符合题目要求。

1. 1905 年，爱因斯坦提出了质能方程 $E=mc^2$ ，经科学家的不断努力，在 1932 年终于证实这个方程的正确性，他们用质子轰击锂(${}^7_3\text{Li}$)原子核，锂原子核俘获一个质子后分裂为两个相同的原子核 X，并释放能量，其核反应方程为 ${}^1_1\text{H}+{}^7_3\text{Li}\rightarrow 2\text{X}$ 。下列说法正确的是

- A. X 的质量数为 8
B. X 的核电荷数为 4
C. X 的结合能大于锂(${}^7_3\text{Li}$)的结合能
D. X 的比结合能大于锂(${}^7_3\text{Li}$)的比结合能

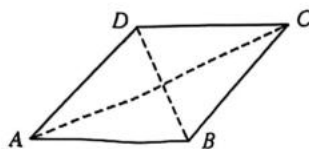
2. 如图所示，在摩托艇牵引下冲浪爱好者在水面上匀速滑行，冲浪板与水面的夹角为 θ ，冲浪板的速度 v 保持不变，冲浪者及冲浪板的总质量为 m ，牵引绳水平且质量不计，不计空气阻力及水的浮力，水对冲浪板的作用力垂直冲浪板，重力加速度为 g ，则牵引绳的功率为

- A. $\frac{mgv}{\tan \theta}$
B. $mgv \tan \theta$
C. $mgv \sin \theta$
D. $\frac{mgv}{\sin \theta}$

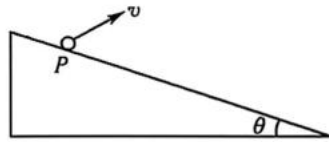


3. 如图所示，空间中存在与菱形 ABCD 所在平面平行的匀强电场，一带电粒子的电荷量为 $q(q>0)$ ，沿 AB 方向从 A 点入射，其初动能为 E_k ，经过 C 点时动能也为 E_k 。不计粒子重力，下列说法正确的是

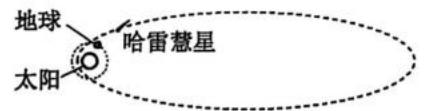
- A. 电场方向由 B 指向 C
B. 电场方向垂直 BC
C. 粒子经过 C 点时速度方向由 B 指向 C
D. 粒子可能经过 B 点



4. 如图所示,在固定斜面上的 P 点以大小为 v 的速度抛出一个小球(可视为质点),小球的运动轨迹在纸面内. 已知重力加速度为 g ,斜面倾角为 θ ,不计空气阻力,则小球从抛出到落回斜面的最长时间为



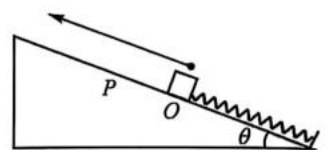
- A. $\frac{2v}{g \cos \theta}$ B. $\frac{v}{g \cos \theta}$
 C. $\frac{2v \tan \theta}{g}$ D. $\frac{v \tan \theta}{g}$
5. 如图所示,地球的公转轨道接近圆,彗星的公转轨道则是一个非常扁的椭圆. 天文学家哈雷曾经在 1682 年跟踪过一颗彗星,他算出这颗彗星轨道的半长轴约等于地球公转半径的 18 倍,并预言这颗彗星将每隔一定时间就会出现. 哈雷的预言得到证实,该彗星被命名为哈雷彗星. 已知哈雷彗星最近出现在近日点的时间是 1986 年, $\sqrt{5832} \approx 76$, 下列说法正确的是



- A. 哈雷彗星绕太阳转动的周期约为 86 年
 B. 哈雷彗星下次大约在 2070 年出现在近日点
 C. 目前(2025 年)哈雷彗星与太阳间距正在增大
 D. 目前(2025 年)哈雷彗星的线速度正在增大
6. 光滑半球形的碗底水平放置一枚硬币,小明同学站在某一位置恰好仅能看到硬币边缘一点,将碗中注满透明液体后,恰好能看到整个硬币,已知硬币的半径为碗半径的 $\frac{1}{4}$, 该透明液体的折射率为



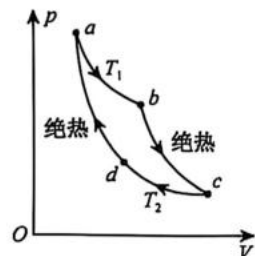
- A. $\frac{5}{3}$ B. $\frac{4}{3}$ C. $\sqrt{\frac{5}{3}}$ D. $\sqrt{2}$
7. 如图所示,倾角为 $\theta=30^\circ$ 、上表面光滑的斜劈始终静止于水平地面上,一轻弹簧下端与固定于斜劈底端的挡板相连,上端与小滑块相连. 开始时,滑块处于静止状态,0 时刻起给滑块一个平行于斜劈向上的瞬时冲量,使滑块沿斜劈方向做简谐运动. 取小滑块的初始位置 O 为坐标原点,沿斜劈向上为正方向建立坐标系, t 时刻滑块第一次到达斜面上的 P 点, $5t$ 时刻滑块第二次到达 P 点. 已知 OP 间距为 d , 下列说法正确的是



- A. 0 时刻斜劈受到地面的摩擦力一定水平向右
 B. 滑块做简谐运动的周期可能为 $10t$
 C. 滑块做简谐运动的振幅一定为 $2d$
 D. $0 \sim 5t$ 内滑块通过的路程可能为 $3d$

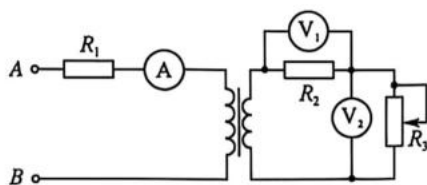
二、多项选择题:本题共3小题,每小题6分,共18分.在每小题给出的四个选项中,有两个或两个以上选项符合题目要求.全部选对的得6分,选对但不全的得3分,有选错的得0分.

8. 1824年,法国工程师卡诺提出了一个理想热力学循环,即卡诺循环.已知卡诺循环由两个等温过程和两个绝热过程组成,密闭容器内封闭一定质量的理想气体,能在 a 、 b 、 c 、 d 四个状态间转化,其 $p-V$ 图像如图所示.已知 $a \rightarrow b$ 和 $c \rightarrow d$ 为等温过程, $b \rightarrow c$ 和 $d \rightarrow a$ 为绝热过程,下列说法正确的是



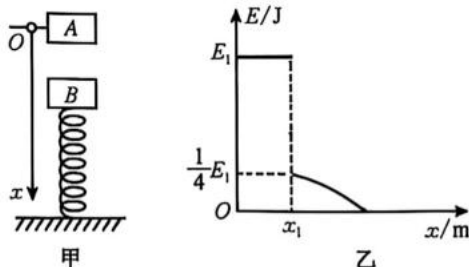
- A. $a \rightarrow b$ 过程的温度 T_1 高于 $c \rightarrow d$ 过程的温度 T_2
- B. 状态 a 单位时间撞击单位面积容器壁的气体分子数少于状态 b
- C. $a \rightarrow b$ 过程气体吸收的热量高于 $c \rightarrow d$ 过程气体放出的热量
- D. $a \rightarrow b$ 过程气体吸收的热量低于 $c \rightarrow d$ 过程气体放出的热量

9. 如图所示,理想变压器的 AB 两端接到一个输出电压有效值恒定的交流电源上.电阻 R_1 、 R_2 阻值均为 R , R_3 为可变电阻,交流电压表、电流表均可视为理想电表.当 R_3 的阻值增大时,电流表 A 、电压表 V_1 示数变化量的绝对值分别为 ΔI 、 ΔU ,下列说法正确的是



- A. R_1 电功率的变化量绝对值为 $\Delta I^2 R$
- B. 电源的输出功率降低
- C. 变压器的原、副线圈匝数比为 $\frac{\Delta U}{\Delta I R}$
- D. V_2 示数变化量的绝对值小于 ΔU

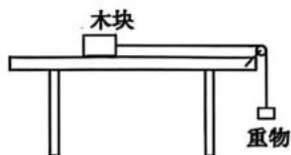
10. 如图甲所示,竖直轻弹簧下端固定在地面上,以弹簧原长处为坐标原点 O ,竖直向下为正方向建立 x 轴,物块 B 置于弹簧上端并处于静止状态.现让物块 A 从 O 点由静止释放,与 B 碰撞后一起向下运动.以 B 开始静止时所在平面为参考平面, A 向下运动过程中, A 、 B 的总机械能 E 与 A 的位置坐标 x 的关系如图乙所示,图中数据皆为已知量, A 、 B 均可视为质点,重力加速度为 g ,不计空气阻力,下列说法正确的是



- A. B 的质量为 A 的 3 倍
- B. 弹簧的劲度系数为 $\frac{3E_1}{x_1^2}$
- C. A 、 B 碰撞过程损失的机械能为 $\frac{1}{4} E_1$
- D. A 、 B 总机械能为零时位置坐标为 $\frac{7}{6} x_1$

三、非选择题:本题共 5 小题,共 54 分.

11. (6 分)某同学设计了一个如图所示的实验方案,测量木块与桌面之间的动摩擦因数:



- ①将滑轮固定到水平桌面的边缘,用细线连接木块和重物并跨过定滑轮如图放置;
- ②先将木块锁定,使木块离滑轮足够远,测量重物到地面的高度 h ,标记木块在桌面的初始位置;
- ③解除对木块的锁定,重物落地后不再弹起,记录木块的末位置(木块未碰到滑轮),并测量木块滑行的距离 x ;
- ④测得木块的质量为 M ,重物的质量为 m .
- ⑤改变重物下落的高度,多次实验.

(1)下列操作中必要且正确的一项是_____.

- A. 实验中需要将桌面左端适当垫高
- B. 细线必须与桌面保持平行
- C. 重物质量应远小于木块质量
- D. 应测出当地的重力加速度 g

(2)根据测量出的数据绘制_____图像,可使图像呈直线(“-”左侧为纵轴).

- A. $h-x$ B. $\frac{1}{h}-x$ C. $h-\frac{1}{x}$

(3)测得(2)中图线的斜率为 k ,则木块与桌面间的动摩擦因数为_____ (用 k, M, m 表示).

12. (9 分)某小组同学从一种报废的自动控制电路中拆下来一个电阻,为描绘该电阻的伏安特性曲线,他们从实验室找到以下器材:

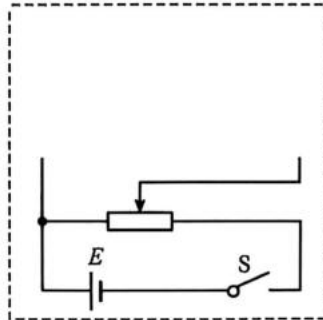
- A. 待测电阻 R_x (约 20Ω)
- B. 电源 E (电动势 3 V , 内阻可忽略)
- C. 电压表 V (量程为 $0 \sim 15 \text{ V}$, 内阻很大)
- D. 电流表 A_1 (量程为 $0 \sim 150 \text{ mA}$, 内阻 r_1 为 2Ω)
- E. 电流表 A_2 (量程为 $0 \sim 300 \text{ mA}$, 内阻 r_2 约为 0.5Ω)
- F. 滑动变阻器 R_1 (最大阻值 10Ω)
- G. 滑动变阻器 R_2 (最大阻值 500Ω)
- H. 定值电阻 R_3 (阻值 $r_3 = 18 \Omega$)

I. 定值电阻 R_4 (阻值 $r_4 = 98 \Omega$)

J. 开关 S 与导线若干

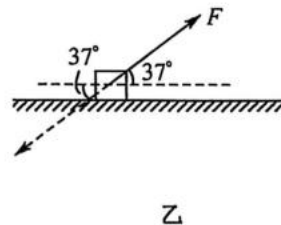
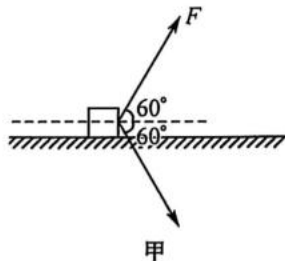
(1) 为尽可能准确描绘该电阻的伏安特性曲线, 则滑动变阻器选用 _____, 定值电阻选用 _____ (填仪器前的字母序号).

(2) 在虚线框内将电路图补充完整.



(3) 为描绘通过该待测电阻的电流随该电阻两端电压的变化图像, 该电阻两端电压应为 _____, 流经该电阻的电流应为 _____ (可能用到的电阻用 r_1, r_2, r_3, r_4 表示, 可能用到的电流表 A_1 读数用 I_1 、电流表 A_2 读数用 I_2 、电压表 V 读数用 U 表示).

13. (10 分) 如图甲所示, 一质量为 $m = 2 \text{ kg}$ 的木块静止在水平桌面上, 用大小为 $F = 20 \text{ N}$ 的恒力先向右偏上 60° 作用一段时间, 再向右偏下 60° 作用相同的时间, 木块的速度刚好为 0. 重力加速度 g 取 10 m/s^2 , $\sin 37^\circ = 0.6, \cos 37^\circ = 0.8$.



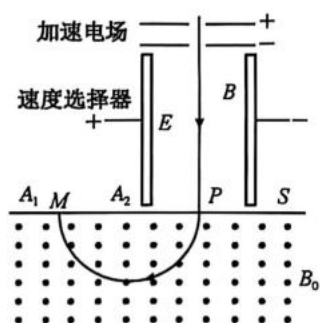
(1) 求木块与水平桌面间的动摩擦因数;

(2) 如图乙所示, 若力 F 的大小不变, 先向右偏上 37° 作用 4 s , 再向左偏下 37° 作用 2 s , 求木块运动的总位移.

14. (11分) 如图所示是质谱仪的工作原理示意图, 粒子源(在加速电场上方, 未画出)产生的带电粒子飘入加速电场加速后, 进入速度选择器. 速度选择器内存在相互垂直的匀强磁场和匀强电场, 磁感应强度和电场强度大小分别为 B 和 E . 粒子源产生的带电粒子初速度为零, 粒子沿直线通过速度选择器之后, 垂直通过直线边界 S 由 P 点进入磁感应强度大小为 B_0 的匀强磁场中, 并打在胶片 $A_1 A_2$ 上的 M 点处. 不计带电粒子的重力和粒子间的作用力, 已知 PM 间距为 d .

(1) 求粒子的比荷;

(2) 若撤去速度选择器中的磁场, 粒子经电场加速后从速度选择器中射出, 由边界 S 上的 Q 点(图中未画出)进入匀强磁场 B_0 中, 最终粒子打在 N 点处, 且 PQ 间距 $l = \frac{1}{25}d$, 求 PN 间距.

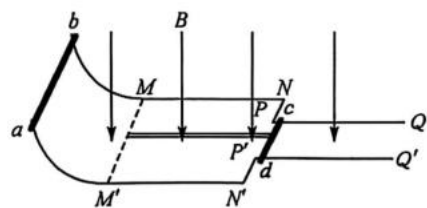


15. (18分) 如图所示, 空间中存在竖直向下、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场(范围足够大). 平行金属导轨 $MNM'N'$ 、 $PQP'Q'$ 间距分别为 L 和 $\frac{1}{2}L$, 导轨间衔接良好, 中轴线重合, 固定在同一水平面内. 导轨在左端 M 、 M' 点分别与两条竖直固定、半径为 L 的 $\frac{1}{4}$ 圆弧导轨平滑相连, MM' 、 NN' 连线均与直导轨垂直. 长为 L 、质量为 $2m$ 、电阻为 $2R$ 的金属棒 ab 跨放在两圆弧导轨的最高点. 长为 $\frac{1}{2}L$ 、质量为 m 、电阻为 R 的金属棒 cd 放在导轨衔接点的 PP' 处, 金属棒 cd 的中点处连接一与导轨平行的绝缘轻杆, 杆长与 M 到 N 的距离相等. 现锁定 cd 棒, 给 ab 棒一竖直向下的初速度 v_0 , 同时给 ab 棒施加一始终沿圆弧方向的外力, 使 ab 棒做匀速圆周运动. ab 棒运动到水平导轨上的瞬间, 立即撤去外力, 解除 cd 棒的锁定, 此时 ab 棒中点恰与绝缘杆碰撞并粘在一起, ab 、 cd 开始一起运动. 忽略导轨的电阻、不计一切摩擦, 两金属棒始终与导轨垂直且接触良好, 重力加速度为 g . 求:

(1) cd 棒刚运动时受到的安培力大小;

(2) ab 棒做匀速圆周运动过程中, cd 棒产生的热量;

(3) 若 ab 棒最终停在导轨 $MNM'N'$ 上, 则 ab 、 cd 一起运动后, 流过 cd 截面的电量是多少?



高三物理参考答案、提示及评分细则

1. D 根据电荷数守恒和质量数守恒可知 X 的质量数为 4, 核电荷数为 2, A、B 错误; 锂(${}^7_3\text{Li}$)的核子数大于 X 的核子数, 故 X 的结合能小于锂(${}^7_3\text{Li}$)的结合能, C 错误; 该核反应过程中存在质量亏损, 转化为能量, 比结合能增大, D 正确.

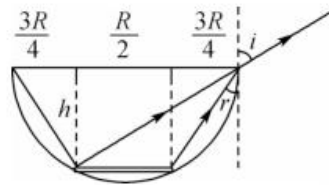
2. B 受力分析可知, 绳子拉力为 $mg \tan \theta$, 牵引绳的功率为 $mgv \tan \theta$, B 正确.

3. C A、C 动能相等, 电势能相等, 电势相等, 电场方向垂直 AC, 由 B 指向 D, A、B 错误; 将速度分解为沿 AC 方向和垂直 AC 方向, 到 C 点时沿 AC 方向速度不变, 垂直 AC 方向的速度等大反向, 则 A、C 两点的速度方向关于 AC 对称, C 正确; 电场力沿 BD 方向, 粒子一定不能过 B 点, D 错误.

4. A 垂直斜面方向建立坐标轴 y , 设初速度与 y 轴之间夹角为 α , 则沿 y 轴方向的初速度为 $v_y = v \cos \alpha$, 加速度为 $a_y = -g \cos \theta$, 运动时间为 $t = -\frac{2v_y}{a_y} = \frac{2v \cos \alpha}{g \cos \theta} \leq \frac{2v}{g \cos \theta}$

5. D 根据开普勒第三定律可知, $\frac{a^3}{T^2} = \frac{r^3}{T_0^2}$, 代入数据可得 $T = 76$ 年, 故 A、B 错误; $\frac{T}{2} = 38$ 年, 根据 $1986 + 38 = 2024$ 可知, 2025 年彗星在靠近太阳, 线速度增大, C 错误, D 正确.

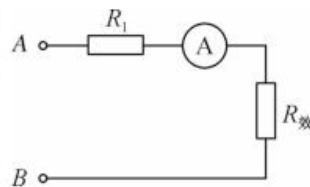
6. C 作前后的光路图, 如图, 由几何关系可知 $h = \sqrt{\frac{3R}{4} \cdot \left(\frac{3R}{4} + \frac{R}{2}\right)} = \frac{\sqrt{15}R}{4}$, $\sin i = \frac{\frac{3R}{4}}{\sqrt{h^2 + \left(\frac{3R}{4} + \frac{R}{2}\right)^2}} = \frac{\sqrt{10}}{4}$, $\sin r = \frac{\frac{3R}{4}}{\sqrt{h^2 + \left(\frac{3R}{4}\right)^2}} = \frac{\sqrt{6}}{4}$, 根据 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$, 得 $n = \sqrt{\frac{5}{3}}$, 故 C 正确.



7. D 0 时刻滑块的加速度为零, 故不受到地面的摩擦力, 故 A 错误; 若 P 位于正向最大位移处, 则周期为 $4t$, 振幅为 d , $0 \sim 5t$ 内滑块通过的路程为 $5d$; 若 P 位于平衡位置与正向最大位移之间, 则有 $d = A \sin \frac{2\pi}{T}t = A \sin \frac{2\pi}{T}5t$, 解得 $T = 12t$, 振幅为 $A = 2d$, $0 \sim 5t$ 内滑块通过的路程为 $3d$, 故 B、C 错误, D 正确.

8. AC 根据 $p-V$ 图的规律可知 $a \rightarrow b$ 过程的温度 T_1 高于 $c \rightarrow d$ 过程的温度 T_2 , A 正确; 温度恒定时, 单位时间撞击单位面积容器壁的气体分子数正比于单位体积内的分子数, $a \rightarrow b$ 过程为等温膨胀过程, 单位体积内的分子数减小, 故状态 a 单位时间撞击单位面积容器壁的气体分子数多于状态 b, B 错误; 经过整个循环过程, 气体内能不变, 对外做功, 而 $b \rightarrow c$ 过程和 $d \rightarrow a$ 过程绝热, 根据热力学第一定律, $a \rightarrow b$ 过程气体吸收的热量与 $c \rightarrow d$ 过程气体放出的热量之差等于气体对外做的功, 故 $a \rightarrow b$ 过程气体吸收的热量高于 $c \rightarrow d$ 过程气体放出的热量, C 正确, D 错误.

9. BC R_1 电功率的变化量为 $I_2^2 R - I_1^2 R \neq (I_2 - I_1)^2 R$, A 错误; 可以将副线圈的电阻等效到原线圈上来, 等效电路如图所示, 等效电阻 $R_{\text{效}}$ 随着 R_3 增大而增大, 电流表示数减小, 电源输出



功率减小, B 正确; 因为变压器原、副线圈电流之比等于匝数反比, 即 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$, 所以有 $\frac{\Delta I_1}{\Delta I_2} = \frac{n_2}{n_1}$, 所以 $R_2 = R = \frac{\Delta U}{\Delta I_2} = \frac{n_2 \Delta U}{n_1 \Delta I}$, 有 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{\Delta U}{\Delta I R}$, C 正确; 分析可得 R_3 的阻值增大时, 电流表示数减小 ΔI , R_1 分压减少 $\Delta I R$,

所以原线圈电压 U_1 增加 $\Delta I R$, 那么副线圈电压增加 $\frac{n_2}{n_1} \Delta I R$, 又因为 R_2 电压减小 ΔU , V_2 示数增加量大于 ΔU , D 错误.

10. AB 由于 B 开始静止时所在平面为参考平面, 依题意知 $E_1 = m_A g x_1 = \frac{1}{2} m_A v_0^2$, A、B 碰撞动量守恒, $m_A v_0 = (m_A + m_B) v$,

$\frac{1}{4}E_1 = \frac{1}{2}(m_A + m_B)v^2$, 联立解得 $m_B = 3m_A$, A 正确; O 为原长位置, 则有 $m_B g = kx_1$, 由于 $E_1 = m_A g x_1$, $m_B = 3m_A$, 弹簧的劲度

系数为 $\frac{3E_1}{x_1}$, B 正确; 物块 A、B 碰撞过程损失的机械能为 $E_1 - \frac{1}{4}E_1 = \frac{3}{4}E_1$, C 错误; 由乙图可知, 物块 A 向下运动到 x_2 时, A、B

总机械能减为零, 由功能关系可知 $\frac{1}{4}E_1 = \frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2)$, 解得 $x_2 = \sqrt{\frac{7}{6}}x_1$, D 错误.

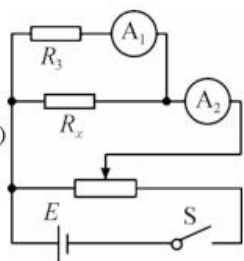
11. (1) B(2分) (2) A(2分) (3) $\frac{km}{m+M-km}$ (2分)

解析: (1) 根据实验操作, 桌面需要水平, 细线与桌面平行, 木块摩擦力不变, 不需要计算拉力, 就可以算出摩擦力做的功, 重物只要能拉动木块就可, 不需要质量远小于木块质量, 经推导动摩擦因数与重力加速度无关.

(2) 木块和重物加速阶段, 根据动能定理可知 $mgh - \mu Mgh = \frac{1}{2}(m+M)v^2$,

减速阶段根据动能定理可知 $-\mu Mg(x-h) = 0 - \frac{1}{2}Mv^2$, 两式联立可得 $h = \frac{\mu(m+M)}{m+\mu m}x$.

(3) 根据(2)的推导, 斜率 $k = \frac{\mu(m+M)}{m+\mu m}$, 解得 $\mu = \frac{km}{m+M-km}$.



12. (1) F(1分) H(2分) (2) (2分) (3) $I_1(r_1+r_3)$ (2分) $I_2 - I_1$ (2分)

解析: (1) 电压从零开始调节, 故采用滑动变阻器分压接法, 故滑动变阻器应选择总阻值较小的 F; 电压表量程太大无法使用, 定值电阻与电流表 A_1 串联充当电压表使用, 故应采用 H.

(2) 滑动变阻器分压接法, 定值电阻与电流表 A_1 串联充当电压表, 采用 A_2 外接法, 故电路图如图所示.

(3) 为描绘通过该电阻的电流随该电阻两端电压的变化图像, 横轴为待测电阻 R_x 两端电压应为 $I_1(r_1+r_3)$, 流过待测电阻 R_x 的电流应为 $I_2 - I_1$.

13. 解: (1) 由题意可知, 加速阶段与减速阶段加速度大小相等, 由牛顿第二定律

加速阶段有

$$F \cos \theta - \mu(mg - F \sin \theta) = ma \quad (1 \text{分})$$

减速阶段有

$$\mu(mg + F \sin \theta) - F \cos \theta = ma \quad (1 \text{分})$$

联立两式可得

$$\mu = \frac{1}{2} \quad (1 \text{分})$$

(2) 图乙状态下, 加速阶段加速度为 a_1 , 减速阶段加速度大小为 a_2 , 由牛顿第二定律

加速阶段有

$$F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = ma_1 \quad (1 \text{分})$$

解得

$$a_1 = 6 \text{ m/s}^2 \quad (1 \text{分})$$

减速阶段有

$$F \cos \alpha + \mu(mg + F \sin \alpha) = m a_2 \quad (1 \text{ 分})$$

解得

$$a_2 = 16 \text{ m/s}^2 \quad (1 \text{ 分})$$

因为 $F \cos \alpha = \mu(mg + F \sin \alpha) = 16 \text{ N}$, 所以减速到 0 后, 木块不再运动, 设减速到 0 所需要的时间 t_2 , 则

$$a_1 t_1 - a_2 t_2 = 0 \quad (1 \text{ 分})$$

解得

$$t_2 = 1.5 \text{ s} \quad (1 \text{ 分})$$

所以木块再向右运动 1.5 s 就会停下

则木块的总位移为

$$s = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2 = 66 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

14. 解: (1) 粒子在速度选择器中做直线运动, 电场力与洛伦兹力平衡

$$qE = qvB \quad (1 \text{ 分})$$

粒子在匀强磁场 B_0 中偏转, 由牛顿第二定律得

$$qvB_0 = m \frac{v^2}{r} \quad (2 \text{ 分})$$

由几何关系得

$$r = \frac{d}{2} \quad (1 \text{ 分})$$

解得粒子的比荷为

$$\frac{q}{m} = \frac{2E}{BB_0 d} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 分析可知, 撤去速度选择器内的磁场, 粒子进入速度选择器后将向右偏, Q 点在 P 点右侧, 如图

设粒子到达 Q 点时速度 v_2 与边界 S 夹角为 θ

则有

$$\sin \theta = \frac{v}{v_2} \quad (1 \text{ 分})$$

粒子在匀强磁场 B_0 中偏转, 由牛顿第二定律得

$$qv_2 B_0 = m \frac{v_2^2}{r_2} \quad (2 \text{ 分})$$

由几何关系得, QN 间的距离 x_{QN} 为

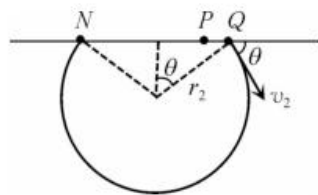
$$x_{QN} = 2 r_2 \sin \theta \quad (1 \text{ 分})$$

PN 间的距离 x_{PN} 为

$$x_{PN} = x_{QN} - l \quad (1 \text{ 分})$$

代入数据得

$$x_{PN} = \frac{24}{25} d \quad (1 \text{ 分})$$



15. 解:(1)根据题意可知,金属棒 ab 由刚越过 MM' 时速度为 v_0 ,

由动量守恒定律得

$$2mv_0 = (2m+m)v_1 \quad (1 \text{ 分})$$

解得

$$v_1 = \frac{2}{3}v_0 \quad (1 \text{ 分})$$

此时回路中的电动势为

$$E = BLv_1 - B \cdot \frac{1}{2}Lv_1 \quad (1 \text{ 分})$$

由闭合电路欧姆定律

$$E = I(2R+R) \quad (1 \text{ 分})$$

cd 刚运动时受到的安培力大小

$$F = BI \cdot \frac{1}{2}L \quad (1 \text{ 分})$$

联立解得

$$F = \frac{B^2L^2v_0}{18R} \quad (1 \text{ 分})$$

(2)如图,金属棒 ab 做匀速圆周运动过程中,电动势随时间变化的关系为

$$e = BLv_0 \sin \theta \quad (2 \text{ 分})$$

则回路中的电流为正弦交流电,电流有效值为 I_0 ,有

$$\frac{BLv_0}{\sqrt{2}} = I_0 \cdot 3R \quad (1 \text{ 分})$$

$$Q = I_0^2Rt \quad (1 \text{ 分})$$

$$t = \frac{\frac{\pi}{2}L}{v_0} \quad (1 \text{ 分})$$

解得

$$Q = \frac{\pi B^2L^3v_0}{36R} \quad (1 \text{ 分})$$

(3)开始运动时 ab 、 cd 整体受到的安培力大小

$$F = BIL - BI \cdot \frac{1}{2}L = BI \cdot \frac{1}{2}L \quad (1 \text{ 分})$$

对金属棒 ab 、 cd 整体由动量定理有

$$-BI \cdot \frac{1}{2}L\Delta t = 3m\Delta v \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{则有 } -\frac{1}{2}BLq = 3m(0 - \frac{2}{3}v_0) \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } q = \frac{4mv_0}{BL} \quad (1 \text{ 分})$$

