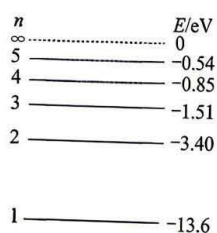


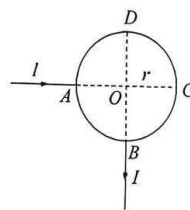
# 物 理

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. 2025 年 5 月 22 日,中国科学技术大学龚兴龙和王胜团队通过对柔性高分子材料的力-光学耦合性能合理设计,开发出了新型可穿戴隐形眼镜,实现人类近红外时空色彩图像视觉。氢原子的能级示意图如图所示,已知近红外区的光子能量范围在  $0.89 \text{ eV}$  到  $1.59 \text{ eV}$  之间,则氢原子在下列两个能级之间跃迁时向外辐射出的光子能量在近红外区的是

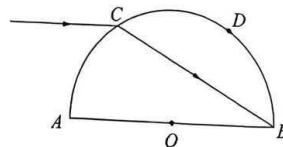


- A. 从  $n=3$  能级跃迁到  $n=5$  能级  
 B. 从  $n=5$  能级跃迁到  $n=3$  能级  
 C. 从  $n=3$  能级跃迁到  $n=4$  能级  
 D. 从  $n=4$  能级跃迁到  $n=3$  能级
2. 如图,一半径为  $r$  的圆形单匝线圈是用粗细均匀的同种导线制成,  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  是圆上的点,  $AC$  和  $BD$  是圆的直径且互相垂直,将  $A$ 、 $B$  两点间通入电流  $I$ ,线圈放入磁感应强度大小为  $B$  的匀强磁场中,磁场方向与线圈平面垂直,则整个线圈受到的安培力大小为
- A. 0  
 B.  $2\pi IrB$   
 C.  $\sqrt{2} IrB$   
 D.  $\frac{\sqrt{2}}{3} IrB$



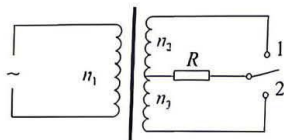
3. 一半圆柱形透明玻璃砖的横截面如图所示,  $O$  为圆心,  $AB$  为直径且  $AB=2R$ ,  $C$ 、 $D$  为圆上的两点,  $C$ 、 $D$  两点恰好将半圆弧三等分,一光线平行于  $AB$  从  $C$  点射入玻璃砖,折射后恰好经过  $B$  点,已知光在真空中的传播速度为  $c$ ,则该光线在玻璃砖中的传播时间为

- A.  $\frac{3R}{c}$   
 B.  $\frac{3\sqrt{3}R}{2c}$   
 C.  $\frac{2R}{c}$   
 D.  $\frac{\sqrt{6}R}{2c}$



4. 如图,一理想变压器原线圈匝数为  $n_1$ ,副线圈由匝数为  $n_2$  和  $n_3$  的两线圈串联,两线圈连接处有一抽头,抽头上串联一电阻  $R$ ,原线圈输入正弦式交变电流,电压恒为  $U_1$ ,将单刀双掷开关掷向 1 和掷向 2 时变压器

的输入功率之比为 1 : 4, 则匝数  $n_2$  和  $n_3$  之比为

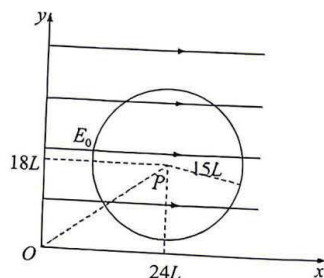


- A. 2 : 1                      B. 1 : 2                      C. 4 : 1                      D. 1 : 4

5. 若假设中国空间站在距地面高度为  $h$  处做匀速圆周运动, 一天内绕地球转  $n$  圈, 已知地球的半径为  $R$ , 地球自转周期为  $T$ , 地球表面的重力加速度大小为  $g$ , 引力常量为  $G$ , 忽略地球自转对重力的影响, 中国空间站可视为质点, 则根据以上数据得出的下列物理量正确的是

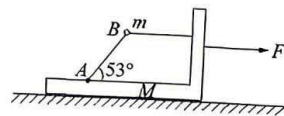
- A. 中国空间站的质量为  $\frac{4\pi^2 n^2 (R+h)^3}{GT^2}$   
 B. 中国空间站绕地球转动的线速度大小为  $\frac{2n\pi R}{T}$   
 C. 中国空间站所在之处的重力加速度大小为  $\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 g$   
 D. 地球的平均密度为  $\frac{3G}{4\pi gR}$

6. 如图,  $xOy$  平面直角坐标系的第一象限内存在沿  $x$  轴正方向的匀强电场, 电场强度大小为  $E_0$ , 第一象限的  $P$  点坐标为  $(24L, 18L)$ , 在以  $P$  点为圆心、半径为  $15L$  的圆上某点放置一负点电荷, 图中没有画出, 要使  $P$  点的合电场强度方向沿  $OP$  方向且放置的点电荷电荷量最小, 静电引力常量为  $k$ ,  $\sin 37^\circ = \frac{3}{5}$ ,  $\cos 37^\circ = \frac{4}{5}$ , 则关于该点电荷的放置位置坐标和电荷量的绝对值, 下列正确的是



- A.  $(33L, 6L)$   $\frac{135L^2 E_0}{k}$                       B.  $(15L, 30L)$   $\frac{135L^2 E_0}{k}$   
 C.  $(24L, 21L)$   $\frac{675L^2 E_0}{4k}$                       D.  $(24L, 3L)$   $\frac{675L^2 E_0}{4k}$

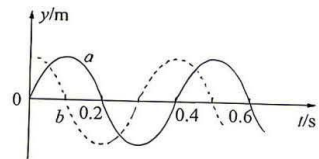
7. 如图, 一质量为  $M=5 \text{ kg}$  的 L 形木板在拉力  $F$  的作用下在粗糙的水平面上向右做匀加速直线运动, 木板与地面之间的动摩擦因数为  $\mu=0.2$ , 一轻杆  $AB$ , 一端用光滑铰链固定在木板上, 杆可在纸面内绕  $A$  点自由转动, 另一端固定一质量为  $m=1 \text{ kg}$  的小球, 轻杆与水平方向的夹角为  $53^\circ$ , 一水平轻绳一端固定在小球上, 另一端固定在竖直板上, 轻绳能承受的最大拉力为  $2.5 \text{ N}$ , 此时绳处于伸直状态, 重力加速度大小为  $g=10 \text{ m/s}^2$ ,  $\sin 37^\circ = \frac{3}{5}$ ,  $\cos 37^\circ = \frac{4}{5}$ , 则拉力  $F$  可能为



- A. 50 N    B. 55 N  
 C. 60 N    D. 75 N

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. 两位钓鱼爱好者在湖边钓鱼,他们所用鱼竿的浮漂  $a$ 、 $b$  在水平方向上的距离为  $3\text{ m}$ ,有一列水波从  $a$  向  $b$  传播,从某时刻开始计时,以竖直向上为正方向, $a$ 、 $b$  两浮漂的振动图像分别如图中实线和虚线所示,水波可视为沿水平湖面传播的简谐横波,已知该水波波长  $\lambda > 3\text{ m}$ 。下列说法正确的是

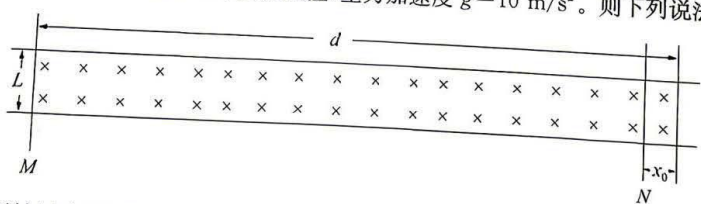


- A. 该水波的波长为  $4\text{ m}$
- B. 该水波的波速为  $20\text{ m/s}$
- C.  $t=0.85\text{ s}$  时,浮漂  $a$  的加速度方向竖直向上
- D.  $t=1.05\text{ s}$  时,浮漂  $a$  和浮漂  $b$  的速度方向相反

9. 交通安全不仅关乎千家万户的幸福安宁,更是丈量社会文明的标尺、守护公共秩序的基石。一司机驾驶汽车行驶在平直公路上,当距十字路口停止线  $100\text{ m}$  时绿灯显示还有  $12\text{ s}$  就要变成黄灯,由于前方有缓慢行驶的车辆,司机立刻刹车开始做匀减速直线运动,忽略司机的反应时间,当绿灯显示还有  $2\text{ s}$  时,汽车恰好随着前方缓慢行驶车辆通过停止线。汽车开始刹车时的初速度大小为  $v_0$ ,匀减速直线运动的加速度大小为  $a$ 。关于下列初速度大小  $v_0$  和加速度大小  $a$  可能正确的为

- A.  $v_0=12\text{ m/s}$
- B.  $v_0=21\text{ m/s}$
- C.  $a=0.4\text{ m/s}^2$
- D.  $a=2.5\text{ m/s}^2$

10. 如图,两足够长的光滑水平导轨平行固定在水平面上,导轨宽度为  $L=1\text{ m}$ ,水平导轨所在空间存在竖直向下(图中为垂直于纸面向里)的匀强磁场,磁感应强度大小为  $B=2\text{ T}$ ,磁场宽度为  $d=15\text{ m}$ ,磁场左右边界与两水平导轨垂直,磁场左边界处有一质量为  $m_1=0.4\text{ kg}$  的导体棒  $M$ ,导体棒  $M$  连入电路中电阻为  $R_1=22.5\ \Omega$ ,水平导轨上距磁场右边界距离为  $x_0=2.8\text{ m}$  处静止放置一质量为  $m_2=0.2\text{ kg}$  的导体棒  $N$ ,导体棒  $N$  连入电路中电阻为  $R_2=7.5\ \Omega$ 。现给导体棒  $M$  一个向右的初速度  $v_0=3\text{ m/s}$ ,同时导体棒  $N$  开始运动,当导体棒  $N$  到达磁场右边界时回路中电流恰好趋于零,之后导体棒  $N$  滑出磁场。两导体棒在运动过程中始终与两导轨垂直且未发生碰撞,重力加速度  $g=10\text{ m/s}^2$ 。则下列说法正确的是

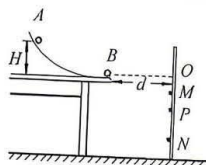


- A. 导体棒  $M$  刚开始运动瞬间电路中的感应电动势为  $3\text{ V}$
- B. 从导体棒  $M$  刚开始运动到导体棒  $N$  离开磁场瞬间过程中通过导体棒  $M$  横截面的电荷量为  $0.2\text{ C}$
- C. 导体棒  $M$  的最终速度为  $1\text{ m/s}$
- D. 在整个运动过程中,导体棒  $N$  上产生的焦耳热为  $0.35\text{ J}$

三、非选择题：本题共 5 小题，共 54 分。

11. (6 分)

某实验小组用如图所示的实验装置验证动量守恒定律，将小球 A 从圆弧轨道某一高度静止释放，小球 A 离开圆弧轨道末端后开始做平抛运动，如果小球 A 释放前在圆弧轨道末端边缘放一形状相同的小球 B，小球 A 将与小球 B 发生对心碰撞，两小球 A、B 可以在竖直挡板上打下痕迹。



按下述步骤进行实验。

- ①用天平测出 A、B 两小球的质量，分别为  $m_1$  和  $m_2$ ；
- ②按图安装好实验装置，圆弧轨道末端边缘先不放小球 B，让竖直挡板紧贴圆弧轨道末端边缘，小球 A 从圆弧轨道某一高度  $H_1$  静止释放，记下小球 A 在竖直挡板上的撞击位置 O；
- ③将竖直挡板水平向右平移到距圆弧轨道末端边缘距离为  $d$  处，再将小球 A 从圆弧轨道某一高度  $H_2$  静止释放，记下小球 A 撞击竖直挡板的位置 P；
- ④保持竖直挡板距圆弧轨道末端的水平距离  $d$  不变，将小球 B 放在圆弧轨道末端边缘，再将小球 A 从圆弧轨道某一高度  $H_3$  静止释放，之后与小球 B 发生碰撞，碰撞之后两球从圆弧轨道末端边缘抛出，记下两球撞击竖直挡板的位置 M、N；
- ⑤图中 P、M、N 点是该实验小组记下的小球与竖直挡板撞击的位置，用毫米刻度尺量出各个撞击位置到 O 的距离，分别为  $OP$ 、 $OM$  和  $ON$ 。

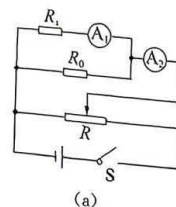
根据该实验小组的测量，回答下列问题：

- (1)要正确完成实验，安装好实验装置之后需要调整圆弧轨道末端\_\_\_\_\_，实验过程中 A、B 两小球的质量关系为  $m_1$  \_\_\_\_\_  $m_2$  (填“>”“<”或“=”)，还必须保证  $H_2$  \_\_\_\_\_  $H_3$  (填“>”“<”或“=”)。
- (2)小球 B 撞击竖直挡板的位置为\_\_\_\_\_ (填“M”或“N”)，如果在误差允许范围内只要满足关系式\_\_\_\_\_ (用  $m_1$ 、 $m_2$ 、 $OP$ 、 $OM$  和  $ON$  表示)，则说明碰撞中的动量是守恒的。
- (3)如果在误差允许范围内只要满足关系式\_\_\_\_\_ (用  $OP$ 、 $OM$  和  $ON$  表示)，则说明两小球的碰撞为弹性碰撞。

12. (9 分)

某实验小组要测量一段粗细均匀的电阻丝的电阻率，设计了如图(a)所示的电路，实验室提供的器材如下：

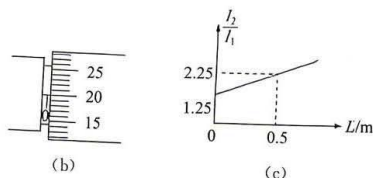
- A. 待测电阻丝  $R_x$  (总电阻约为  $150 \Omega$ )
- B. 电流表  $A_1$  (量程  $0 \sim 40 \text{ mA}$ ，内阻  $R_{A1}$  为几十欧)
- C. 电流表  $A_2$  (量程  $0 \sim 60 \text{ mA}$ ，内阻  $R_{A2}$  为几十欧)
- D. 滑动变阻器  $R$  (最大阻值为  $500 \Omega$ )
- E. 滑动变阻器  $R$  (最大阻值为  $5 \Omega$ )
- F. 定值电阻  $R_0$  (阻值为  $100 \Omega$ )



G. 电源(电动势 5.0 V, 内阻约为 0.2  $\Omega$ )

H. 开关 S、导线若干

(1) 用螺旋测微器测量电阻丝的直径, 测量的结果如图(b)所示, 电阻丝的直径为  $d =$  \_\_\_\_\_ mm。



(2) 为了调节方便, 该电路中滑动变阻器应选择 \_\_\_\_\_。(填器材前面的字母序号)

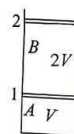
(3) 将电阻丝连入电路中的长度调到最大, 闭合开关, 调节滑动变阻器, 使两电流表的示数都大于量程的三分之一, 分别记录此时  $A_1$ 、 $A_2$  两电流表的示数  $I_1$ 、 $I_2$  和电阻丝连入电路中的长度  $L$ , 之后多次改变电阻丝连入电路中的长度, 重复上述步骤, 根据记录的数据, 作出的  $\frac{I_2}{I_1} - L$  图像如图(c)所示, 图像斜率  $k =$  \_\_\_\_\_

(用题中所给物理量的符号表示), 由图中数据可得电阻丝的电阻率为  $\rho =$  \_\_\_\_\_  $\Omega \cdot m$ , 电流表  $A_1$  的内阻  $R_{A1} =$  \_\_\_\_\_  $\Omega$ 。(以上结果均保留两位有效数字)

(4) 如果实验过程中由于测量电阻丝直径所用的螺旋测微器不太标准导致测得的电阻丝直径偏大, 从系统误差的角度考虑, 这样测出的电流表  $A_1$  的内阻  $R_{A1}$  \_\_\_\_\_(填“偏大”“偏小”或“不变”)。

13. (10分)

如图, 一导热良好的汽缸竖直放置, 1、2 两轻活塞在汽缸内封闭两部分一定质量的理想气体 A 和理想气体 B, 活塞 1 可以上下自由移动, 活塞 2 锁定, 活塞的横截面积为  $S$ , 气体 A 和气体 B 的体积分别为  $V$  和  $2V$ , 两气体的压强均为  $p_0$ , 汽缸底部有一个自动控制装置(图中未画出)可以向汽缸内气体 A 所在空间缓慢注入某种液体, 现打开底部的自动控制装置, 注入



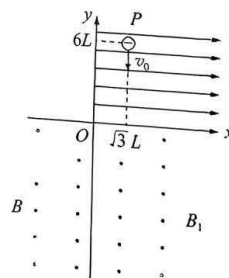
体积为  $\frac{V}{2}$  的液体, 注入液体过程中汽缸内气体不泄漏, 环境的温度始终保持不变, 忽略自动控制装置的体积, 外界大气压恒为  $p_0$ , 求:

(1) 稳定后气体 A 的体积  $V_A$ 。

(2) 现去掉活塞 2, 气体 B 散发到空气中, 气体 A 未泄漏, 在活塞 1 上轻放一物块, 稳定后活塞 1 恰好又回到初始位置, 求物块的质量  $m$ 。

14. (12分)

如图, 平面直角坐标系  $xOy$  的第一象限内存在沿  $x$  轴正方向的匀强电场, 第三象限和第四象限内均存在垂直纸面向外的匀强磁场, 第三象限内磁场的磁感应强度大小为  $B = \frac{2\sqrt{3}mv_0}{15qL}$ , 第四象限内磁场的磁感应强度大小未知, 磁场区域均足够大。一质量为  $m$ 、电荷量为  $-q$  ( $q > 0$ ) 的带电粒子从第一象限的  $P$  点沿  $y$  轴负方向以初速度  $v_0$  射出,  $P$  点坐标为  $(\sqrt{3}L, 6L)$ , 粒子恰好从坐标原点  $O$  进入第三象限的匀强磁场, 经磁场偏转后又进入第四象限, 经第四象限磁场

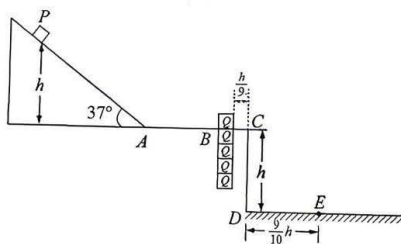


偏转后恰好不进入第一象限,之后粒子被接收器接收,接收器图中未画出,不计粒子重力。求:

- (1) 匀强电场电场强度的大小  $E$ 。
- (2) 粒子从  $P$  点射出到进入第四象限时所用的时间  $t$ 。
- (3) 第四象限内匀强磁场磁感应强度大小  $B$ 。

15. (17分)

某大型游戏装置示意图如图所示,光滑斜面倾角为  $37^\circ$ ,  $AC$  为一水平平台,  $A$  点为斜面底端,  $C$  点为平台的边缘,斜面与平台连接处有一段小圆弧平滑连接。斜面上锁定一质量为  $m$  的物块  $P$ ,物块  $P$  距平台的高度为  $h$ ,平台上的  $B$  点静止着一质量为  $3m$  的物块  $Q$ ,物块  $Q$  下方还有足够多与其完全相同的物块  $Q$ ,平台上  $AB$  部分光滑,  $BC$  部分粗糙,物块  $Q$  与平台  $BC$  部分之间的动摩擦因数为  $\mu=0.03$ ,  $B$ 、 $C$  两点之间的距离为  $\frac{h}{9}$ 。平台距水平地面的高度为  $h$ ,  $CD$  在竖直方向上,水平地面上  $DE$  之间的区域为物块  $Q$  的有效接收区,  $D$ 、 $E$  两点之间的距离为  $\frac{9}{10}h$ 。现将物块  $P$  解除锁定,物块  $P$  沿斜面自由下滑,运动到平台上  $B$  点时与物块  $Q$  发生弹性正碰,碰撞之后物块  $P$  被弹回,物块  $Q$  沿平台向右运动,当物块  $Q$  离开  $B$  点后  $B$  点下方自动控制装置又会将一个物块  $Q$  放置于  $B$  点,之后物块  $P$  又沿斜面滑下,当运动到  $B$  点时又一次与物块  $Q$  发生弹性正碰,之后一直重复此过程,直到物块  $P$  停止运动。 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  各点在同一竖直平面内。 $g$  为重力加速度大小,忽略空气阻力,物块  $P$  经过斜面与平台连接处没有动能损失,物块  $P$  和物块  $Q$  均可视为质点。  
 $\sin 37^\circ = \frac{3}{5}$ ,  $\cos 37^\circ = \frac{4}{5}$ 。



- (1) 求物块  $P$  与物块  $Q$  第一次碰撞后瞬间两物块的速度大小  $v_{P1}$  和  $v_{Q1}$ 。
- (2) 有多少个物块  $Q$  能落入有效接收区内。
- (3) 若  $BC$  段光滑,求物块  $P$  从解除锁定到最后停止的整个过程中物块  $P$  在斜面上运动的总路程  $s$ 。

## 物理参考答案和评分标准

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

1. 【答案】B

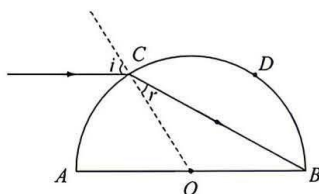
【解析】氢原子只有从高能级向低能级跃迁时才能向外辐射光子，选项 AC 错误；近红外区的光子能量范围在 0.89 eV 到 1.59 eV 之间，从  $n=5$  能级跃迁到  $n=3$  能级辐射光子的能量为  $E=E_5-E_3=-0.54\text{ eV}-(-1.51\text{ eV})=0.97\text{ eV}$ ，所以在近红外区，从  $n=4$  能级跃迁到  $n=3$  能级辐射光子的能量为  $E=E_4-E_3=-0.85\text{ eV}-(-1.51\text{ eV})=0.66\text{ eV}$ ，所以不在近红外区，选项 B 正确，选项 D 错误。

2. 【答案】C

【解析】AB 和 ADCB 两段圆弧导线的等效长度均为  $\sqrt{2}r$ ，两段圆弧导线中的总电流为  $I$ ，则安培力大小为  $F=I\times\sqrt{2}rB=\sqrt{2}IrB$ ，选项 C 正确。

3. 【答案】A

【解析】作出法线，如图所示，C、D 两点恰好将半圆弧三等分，则  $\angle AOC=60^\circ$ ，光线平行于 AB，根据几何关系可得入射角为  $i=60^\circ$ ，三角形 OBC 为等腰三角形，则折射角为  $r=30^\circ$ ，根据折射定律有  $n=\frac{\sin i}{\sin r}=\sqrt{3}$ ，则  $v$



$=\frac{c}{n}$ ， $t=\frac{\sqrt{3}R}{v}=\frac{3R}{c}$ ，选项 A 正确。

4. 【答案】B

【解析】变压器的输入功率即电阻  $R$  消耗的电功率，开关掷向 1 和掷向 2 时电功率分别为  $P_1=\frac{U_2^2}{R}$ ， $P_2=\frac{U_3^2}{R}$ ，功率之比为 1:4，则  $\frac{U_2}{U_3}=\frac{1}{2}$ ，根据理想变压器电压与匝数的关系有  $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$ ， $\frac{U_1}{U_3}=\frac{n_1}{n_3}$ ，两式联立解得  $\frac{n_2}{n_3}=\frac{U_2}{U_3}=\frac{1}{2}$ ，选项 B 正确。

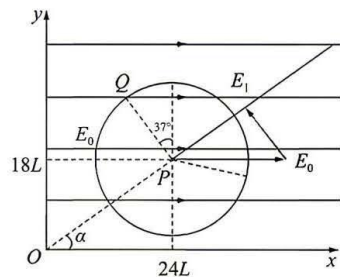
5. 【答案】C

【解析】地球自转的周期  $T$  为一天的时间，所以中国空间站运行周期为  $T_1=\frac{T}{n}$ ，设地球质量为  $M$ ，中国空间站的质量为  $m$ ，根据牛顿第二定律有  $G\frac{Mm}{(R+h)^2}=m(R+h)\frac{4\pi^2}{T_1^2}$ ，解得地球质量为  $M=\frac{4\pi^2 n^2 (R+h)^3}{GT^2}$ ，根据题设条件无法求出中国空间站的质量，选项 A 错误；中国空间站绕地球转动的线速度大小为  $v=(R+h)\frac{2\pi}{T_1}=\frac{2n\pi(R+h)}{T}$ ，选项 B 错误；忽略地球自转对重力的影响，地球表面有  $G\frac{Mm}{R^2}=mg$ ，中国空间站所在之处有  $G\frac{Mm}{(R+h)^2}=mg'$ ，两式联立解得  $g'=\left(\frac{R}{R+h}\right)^2 g$ ，选项 C 正确；根据  $G\frac{Mm}{R^2}=mg$  可得地球质量为  $M=\frac{gR^2}{G}$ ，地球的平均密度为  $\rho=\frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}=\frac{3g}{4\pi GR}$ ，选项 D 错误。

6. 【答案】B

【解析】P 点合电场强度方向沿 OP 方向，则负点电荷在 P 点产生的电场强度  $E_1$  与匀强电场电场强度  $E_0$

的矢量和沿  $OP$  方向, 设  $OP$  与  $x$  轴正方向的夹角为  $\alpha$ ,  $\tan \alpha = \frac{18L}{24L} = \frac{3}{4}$ , 则  $\alpha = 37^\circ$ , 当点电荷在  $P$  点产生的电场强度最小时点电荷电荷量最小, 根据三角形定则可得点电荷在  $P$  点产生的电场强度的最小值为  $E_1 = E_0 \sin 37^\circ = \frac{3}{5} E_0$ , 方向垂直于  $OP$  向左上方, 如图所示, 根据点电荷电场强度公式有  $E_1 = \frac{kQ}{(15L)^2}$ , 解得  $Q = \frac{135L^2 E_0}{k}$ , 点电荷带负电, 则



点电荷的位置应在  $P$  点左上方, 与  $y$  轴正方向的夹角为  $37^\circ$ , 则该点横坐标为  $x = 24L - 15L \sin 37^\circ = 15L$ , 纵坐标为  $y = 18L + 15L \cos 37^\circ = 30L$ , 坐标为  $(15L, 30L)$ , 选项 B 正确。

7. 【答案】C

【解析】当轻绳上的拉力为 0 时, 设杆上的力为  $F_{N1}$ , 方向沿杆方向, 在水平方向上根据牛顿第二定律有  $F_{N1} \cos 53^\circ = ma_1$ , 竖直方向上有  $F_{N1} \sin 53^\circ = mg$ , 代入数据解得  $a_1 = 7.5 \text{ m/s}^2$ , 以整体为研究对象, 根据牛顿第二定律有  $F_1 - \mu(M+m)g = (M+m)a_1$ , 代入数据解得  $F_1 = 57 \text{ N}$ , 绳处于伸直状态时  $F \geq 57 \text{ N}$ , 当轻绳上的拉力为  $F_T = 2.5 \text{ N}$  时, 设杆上的力为  $F_{N2}$ , 方向沿杆方向, 在水平方向上根据牛顿第二定律有  $F_{N2} \cos 53^\circ + F_T = ma_2$ , 竖直方向上有  $F_{N2} \sin 53^\circ = mg$ , 代入数据解得  $a_2 = 10 \text{ m/s}^2$ , 以整体为研究对象, 根据牛顿第二定律有  $F_2 - \mu(M+m)g = (M+m)a_2$ , 代入数据解得  $F_2 = 72 \text{ N}$ , 绳处于伸直状态且不断裂时  $F \leq 72 \text{ N}$ , 选项 C 正确。

8. 【答案】AD

【解析】在  $t=0$  时刻, 由于  $a$  处于平衡位置且速度方向沿  $y$  轴正方向,  $b$  恰好处于波峰位置, 水波又从  $a$  向  $b$  传播, 所以  $a$ 、 $b$  两点间的距离为  $\Delta x = \left(n + \frac{3}{4}\right)\lambda = 3 \text{ m}$ , 该水波波长  $\lambda > 3 \text{ m}$ , 所以  $n$  只能取 0, 解得波长  $\lambda = 4 \text{ m}$ , 选项 A 正确; 从振动图像可得波的周期为  $T = 0.4 \text{ s}$ , 波速  $v = \frac{\lambda}{T} = 10 \text{ m/s}$ , 选项 B 错误;  $t = 0.85 \text{ s} = 2T + \frac{T}{8}$ , 此时浮漂  $a$  位移为正值, 所以加速度方向沿  $y$  轴负方向, 即竖直向下, 选项 C 错误;  $t = 1.05 \text{ s} = 2T + \frac{5T}{8}$ , 浮漂  $a$  速度方向沿  $y$  轴负方向, 即竖直向下, 浮漂  $b$  速度方向沿  $y$  轴正方向, 即竖直向上, 所以浮漂  $a$  和浮漂  $b$  的速度方向相反, 选项 D 正确。

9. 【答案】AC

【解析】汽车匀减速运动的位移为  $x = 100 \text{ m}$ , 运动时间为  $t = 12 \text{ s} - 2 \text{ s} = 10 \text{ s}$ , 设末速度为  $v$ , 根据运动学公式有位移  $x = \frac{v_0 + v}{2}t$ , 解得  $v = 20 \text{ m/s} - v_0$ , 当绿灯显示还有 2 s 时汽车通过停止线, 则  $v > 0$ , 即  $v = 20 \text{ m/s} - v_0 > 0$ , 解得  $v_0 < 20 \text{ m/s}$ , 选项 A 正确, 选项 B 错误; 根据运动学公式末速度  $v = v_0 - at$ , 位移  $x = v_0 t - \frac{1}{2}at^2$ , 两式联立解得  $x = vt + \frac{1}{2}at^2$ , 解得  $v = \frac{x}{t} - \frac{1}{2}at$ , 当绿灯显示还有 2 s 时汽车通过停止线, 则  $v > 0$ , 即  $v = \frac{x}{t} - \frac{1}{2}at > 0$ , 代入数据解得  $a < 2 \text{ m/s}^2$ , 选项 C 正确, 选项 D 错误。

10. 【答案】BD

【解析】导体棒刚开始运动时, 回路中感应电动势为  $E = BLv_0 = 6 \text{ V}$ , 选项 A 错误; 当导体棒  $N$  到达磁场右边界时回路中电流恰好趋于零, 说明此时两棒的速度相同, 回路中感应电动势为 0, 设此时的共同速度大小为  $v$ , 运动过程中两棒受到的安培力大小相等, 方向相反, 两棒组成的系统动量守恒, 根据动量守恒定律有  $m_1 v_0 = (m_1 + m_2)v$ , 解得  $v = 2 \text{ m/s}$ , 以导体棒  $M$  为研究对象, 设水平向左为正方向, 根据动量定理有  $\bar{I}Lbt = -m_1 v_1 - (-m_1 v_0)$ , 此过程中通过导体棒  $M$  的电荷量  $q = \bar{I}t$ , 两式联立解得  $q = 0.2 \text{ C}$ , 选项 B 正

确;根据法拉第电磁感应定律得感应电动势为  $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{BL(x_1 - x_0)}{\Delta t}$ , 此过程中平均电流为  $\bar{I} = \frac{E}{R_1 + R_2}$ , 以上两式再与  $q = \bar{I}t$  联立解得  $x_1 = 5.8 \text{ m}$ , 导体棒  $N$  出磁场后, 只有导体棒  $M$  切割磁感线, 回路中继续产生感应电流, 导体棒  $M$  会继续减速, 假设  $M$  在磁场中减速到 0, 减速过程以  $M$  为研究对象, 以水平向左为正方向, 根据动量定理有  $\bar{I}_1 L B t_1 = 0 - (-m_1 v_1)$ , 通过的电荷量  $q_1 = \bar{I}_1 t_1$ , 两式联立解得  $q_1 = 0.4 \text{ C}$ , 根据法拉第电磁感应定律有, 感应电动势为  $E_1 = \frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t_1} = \frac{BLx_2}{\Delta t_1}$ , 此过程中平均电流为  $\bar{I}_1 = \frac{E_1}{R_1 + R_2}$ , 以上各式联立解得  $x_2 = 6 \text{ m}$ ,  $x_1 + x_2 = 11.8 \text{ m} < d$ , 所以假设成立, 导体棒  $M$  的速度可以减到 0, 选项 C 错误; 导体棒  $N$  出磁场后以  $v_1 = 2 \text{ m/s}$  的速度运动, 整个过程根据能量守恒定律有  $Q_{\text{总}} = \frac{1}{2} m_1 v_0^2 - \frac{1}{2} m_2 v_1^2$ , 两导体棒串联, 根据功率分配规律可知, 导体棒  $N$  产生的焦耳热为  $Q = \frac{R_2}{R_1 + R_2} Q_{\text{总}}$ , 解得  $Q = 0.35 \text{ J}$ , 选项 D 正确。

11. 【答案】(1)切线水平(1分)  $>$ (1分)  $=$ (1分) (2)M(1分)  $\frac{m_1}{\sqrt{OP}} = \frac{m_1}{\sqrt{ON}} + \frac{m_2}{\sqrt{OM}}$  (1分)

(3)  $\frac{1}{\sqrt{OP}} + \frac{1}{\sqrt{ON}} = \frac{1}{\sqrt{OM}}$  (1分)

【解析】(1)因为要保证小球  $A$  离开圆弧轨道末端后开始做平抛运动, 所以必须调整圆弧轨道末端切线水平; 要保证碰撞之后  $A$ 、 $B$  两小球都向右运动, 两小球的质量关系为  $m_1 > m_2$ ; 要验证动量守恒定律, 必须保证小球  $A$  在不放小球  $B$  和放小球  $B$  两次运动到圆弧轨道末端时的动量相同, 所以必须保证  $H_2 = H_3$ 。

(2)两球在水平方向上做匀速直线运动, 水平方向有  $d = v_0 t$ , 两球运动的水平距离相同, 水平速度越大, 运动时间越短, 竖直下落高度越小, 碰撞之后小球  $B$  的速度大于小球  $A$  的速度, 小球  $B$  下落高度较小, 所以打在  $M$  点; 小球  $A$  离开桌面后做平抛运动, 设速度为  $v_0$ , 不放小球  $B$  时, 水平方向上有  $d = v_0 t_1$ , 竖直方向上有  $OP = \frac{1}{2} g t_1^2$ , 则小球初速度为  $v_0 = d \sqrt{\frac{g}{2OP}}$ 。放小球  $B$  时, 设碰撞之后  $A$ 、 $B$  的速度分别为  $v_1$ 、

$v_2$ , 对小球  $A$ , 水平方向上有  $d = v_1 t_2$ , 竖直方向上有  $ON = \frac{1}{2} g t_2^2$ , 则小球初速度为  $v_1 = d \sqrt{\frac{g}{2ON}}$ ; 对小球

$B$ , 水平方向上有  $d = v_2 t_3$ , 竖直方向上有  $OM = \frac{1}{2} g t_3^2$ , 则小球的初速度为  $v_2 = d \sqrt{\frac{g}{2OM}}$ 。要验证动量守

恒定律, 则  $m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$ , 将速度代入上式化简得  $\frac{m_1}{\sqrt{OP}} = \frac{m_1}{\sqrt{ON}} + \frac{m_2}{\sqrt{OM}}$ 。

(3)如果发生弹性碰撞, 则动量守恒, 机械能也守恒, 所以有  $m_1 v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$ ,  $\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$ , 两式联立解得  $v_0 + v_1 = v_2$ , 将速度代入化简可得  $\frac{1}{\sqrt{OP}} + \frac{1}{\sqrt{ON}} = \frac{1}{\sqrt{OM}}$ 。

12. 【答案】(1)0.200(1分) (2)E(1分) (3)  $\frac{4\rho}{\pi d^2 R_0}$  (2分)  $6.3 \times 10^{-6}$  (2分) 25(2分)

(4)不变(1分)

【解析】(1)电阻丝的直径为  $d = 0 \text{ mm} + 20.0 \times 0.01 \text{ mm} = 0.200 \text{ mm}$ 。

(2)分压式接法滑动变阻器总阻值越小, 调节时电流和电压的变化越接近线性变化, 调节越方便, 所以滑动变阻器应选择总阻值较小的  $E$ 。

(3)根据串并联电路的特点有  $I_1 (R_x + R_{\text{A1}}) = (I_2 - I_1) R_0$ , 根据电阻定律  $R_x = \rho \frac{L}{\frac{1}{4} \pi d^2} = \frac{4\rho L}{\pi d^2}$ , 两式联立再

数学变换得  $\frac{I_2}{I_1} = \frac{4\rho}{\pi d^2 R_0} L + \frac{R_{A1}}{R_0} + 1$ , 所以图像斜率  $k = \frac{4\rho}{\pi d^2 R_0}$ ; 从图像可得图像斜率为  $k = \frac{2.25 - 1.25}{0.5 - 0} = \frac{4\rho}{\pi d^2 R_0}$ , 解得  $\rho = 6.3 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ , 图像的截距为  $1.25 = \frac{R_{A1}}{R_0} + 1$ , 解得  $R_{A1} = \frac{1}{4} R_0 = 25 \Omega$ 。

(4) 电流表  $A_1$  的内阻  $R_{A1}$  是根据图像的截距表达式  $\frac{R_{A1}}{R_0} + 1$  和定值电阻  $R_0$  测出的, 所以从系统误差的角度考虑, 测得的电阻丝直径偏大不影响电流表  $A_1$  的内阻  $R_{A1}$  的测量结果, 所以这样测出的电流表  $A_1$  的内阻  $R_{A1}$  不变。

13. 【解析】(1) 稳定后两部分气体压强还是相等, 设为  $p_1$ , 汽缸导热良好, 环境的温度始终保持不变, 则气体温度不变, 对气体 A, 根据玻意耳定律有  $p_0 V = p_1 V_1$  (2分)

对气体 B, 根据玻意耳定律有  $p_0 \times 2V = p_1 \left( 2V + V - \frac{V}{2} - V_1 \right)$  (2分)

两式联立解得  $V_1 = \frac{5}{6} V$  (1分)

(2) 在活塞 1 上轻放一物块, 稳定后活塞 1 回到初始位置时设气体 A 的压强为  $p_2$ , 对气体 A, 根据玻意耳定律有  $p_0 V = p_2 \left( V - \frac{V}{2} \right)$  (2分)

解得  $p_2 = 2p_0$  (1分)

去掉活塞 2 后活塞 1 上方为大气压  $p_0$ , 根据平衡条件有  $p_0 S + mg = p_2 S$  (1分)

解得  $m = \frac{p_0 S}{g}$  (1分)

14. 【解析】(1) 带电粒子垂直于电场方向射出, 所以做类平抛运动, 作出粒子的轨迹如图所示。

$y$  方向上做匀速直线运动有

$$6L = v_0 t_1$$

解得  $t_1 = \frac{6L}{v_0}$  (1分)

$x$  方向上做初速度为 0 的匀加速直线运动有

$$\sqrt{3}L = \frac{1}{2} a t_1^2$$
 (1分)

根据牛顿第二定律有  $qE = ma$  (1分)

以上各式联立解得电场强度  $E = \frac{\sqrt{3} m v_0^2}{18 q L}$  (1分)

(2) 设粒子到达  $O$  点时速度大小为  $v$ , 在电场中运动过程, 根据动能定理有

$$qE \times \sqrt{3}L = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2, \text{解得 } v = \frac{2\sqrt{3}}{3} v_0$$
 (1分)

粒子经过  $O$  点时速度方向与  $y$  轴负方向的夹角设为  $\theta$ , 则有  $\frac{v_0}{v} = \cos \theta$

解得  $\theta = 30^\circ$  (1分)

带电粒子在第三象限磁场中做匀速圆周运动, 洛伦兹力提供向心力有  $qvB = \frac{m v^2}{R_1}$

解得  $R_1 = 5L$  (1分)

作出粒子运动轨迹如图所示, 根据几何关系可知粒子在第三象限转过的圆心角为  $60^\circ$ , 所用的时间

$$t_2 = \frac{60^\circ}{360^\circ} \times \frac{2\pi R_1}{v} = \frac{5\sqrt{3}\pi L}{6v_0}$$

运动时间为  $t = t_1 + t_2 = \frac{(36 + 5\sqrt{3}\pi)L}{6v_0}$  (1分)

(3) 粒子从坐标原点进入第三象限, 设从  $y$  轴上的  $Q$  点进入第四象限, 根据对称性可知粒子经过  $y$  轴时速度方向与  $y$  轴夹角也为  $30^\circ$ , 根据几何关系可知  $OQ=2R_1 \sin 30^\circ=5L$  (1分)

经第四象限磁场偏转后恰好不进入第一象限, 则运动轨迹与  $x$  轴相切, 运动轨迹如图所示

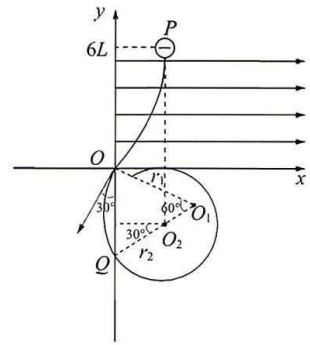
根据几何关系有  $OQ-R_2=R_2 \sin 30^\circ$

$$\text{解得 } R_2 = \frac{10}{3}L \quad (1 \text{分})$$

带电粒子在第四象限磁场中做匀速圆周运动, 洛伦兹力提供向心力有

$$qvB_1 = \frac{mv^2}{R_2} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{联立解得 } B_1 = \frac{\sqrt{3}mv_0}{5qL} \quad (1 \text{分})$$



15. 【解析】(1) 物块从斜面下滑到平台过程, 根据机械能守恒定律有

$$mgh = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{解得 } v_0 = \sqrt{2gh} \quad (1 \text{分})$$

物块  $P$ 、 $Q$  发生弹性碰撞, 根据动量守恒定律有  $mv_0 = -mv_{P1} + 3mv_{Q1}$  (1分)

根据机械能守恒定律有  $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_{P1}^2 + \frac{1}{2} \times 3mv_{Q1}^2$  (1分)

$$\text{联立两式解得 } v_{P1} = \frac{1}{2}\sqrt{2gh} \quad (1 \text{分})$$

$$v_{Q1} = \frac{1}{2}\sqrt{2gh} \quad (1 \text{分})$$

(2) 物块  $P$  在斜面上运动时机械能守恒, 第一次滑回到平台时速度大小仍为  $v_{P1}$ , 第二次与物块  $Q$  碰撞过程, 根据动量守恒定律有  $mv_{P1} = -mv_{P2} + 3mv_{Q2}$

根据机械能守恒定律有  $\frac{1}{2}mv_{P1}^2 = \frac{1}{2}mv_{P2}^2 + \frac{1}{2} \times 3mv_{Q2}^2$

$$\text{解得 } v_{P2} = \frac{1}{2}v_{P1} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \sqrt{2gh}$$

$$v_{Q2} = \frac{1}{2}v_{P1} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \sqrt{2gh}$$

第  $n$  次与物块  $Q$  碰撞过程根据动量守恒定律有  $mv_{P(n-1)} = -mv_{Pn} + 3mv_{Qn}$  (1分)

根据机械能守恒定律有  $\frac{1}{2}mv_{P1}^2 = \frac{1}{2}mv_{P2}^2 + \frac{1}{2} \times 3mv_{Q2}^2$  (1分)

$$\text{解得 } v_{Pn} = \frac{1}{2}v_{P(n-1)} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \sqrt{2gh} \quad n=1, 2, 3, \dots$$

$$v_{Qn} = \frac{1}{2}v_{P(n-1)} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \sqrt{2gh} \quad n=1, 2, 3, \dots$$

从碰撞之后到物块  $Q$  运动到  $C$  点过程中, 根据动能定理有

$$-\mu \times 3mg \times \frac{h}{9} = \frac{1}{2} \times 3mv_C^2 - \frac{1}{2} \times 3mv_{Qn}^2$$

物块  $Q$  能落入有效接收区内时要求物块  $Q$  运动到  $C$  点速度大于 0, 则有  $\frac{1}{2} \times 3mv_C^2 > 0$  (1分)

$$\text{联立得 } \frac{1}{2} \times 3mv_{Qn}^2 > \mu \times 3mg \times \frac{h}{9}$$

代入数据化简得  $4^n < 300$

解得  $n < 5$

设物块 Q 做平抛运动刚好落到 E 点时,物块 Q 运动到 C 点的速度大小为  $v_{C1}$

根据平抛运动规律,水平方向上有  $\frac{9}{10}h = v_{C1}t$  (1分)

竖直方向上有  $h = \frac{1}{2}gt^2$  (1分)

$$\text{解得 } v_{C1} = \sqrt{\frac{81gh}{200}}$$

物块 Q 能落入有效接收区内时要求物块 Q 运动到 C 点的速度  $v_c < v_{C1}$ ,则有

$$\frac{1}{2} \times 3mv_c^2 \leq \frac{1}{2} \times 3mv_{C1}^2 \quad (1分)$$

$$\text{联立得 } \frac{1}{2} \times 3mv_{Qc}^2 < \mu \times 3mg \times \frac{h}{9} + \frac{1}{2} \times 3mv_{C1}^2$$

代入数据化简得  $4^n > \frac{1200}{247}$

解得  $n > 1$

综上所述,  $1 < n < 5$ , 则  $n$  只能取 2、3、4, 即有 3 个物块落入有效接收区内 (1分)

(3) 物块 P 第一次弹回沿斜面运动的路程为  $s_1$ , 上升过程根据动能定理有

$$-mgs_1 \sin 37^\circ = 0 - \frac{1}{2}mv_{P1}^2 \quad (1分)$$

$$\text{结合 } v_{P1} = \frac{1}{2}\sqrt{2gh} \text{ 解得 } s_1 = \frac{1}{4} \times \frac{5h}{3}$$

物块 P 第二次弹回沿斜面运动的路程为  $s_2$ , 上升过程根据动能定理有

$$-mgs_2 \sin 37^\circ = 0 - \frac{1}{2}mv_{P2}^2$$

$$\text{结合 } v_{P2} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \sqrt{2gh}, \text{ 解得 } s_2 = \left(\frac{1}{4}\right)^2 \times \frac{5h}{3}$$

物块 P 第  $n$  次弹回沿斜面运动的路程为  $s_n$ , 上升过程根据动能定理有

$$-mgs_n \sin 37^\circ = 0 - \frac{1}{2}mv_{Pn}^2 \quad (1分)$$

$$\text{结合 } v_{Pn} = \frac{1}{2}v_{P(n-1)} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \sqrt{2gh}, \text{ 解得 } s_n = \left(\frac{1}{4}\right)^n \times \frac{5h}{3} \quad (1分)$$

$$\text{则运动的总路程为 } s = \frac{h}{\sin 37^\circ} + 2s_1 + 2s_2 + \dots + 2s_n = \frac{h}{\sin 37^\circ} + 2(s_1 + s_2 + \dots + s_n) \quad (1分)$$

$$\text{根据等比数列求和公式得 } s_1 + s_2 + \dots + s_n = \frac{s_1 \left[ 1 - \left(\frac{1}{4}\right)^n \right]}{1 - \frac{1}{4}} = \frac{s_1}{1 - \frac{1}{4}} = \frac{5}{9}h$$

$$\text{代入上式得 } s = \frac{25}{9}h \quad (1分)$$