

姓名_____ 座位号_____

(在此卷上答题无效)

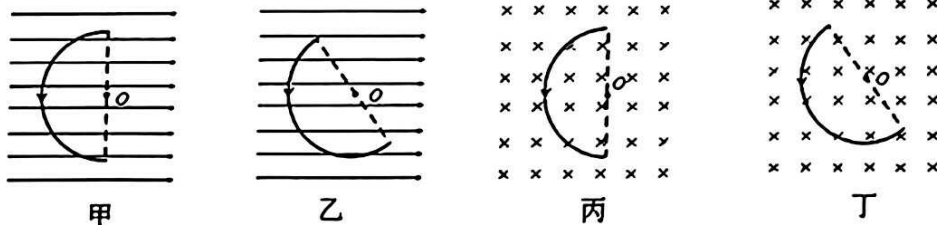
物 理

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：高考全部内容。

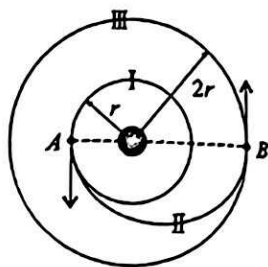
一、选择题：本题共 10 小题，共 46 分。在每小题给出的四个选项中，第 1~7 题只有一项符合题目要求，每小题 4 分；第 8~10 题有多项符合题目要求，每小题 6 分，全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

1. 如图所示是电离烟雾探测器火灾报警装置，使用镅 $^{241}_{95}\text{Am}$ 作为电离辐射源， $^{241}_{95}\text{Am}$ 发生 α 衰变的核反应方程为 $^{241}_{95}\text{Am} \rightarrow ^{237}_{93}\text{Np} + ^4_2\text{He}$ ，释放的 α 粒子流可以使电离腔内空气局部电离，当烟雾进入壳内气室时， α 粒子被烟雾颗粒阻挡，导致工作电路的电流减小，探测器就会发出警报。已知 $^{241}_{95}\text{Am}$ 、 $^{237}_{93}\text{Np}$ 、 ^4_2He 的比结合能分别为 E_1 、 E_2 和 E_3 。下列说法正确的是
 - A. α 粒子的贯穿能力强于 β 粒子
 - B. 核反应过程中电荷数守恒，存在质量亏损质量数减小
 - C. $^{241}_{95}\text{Am}$ 的比结合能小于 $^{237}_{93}\text{Np}$ 的比结合能
 - D. 核反应过程中释放的核能为 $95E_1 - 93E_2 - 2E_3$
2. 如果青少年长时间的久坐与不正确的姿势，经过累积就会引起各种劳损与慢性疾病。学习一段时间要站起来活动一下，尽量避免长时间久坐。小明课下站立在水平地面上时，两腿绷直时夹角的角平分线与地面垂直。下列说法正确的是
 - A. 两条腿分开的角度越大，小明对地面的压力越小
 - B. 两条腿分开的角度越大，小明受到的合力越大
 - C. 两条腿分开的角度越小，小明越费力
 - D. 小明对地面的压力与两条腿间的角度无关
3. 如图所示，四个相同的半圆弧形导体棒，通有相同大小的电流 I ，处于磁场强度大小为 B ，不同方向的匀强磁场中。图甲和图乙的磁场方向水平向右；图丙和图丁的磁场方向垂直纸面向里。下列判断正确的是



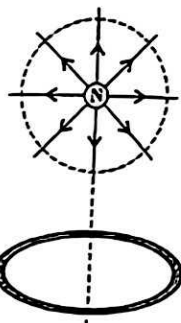
- A. 甲图和丙图导体棒受到的安培力大小相同
- B. 乙图和丁图导体棒受到的安培力大小相同
- C. 甲图和乙图中导体棒受到的安培力大小和方向都相同
- D. 丙图和丁图中导体棒受到的安培力大小和方向都相同

4. 北京时间 2024 年 11 月 25 日 7 时 39 分,我国在酒泉卫星发射中心使用长征二号丙运载火箭,成功将四维高景二号 03 星发射升空,卫星顺利送入预定轨道,发射任务获得圆满成功。发射可简化为如图所示过程,先将卫星发射到半径为 r 的圆轨道 I 上做匀速圆周运动,卫星运动到 A 点时变轨进入椭圆轨道 II,运动到椭圆轨道 II 的远地点 B 时,再次变轨进入半径为 $2r$ 的圆轨道 III 做匀速圆周运动。下列判断正确的是



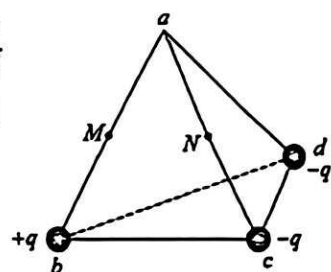
- A. 卫星在椭圆轨道 A 和 B 处的速度大小之比等于 $\sqrt{2} : 1$
- B. 卫星在椭圆轨道 A 和 B 处的加速度大小之比等于 $2 : 1$
- C. 要实现从圆轨道 I A 处进入椭圆轨道,发动机需要需向后喷气
- D. 要实现从椭圆轨道 B 处进入圆轨道 III,发动机需要需向前喷气

5. 磁单极子是理论物理中指一些仅带有 N 极或 S 极单一磁极的磁性物质,它们的磁感线分布类似于点电荷的电场线分布,如图所示。以一个 N 极的磁单极子为球心,半径为 r 的球面的磁通量为 Φ_0 ,此磁单极子从上向下以恒定速度 v 沿轴线穿过半径为 r 的导体圆环时,该磁单极子到达圆环中心时圆环中的感应电动势大小为



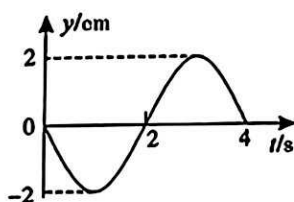
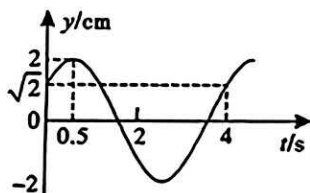
- A. $\frac{\Phi_0 v}{r}$
- B. $\frac{\Phi_0 v}{2r}$
- C. $\frac{\Phi_0 v^2}{2r^2}$
- D. $\frac{\Phi_0 v}{4r}$

6. 如图所示,正四面体 $abcd$ 边长为 L ,在 b 、 c 、 d 三点分别固定有三个点电荷,电荷量分别是 $+q$ 、 $-q$ 、 $-q$, M 点为 ab 边的中点, N 点为 ac 边的中点, M 、 N 两点电势分别为 φ_M 、 φ_N ,电子在 M 、 N 两点的电势能分别为 E_{pM} 、 E_{pN} ,下列说法正确的是

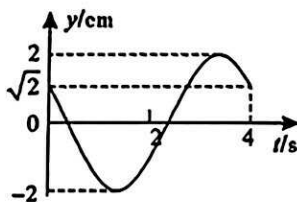


- A. $E_{pM} < E_{pN}$, $\varphi_M > \varphi_N$
- B. $E_{pM} > E_{pN}$, $\varphi_M > \varphi_N$
- C. $E_{pM} > E_{pN}$, $\varphi_M < \varphi_N$
- D. $E_{pM} = E_{pN}$, $\varphi_M = \varphi_N$

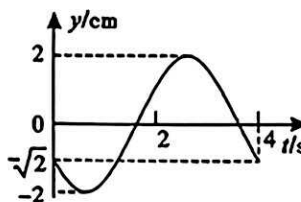
7. 一列简谐波沿 x 轴方向传播,波速 $v=2\text{m/s}$,质点 P 、 Q 为该波传播方向上的两个质点,它们平衡位置之间的距离为 2m ,质点 P 的振动图像如图所示,则质点 Q 的振动图像可能是



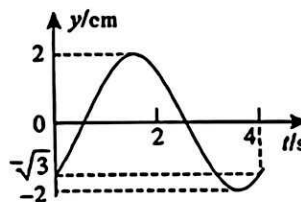
A



B



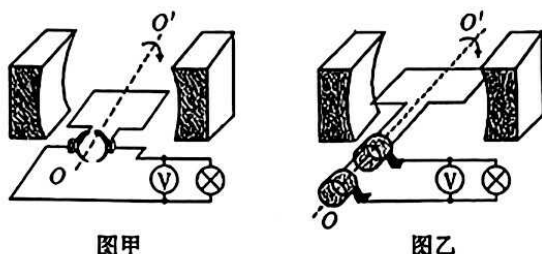
C



D

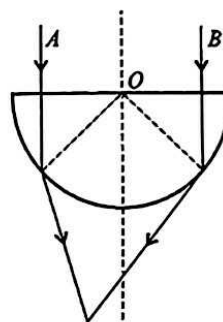
8. 如图为两种小型发电机构造示意图,两种发电机磁极 N、S 间的匀强磁场完全相同,相同的单匝线圈

绕垂直于磁场的水平轴 OO' 沿顺时针方向匀速转动,角速度均为 ω ,外电路相同,电压表为理想电压表。下列判断正确的是

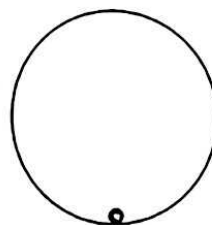


- A. 电压表的示数相同
- B. 一个周期内流过灯泡的电荷量相同
- C. 流过灯泡的电流变化周期不相同
- D. 一个周期内流过灯泡的电流方向变化次数不相同

9. 半圆柱形玻璃砖截面如图所示, O 点为半圆形截面的圆心, 两束不同单色细光束 A 、 B 垂直于玻璃砖上表面射入玻璃砖, 两细光束的入射点关于 O 点对称, 光路如图所示, 根据该光路图, 下列说法正确的是



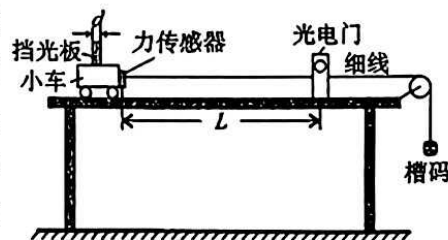
- A. 玻璃砖对 A 光的折射率大于对 B 光的折射率
 - B. 在真空中, A 光的频率比 B 光的大
 - C. A 光在玻璃砖内运动的时间小于 B 光
 - D. 通过同一双缝干涉装置, 用 A 光得到的干涉条纹间距比 B 光的大
10. 如图所示, 粗糙圆轨道固定在竖直平面内, 质量为 m 的小球(可视为质点) 静止在轨道最低端, 给小球施加一瞬时水平冲量, 小球获得初速度 v_0 , 此时小球对轨道的压力大小为 F_1 , 小球运动到轨道最高点时对轨道的压力大小为 F_2 , 再次返回到最低点时对轨道的压力大小为 F_3 , 重力加速度大小为 g 。下列关系式正确的是
- A. $F_1 - F_2 < 6mg$
 - B. $F_1 - F_2 > 6mg$
 - C. $F_3 - F_2 = 6mg$
 - D. $F_3 - F_2 < 6mg$



二、非选择题: 本题共 5 小题, 共 54 分。

11. (6 分)

物理小组的同学利用如图所示的装置探究“质量一定时, 加速度与物体受力的关系”。水平轨道上安装光电门, 小车上固定有挡光板和力传感器, 水平细线一端与力传感器连接, 另一端跨过滑轮挂上槽码。实验时首先保持轨道水平, 通过调整槽码的质量使小车做匀速运动以实现平衡摩擦力, 此时力传感器的示数为 F_0 。然后改变槽码的质量, 使小车由静止释放, 记下每次小车做匀加速直线运动时力传感器的示数 F , 释放时挡光板距光电门的距离 L 和光电门记录的时间 Δt 。已知挡光板宽度为 $d = 2.2\text{mm}$, 小车、挡光板和力传感器总质量为 M 。



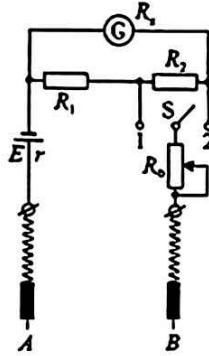
(1) 该实验_____ (选填“需要”或“不需要”) 满足槽码的总质量 m 远小于小车、挡光板和力传感器总质量 M 。

(2) 某次实验测得 $L = 0.5\text{m}$, 挡光时间为 $\Delta t = 2.0\text{ms}$, 则小车加速度大小为_____ m/s^2 (结果保留 2 位小数)。

(3)实验时,当力传感器读数为 F_1 时,测得小车的加速度大小为 a_1 ,当力传感器读数为 F_2 时,测得小车的加速度大小为 a_2 ,若在误差允许的范围内满足 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{F_1}{F_2}$,则说明在小车质量一定的情况下,小车的加速度与小车所受的合外力成正比。

12. (9分)

小明和小华在老师指导下设计了两挡位(“ $\times 100$ 或 $\times 1k$ ”)的欧姆表,其内部结构如图所示。



(1)图中, B 表笔的颜色是_____色(选填“黑”或“红”)。

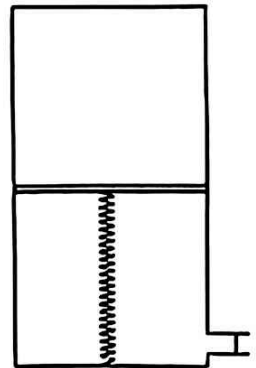
(2)单刀双掷开关 S 接接线柱 2 时,欧姆表的倍率是_____ (选填“ $\times 100$ ”或“ $\times 1k$ ”)。

(3)若单刀双掷开关 S 接接线柱 1,欧姆调零后,在 AB 间接入阻值为 1200Ω 的定值电阻 R_3 ,稳定后电流计 G 的指针偏转到满偏刻度的 $\frac{3}{4}$;取走 R_3 ,在 AB 间接入待测电阻 R_x ,稳定后电流计 G 的指针偏转到满偏刻度的 $\frac{2}{3}$ 。则欧姆表此挡位对应的内阻值为_____, R_x 的阻值为_____。

13. (10分)

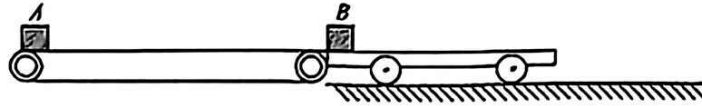
如图所示,粗细均匀、导热性能良好且内壁光滑的气缸竖直放置,气缸下部有一个阀门,缸内封闭有一定质量的理想气体,有一轻质水平隔板把气缸分成两部分,气密性良好的隔板通过竖直弹簧与气缸底部连接。已知气缸的高度为 $2L$,横截面积为 S ,初始时阀门关闭,隔板处于气缸正中间,上下两部分气体压强均为 $2p_0$,弹簧为原长。若打开阀门,放出一半质量的气体,关闭阀门,气缸下部气体的体积变为原来的 $\frac{3}{4}$ 。整个过程系统温度保持不变,求:

- (1)气缸下部气体的压强;
- (2)弹簧的劲度系数。



14. (12分)

某快递公司的一段传送装置可简化为如下模型,一个顺时针匀速转动的水平传送带长度 $L=4.5\text{m}$,传送带右端与静止在光滑地面上的平板车的上表面相平齐,平板车的左端紧靠传送带的右端,质量为 $m_1=1\text{kg}$ 的物块 A 以 $v=11\text{m/s}$ 的速度,由左端滑上传送带,与静止在平板车的左端质量 $m_2=3\text{kg}$ 物块 B 发生弹性碰撞,碰后物块 A 恰好运动到传送带最左端,物块 B 最终没有从小车上滑出。已知:物块 A 与传送带的摩擦因数 $\mu_1=0.4$,物块 B 与平板车的摩擦因数 $\mu_2=0.3$,平板车与地面的摩擦因数 $\mu_3=0.1$,平板车的质量 $m_3=1.5\text{kg}$,重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$,忽略空气阻力,两物块可视为质点。求:

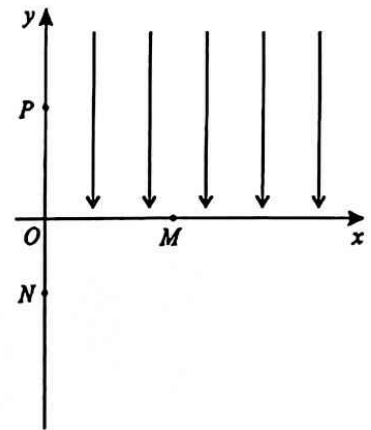


- (1) 碰后小物块 A 的速度大小;
- (2) 传送带转动的速度大小;
- (3) 平板车的最小长度。

15. (17分)

如图所示,在 xOy 平面的第一象限内存在着沿 y 轴负方向的匀强电场,在第四象限某区域有一连续分布的有界匀强磁场,磁场的边界是等腰梯形,磁场方向垂直于纸面向里,磁感应强度大小为 B ,一带正电的粒子从 y 轴上的 P 点 $(0, \frac{3L}{2})$ 处沿 x 轴正方向以初速度 v_0 射入第一象限,经电场后从 x 轴上的 M 点 $(\sqrt{3}L, 0)$ 射出第一象限,经磁场偏转后粒子到达 N 点 $(0, -L)$,速度方向与 y 轴垂直。已知粒子的比荷 $\frac{q}{m} = \frac{4v_0}{BL}$, 不计带电粒子重力。求:

- (1) 匀强电场电场强度的大小;
- (2) 粒子由 P 到 N 的时间;
- (3) 等腰梯形磁场区域的最小面积(粒子进出磁场的点均在梯形的同一底边上)。

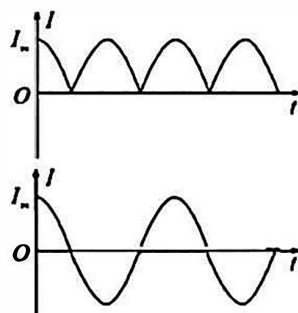


物理参考答案

选择题: 本题共 10 小题, 共 46 分。在每小题给出的四个选项中, 第 1~7 题只有一项符合题目要求, 每小题 4 分; 第 8~10 题有多项符合题目要求, 每小题 6 分, 全部选对的得 6 分, 选对但不全的得 3 分, 有选错的得 0 分。

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

1. C 【解析】 β 粒子的贯穿能力强于 α 粒子, A 错误。核反应前后原子核的电荷数不变, 质量数不变, 但存在质量亏损, B 错误。 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 的比结合能小于 ${}_{93}^{237}\text{Np}$ 的比结合能, C 正确。核反应过程中释放的核能为 $237E_2 + 4E_3 - 241E_1$, D 错误。
2. D 【解析】根据牛顿第三定律可知小明对地面的压力与地面对小明的支持力大小相等, 支持力与重力为一对平衡力, 所以小明对地面的压力与重力大小相等, 与两条腿间的角度无关, 故 AB 错误, D 正确; 设两腿对身体作用力为 F , F 与竖直方向夹角为 θ , 根据平衡条件可知 $2F\cos\theta = mg$, 两条腿分开的角度越小, F 越小, 小明越省力, C 错误。
3. A 【解析】甲图和丙图导体棒的有效长度相同, 导体棒与磁场方向垂直, 受到的安培力大小相同, A 正确。乙图和丁图导体棒的有效长度不同, 故受到的安培力大小不同, B 错误。甲图和乙图中导体棒受到的安培力大小不同但方向相同, 均垂直纸面向外, C 错误。丙图和丁图中导体棒受到的安培力大小相同但方向不相同, D 错误。
4. C 【解析】根据开普勒第二定律 $\frac{1}{2}v_A \cdot \Delta t_A \cdot r_A = \frac{1}{2}v_B \cdot \Delta t \cdot r_B$, 解得 $v_A : v_B = 2 : 1$, A 错误; 根据牛顿第二定律 $a = \frac{F}{m} = \frac{GM}{r^2}$, 所以 $a_A : a_B = 4 : 1$, B 错误; 要实现从圆轨道 I A 处进入椭圆轨道, 发动机需要向后喷气加速, C 正确; 要实现从椭圆轨道 B 处进入圆轨道 III, 发动机需要向后喷气加速, D 错误。
5. B 【解析】以磁单极子为球心, 半径为 r 的球面的磁通量为 Φ_0 , 设距磁单极子距离为 r 处的磁感应强度为 B , 有 $\Phi_0 = B \cdot 4\pi r^2$, 磁单极子到达圆环中心时, 相当于圆环切割磁感线, 产生感应电动势为 $E = B \cdot 2\pi r v$, 代入可得 $E = \frac{\Phi_0 v}{2r}$, B 正确。
6. A 【解析】 b 、 c 两处的点电荷为等量异种电荷, 在 M 点的电势大于 N 点的电势。 d 处的点电荷在 M 、 N 两处产生的电势相同, 故 $\varphi_M > \varphi_N$, 又 $E_{pM} = -e\varphi_M$, $E_{pN} = -e\varphi_N$, 所以 $E_{pM} < E_{pN}$, A 正确。
7. B 【解析】由图像可知简谐波的周期 $T = 4\text{s}$, 质点 P 的振动方程为 $y_P = 2\sin(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{4})$, 又 $v = \frac{\lambda}{T}$, 故 $\lambda = vT = 8\text{m}$, 两质点之间的距离 $\Delta x = 2\text{m} = \frac{1}{4}\lambda$, 故质点 Q 相对质点 P 的振动延迟 $\frac{1}{4}T$, 或者提前 $\frac{1}{4}T$, 质点 Q 的振动方程为 $y_Q = 2\sin(\frac{\pi}{2}t + \frac{3\pi}{4})$ 或 $y_Q = 2\sin(\frac{\pi}{2}t - \frac{\pi}{4})$, 故 B 正确。
8. ACD 【解析】两发电机产生的电流如图所示, 甲图中流过灯泡的是如图所示的直流电流, 变化周期为 $T_{\text{甲}} = \frac{\pi}{\omega}$, 图乙中流过灯泡的电流为正弦式交变电流, 变化周期为 $T_{\text{乙}} = \frac{2\pi}{\omega}$, 两种电流的最大值相同, 故有效值也相同, 电压表的示数相同, A 正确, C 正确; 一个周期内乙图中流过



灯泡的电荷量为 0,甲图中不为 0,故 B 错误;甲图中流过灯泡的电流方向不变,乙图中流过灯泡的电流方向一个周期改变 2 次,D 正确。

9. CD 【解析】由光路图可知玻璃砖对 B 光的折射率大于对 A 光的折射率,B 光的频率大于 A 光的频率,AB 项错误;由 $v = \frac{c}{n}$ 可知,A 光在玻璃砖内传播的速度大于 B 光,故 A 光在玻璃砖内运动的时间小于 B 光,C 项正确;A 光的波长比 B 光的波长长根据 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ 可知,用 A 光得到的干涉条纹间距比 B 光的大,D 项正确。

10. BD 【解析】小球在第一次经过圆轨道最低点时, $F_1 - mg = m \frac{v_0^2}{R}$,小球经过圆轨道最高点时 $F_2 + mg = m \frac{v^2}{R}$,由最低点到最高点 $-mg \cdot 2R - W_{\text{阻}} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,解得 $F_1 - F_2 = 6mg + \frac{2W_{\text{阻}}}{R} > 6mg$ 。小球再次回到最低点, $F_3 - mg = m \frac{v'^2}{R}$,由最高点再次回到最低点 $mg \cdot 2R - W'_{\text{阻}} = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv^2$,解得 $F_3 - F_2 = 6mg - \frac{2W'_{\text{阻}}}{R} < 6mg$,BD 正确。

11. (6 分,每空 2 分)

(1)不需要 (2)1.21 (3) $\frac{F_1 - F_0}{F_2 - F_0}$

【解析】(1)由于实验中已给出了力传感器,可以直接测出细线拉力,所以不需要满足槽码的总质量远小于小车(包括力传感器和挡光板)的质量。

(2)小车通过光电门时的速度大小 $v = \frac{d}{\Delta t}$,又 $v^2 = 2aL$ 可得 $a = \frac{d^2}{2\Delta t^2 L} = 1.21 \text{ m/s}^2$ 。

(3)平衡摩擦力时,小车做匀速运动, $f = F_0$,在小车质量一定的情况下,小车的加速度与小车所受的外力成正比,则 $F_1 - f = Ma_1, F_2 - f = Ma_2$,联立,解得 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{F_1 - F_0}{F_2 - F_0}$ 。

12. (9 分)

(1)红(1分) (2)×1k(2分) (3)3600(3分) 1800(3分)

【解析】(1)根据图中电路可知,电流从 A 表笔流出,从 B 表笔流进,故 B 为红表笔。

(2)调零后欧姆表的内阻 $R_{\text{内}} = \frac{E}{I_{\text{满}}}$,两种量程的欧姆表共用一个表盘,倍率大,电流量程就小,倍率小,电流量程就大,故单刀双掷开关 S 接接线柱 2 时,欧姆表的量程是“×1k”的倍率。

(3)若单刀双掷开关 S 接接线柱 1,欧姆调零后,由闭合电路欧姆定律可得 $I_{\text{干}} = \frac{E}{R_{\text{内}}}$, $I_{\text{干}}$ 为 G 表满偏时的干路电流,因为测量过程中干路电流与工作 G 表的电流成正比,则在 AB 间接入阻值为 1200Ω 的定值电阻 R_2 稳定后,由闭合电路欧姆定律可得 $\frac{3}{4}I_{\text{干}} = \frac{E}{R_{\text{内}} + R_2} = \frac{I_{\text{干}} \times R_{\text{内}}}{R_{\text{内}} + R_2}$,取走 R_2 ,在 AB 间接入待测电阻 R_x 稳定后,由闭合电路欧姆定律可得 $\frac{2}{3}I_{\text{干}} = \frac{E}{R_{\text{内}} + R_x} = \frac{I_{\text{干}} \times R_{\text{内}}}{R_{\text{内}} + R_x}$,联立以上 $R_{\text{内}} = 3600\Omega, R_x = 1800\Omega$ 。

13. (10 分)

(1)下部分气体放气后压强为 P_1 ,放出的气体压强若也为 P_1 ,则与剩余气体体积相同

根据玻意耳定律得 $2p_0 \times LS = p_1 \times \frac{3}{4}LS \times 2 \dots\dots\dots (2 \text{分})$

解得 $P_1 = \frac{4}{3}P_0$ (2分)

(2) 对上部分气体, 根据玻意耳定律得 $2p_0 \times LS = p_2 \times \frac{5}{4}LS$ (2分)

对活塞受力分析有 $p_2S = p_1S + F$ (1分)

根据胡克定律得 $F = k \frac{L}{4}$ (1分)

联立得 $k = \frac{16p_0S}{15L}$ (2分)

14. (12分)

(1) 设物块 A 碰后速度大小为 v_1 , 由题意可知

$\frac{1}{2}m_1v_1^2 = \mu_1m_1gL$ (1分)

解得 $v_1 = 6\text{m/s}$ (1分)

(2) 假设物块 A 到达传送带右端时与传送带达到共同速度 v_0 , 物块 A 与物块 B 发生弹性碰撞

$m_1v_0 = -m_1v_1 + m_2v_2$ (1分)

$\frac{1}{2}m_1v_0^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$ (1分)

解得 $v_0 = 12\text{m/s}$ (1分)

设物块 A 滑上传送带后加速的距离为 L'

$\frac{1}{2}m_1v_0^2 - \frac{1}{2}m_1v^2 = \mu_1m_1gL'$ (1分)

解得 $L' = \frac{23}{8}L < L$, 假设成立

所以 $v_0 = 12\text{m/s}$, $v_2 = 6\text{m/s}$

即传送带转动的速度为 12m/s (1分)

(2) 物块 B 滑上平板车后, 物块 B 向右做匀减速运动, 平板车做匀加速运动, 经时间 t 共速
物块 B 加速度 $a_1 = \mu_2g = 3\text{m/s}^2$

平板车加速度 $a_2 = \frac{\mu_2m_2g - \mu_3(m_3 + m_2)g}{m_3} = 3\text{m/s}^2$ (1分)

$v_{共} = v_2 - a_1t = a_2t$

代入数据解得 $t = 1\text{s}$, $v_{共} = 3\text{m/s}$ (1分)

物块 B 的位移为 $x_1 = \frac{v_2 + v_{共}}{2}t = 4.5\text{m}$ (1分)

平板车的位移为 $x_2 = \frac{v_{共}}{2}t = 1.5\text{m}$ (1分)

达到共同速度后两者保持相对静止做匀减速直线运动

故平板车最短长度 $L_{min} = x_1 - x_2 = 3\text{m}$ (1分)

15. (17分)

(1) 粒子在电场中做类平抛运动

水平方向有: $\sqrt{3}L = v_0t_1$ (1分)

竖直方向有: $\frac{3}{2}L = \frac{1}{2}at_1^2$ (1分)

$$a = \frac{qE}{m} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } E = \frac{v_0 B}{4} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

(2) 设粒子离开电场时速度方向与 x 轴正方向成 θ 角

$$\text{粒子在电场中运动时间 } t_1 = \frac{\sqrt{3}L}{v_0} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{离开电场时竖直方向速度 } v_y = at_1 \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\tan\theta = \frac{v_y}{v_0} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

解得 $\theta = 60^\circ$

$$\text{则粒子在磁场中运动的速度 } v = \frac{v_0}{\cos\theta} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

解得 $v = 2v_0$

$$\text{粒子在磁场中做匀速圆周运动 } qvB = m \frac{v^2}{r} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } r = \frac{L}{2}$$

粒子运动轨迹如图

有几何关系可知粒子在第四象限内进入磁场前匀速运动的位移

$$x_2 = \frac{r}{\tan 30^\circ} + \frac{L}{\sin 60^\circ} = \frac{7\sqrt{3}L}{6} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$t_2 = \frac{x_2}{v} = \frac{7\sqrt{3}L}{12v_0} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{粒子在磁场内的运动时间为 } t_3 = \frac{2T}{3} = \frac{\pi L}{3v_0} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

离开磁场后粒子在第四象限内匀速运动的位移

$$x_4 = \sqrt{3}L + L \tan 30^\circ + \frac{r}{\tan 30^\circ} = \frac{11\sqrt{3}L}{6} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$t_4 = \frac{x_4}{v} = \frac{11\sqrt{3}L}{12v_0} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{所以粒子由 } P \text{ 到 } N \text{ 的时间 } t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = \left(\frac{5\sqrt{3}}{2} + \frac{\pi}{3}\right) \frac{L}{v_0} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$(3) \text{ 有界梯形磁场的高为 } r \sin 30^\circ + r = \frac{3r}{2} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

设有界梯形磁场的最小中位线为 x

$$\text{则 } \left(\frac{x}{2}\right)^2 = r^2 - \left(r - \frac{3}{4}r\right)^2 \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{有界梯形磁场区域的最小面积为 } s = x \cdot \frac{3r}{2} = \frac{3\sqrt{15}}{16} L^2 \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

