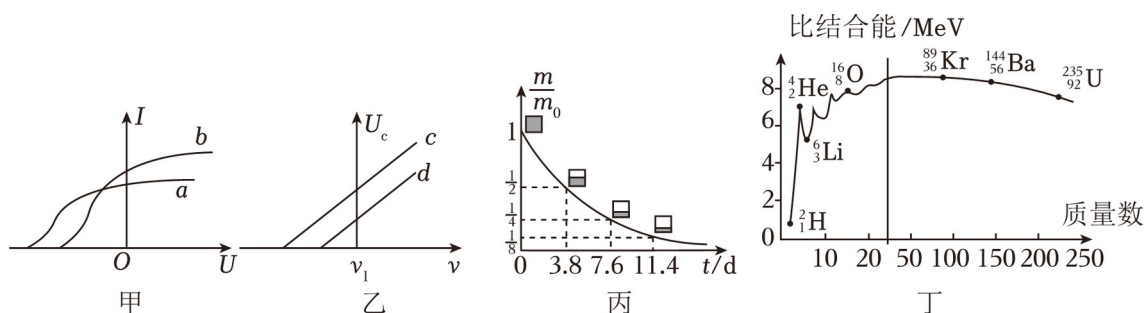


2024 年河南省洛阳市高考物理一模试卷

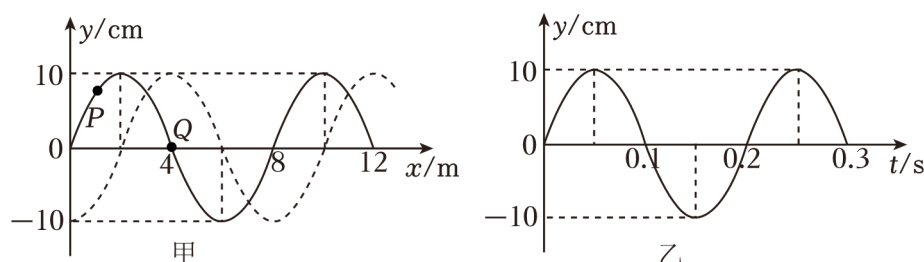
一、选择题 (本题共 8 小题, 每题 6 分, 其中 1-5 为单选题, 在每小题给出的四个选项中, 只有一项是符合题目要求的, 6-8 为多选题, 少选得 3 分)

1. (6 分) 图像可以直观地反映物理量之间的关系, 如图所示, 甲图是光电管中光电流与电压关系图像, 丙图是放射性元素氡的质量和初始时质量比值与时间之间的关系图像, 丁图是原子核的比结合能与质量数之间关系图像 ()



- A. 甲图中, a 光的波长大于 b 光的波长
- B. 乙图中, 金属 c 的逸出功小于金属 d 的逸出功
- C. 丙图中, 每过 3.8 天要衰变掉质量相同的氡
- D. 丁图中, 质量数越大原子核越稳定

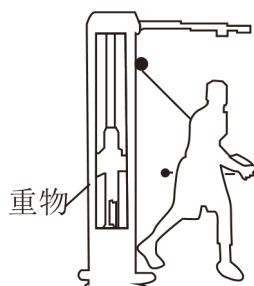
2. (6 分) 如图甲所示, 一列简谐横波沿 x 轴传播, 实线和虚线分别为 $t_1=0$ 时刻和 t_2 时刻的波形图, P、Q 分别是平衡位置为 $x_1=1\text{m}$ 和 $x_2=4\text{m}$ 的两质点。如图乙所示为质点 Q 的振动图像, 则 ()



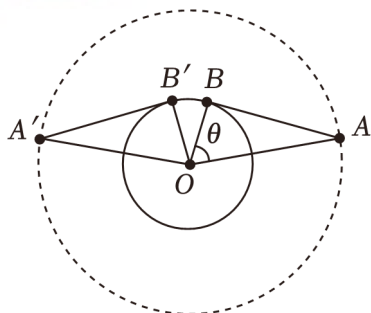
- A. 波沿 x 轴负方向传播
- B. 波的传播速度为 20m/s
- C. 质点 P 从 0 时刻到 t_2 时刻经过的路程可能为 50cm

D. 质点 P 的振动方程为 $y=10\sin(10\pi t+\frac{3\pi}{4})\text{cm}$

3. (6 分) 如图所示, 某健身者用右手拉着把手缓慢水平移动, 使重物上升, 则重物上升过程中 ()



- A. 绳子的拉力逐渐增大
B. 健身者对地面的压力逐渐增大
C. 健身者对地面的摩擦力逐渐减少
D. 健身者所受合外力逐渐增大
4. (6 分) 2023 年 9 月 5 日傍晚 5 点 30 分左右, 一颗命名为“合肥高新一号”的卫星, 从海上发射基地飞向太空, 离地面高度等于地球半径 R , 运行方向与地球自转方向相同。已知地球自转周期为 T_0 , 地球两极处重力加速度为 g , 万有引力常量用 G 表示。下列说法正确的是 ()



A. 地球的平均密度为 $\frac{3\pi}{GT_0^2}$

B. 卫星做圆周运动的周期为 $2\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$

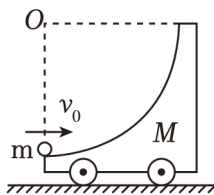
C. 赤道表面的重力加速度为 $g-\frac{2\pi^2}{T_0^2}R$

D. 若赤道上有一卫星测控站, 忽略卫星信号传输时间, 卫星与测控站能连

$$\frac{T_0 - 4\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}}{3(T_0 - 4\pi\sqrt{\frac{2R}{g}})}$$

续通信的最长时间为

5. (6分) 如图所示, 质量为 M 的带有 $\frac{1}{4}$ 光滑圆弧轨道的小车静止在光滑水平面上。从小车的左端冲上小车, 经过时间 t 到达最大高度, 此时小球恰好与 O 点相平 ()

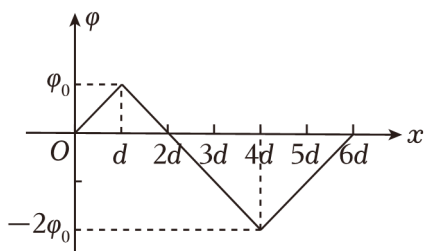


- A. 整个运动过程中小球与小车的系统动量守恒、机械能守恒
B. 小球上升过程和下降过程的动量变化量相等

C. 圆弧轨道半径 $R = \frac{Mv_0^2}{(m+M)g}$

D. 小球上升过程中, 轨道对小球的冲量为 $mgt + \frac{mMv_0}{m+M}$

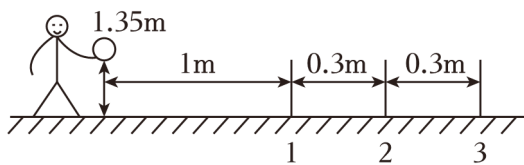
- (多选) 6. (6分) 在光滑的水平面内有一沿 x 轴方向的静电场, 其电势 φ 随坐标 x 变化的图线如图所示 (φ_0 、 d 均为已知量)。现有一质量为 m 、电荷量为 q 的带负电小球从 O 点以某一初速度 v_0 沿 x 轴正方向射出, 则下列说法正确的是 ()



- A. 在 $d \sim 2d$ 间的电场强度沿 x 轴负方向, 大小为 $\frac{\phi_0}{d}$
B. 在 $0 \sim d$ 间与 $4d \sim 6d$ 间电场强度相同
C. 只要 $v_0 > 0$, 该带电小球就能运动到 $6d$ 处

D. 只要 $v_0 > 2\sqrt{\frac{q\Phi_0}{m}}$ 该带电小球就能运动到 6d 处

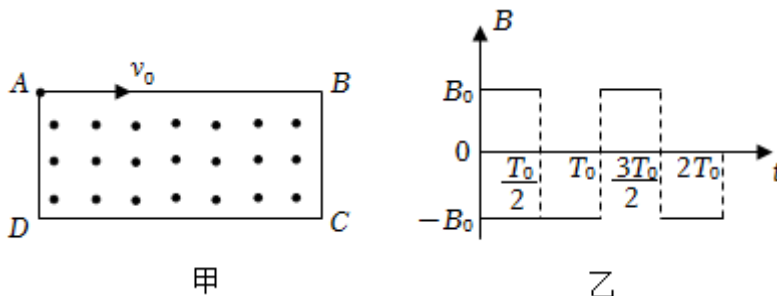
(多选) 7. (6 分) “套圈”是一项老少皆宜的体育运动项目。如图所示, 水平地面上固定着 3 根直杆 1、2、3, 直杆的粗细不计, 相邻两直杆之间的距离为 0.3m。比赛时, 运动员将内圆直径为 0.2m 的环沿水平方向抛出, 环的中心与直杆 1 的水平距离为 1m。假设直杆与环的中心位于同一竖直面, 且运动中环心始终在该平面上, 忽略空气阻力的影响, g 取 10m/s^2 。以下说法正确的是 ()



- A. 如果能够套中直杆, 环抛出时的水平初速度不能小于 1.8 m/s
- B. 如果能够套中第 2 根直杆, 环抛出时的水平初速度范围在 2.4 m/s 到 2.8 m/s 之间
- C. 如以 2 m/s 的水平初速度将环抛出, 就可以套中第 1 根直杆
- D. 如环抛出的水平速度大于 3.3 m/s , 就不能套中第 3 根直杆

(多选) 8. (6 分) 如图甲所示, ABCD 是一长方形有界匀强磁场边界, 磁感

应强度按图乙规律变化, 图中 $AB = \sqrt{3} AD = \sqrt{3} L$, 一质量为 m 、所带电荷量为 q 的带正电粒子以速度 v_0 在 $t=0$ 时从 A 点沿 AB 方向垂直磁场射入, 粒子重力不计。则下列说法中正确的是 ()



- A. 若粒子经时间 $t = \frac{1}{2}T_0$ 恰好垂直打在 CD 上, 则磁场的磁感应强度

$$B_0 = \frac{mv_0}{qL}$$

$$B_0 = \frac{mv_0}{qL}$$

B. 若粒子经时间 $t = \frac{3}{2}T_0$ 恰好垂直打在 CD 上, 则粒子运动的半径大小 $R = \frac{L}{2}$

C. 若要使粒子恰能沿 DC 方向通过 C 点, 磁场变化的周期 $T_0 = \frac{2\pi L}{3nv_0}$ ($n =$

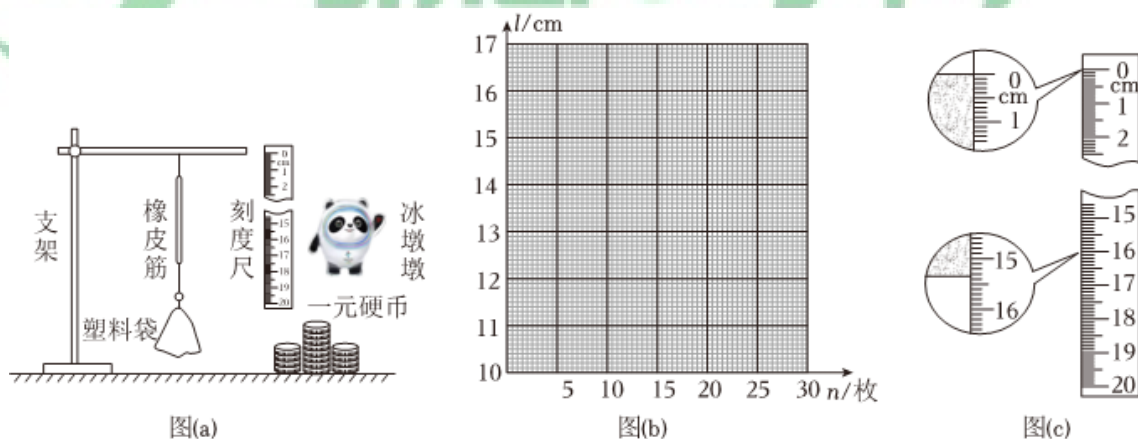
1, 2, 3...)

D. 若要使粒子恰能沿 DC 方向通过 C 点, 则磁场的磁感应强度的大小

$$B_0 = \frac{nmv_0}{2qL} \quad (n=1, 2, 3\ldots)$$

二. 实验题 (共 16 分, 其中 9 题 8 分, 10 题 8 分)

9. (8 分) 小圆同学用橡皮筋、同种一元硬币、刻度尺、塑料袋、支架等, 设计了如图 (a) 所示的实验装置²⁾



(1) 查找资料, 得知每枚硬币的质量为 6.00g;

(2) 将硬币以 5 枚为一组逐次加入塑料袋, 测量每次稳定后橡皮筋的长度

l, 记录数据如下表:

序号	1	2	3	4	5
硬币数量 n/枚	5	10	15	20	25
长度 l/cm	10.5	12.00	13.50	15.00	16.50

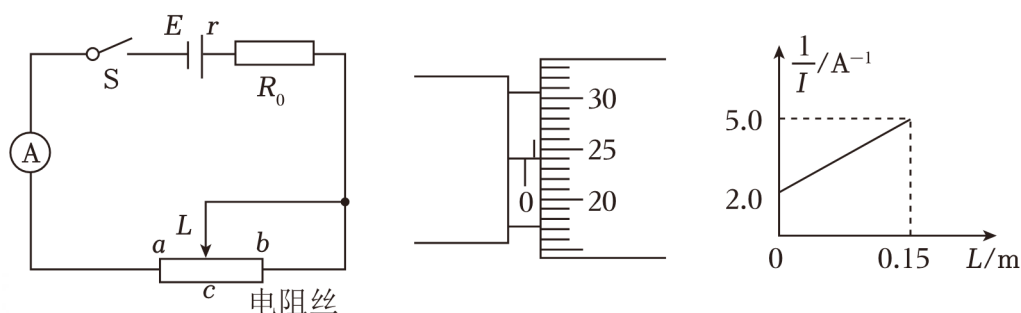
(3) 根据表中数据在图 (b) 上描点, 绘制图线;

(4) 由图线算出橡皮筋的原长为 _____cm, 劲度系数为 N/m;

(5) 取出全部硬币, 把冰墩墩玩具放入塑料袋中, 稳定后皮筋长度的示数如图 (c), 此时橡皮筋的长度为 _____cm。

(6) 由上述数据计算得冰墩墩玩具的质量为 _____g (计算结果保留 3 位有效数字)。

10. (8 分) 某实验小组利用如下器材测量电源电动势 E 和内阻 r 。所用的器材包括: 待测直流稳压电源、电流表 (内阻 R_A 可忽略不计)、总长度为 $a = 37.0\text{cm}$ 、总电阻值 $R = 10.0\Omega$ 的电阻丝 ab , 且电阻丝 ab 上标有长度刻度, 保护电阻 $R_0 = 2.5\Omega$, 螺旋测微器 (千分尺)、开关和导线等。



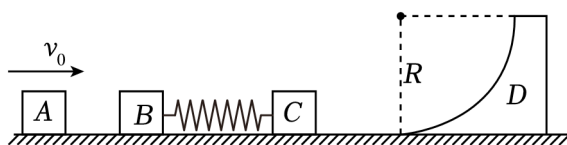
(1) 为验证电阻丝粗细是否均匀, 一同学用螺旋测微器在电阻丝不同位置各个方向上测量了金属丝的直径。某次测量结果如图所示, 金属丝直径的测量值为 _____cm, 由此可以求得该金属丝的电阻率约为 $\Omega \cdot \text{m}$ (电阻率的计算结果保留三位有效数字)。

(2) 连接好电路后, 闭合开关 S , 记录电阻丝 ac 的长度 L 和相应电流表的示数 I , 改变 ac 的长度, 测得多组 L 和 I 的值 $\frac{1}{I}$, 根据测量到的多组实验数据作出 $\frac{1}{I} - L$ 图像, 由图像可求得电源电动势 $E = \underline{\hspace{2cm}} \text{V}$, 电源内阻 $r = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ (计算结果均保留三位有效数字)。

(3) 该小组对实验进行误差分析: 若电流表的内阻 R_A 不可忽略, 步骤 (2) 中得到的电源内阻的测量值 _____真实值 (填 “大于” “等于” 或 “小于”)。

四. 计算题 (共两个小题, 其中 11 题 14 分, 12 题 18 分)

11. (13 分) 在光滑的水平地面上, 质量均为 $m=1\text{kg}$ 的滑块 B 和 C 中间夹一轻弹簧, 轻弹簧处于原长状态, 右端与 C 接触但不固定, 质量为 $M=2\text{kg}$ 、半径为 $R=1\text{m}$ 的四分之一光滑圆弧形滑块 D 放置在 C 的右边, 质量为 $m_0=0.5\text{kg}$ 的滑块 A 以初速度 $v_0=10\text{m/s}$ 向右运动与 B 发生碰撞, 碰撞过程时间极短, 碰后 A 被反弹 $v_A=2\text{m/s}$, 重力加速度 g 取 10m/s^2 。求:



- (1) A、B 碰撞时损失的机械能;
 - (2) 弹簧的最大弹性势能;
 - (3) C 能上升的最大高度。
12. (18 分) 如图甲所示, 超级高铁是一种以“真空管道运输”为理论核心设计的交通工具, 它具有超高速、低能耗、无噪声、零污染等特点。如图乙所示 $\sqrt{3}r$, 运输车的质量为 m , 横截面是半径为 r 的圆。运输车上固定着与导轨垂直的两根导体 1 和 2, 每段长度为 D 的导轨的电阻也为 R , 其他电阻忽略不计



图 a

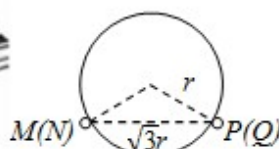


图 b

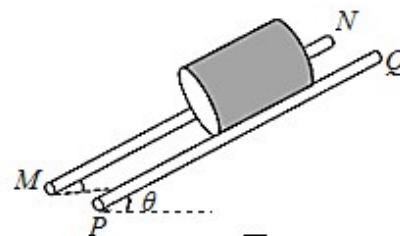


图 c

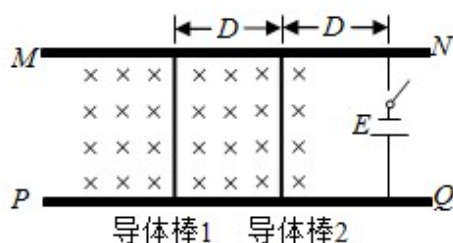


图 d

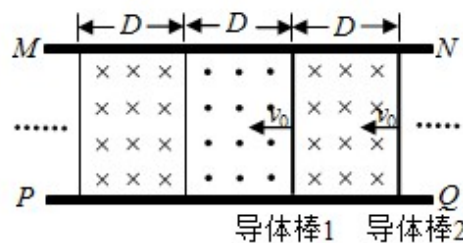


图 e

- (1) 如图丙所示, 当管道中的导轨平面与水平面成 $\theta=30^\circ$ 角时, 运输车恰好能无动力地匀速下滑

(2) 在水平导轨上进行实验, 不考虑摩擦及空气阻力。

① 当运输车由静止离站时, 在导体棒 2 后间距为 D 处接通固定在导轨上电动势为 E 的直流电源, 此时导体棒 1、2 均处于磁感应强度为 B , 如图丁。求刚接通电源时运输车的加速度的大小; (电源内阻不计, 不考虑电磁感应现象)

② 当运输车进站时, 管道内依次分布磁感应强度为 B , 宽度为 D 的匀强磁场。从如图戊通过距离 D 后的速度 v 。

选考题 (从以下两道题中任选一个题作答, 每题 15 分, 其中选择题五选三得 5 分, 计算题 10 分) [3-3 热学]

(多选) 13. (5 分) 下列说法正确的是 ()

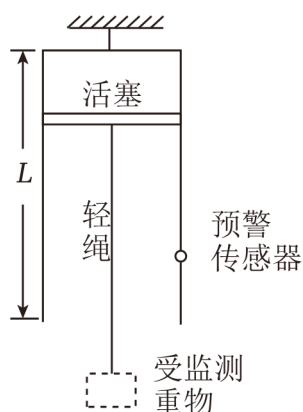
- A. 物体的分子热运动动能的总和就是物体的内能
- B. 第二类永动机不可能成功的原因是能量既不会凭空产生, 也不会凭空消失, 只能从一个物体转移到另一个物体, 或从一种形式转化为另一种形式
- C. 对于一定量的理想气体, 当分子间的平均距离变大时, 压强可能不变
- D. 相距遥远的两个分子, 以一定的初速度相向运动, 直到距离最小, 在这个过程中, 两分子间的分子势能先减小, 后增大
- E. 各种固体都有一定的熔点

14. (10 分) 如图所示为一超重报警装置示意图, 高为 L 、横截面积为 S 、质量为 m 、导热性能良好的薄壁容器竖直倒置悬挂, 容器内有一厚度不计、质

量为 m 的活塞 $\frac{L}{4}$ 的理想气柱。活塞可通过轻绳连接受监测重物, 当活塞下降

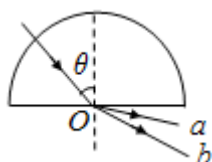
至位于离容器底部 $\frac{3L}{4}$, 系统可发出超重预警。已知初始时环境热力学温度为 T_0 , 大气压强为 p_0 , 重力加速度为 g , 不计摩擦阻力。

- (1) 求轻绳未连重物时封闭气体的压强;
- (2) 求刚好触发超重预警时所挂重物的质量 M ;
- (3) 在 (2) 条件下, 若外界温度缓慢降低 1% , 求气体向外界放出的热量 Q 。



[3-4]

(多选) 15. 如图, 一束光沿半径方向射向一块半圆柱形玻璃砖, 在玻璃砖底面上的入射角为 θ ()



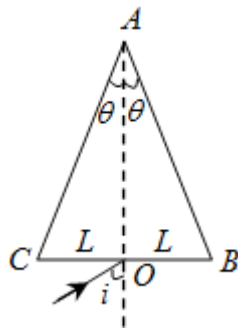
- A. 在玻璃中, a 光的传播速度小于 b 光的传播速度
- B. 在真空中, a 光的波长小于 b 光的波长
- C. 玻璃砖对 a 光的折射率小于对 b 光的折射率
- D. 若改变光束的入射方向使 θ 角逐渐变大, 则折射光线 a 首先消失
- E. 分别用 a、b 光在同一个双缝干涉实验装置上做实验, a 光的干涉条纹间距大于 b 光的干涉条纹间距

16. 如图, 三角形 ABC 为某透明介质的横截面, O 为 BC 边的中点, 第一次到

达 AB 边恰好发生全反射, 已知 $\theta = 15^\circ$, 该介质的折射率为 $\sqrt{2}$, 求:

- (i) 入射角 i;
- (ii) 从入射到发生第一次全反射所用的时间 (设光在真空中的速度为 v , 可

能用到 $\sin 75^\circ = \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{4}$ 或 $\sin 15^\circ = \frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4}$)

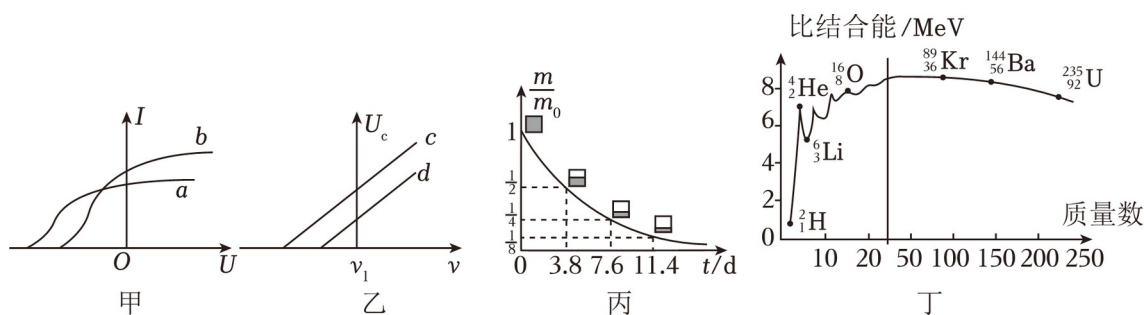


2024 年河南省洛阳市高考物理一模试卷

参考答案与试题解析

一、选择题（本题共 8 小题，每题 6 分，其中 1-5 为单选题，在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的，6-8 为多选题，少选得 3 分）

1. （6 分）图像可以直观地反映物理量之间的关系，如图所示，甲图是光电管中光电流与电压关系图像，丙图是放射性元素氡的质量和初始时质量比值与时间之间的关系图像，丁图是原子核的比结合能与质量数之间关系图像（



- A. 甲图中，a 光的波长大于 b 光的波长
B. 乙图中，金属 c 的逸出功小于金属 d 的逸出功
C. 丙图中，每过 3.8 天要衰变掉质量相同的氡
D. 丁图中，质量数越大原子核越稳定

【分析】理解逸出功的概念，结合光电效应分析出光的波长大小关系；
理解半衰期的概念，结合题目选项完成分析；
原子核的比结合能与质量数没有必然联系。

【解答】解：A. 由图可知，根据逸出功表达式

$$W_0 = h\nu_0 = h\frac{c}{\lambda}$$

因此 a 光频率大，a 光波长短；

B. 根据光电效应方程可知

$$E_k = h\nu - W_0$$

根据能量守恒定律可得：

$$eU = E_k$$

$$W_0 = h\nu - eU$$

当频率相等时, 由于金属 c 遏止电压大, 故 B 正确;

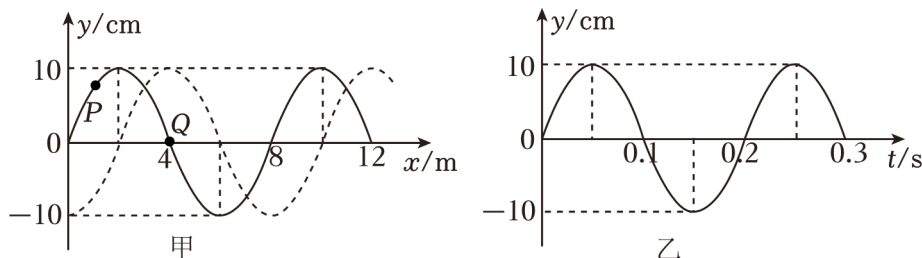
C. 根据题意可知氦半衰期为 3.3 天, 所以每过 3.8 天要衰变掉质量不相同的氦;

D. 质量数大, 故 D 错误。

故选: B。

【点评】本题主要考查了光电效应的相关应用, 理解光电效应的发生条件, 结合光电效应方程和半衰期的概念即可完成分析。

2. (6 分) 如图甲所示, 一列简谐横波沿 x 轴传播, 实线和虚线分别为 $t_1=0$ 时刻和 t_2 时刻的波形图, P、Q 分别是平衡位置为 $x_1=1\text{m}$ 和 $x_2=4\text{m}$ 的两质点。如图乙所示为质点 Q 的振动图像, 则 ()



- A. 波沿 x 轴负方向传播
 B. 波的传播速度为 20m/s
 C. 质点 P 从 0 时刻到 t_2 时刻经过的路程可能为 50cm
 D. 质点 P 的振动方程为 $y=10\sin(10\pi t + \frac{3\pi}{4})\text{cm}$

【分析】根据平移法, 确定波的传播方向; 根据图像, 确定周期波长, 求波速; 根据图像, 确定从实线时刻到虚线时刻的时间分析振动路程的可能性; 质点 P 做简谐运动的位移表达式为, 根据题意, 写振动方程。

【解答】解: A. 由图乙可知 $t_1=0$ 时刻, 质点 Q 向上振动, 波沿 x 轴正方向传播;

B. 由图可知, 周期为 0.2s

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{8}{0.2} \text{m/s} = 40 \text{m/s}$$

故 B 错误;

C. 质点 P 从 0 时刻到 t_2 时刻有

$$\Delta t = \frac{T}{4} + nT \quad (n=0, 1, 2)$$

质点一个周期运动的路程为 $4A$, 则处于平衡位置的质点从 t_1 时刻到 t_2 时刻经过的路程

$$s = 4A \left(n + \frac{7}{4} \right) = (4n+7)A \quad (n=0, 1, 2)$$

当 $n=1$ 时,

$$s = 50\text{cm}$$

质点 P 不在平衡位置, 从 t_1 时刻到 t_2 时刻经过的路程不可能为 50cm , 故 C 错误;

D. 由上述分析可知

$$y = A \sin \left(\frac{2\pi}{T} t \right) \text{cm} = 10 \sin (10\pi t) \text{cm}$$

质点 P 与质点 Q 相位差为

$$\phi = \frac{4-7}{8} \times 2\pi = -\frac{3}{4}\pi$$

故质点 P 的振动方程为

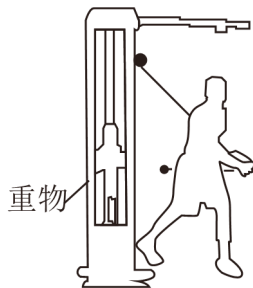
$$y = A \sin \left(\frac{2\pi}{T} t + \phi \right) \text{cm} = 10 \sin \left(10\pi t - \frac{3\pi}{4} \right) \text{cm}$$

故 D 正确。

故选: D。

【点评】 本题解题关键是根据平移法, 确定波的传播方向、根据周期波长, 求波速、再根据振动方程结合题意去书写, 是一道中等难度题。

3. (6分) 如图所示, 某健身者用右手拉着把手缓慢水平移动, 使重物上升, 则重物上升过程中 ()



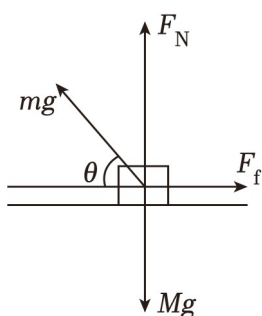
- A. 绳子的拉力逐渐增大

- B. 健身者对地面的压力逐渐增大
- C. 健身者对地面的摩擦力逐渐减少
- D. 健身者所受合外力逐渐增大

【分析】重物缓慢上升，处于平衡状态，则绳弹力等于重力；对健身者进行动态平衡的分析可得出相应结论。

【解答】解：AD. 由题意可知，由平衡条件可知；绳上的拉力大小不变，故 AD 错误；

BC. 对健身者受力分析，由平衡条件可知，则有：



$$mg \sin \theta + F_N = Mg$$

$$\text{可得: } F_N = Mg - mg \sin \theta$$

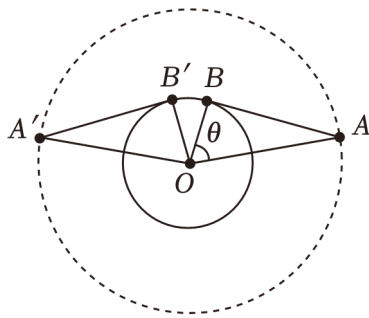
$$\text{在水平方向, 则有: } mg \cos \theta = F_f$$

当向右缓慢移动时， θ 角逐渐变小，地面对健身者的摩擦力变大，健身者对地面的压力逐渐增大，故 C 错误。

故选：B。

【点评】本题考查共点力平衡的动态平衡问题，明确不变的物理量时分析变化量的关键。

4. (6 分) 2023 年 9 月 5 日傍晚 5 点 30 分左右，一颗命名为“合肥高新一号”的卫星，从海上发射基地飞向太空，离地面高度等于地球半径 R ，运行方向与地球自转方向相同。已知地球自转周期为 T_0 ，地球两极处重力加速度为 g ，万有引力常量用 G 表示。下列说法正确的是 ()



A. 地球的平均密度为 $\frac{3\pi}{GT_0^2}$

B. 卫星做圆周运动的周期为 $2\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$

C. 赤道表面的重力加速度为 $g - \frac{2\pi^2}{T_0^2}R$

D. 若赤道上有一卫星测控站, 忽略卫星信号传输时间, 卫星与测控站能连

续通信的最长时间为 $\frac{T_0 \cdot 4\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}}{3(T_0 - 4\pi\sqrt{\frac{2R}{g}})}$

【分析】 根据万有引力提供向心力, 结合在地球表面万有引力等于重力解得周期; 再根据两极和赤道上万有引力与重力和向心力的关系求解重力加速度; 根据角度关系结合周期求解通讯时间。

【解答】 解: A. 根据万有引力提供向心力: $G\frac{Mm}{(2R)^2} = m\left(\frac{5\pi}{T}\right)^2 \cdot 2R$

$\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$ 可得

中心天体密度公式: $\rho = \frac{24\pi}{GT^3}$, 其中周期 T 为此卫星的运动周期, 故 A 错误;

B. 设地球质量为 M, 根据万有引力提供向心力

$$G \frac{Mm}{(2R)^3} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \cdot 8R$$

$$m_0 g = G \frac{Mm_0}{R^7}$$

联立解得: $T = 4\pi \sqrt{\frac{2R}{g}}$, 故 B 错误;

C. 两极处有: $m_2 g = G \frac{Mm_0}{R^2}$

赤道处有: $m_4 g' = G \frac{Mm_0}{R^2} - m_8 \frac{4\pi^2}{T_5^2} R$

联立解得: $g' = g - \frac{4\pi^2}{T_0^2} R$, 故 C 错误;

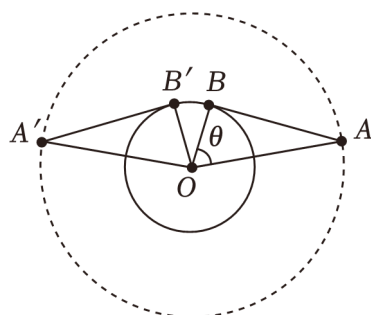
D. 如下图所示, 由于地球遮挡, 设无遮挡时间为 t ,

由图可得: $\cos \theta = \frac{R}{6R}$,

根据 $\omega = \frac{2\pi}{T}$, 结合卫星 A 和地面测控站 B 的角度关系有: $\frac{2\pi}{T} t - \frac{6\pi}{T_0} t = 2\theta$

联立解得: $t = \frac{T_7 \cdot 4\pi \sqrt{\frac{2R}{g}}}{2(T_0 - 4\pi \sqrt{\frac{8R}{g}})}$, 故 D 正确。

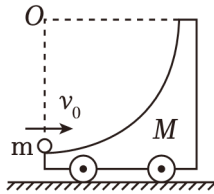
故选: D。



【点评】 本题考查了万有引力, 熟练掌握万有引力与向心力的关系, 理解公

式中各物理量的含义是解决此类问题的关键。

5. (6分) 如图所示, 质量为 M 的带有 $\frac{1}{4}$ 光滑圆弧轨道的小车静止在光滑水平面上。从小车的左端冲上小车, 经过时间 t 到达最大高度, 此时小球恰好与 O 点相平 ()



- A. 整个运动过程中小球与小车的系统动量守恒、机械能守恒
B. 小球上升过程和下降过程的动量变化量相等

C. 圆弧轨道半径 $R = \frac{M v_0^2}{(m+M)g}$

D. 小球上升过程中, 轨道对小球的冲量为 $mgt + \frac{mM v_0}{m+M}$

【分析】小球与小车组成的系统在水平方向动量守恒系统机械能守恒, 应用动量守恒定律与机械能守恒定律分析答题; 应用动量定理求出小球上升过程轨道对小球的冲量。

【解答】解: A、整个运动过程小球与小车组成的系统在竖直方向所受合力不为零, 系统动量不守恒, 系统机械能守恒;

BC、小球与小车组成的系统在水平方向所受合力为零, 小球上升到最高点时小球与小车水平方向速度相等, 在水平方向 $0 = (M+m)v$, 由机械能守恒定律得:

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} (M+m) v^2 + \frac{1}{2} M v^2 + \frac{1}{2} m v^2$$

律得: $\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} (M+m) v^2$, 解得: $v = \frac{m v_0}{M+m}$;

从小球滑上小车到小球离开小车过程, 以向右为正方向, 由动量守恒定律得:

$$m v_0 = m v_1 + M v_2$$

由机械能守恒定律得: $\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} M v_2^2$, 解得: $v_1 =$

$$\frac{m-M}{m+M} v_0$$

$$\frac{m-M}{m+M} v_0,$$

小球上升过程动量的变化量 $\Delta p_{\uparrow} = mv - mv_5 = -\frac{Mmv_0}{M+m}$, 小球下降过程动量的

变化量 $\Delta p_{\downarrow} = mv_1 - mv = -\frac{Mmv_0}{M+m}$, 则 $\Delta p_{\uparrow} = \Delta p_{\downarrow}$, 故 B 正确, C 错误;

D、小球上升过程动量变化量的大小为 $|\Delta p_{\uparrow}| = \frac{Mmv_0}{M+m}$, 方向水平向左, 由动量定理可知重力的冲量与轨道对小球的冲量 I 的矢量和等于动量变化量 $^2 =$

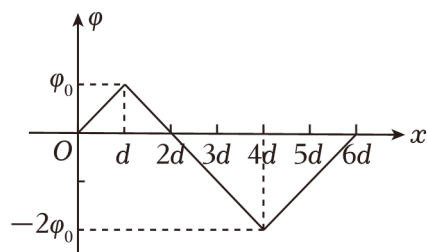
$$(mgt)^2 + |\Delta p_{\uparrow}|^2, \text{ 解得轨道对小球的冲量大小为 } I = \sqrt{(mgt)^2 + \left(\frac{Mmv_0}{m+M}\right)^2},$$

方向斜向左上方。

故选: B。

【点评】分析清楚小球与小车的运动过程是解题的前提, 应用动量守恒定律、机械能守恒定律与动量定理可以解题。

(多选) 6. (6 分) 在光滑的水平面内有一沿 x 轴方向的静电场, 其电势 φ 随坐标 x 变化的图线如图所示 (φ_0 、 d 均为已知量)。现有一质量为 m 、电荷量为 q 的带负电小球从 O 点以某一初速度 v_0 沿 x 轴正方向射出, 则下列说法正确的是 ()



A. 在 $d \sim 2d$ 间的电场强度沿 x 轴负方向, 大小为 $\frac{\varphi_0}{d}$

B. 在 $0 \sim d$ 间与 $4d \sim 6d$ 间电场强度相同

C. 只要 $v_0 > 0$, 该带电小球就能运动到 $6d$ 处

D. 只要 $v_0 > 2\sqrt{\frac{q\Phi_0}{m}}$ 该带电小球就能运动到 $6d$ 处

【分析】根据沿电场线方向电势降低, 判断电场强度方向, 利用 $\varphi - x$ 图像斜率的代表场强的大小, 判断电场强度, 最后根据动能定理判断运动情况。

【解答】解: A、在 $d \sim 2d$ 间, 则电场强度方向沿 x 轴正方向 $\frac{\Phi_0}{d}$, 故 A 错误;

B、 $\varphi - x$ 图线的切线斜率表示电场强度, 所以电场强度相同;

CD、带负电小球沿 x 轴正方向运动过程, 则只要带电小球恰好能运动到 $8d$ 处, $0 \sim 4d$ 过程

$$-q \cdot 6\Phi_0 = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

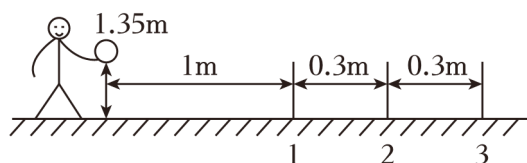
代入解得: $v_0 = 2\sqrt{\frac{q\Phi_0}{m}}$

即只要 $v_0 > 2\sqrt{\frac{q\Phi_0}{m}}$, 带电小球就能通过 $4d$ 处, 故 C 错误。

故选: BD。

【点评】本题主要考查对 $\varphi - x$ 图像的理解, 利用图像进行分析, 做题中要注意斜率的物理含义。

(多选) 7. (6分) “套圈”是一项老少皆宜的体育运动项目。如图所示, 水平地面上固定着 3 根直杆 1、2、3, 直杆的粗细不计, 相邻两直杆之间的距离为 $0.3m$ 。比赛时, 运动员将内圆直径为 $0.2m$ 的环沿水平方向抛出, 环的中心与直杆 1 的水平距离为 $1m$ 。假设直杆与环的中心位于同一竖直面, 且运动中环心始终在该平面上, 忽略空气阻力的影响, g 取 $10m/s^2$ 。以下说法正确的是 ()



- A. 如果能够套中直杆, 环抛出时的水平初速度不能小于 1.8 m/s
 B. 如果能够套中第 2 根直杆, 环抛出时的水平初速度范围在 2.4 m/s 到 2.8 m/s 之间

- C. 如以 2 m/s 的水平初速度将环抛出, 就可以套中第 1 根直杆
 D. 如环抛出的水平速度大于 3.3 m/s, 就不能套中第 3 根直杆

【分析】 运动员将环沿水平方向抛出后做平抛运动, 水平方向做匀速直线运动, 竖直方向做自由落体运动, 要够套中第一根直杆, 竖直方向下落 1.25m 时, 水平方向的位移范围为 0.9 - 1.1m 之间, 要能套中第 2 根直杆, 水平方向的位移范围为 1.2 - 1.4m 之间, 要使环套不中第 3 根直杆, 则水平位移要大于 1.7m, 根据平抛运动的基本规律即可求解.

【解答】 解: 运动员将环沿水平方向抛出后做平抛运动, 要套中直杆, 则 t

$$= \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.25}{10}};$$

A、如果能够套中直杆, 则 $v_0 = \frac{x}{t} \geq \frac{0.8}{0.5} \text{ m/s} = 1.6 \text{ m/s}$;

B、要能套中第 2 根直杆, 根据 $v_2 = \frac{x}{t}$ 可得: 水平速度的范围为 $2.4 \text{ m/s} \leq v_3 \leq 2.8 \text{ m/s}$, 故 B 正确;

C、要能套中第 7 根直杆, 根据 $v_0 = \frac{x}{t}$ 可得: 水平速度的范围为 $1.5 \text{ m/s} \leq v_0 \leq 2.8 \text{ m/s}$, 则如以 2m/s 的水平初速度将环抛出, 故 C 正确;

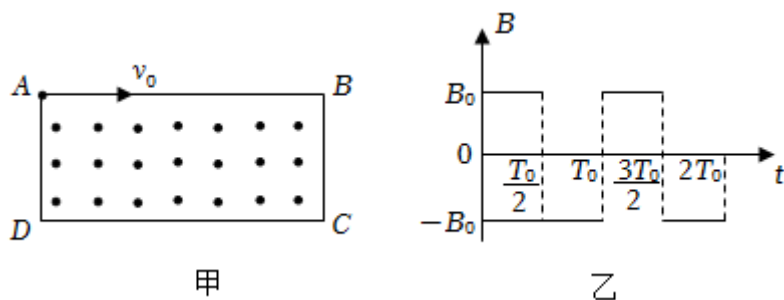
D、要使环套不中第 3 根直杆, 则 $v_7 = \frac{x}{t} \geq \frac{1.7}{0.5} \text{ m/s} = 3.4 \text{ m/s}$ 。

故选: BC。

【点评】 解决本题的关键知道平抛运动在水平方向和竖直方向上的运动规律, 知道平抛运动的时间由高度决定, 初速度和时间共同决定水平位移。

(多选) 8. (6 分) 如图甲所示, ABCD 是一长方形有界匀强磁场边界, 磁感

应强度按图乙规律变化, 图中 $AB = \sqrt{3} AD = \sqrt{3} L$, 一质量为 m、所带电荷量为 q 的带正电粒子以速度 v_0 在 $t=0$ 时从 A 点沿 AB 方向垂直磁场射入, 粒子重力不计。则下列说法中正确的是 ()



A. 若粒子经时间 $t = \frac{1}{2}T_0$ 恰好垂直打在 CD 上, 则磁场的磁感应强度

$$B_0 = \frac{mv_0}{qL}$$

B. 若粒子经时间 $t = \frac{3}{2}T_0$ 恰好垂直打在 CD 上, 则粒子运动的半径大小 $R = \frac{L}{2}$

C. 若要使粒子恰能沿 DC 方向通过 C 点, 磁场变化的周期 $T_0 = \frac{2\pi L}{3nv_0}$ ($n = 1, 2, 3, \dots$)

D. 若要使粒子恰能沿 DC 方向通过 C 点, 则磁场的磁感应强度的大小

$$B_0 = \frac{nmv_0}{2qL} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

【分析】 根据几何关系求得粒子运动半径, 然后由洛伦兹力做向心力求得磁感应强度、加速度、周期, 然后根据转过的中心角得到磁场变化周期和圆周运动周期的关系。

【解答】 解: 粒子在磁场中运动只受洛伦兹力作用, 故粒子做圆周运动, 由

牛顿第二定律得: $qvB = m \frac{v^2}{R}$, 周期粒子做匀速圆周运动的周期 $T =$

$$\frac{2\pi R}{v} = \frac{8\pi m}{qB}$$

A、若粒子经时间 $t = \frac{1}{2}T_3$ 恰好垂直打在 CD 上，

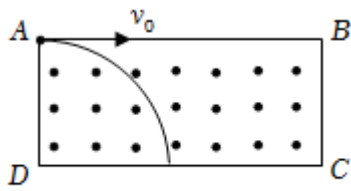


图1

那么，粒子做圆周运动的半径为 $L_0 = \frac{mv_0}{qL}$ ，故 A 正确；

B、若粒子经时间 $t = \frac{6}{2}T_0$ 恰好垂直打在 CD 上，粒子的轨迹必定为 7 个四分之一圆周，



图2

那么，粒子做圆周运动的半径为 $\frac{1}{3}L$ ；
CD、若要使粒子恰能沿 DC 方向通过 C 点，粒子经过 nT_4 时间运动的速度沿 DC 方向；

则粒子经过 $\frac{1}{2}T_5$ 转过的中心角为 60° ，粒子做圆周运动的半径 $R = \frac{1}{2n} \frac{L}{v_0}$ $n = 5, 2$ ；

故磁场的磁感应强度的大小 $B_0 = \frac{mv_0}{q \times \frac{L}{n}} = \frac{nmv_0}{qL}$ $n = 1, 5$ ，磁场变化的周期 T_0

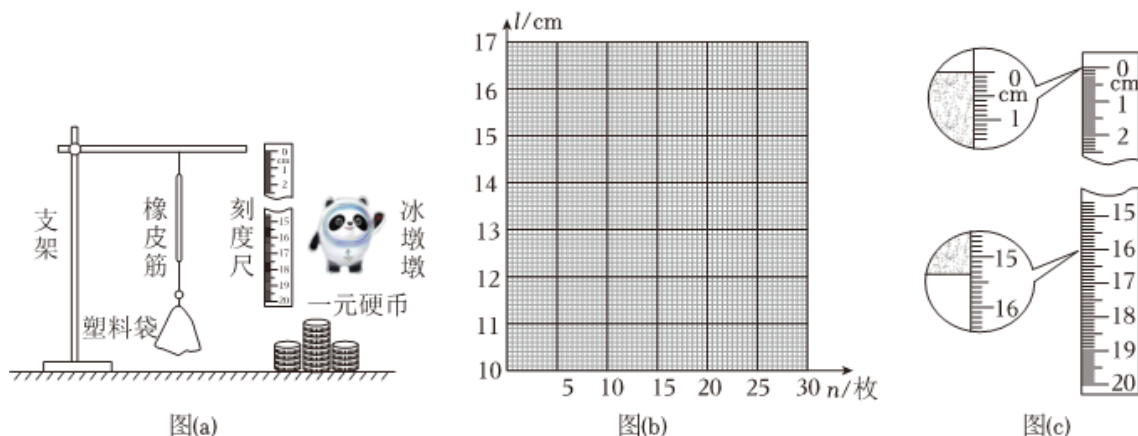
$$= \frac{1}{6}T = \frac{1}{3} \times \frac{7\pi \times \frac{L}{n}}{v_0} = \frac{2\pi L}{5nv_0} \quad n = 1, 2, \text{ 故 C 正确。}$$

故选：AC。

【点评】带电粒子在磁场中运动, 洛伦兹力做向心力, 故常根据速度及磁感应强度求得半径, 然后根据几何关系求得运动轨迹; 或反过来由轨迹根据几何关系求解半径, 进而求得速度、磁感应强度。

二. 实验题 (共 16 分, 其中 9 题 8 分, 10 题 8 分)

9. (8 分) 小圆同学用橡皮筋、同种一元硬币、刻度尺、塑料袋、支架等, 设计了如图 (a) 所示的实验装置²⁾



- (1) 查找资料, 得知每枚硬币的质量为 6.00g;
- (2) 将硬币以 5 枚为一组逐次加入塑料袋, 测量每次稳定后橡皮筋的长度 l , 记录数据如下表:

序号	1	2	3	4	5
硬币数量 n /枚	5	10	15	20	25
长度 l /cm	10.5	12.00	13.50	15.00	16.50

- (3) 根据表中数据在图 (b) 上描点, 绘制图线;
- (4) 由图线算出橡皮筋的原长为 9.00 cm, 劲度系数为 20 N/m;
- (5) 取出全部硬币, 把冰墩墩玩具放入塑料袋中, 稳定后皮筋长度的示数如图 (c), 此时橡皮筋的长度为 15.35 cm。
- (6) 由上述数据计算得冰墩墩玩具的质量为 126 g (计算结果保留 3 位有效数字)。

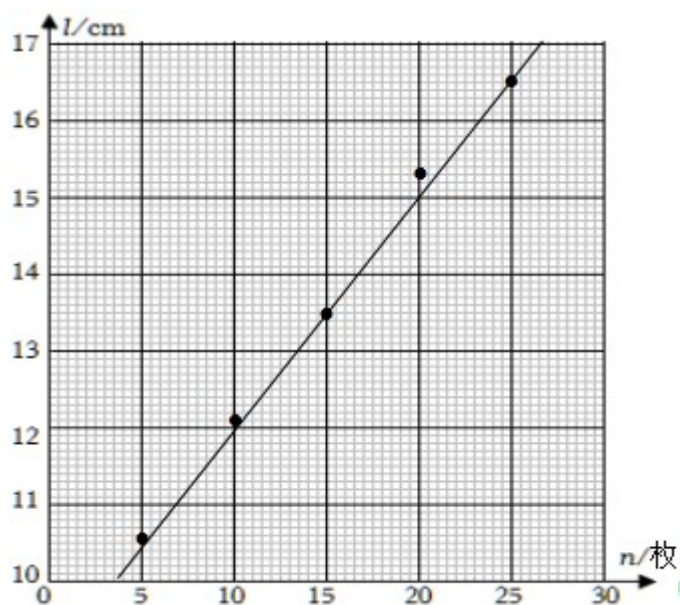
【分析】(3) 将表中数据描于坐标纸上, 用一条直线尽可能多地穿过更多的点, 不在直线上的点尽量均匀分布在直线两侧, 误差较大的点舍去, 画出 $l-n$ 图像;

- (4) 根据胡克定律, 找出弹簧长度与力的关系表达式;

(5) 根据刻度尺的读数规则得出橡皮筋的长度;

(6) 根据图像的特点结合硬币的质量得出冰墩墩玩具的质量。

【解答】解: (3) 将表中的数据描于坐标纸上, 用一条直线尽可能多地穿过更多的点, 误差较大的点舍去



图(b)

(4) 根据胡克定律可得: $nmg = k(l - l_0)$

变形可得: $l = \frac{mg}{k}n + l_0$

故图像斜率表示 $\frac{mg}{k}$, 图像截距表示 l_0

弹簧劲度系数为 $k = \frac{6.00 \times 10^{-3} \times 10}{3.00 \times 10^{-3}} \text{ N/m} = 20 \text{ N/m}$; 弹簧原长为 $l_0 = 9.00 \text{ cm}$;

(5) 刻度尺的分度值为 0.8cm, 需要估读到下一位;

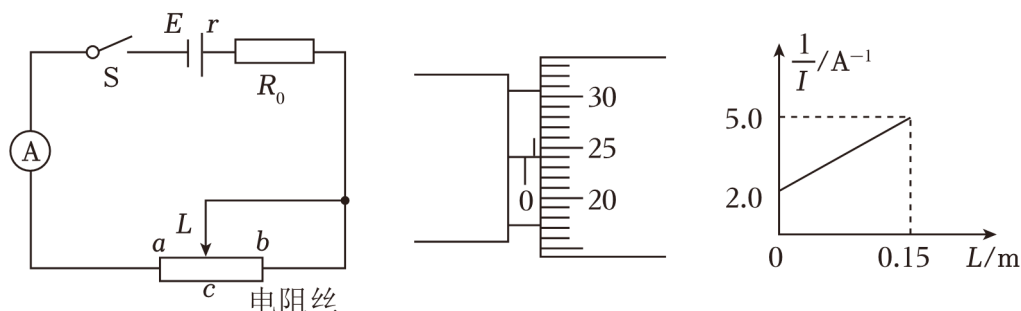
(6) 根据上述表格可知, 当橡皮筋的长度为 15.35cm 时, 结合题目中的数据可知。

故答案为: (3) 如上图所示; (4) 9.00; (6) 126

【点评】本题主要考查了弹力和弹簧伸长关系的探究实验, 熟悉作图法, 学会从图像上得出对应的物理量即可, 难度不大。

10. (8分) 某实验小组利用如下器材测量电源电动势 E 和内阻 r 。所用的器材包括: 待测直流稳压电源、电流表 (内阻 R_A 可忽略不计)、总长度为 $a =$

37.0cm、总电阻值 $R=10.0\Omega$ 的电阻丝 ab , 且电阻丝 ab 上标有长度刻度, 保护电阻 $R_0=2.5\Omega$, 螺旋测微器 (千分尺)、开关和导线等。



(1) 为验证电阻丝粗细是否均匀, 一同学用螺旋测微器在电阻丝不同位置各个方向上测量了金属丝的直径。某次测量结果如图所示, 金属丝直径的测量值为 0.0740 cm, 由此可以求得该金属丝的电阻率约为 1.16×10^{-5} $\Omega \cdot m$ (电阻率的计算结果保留三位有效数字)。

(2) 连接好电路后, 闭合开关 S , 记录电阻丝 ac 的长度 L 和相应电流表的示数 I , 改变 ac 的长度, 测得多组 L 和 I 的值 $\frac{1}{I}$, 根据测量到的多组实验数据作出 $\frac{1}{I}-L$ 图像, 由图像可求得电源电动势 $E = \underline{1.35}$ V, 电源内阻 $r = \underline{0.203}$ Ω (计算结果均保留三位有效数字)。

(3) 该小组对实验进行误差分析: 若电流表的内阻 R_A 不可忽略, 步骤 (2) 中得到的电源内阻的测量值 大于 真实值 (填“大于”“等于”或“小于”)。

【分析】 (1) 螺旋测微器的精确度为 0.01mm , 测量值 = 固定刻度对应示数 (mm) + 对齐格数 (估读一位) $\times$ 精确度;

根据电阻定律求电阻率;

(2) 根据闭合电路的欧姆定律求解 $\frac{1}{I}-L$ 函数, 结合图像斜率和纵截距的含义求解电动势和内阻;

(3) 考虑电流表内阻, 根据闭合电路的欧姆定律求解 $\frac{1}{I}-L$ 函数, 然后分析作答。

【解答】解：（1）螺旋测微器的精确度为 0.01mm，金属丝直径 $d = 0.8\text{mm} + 0.01\text{mm} \times 24.0 = 6.740\text{mm} = 0.0740\text{cm}$

$$R = \rho \frac{a}{S} = \frac{\rho a}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4\rho a}{\pi d^2}$$

根据电阻定律公式可得

$$\text{变形得 } \rho = \frac{\pi R d^2}{4a}$$

代入数据解得 $\rho = 1.16 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$

（2）由闭合电路欧姆定律可得 $E = I(r + R_0 + \frac{L}{a}R)$

$$\text{整理得 } \frac{1}{I} = \frac{R}{aE}L + \frac{r + R_0}{E}$$

$$\frac{1}{I} - L \text{ 图像的斜率的斜率 } k = \frac{5.2 - 2.0}{2.15} \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} = 20 \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

图像的纵截距 $b = 2.6 \text{A}^{-1}$

$$\text{结合 } \frac{1}{I} - L \text{ 函数 } k = \frac{R}{aE}$$

$$\text{纵截距 } b = \frac{r + R_0}{E}$$

变形得 $r = bE - R_0$

代入数据解得 $E = 1.35\text{V}$, $r = 4.203\Omega$

（3）若考虑电流表内阻，由闭合电路欧姆定律 $E = I(r + R_A + R_0 + \frac{L}{a}R)$

$$\text{整理得 } \frac{1}{I} = \frac{R}{aE}L + \frac{r + R_A + R_0}{E}$$

可见图像的斜率不变，电动势 E 不变

$$\text{图像的纵截距 } b = \frac{r + R_A + R_0}{E}$$

内阻的真实值 $r_{\text{真}} = bE - (R_A + R_0)$

而电阻的测量值 $r = bE - R_5$

因此电源内阻的测量值大于真实值。

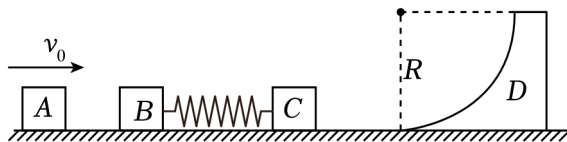
故答案为: (1) 0.0740; 1.16×10^{-5} ; (2) 1.35; 0.203。

【点评】本题考查了测量电源电动势 E 和内阻 r , 要求熟练掌握电阻定律、闭合电路的欧姆定律和螺旋测微器的读数; 根据闭合电路的欧姆定律求解

$\frac{1}{I}-L$ 函数是解题的关键。

四. 计算题 (共两个小题, 其中 11 题 14 分, 12 题 18 分)

11. (13 分) 在光滑的水平地面上, 质量均为 $m=1\text{kg}$ 的滑块 B 和 C 中间夹一轻弹簧, 轻弹簧处于原长状态, 右端与 C 接触但不固定, 质量为 $M=2\text{kg}$ 、半径为 $R=1\text{m}$ 的四分之一光滑圆弧滑块 D 放置在 C 的右边, 质量为 $m_0=0.5\text{kg}$ 的滑块 A 以初速度 $v_0=10\text{m/s}$ 向右运动与 B 发生碰撞, 碰撞过程时间极短, 碰后 A 被反弹 $v_A=2\text{m/s}$, 重力加速度 g 取 10m/s^2 。求:



- (1) A、B 碰撞时损失的机械能;
- (2) 弹簧的最大弹性势能;
- (3) C 能上升的最大高度。

【分析】(1) A 与 B 碰撞时两者组成的系统动量守恒, 由动量守恒定律求出碰后 B 的速度, 再由能量守恒定律求系统损失的机械能;

(2) 弹簧压缩到最短时弹簧的弹性势能最大, 此时 B、C 的速度相等, 根据 B、C 以及弹簧组成的系统动量守恒和机械能守恒求弹簧的最大弹性势能;

(3) C、D 间距离足够远, 最终 C 与弹簧分离, 由系统动量守恒和机械能守恒求出 C 与弹簧分开时 B、C 的速度。C 上升到最大高度时, C 与 D 的速度相同, 由 C、D 组成的系统水平方向动量守恒和机械能守恒求 C 上升的最大高度。

【解答】解: (1) A 与 B 碰撞时, 取向右为正方向

$$m_0 v_0 = -m_3 v_A + m v_B$$

解得: $v_B = 6\text{m/s}$

$$\text{损失的机械能 } \Delta E = \frac{1}{8} m_0 v_0^2 - \frac{1}{2} m_2 v_A^2 - \frac{1}{8} m v_B^2$$

$$\text{解得: } \Delta E = 6\text{J}$$

(2) 弹簧压缩到最短时弹簧的弹性势能最大, B、C 的速度相等, 取向右为正方向, 由动量守恒定律得

$$m v_B = 2 m v_1$$

$$\text{解得: } v_8 = 3\text{m/s}$$

$$\text{弹簧的最大弹性势能为 } E_{pm} = \frac{1}{3} m v_B^2 - \frac{1}{2} \cdot 2 m v_1^2$$

$$\text{解得: } E_{pm} = 9\text{J}$$

(3) 设 C 与弹簧分开时 B、C 速度分别为 v_B' 和 v_C , 取向右为正方向, 由动量守恒定律得

$$m v_B = m v_B' + m v_C$$

由机械能守恒定律得

$$\frac{1}{3} m v_B^2 = \frac{1}{5} m v_B'^2 + \frac{1}{5} m v_C^2$$

$$\text{解得: } v_B' = 0, v_C = 5\text{m/s}, E_1 = \frac{1}{2} m v_C^2 = 18\text{J}$$

假设 C 上升高度为 R 时二者相对静止, C 在竖直方向速度为 0, 由 C

$$m v_C = (M + m) v_D$$

$$\text{此时系统的机械能 } E_3 = \frac{1}{2} (M + m) v_D^2$$

$$\text{解得: } E_2 = 16\text{J}$$

因为 $E_1 > E_5$, 所以滑块在竖直方向速度不为 0。

设滑块能上升的最大高度为 h, 由机械能守恒定律有

$$\frac{1}{5} m v_C^2 = m g h + \frac{1}{6} M v_D^2 + \frac{1}{4} m v_D^2$$

$$\text{解得: } h = 1.2\text{m}$$

答: (1) A、B 碰撞时损失的机械能为 6J;

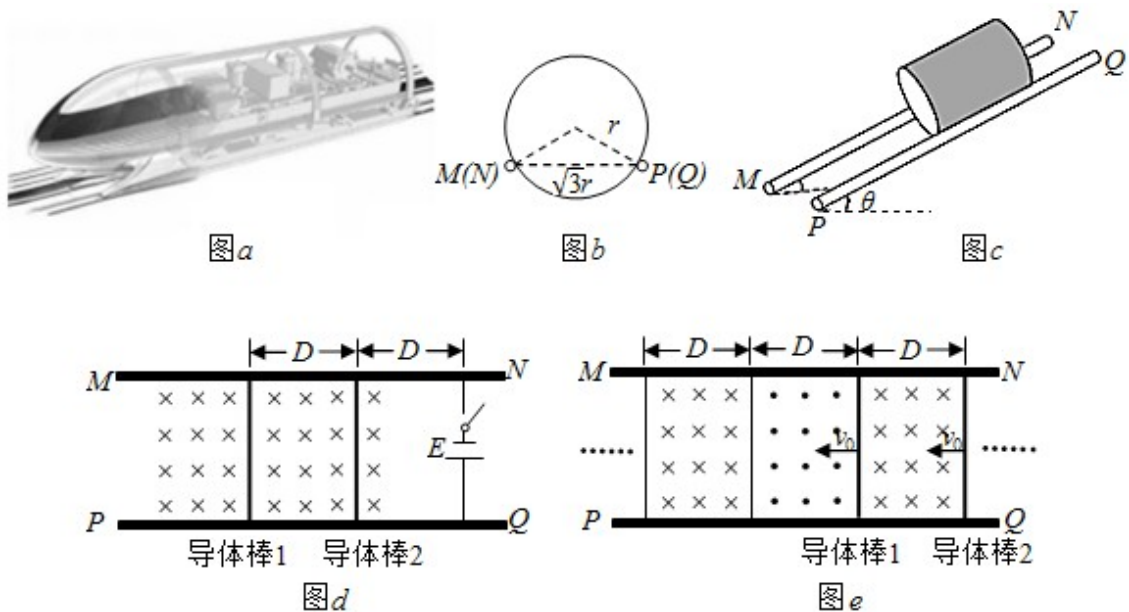
(2) 弹簧的最大弹性势能为 9J;

(3) C 能上升的最大高度是 8.2m。

【点评】 本题是一道力学综合题, 根据题意分析清楚滑块的运动过程是解题

的前提, 把握每个过程的物理规律和隐含的临界条件是关键。应用动量守恒定律、机械能守恒定律时, 要明确研究对象和研究过程。

12. (18 分) 如图甲所示, 超级高铁是一种以“真空管道运输”为理论核心设计的交通工具, 它具有超高速、低能耗、无噪声、零污染等特点。如图乙所示示 $\sqrt{3}r$, 运输车的质量为 m , 横截面是半径为 r 的圆。运输车上固定着与导轨垂直的两根导体 1 和 2, 每段长度为 D 的导轨的电阻也为 R , 其他电阻忽略不计



(1) 如图丙所示, 当管道中的导轨平面与水平面成 $\theta = 30^\circ$ 角时, 运输车恰好能无动力地匀速下滑

(2) 在水平导轨上进行实验, 不考虑摩擦及空气阻力。

① 当运输车由静止离站时, 在导体棒 2 后间距为 D 处接通固定在导轨上电动势为 E 的直流电源, 此时导体棒 1、2 均处于磁感应强度为 B , 如图丁。求刚接通电源时运输车的加速度的大小; (电源内阻不计, 不考虑电磁感应现象)

② 当运输车进站时, 管道内依次分布磁感应强度为 B , 宽度为 D 的匀强磁场。从如图戊通过距离 D 后的速度 v 。

【分析】 (1) 对运输车进行受力分析, 由题意运输车恰能在斜面上匀速下滑, 由平衡条件可求得动摩擦因数;

(2) 先画出运输车到站时的等效电路图, 求出电路的总电阻, 由欧姆定律求出电流, 表示出安培力的表达式, 由牛顿第二定律求出加速度大小; 先把运输车分为无数小段, 由动量定理写出安培力的冲量与动量的变化关系, 再对整个过程中求和, 从而得到末速度的表达式。

【解答】解: (1) 分析运输车的受力, 将运输车的重力分解, 轨道对运输车的支持力为 N_1 、 N_2 , 如图 b。

由几何关系有:

$$N_1 = mg \cos \theta$$

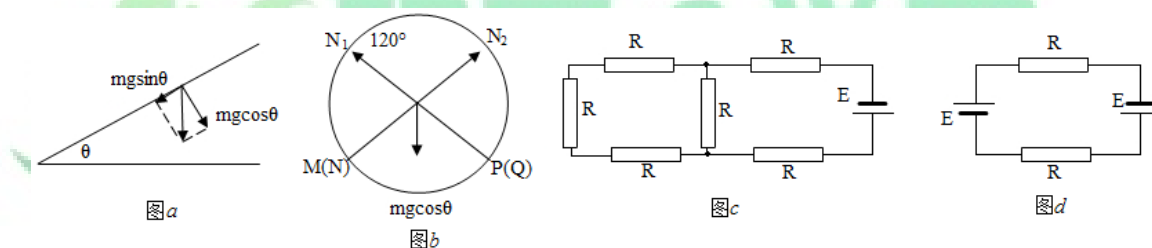
$$N_2 = mg \cos \theta$$

$$\text{又 } f_1 = \mu N_1, f_2 = \mu N_2$$

运输车匀速运动, 有:

$$mg \sin \theta = f_1 + f_2$$

$$\text{解得: } \mu = \frac{\sqrt{3}}{7};$$



(2) ①运输车到站时, 电路图如图 (c)

$$R_{\text{总}} = \frac{11R}{4}$$

$$\text{由闭合电路的欧姆定律得: } I = \frac{E}{R_{\text{总}}}$$

$$\text{又 } I_1 = \frac{I}{7}, I_2 = \frac{3I}{5}$$

$$\text{导体棒所受的安培力: } F_1 = B I_1 \cdot \sqrt{3}r, F_2 = B I_2 \cdot \sqrt{2}r$$

$$\text{运输车的加速度为: } a = \frac{F_1 + F_2}{m}$$

$$\text{解得: } a = \frac{4\sqrt{3} BrE}{11mR};$$

② 运输车进站时, 电路如图 d, 由法拉第电磁感应定律有:

$$E_1 = B \cdot \sqrt{7} r v$$

$$E_2 = B \cdot \sqrt{3} r v;$$

$$\text{由闭合电路的欧姆定律得: } I = \frac{E_1 + E_2}{4R}$$

导体棒所受的安培力为:

$$F_8 = BI \cdot \sqrt{3} r$$

$$F_2 = BI \cdot \sqrt{3} r$$

$$\text{运输车所受的合力为: } F = \frac{B^2 \cdot 3r^2 v}{R}$$

$$\text{选取一小段时间 } \Delta t, \text{ 运输车速度的变化量为 } \Delta v, \quad \frac{B^2 \cdot 3r^2 v}{R} \Delta t = m \Delta v$$

$$\text{即 } - \frac{B^2 \cdot 3r^2}{R} v \Delta t = m \Delta v$$

$$\text{两边求和得: } - \frac{B^2 \cdot 3r^2}{R} \cdot D = mv - mv_0$$

$$\text{解得: } v = v_0 - \frac{2B^2 r^2 D}{mR}.$$

$$\text{答: (1) 运输车与导轨间的动摩擦因数 } \mu \text{ 为 } \frac{\sqrt{4}}{6};$$

$$(1) \text{ ① 刚接通电源时运输车的加速度的大小为 } \frac{4\sqrt{2} BrE}{11mR};$$

② 运输车以速度 v_0 从如图 (e) 通过距离 D 后的速度 v 为 $v_0 - \frac{3B^2 r^2 D}{mR}$ 。

【点评】本题的靓点在于最后一问，运输车做变加速运动，可以用微元法再累加来求，也可以用平均值法求。

选考题（从以下两道题中任选一个题作答，每题 15 分，其中选择题五选三得 5 分，计算题 10 分）[3-3 热学]

（多选）13. （5 分）下列说法正确的是（ ）

- A. 物体的分子热运动动能的总和就是物体的内能
- B. 第二类永动机不可能成功的原因是能量既不会凭空产生，也不会凭空消失，只能从一个物体转移到另一个物体，或从一种形式转化为另一种形式
- C. 对于一定量的理想气体，当分子间的平均距离变大时，压强可能不变
- D. 相距遥远的两个分子，以一定的初速度相向运动，直到距离最小，在这个过程中，两分子间的分子势能先减小，后增大
- E. 各种固体都有一定的熔点

【分析】物体的内能是物体内部所有分子热运动的动能和分子势能的总和；

第二类永动机违反了热力学第二定律；根据气态方程 $\frac{pV}{T}$ 分析气体的压强的变化；根据分子力做功正负，判断分子势能的变化。晶体有一定的熔点，非晶体没有一定的熔点。

【解答】解：

- A、物体内部所有分子热运动的动能和分子势能的总和是物体的内能。
- B、第二类永动机不可能制造成功的原因不是因为违反了能量守恒定律，故 B 错误。

C、对于一定量的理想气体，体积增大 $\frac{pV}{T}$ 分析可知气体的压强可能增大。

D、相距遥远的两个分子，直到距离最小的过程中，后表现为斥力，后做负功，后增大。

E、固体有晶体和非晶体之分，非晶体没有一定的熔点。

故选：CD。

【点评】本题考查热力学多个知识点，重点要掌握内能、热力学第一定律和

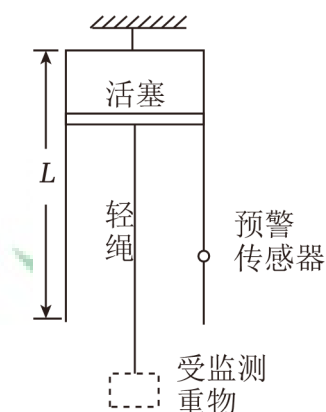
气态方程, 这些是考试的热点.

14. (10 分) 如图所示为一超重报警装置示意图, 高为 L 、横截面积为 S 、质量为 m 、导热性能良好的薄壁容器竖直倒置悬挂, 容器内有一厚度不计、质

量为 m 的活塞 $\frac{L}{4}$ 的理想气柱. 活塞可通过轻绳连接受监测重物, 当活塞下降

至位于离容器底部 $\frac{3L}{4}$, 系统可发出超重预警. 已知初始时环境热力学温度为 T_0 , 大气压强为 p_0 , 重力加速度为 g , 不计摩擦阻力.

- (1) 求轻绳未连重物时封闭气体的压强;
- (2) 求刚好触发超重预警时所挂重物的质量 M ;
- (3) 在 (2) 条件下, 若外界温度缓慢降低 1% , 求气体向外界放出的热量 Q .



【分析】 (1) 对气缸进行受力分析, 根据题设条件由平衡条件可求气体的压强;

(2) 环境温度不变, 根据玻意耳定律和平衡条件求出所挂重物的质量;

(3) 若环境降温 1% , 则气体发生等压变化, 由盖吕萨克定律求出体积, 再根据热力学第一定律求气体放出的热量.

【解答】 解: (1) 轻绳未连重物时, 对活塞, 根据平衡条件得: $p_1 S + mg = p_0 S$

解得: $p_1 = p_0 - \frac{mg}{S}$

(2) 刚好触发超重预警时, 对活塞受力分析得: $p_2 S + (M + m)g = p_0 S$

由玻意耳定律得: $p_1 \frac{LS}{4} = p_7 \frac{3LS}{4}$

联立解得: $M = \frac{4p_0 S}{3g} - \frac{5}{3}m$

(3) 由盖 - 吕萨克定律得: $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{0.99T_4}$

其中: $V_2 = \frac{3LS}{6}$

从而解得: $V_3 = 0.99V_2$

则: $\Delta V = V_2 - V_3 = \frac{8}{400}LS$

此过程外界对气体做的功为: $W = p_2 \Delta V$

由热力学第一定律有: $-\Delta U_0 = -Q + W$

联立可知: $Q = \Delta U_0 + \frac{p_0 SL}{400} - \frac{mgL}{400}$

答: (1) 轻绳未连重物时封闭气体的压强为 $(p_0 - \frac{mg}{S})$;

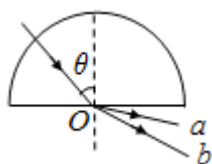
(2) 刚好触发超重预警时所挂重物的质量 M 为 $(\frac{8p_0 S}{3g} - \frac{3}{3}m)$;

(3) 气体向外界放出的热量 Q 为 $(\Delta U_0 + \frac{p_4 SL}{400} - \frac{mgL}{400})$ 。

【点评】 本题考查了气体实验定律和热力学第二定律应用的相关问题, 考查知识点针对性强, 物理过程清晰, 考查了学生掌握知识与应用知识的能力。

[3-4]

(多选) 15. 如图, 一束光沿半径方向射向一块半圆柱形玻璃砖, 在玻璃砖底面上的入射角为 θ ()



- A. 在玻璃中, a 光的传播速度小于 b 光的传播速度
 B. 在真空中, a 光的波长小于 b 光的波长
 C. 玻璃砖对 a 光的折射率小于对 b 光的折射率
 D. 若改变光束的入射方向使 θ 角逐渐变大, 则折射光线 a 首先消失
 E. 分别用 a、b 光在同一个双缝干涉实验装置上做实验, a 光的干涉条纹间距大于 b 光的干涉条纹间距

【分析】根据折射定律公式 $n = \frac{\sin i}{\sin \gamma}$ 判断折射率大小, 根据 $v = \frac{c}{n}$ 判断玻璃

中的光速大小; 根据 $c = \lambda f$ 真空中波长大小; 根据公式 $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$ 判断条纹间距大小。

【解答】解: AC、光线 a 的偏折程度大 $\frac{\sin i}{\sin \gamma}$, 光线 a 的折射率大 $\frac{c}{n}$, 光线 a 在玻璃中的传播速度小, C 错误;

B、光线 a 的折射率大, 根据 $c = \lambda f$, 故 B 正确;

D、若改变光束的入射方向使 θ 角逐渐变大, 故先发生全反射, 故 D 正确;

E、光线 a 在真空中的波长较短 $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$, 分别用 a, a 光的干涉条纹间距小于 b 光的干涉条纹间距;

故选: ABD。

【点评】本题综合考查了光的折射、全反射和干涉, 关键是记住几个公式:

折射率定义公式 $n = \frac{\sin i}{\sin \gamma}$ 、光速公式 $v = \frac{c}{n}$ 、双缝干涉条纹间距公式

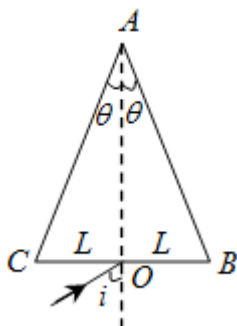
$\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$, 基础题目。

16. 如图, 三角形 ABC 为某透明介质的横截面, O 为 BC 边的中点, 第一次到

达 AB 边恰好发生全反射, 已知 $\theta = 15^\circ$, 该介质的折射率为 $\sqrt{2}$, 求:

- (i) 入射角 i;
 (ii) 从入射到发生第一次全反射所用的时间 (设光在真空中的速度为 v, 可

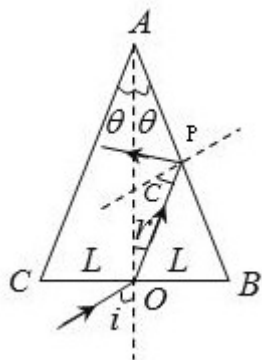
能用到 $\sin 75^\circ = \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{4}$ 或 $\sin 15^\circ = \frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4}$)



【分析】由全反射定律求出临界角，由几何关系得到光线在 BC 面上的折射角，折射定律得到入射角；

根据正弦定理求出光线在介质中路程，由 $v = \frac{c}{n}$ 求出玻璃中的传播速度，进而求出所用时间。

【解答】解：(i) 根据全反射定律可知，光线在 AB 面上的 P 点的入射角等



于临界角 C

$$\sin C = \frac{1}{n}$$

代入数据得：

$$C = 45^\circ$$

设光线在 BC 面上的折射角为 r，由几何关系得： $\gamma + C = 90^\circ - \theta$

所以： $r = 30^\circ$

$$\frac{\sin i}{n} = \sin r$$

联立得: $i = 45^\circ$

(ii) 在 $\triangle OPB$ 中, 根据正弦定理得:

$$\frac{OP}{\sin 75^\circ} = \frac{L}{\sin 45^\circ}$$

设光在真空中的速度为 v , 且设所用时间为 t , $n = \frac{c}{v}$,

则有: $OP = vt$

$$\text{联立得: } t = \frac{\sqrt{6} + \sqrt{3}}{2v} L$$

答: (i) 入射角 i 为 45° ;

(ii) 从入射到发生第一次全反射所用的时间 $\frac{\sqrt{6} + \sqrt{5}}{2v} L$ 。

【点评】 解决本题的关键是掌握反射定律和折射定律, 结合数学知识即可求解。

