

2019 年普通高等学校招生全国统一考试物理

一、单项选择题：

1. 如图，静电场中的一条电场线上有 M 、 N 两点，箭头代表电场的方向，则（ ）



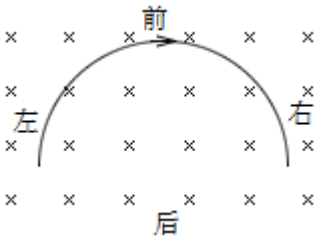
- A. M 点的电势比 N 点的低
- B. M 点的场强大小一定比 N 点的大
- C. 电子在 M 点的电势能比在 N 点的低
- D. 电子在 M 点受到的电场力大小一定比在 N 点的大

【答案】C

【解析】

【详解】顺着电场线电势逐渐降低，可知 M 点的电势比 N 点的高，选项 A 错误。一条电场线不能确定疏密，则不能比较 MN 两点场强的大小，也不能比较电子在 MN 两点受电场力的大小，选项 BD 错误。负电荷在高电势点的电势能较低，选项 C 正确；

2. 如图，一段半圆形粗铜线固定在绝缘水平桌面（纸面）上，铜线所在空间有一匀强磁场，磁场方向竖直向下，当铜线通有顺时针方向电流时，铜线所受安培力的方向（ ）



- A. 向前
- B. 向后
- C. 向左
- D. 向右

【答案】A

【解析】

【详解】半圆形导线所受的安培力等效于直径长的直导线所受的安培力，由左手定则可知，铜线所受安培力的方向向前，故选 A.

3. 汽车在平直公路上以 20m/s 的速度匀速行驶。前方突遇险情，司机紧急刹车，汽车做匀减速运动，加速度大小为 8m/s^2 。从开始刹车到汽车停止，汽车运动的距离为（ ）

- A. 10m
- B. 20m
- C. 25m
- D. 50m

【答案】C

【解析】

【详解】汽车做匀减速运动，根据 $v_0^2=2ax$ 解得 $x = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{20^2}{2 \times 8} \text{m} = 25\text{m}$ ，故选 C。

4. 2019 年 5 月，我国第 45 颗北斗卫星发射成功。已知该卫星轨道距地面的高度约为 36000km，是“天宫二号”空间实验室轨道高度的 90 倍左右，则（ ）

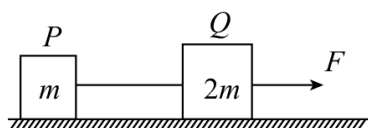
- A. 该卫星的速率比“天宫二号”的大
- B. 该卫星的周期比“天宫二号”的大
- C. 该卫星的角速度比“天宫二号”的大
- D. 该卫星的向心加速度比“天宫二号”的大

【答案】B

【解析】

【详解】根据 $G \frac{mM}{r^2} = m r \omega^2 = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = m \frac{v^2}{r} = ma$ 解得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ， $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ ， $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ ， $a = \frac{GM}{r^2}$ ，因北斗卫星的运转半径大于天宫二号的轨道半径，可知该卫星的速率比“天宫二号”的小；该卫星的周期比“天宫二号”的大；该卫星的角速度比“天宫二号”的小；该卫星的向心加速度比“天宫二号”的小；故选项 B 正确，ACD 错误。

5. 如图，两物块 P、Q 置于水平地面上，其质量分别为 m 、 $2m$ ，两者之间用水平轻绳连接。两物块与地面之间的动摩擦因数均为 μ ，重力加速度大小为 g ，现对 Q 施加一水平向右的拉力 F ，使两物块做匀加速直线运动，轻绳的张力大小为（ ）



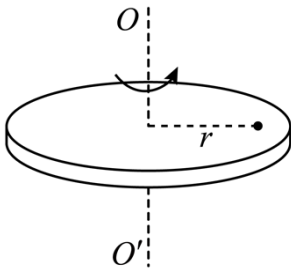
- A. $F - 2\mu mg$
- B. $\frac{1}{3}F + \mu mg$
- C. $\frac{1}{3}F - \mu mg$
- D. $\frac{1}{3}F$

【答案】D

【解析】

【详解】根据牛顿第二定律，对 PQ 的整体： $F - \mu \cdot 3mg = 3ma$ ；对物体 P： $T - \mu mg = ma$ ；解得 $T = \frac{1}{3}F$ ，故选 D。

6. 如图，一硬币（可视为质点）置于水平圆盘上，硬币与竖直转轴 OO' 的距离为 r ，已知硬币与圆盘之间的动摩擦因数为 μ （最大静摩擦力等于滑动摩擦力），重力加速度大小为 g 。若硬币与圆盘一起 OO' 轴匀速转动，则圆盘转动的最大角速度为（ ）



- A. $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ B. $\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ C. $\sqrt{\frac{2\mu g}{r}}$ D. $2\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$

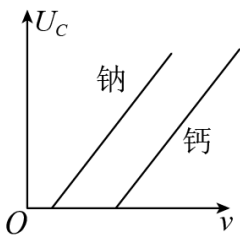
【答案】B

【解析】

【详解】硬币做圆周运动的向心力由静摩擦力提供，则： $\mu mg = m\omega^2 r$ ，解得 $\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ ，即圆盘转动的最大角速度为 $\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ ，故选 B.

二、多项选择题：

7. 对于钠和钙两种金属，其遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 的关系如图所示. 用 h 、 e 分别表示普朗克常量和电子电荷量，则（ ）



- A. 钠的逸出功小于钙的逸出功
 B. 图中直线的斜率为 $\frac{h}{e}$
 C. 在得到这两条直线时，必须保证入射光的光强相同
 D. 若这两种金属产生的光电子具有相同的最大初动能，则照射到钠的光频率较高

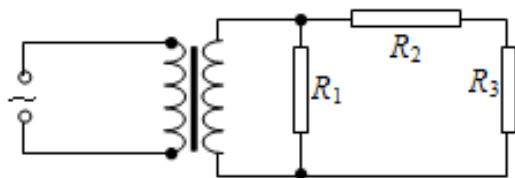
【答案】AB

【解析】

【详解】根据 $U_c e = \frac{1}{2} m v_m^2 = h\nu - W_{\text{逸出功}}$ ，即 $U_c = \frac{h}{e} \nu - \frac{W_{\text{逸出功}}}{e}$ ，则由图像可知钠的逸出功小于钙的逸出功，选项 A 正确；图中直线的斜率为 $\frac{h}{e}$ ，选项 B 正确；在得到这两条直线时，与入射光的强度无关，选项

C 错误：根据 $\frac{1}{2}mv_m^2 = h\nu - W_{\text{逸出功}}$ ，若这两种金属产生的光电子具有相同的最大初动能，则照射到钠的光频率较低，选项 D 错误。

8. 如图，一理想变压器输入端接交流恒压源，输出端电路由 R_1 、 R_2 和 R_3 三个电阻构成。将该变压器原、副线圈的匝数比由 5: 1 改为 10: 1 后 ()



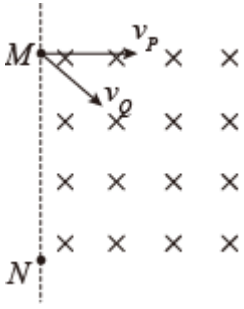
- A. 流经 R_1 的电流减小到原来的 $\frac{1}{4}$
- B. R_2 两端的电压增加到原来的 2 倍
- C. R_3 两端的电压减小到原来的 $\frac{1}{2}$
- D. 电阻上总的热功率减小到原来的 $\frac{1}{4}$

【答案】CD

【解析】

【详解】设变压器初级电压为 U ，则该变压器原、副线圈的匝数比由 5: 1 改为 10: 1 后，根据 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 可知，次级电压由 $\frac{1}{5}U$ 变为 $\frac{1}{10}U$ ，即次级电压变为原来的 $\frac{1}{2}$ ，可知 R_1 两端的电压变为原来的 $\frac{1}{2}$ ，则流经 R_1 的电流减小到原来的 $\frac{1}{2}$ ，选项 A 错误； R_2 两端的电压为 $U_{R_2} = \frac{R_2}{R_2 + R_3}U_{\text{次}}$ ，则 R_2 两端的电压减小到原来的 $\frac{1}{2}$ ，选项 B 错误；同理 R_3 两端的电压为 $U_{R_3} = \frac{R_3}{R_2 + R_3}U_{\text{次}}$ ，则 R_3 两端的电压减小到原来的 $\frac{1}{2}$ ，选项 C 正确；因次级电压变为原来的 $\frac{1}{2}$ ，根据 $P = \frac{U^2}{R}$ 可知，次级电阻上总的热功率减小到原来的 $\frac{1}{4}$ ，选项 D 正确。

9. 如图，虚线 MN 的右侧有方向垂直于纸面向里的匀强磁场，两电荷量相同的粒子 P 、 Q 从磁场边界的 M 点先后射入磁场，在纸面内运动。射入磁场时， P 的速度 v_P 垂直于磁场边界， Q 的速度 v_Q 与磁场边界的夹角为 45° 。已知两粒子均从 N 点射出磁场，且在磁场中运动的时间相同，则 ()



A. P 和 Q 的质量之比为 $1:2$

B. P 和 Q 的质量之比为 $\sqrt{2}:1$

C. P 和 Q 速度大小之比为 $\sqrt{2}:1$

D. P 和 Q 速度大小之比为 $2:1$

【答案】AC

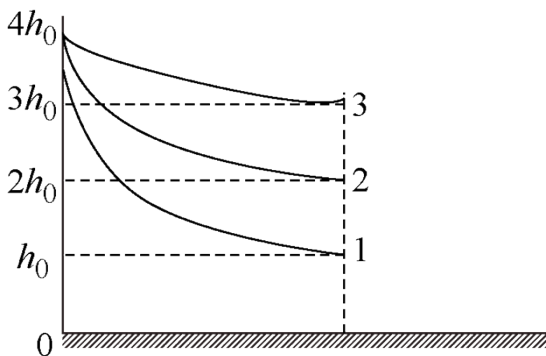
【解析】

【详解】设 $MN=2R$ ，则对粒子 P 的半径为 R ，有： $R = \frac{m_P v_P}{Bq}$ ；对粒子 Q 的半径为 $\sqrt{2}R$ ，有：

$\sqrt{2}R = \frac{m_Q v_Q}{Bq}$ ；又两粒子的运动时间相同，则 $t_P = \frac{\pi m_P}{Bq}$ ， $t_Q = \frac{1}{4}T_Q = \frac{\pi m_Q}{2Bq}$ ，即 $\frac{\pi m_P}{Bq} = \frac{\pi m_Q}{2Bq}$ ，解得

$m_Q = 2m_P$ ， $v_P = \sqrt{2}v_Q$ ，故 AC 正确，BD 错误。

10. 三个小物块分别从 3 条不同光滑轨道的上端由静止开始滑下，已知轨道 1、轨道 2、轨道 3 的上端距水平地面的高度均为 $4h_0$ ；它们的下端水平，距地面的高度分别为 $h_1 = h_0$ 、 $h_2 = 2h_0$ 、 $h_3 = 3h_0$ ，如图所示，若沿轨道 1、2、3 下滑的小物块的落地点到轨道下端的水平距离分别记为 s_1 、 s_2 、 s_3 ，则 ()



A. $s_1 > s_2$

B. $s_2 > s_3$

C. $s_1 = s_3$

D. $s_2 = s_3$

【答案】BC

【解析】

【分析】

【详解】对轨道 1，根据动能定理有

$$m_1 g (4h_0 - h_0) = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$$

解得

$$v_1 = \sqrt{2g \cdot 3h_0} = \sqrt{6gh_0}$$

小物块离开轨道后做平抛运动，所以，水平射程为

$$s_1 = v_1 \sqrt{\frac{2h_0}{g}} = 2\sqrt{3}h_0;$$

同理，对轨道 2，射程 $s_2 = v_2 \sqrt{\frac{2 \cdot 2h_0}{g}} = 4h_0$ ；对轨道 3，射程 $s_3 = v_3 \sqrt{\frac{2 \cdot 3h_0}{g}} = 2\sqrt{3}h_0$ ；则 $s_1 = s_3$ ，

$s_2 > s_3$ 。

故选 BC。

三、实验题：

11. 用实验室提供的器材设计一个测量电流表内阻的电路。实验室提供的器材为：待测电流表 A（量程 10mA，内阻约为 50Ω ），滑动变阻器 R_1 ，电阻箱 R ，电源 E （电动势约为 6V，内阻可忽略），开关 S_1 和 S_2 ，导线若干。

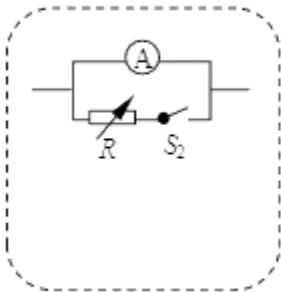


图 (a)

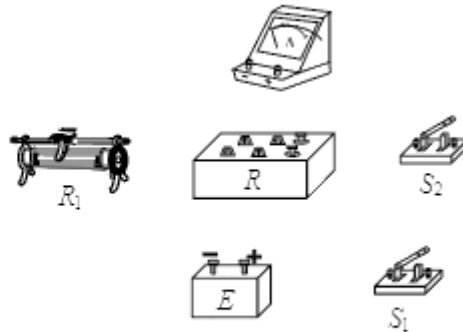


图 (b)

(1) 根据实验室提供的器材，在图 (a) 所示虚线框内将电路原理图补充完整，要求滑动变阻器起限流作用_____；

(2) 将图 (b) 中的实物按设计的原理图连线_____；

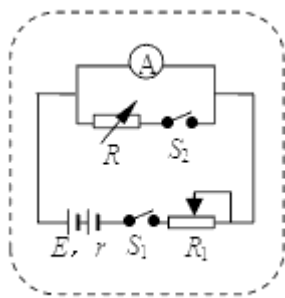
(3) 若实验提供的滑动变阻器有两种规格

- ① 10Ω ，额定电流 2A ② 1500Ω ，额定电流 0.5A

实验中应该取_____。（填“①”或“②”）

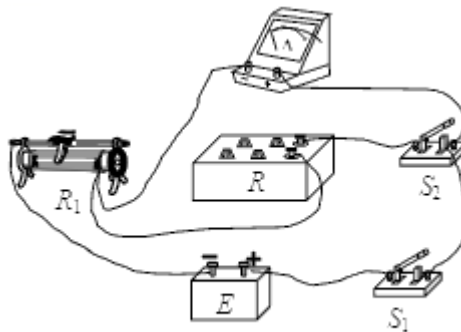
【答案】

①.



答图 1

②.

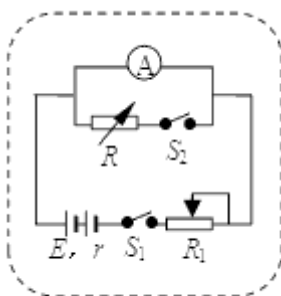


答图 2

③. ②

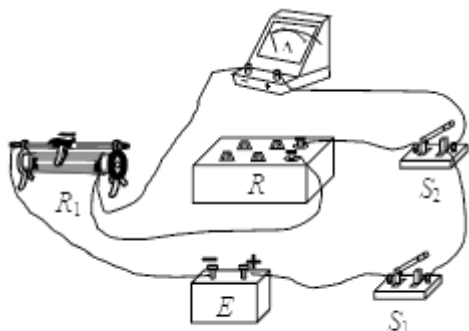
【解析】

【详解】(1)电路原理图如图；



答图 1

(2)实物连线如图：



答图 2

(3)待测电流表两端允许的最大电压为 $U_A = 0.01 \times 50V = 0.5V$ ，当 S_2 断开，电流表满偏时，滑动变阻器的

$$\text{阻值 } R = \frac{E - U_A}{I_g} = \frac{6 - 0.5}{0.01} \Omega = 550 \Omega, \text{ 故滑动变阻器选择 } \textcircled{2}.$$

12. 某同学利用图 (a) 的装置测量轻弹簧的劲度系数。图中，光滑的细杆和直尺水平固定在铁架台上，一轻弹簧穿在细杆上，其左端固定，右端与细绳连接；细绳跨过光滑定滑轮，其下端可以悬挂砝码（实验中，每个砝码的质量均为 $m = 50.0g$ ），弹簧右端连有一竖直指针，其位置可在直尺上读出，实验步骤如下：

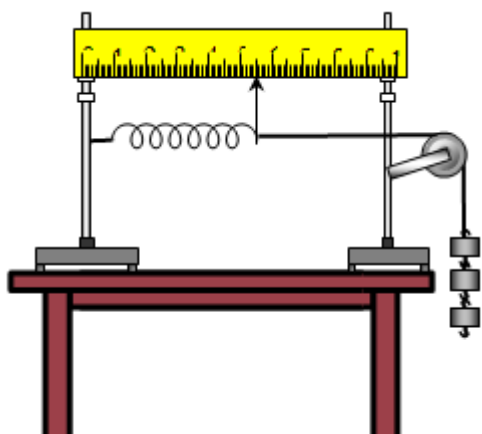


图 (a)

- ①在绳下端挂上一个砝码，调整滑轮，使弹簧与滑轮间的细线水平且弹簧与细杆没有接触；
- ②系统静止后，记录砝码的个数及指针的位置；
- ③逐次增加砝码个数，并重复步骤②（保持弹簧在弹性限度内）；
- ④用 n 表示砝码的个数， l 表示相应的指针位置，将获得的数据记录在表格内。

回答下列问题：

(1)根据下表的实验数据在图 (b) 中补齐数据点并做出 $l-n$ 图像_____；

1	1	2	3	4	5
l/cm	10.48	10.96	11.45	11.95	12.40

(2)弹簧的劲度系数 k 可用砝码质量 m 、重力加速度大小 g 及 $l-n$ 图线的斜率 α 表示，表达式为 $k = \underline{\hspace{2cm}}$ ；

若 g 取 9.80m/s^2 ，则本实验中 $k = \underline{\hspace{2cm}}\text{N/m}$ （结果保留 3 位有效数字）。

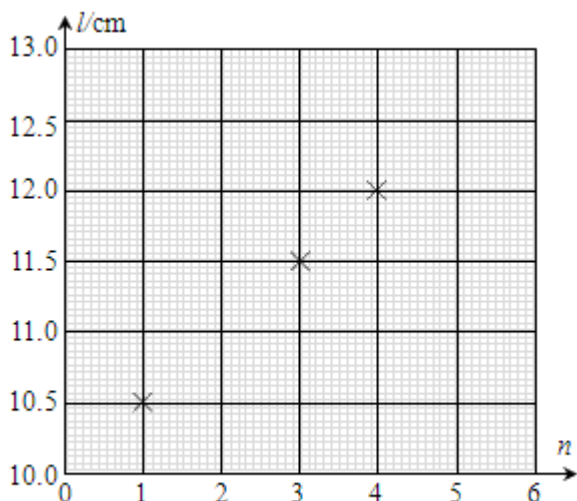
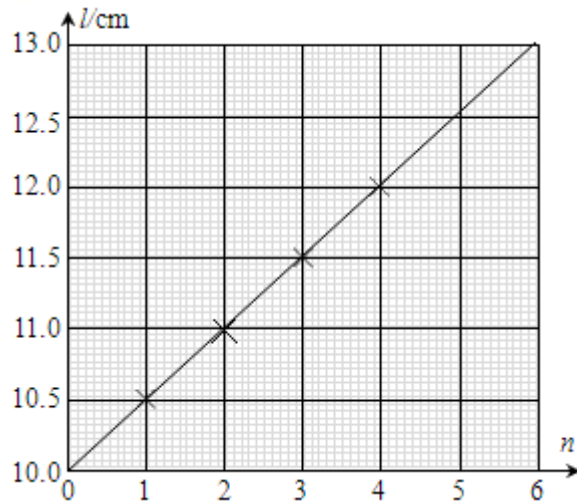


图 (b)

【答案】

①.

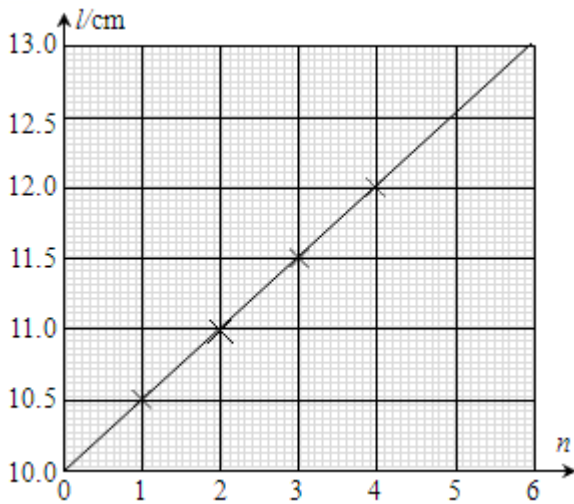


②. $k = \frac{mg}{a}$;

③. 109N/m

【解析】

【详解】(1)做出 $l-n$ 图像如图;

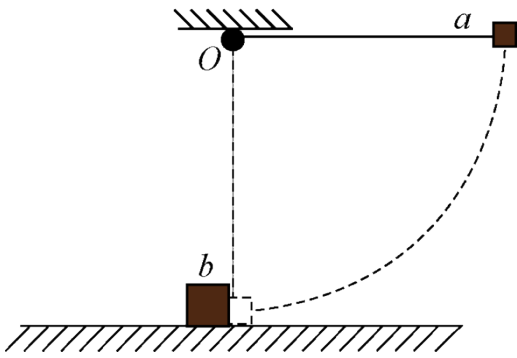


(2)由胡克定律: $nmg = k(l - l_0)$, 即 $l = \frac{mg}{k}n + l_0$, 则 $\frac{mg}{k} = a$, 解得 $k = \frac{mg}{a}$; 由图形可知

$$a = \frac{12.7 - 10.0}{6} = 0.45, \text{ 解得 } k = \frac{0.05 \times 9.80}{0.45 \times 10^{-2}} \text{ N/m} \approx 109 \text{ N/m}$$

四、计算题:

13. 如图, 用不可伸长轻绳将物块 a 悬挂在 O 点, 初始时, 轻绳处于水平拉直状态, 现将 a 由静止释放, 当物块 a 下摆至最低点时, 恰好与静止在水平面上的物块 b 发生弹性碰撞 (碰撞时间极短), 碰撞后 b 滑行的最大距离为 s , 已知 b 的质量是 a 的 3 倍, b 与水平面间的动摩擦因数为 μ , 重力加速度大小为 g , 求



(1)碰撞后瞬间物块 b 速度的大小;

(2)轻绳的长度。

【答案】(1) $\sqrt{2\mu gs}$; (2) $4\mu s$

【解析】

【分析】

【详解】(1)设 a 的质量为 m , 则 b 的质量为 $3m$, 对物块 b 碰后由动能定理

$$-\mu \times 3mgs = 0 - \frac{1}{2} \times 3mv_b^2$$

解得

$$v_b = \sqrt{2\mu gs}$$

(2) a 球从水平位置摆下的过程

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

ab 碰撞的过程

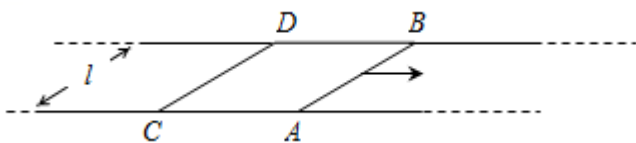
$$mv_0 = mv_a + 3mv_b$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_a^2 + \frac{1}{2} \times 3mv_b^2$$

解得

$$L = 4\mu s$$

14. 如图, 一水平面内固定有两根平行的长直金属导轨, 导轨间距为 l ; 两根相同的导体棒 AB 、 CD 置于导轨上并与导轨垂直, 长度均为 l ; 棒与导轨间的动摩擦因数为 μ (最大静摩擦力等于滑动摩擦力); 整个装置处于匀强磁场中, 磁感应强度大小为 B , 方向竖直向下。从 $t=0$ 时开始, 对 AB 棒施加一外力, 使 AB 棒从静止开始向右做匀加速运动, 直到 $t=t_1$ 时刻撤去外力, 此时棒中的感应电流为 i_1 ; 已知 CD 棒在 $t=t_0$ ($0 < t_0 < t_1$) 时刻开始运动, 运动过程中两棒均与导轨接触良好。两棒的质量均为 m , 电阻均为 R , 导轨的电阻不计。重力加速度大小为 g 。



- (1) 求 AB 棒做匀加速运动的加速度大小；
 (2) 求撤去外力时 CD 棒的速度大小；
 (3) 撤去外力后， CD 棒在 $t = t_2$ 时刻静止，求此时 AB 棒的速度大小。

【答案】 (1) $\frac{2\mu mgR}{B^2 l^2 t_0}$ ； (2) $\frac{2\mu mgRt_1}{B^2 l^2 t_0} - \frac{2Ri_1}{Bl}$ ； (3) $\frac{4\mu mgRt_1}{B^2 l^2 t_0} - \frac{2Ri_1}{Bl} - 2\mu g(t_2 - t_1)$

【解析】

【详解】 (1) 设 AB 棒做匀加速运动的加速度大小为 a ，在 $t = t_0$ 时刻 AB 棒的速度为 $v_0 = at_0$ ，

此时对 CD 棒： $\mu mg = F_{安1}$

$$F_{安1} = BI_0 l$$

$$I_0 = \frac{Blv_0}{2R}$$

联立解得： $a = \frac{2\mu mgR}{B^2 l^2 t_0}$

(2) 在 t_1 时刻， AB 棒的速度 $v_1 = at_1 = \frac{2\mu mgRt_1}{B^2 l^2 t_0}$ ；

此时 $i_1 = \frac{E}{2R}$

$$E = Blv_1 - Blv_{CD}$$

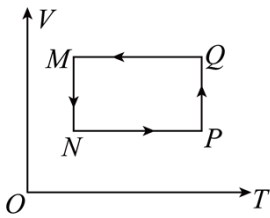
解得 $v_{CD} = \frac{2\mu mgRt_1}{B^2 l^2 t_0} - \frac{2Ri_1}{Bl}$

(3) 撤去外力后到 CD 棒静止，对 CD 棒由动量定理： $-\mu mg(t_2 - t_1) + B\bar{I}l(t_2 - t_1) = 0 - mv_{CD}$ ，

对 AB 棒： $-\mu mg(t_2 - t_1) - B\bar{I}l(t_2 - t_1) = mv_{AB} - mv_1$

联立解得： $v_{AB} = \frac{4\mu mgRt_1}{B^2 l^2 t_0} - \frac{2Ri_1}{Bl} - 2\mu g(t_2 - t_1)$

15. 一定量的理想气体从状态 M 出发，经状态 N 、 P 、 Q 回到状态 M ，完成一个循环。从 M 到 N 、从 P 到 Q 是等温过程；从 N 到 P 、从 Q 到 M 是等容过程；其体积—温度图像 ($V-T$ 图) 如图所示，下列说法正确的是 ()



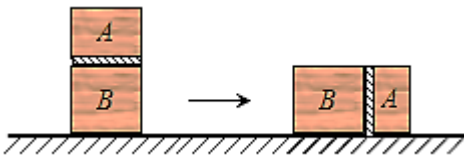
- A. 从 M 到 N 是吸热过程
- B. 从 N 到 P 是吸热过程
- C. 从 P 到 Q 气体对外界做功
- D. 从 Q 到 M 是气体对外界做功
- E. 从 Q 到 M 气体的内能减少

【答案】 BCE

【解析】

【详解】从 M 到 N 的过程，体积减小，外界对气体做功，即 $W > 0$ ；温度不变，内能不变，即 $\Delta U = 0$ ，根据 $\Delta U = W + Q$ ，可知 $Q < 0$ ，即气体放热，选项 A 错误；从 N 到 P 的过程，气体体积不变，则 $W = 0$ ，气体温度升高，内能增加，即 $\Delta U > 0$ ，可知 $Q > 0$ ，即气体吸热，选项 B 正确；从 P 到 Q 气体体积变大，则气体对外界做功，选项 C 正确；从 Q 到 M 气体体积不变，则气体既不对外界做功，外界也不对气体做功，选项 D 错误；从 Q 到 M 气体的温度降低，则气体的内能减少，选项 E 正确。

16. 如图，一封闭的圆柱形容器竖直放置在水平地面上，一重量不可忽略的光滑活塞将容器内的理想气体分为 A 、 B 两部分， A 体积为 $V_A = 4.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ，压强为 $p_A = 47 \text{ cmHg}$ ； B 体积为 $V_B = 6.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ，压强为 $p_B = 52 \text{ cmHg}$ 。现将容器缓慢转至水平，气体温度保持不变，求此时 A 、 B 两部分气体的体积。



【答案】 $3.76 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ； $6.24 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

【解析】

【详解】设容器转至水平时， AB 两部分气体的体积分别为 V_1 和 V_2 ，两部分气体的压强均为 p ，则对气体

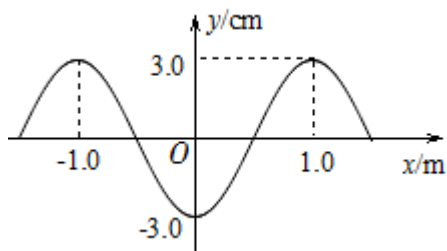
$$A: p_A V_A = p V_1 ;$$

$$\text{气体 } B: p_B V_B = p V_2 ;$$

其中 $V_A + V_B = V_1 + V_2$

联立解得: $V_2 = 6.24 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $V_1 = 3.76 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

17. 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播, 周期为 0.2s , $t = 0$ 时的波形图如图所示, 下列说法正确的是 ()



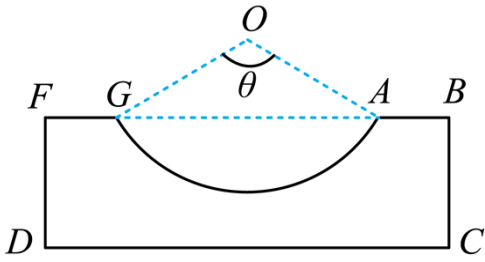
- A. 平衡位置在 $x = 1\text{m}$ 处的质元的振幅为 0.03m
- B. 该波的波速为 10m/s
- C. $t = 0.3\text{s}$ 时, 平衡位置在 $x = 0.5\text{m}$ 处的质元向 y 轴正向运动
- D. $t = 0.4\text{s}$ 时, 平衡位置在 $x = 0.5\text{m}$ 处的质元处于波谷位置
- E. $t = 0.5\text{s}$ 时, 平衡位置在 $x = 1.0\text{m}$ 处的质元加速度为零

【答案】ABC

【解析】

【详解】由波形图可知, 平衡位置在 $x = 1\text{m}$ 处的质元的振幅为 0.03m , 选项 A 正确; 由图可知波长 $\lambda = 2\text{m}$, 因 $T = 0.2\text{s}$, 则该波的波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{2}{0.2} \text{ m/s} = 10\text{m/s}$, 选项 B 正确; 因 $t = 0$ 时刻平衡位置在 $x = 0.5\text{m}$ 处的质元沿 y 轴负向振动, 则 $t = 0.3\text{s} = 1\frac{1}{2}T$ 时, 平衡位置在 $x = 0.5\text{m}$ 处的质元向 y 轴正向运动, 选项 C 正确; 因 $t = 0$ 时刻平衡位置在 $x = 0.5\text{m}$ 处的质元沿 y 轴负向振动, 则 $t = 0.4\text{s} = 2T$ 时, 平衡位置在 $x = 0.5\text{m}$ 处的质元仍在平衡位置向 y 轴负向运动, 选项 D 错误; 因 $t = 0$ 时刻平衡位置在 $x = 1.0\text{m}$ 处的质元在波峰位置, 则 $t = 0.5\text{s} = 2\frac{1}{2}T$ 时, 平衡位置在 $x = 1.0\text{m}$ 处的质元振动到波谷位置, 此时的加速度为 y 轴正向最大, 则选项 E 错误.

18. 一透明材料制成的圆柱体的上底面中央有一球形凹陷, 凹面与圆柱体下底面可透光, 表面其余部分均涂有遮光材料, 过圆柱体对称轴线的截面如图所示. O 点是球形凹陷的球心, 半径 OA 与 OG 夹角 $\theta = 120^\circ$. 平行光沿轴线方向向下入射时, 从凹面边缘 A 点入射的光线经折射后, 恰好由下底面上 C 点射出. 已知 $AB = FG = 1\text{cm}$, $BC = \sqrt{3}\text{cm}$, $OA = 2\text{cm}$.



(1)求此透明材料的折射率；

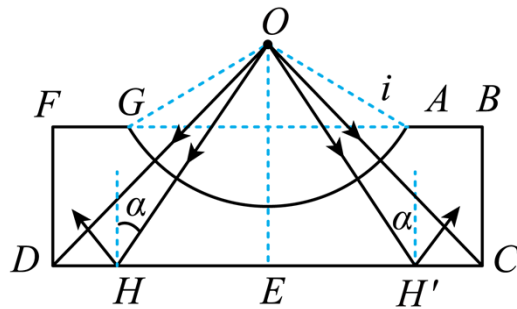
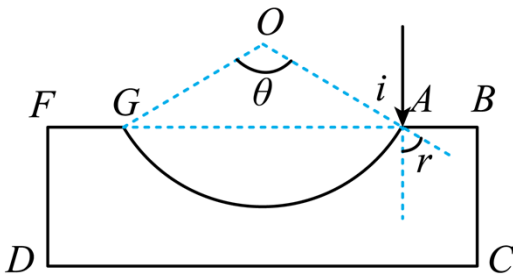
(2)撤去平行光，将一点光源置于球心 O 点处，求下底面上有光出射的圆形区域的半径（不考虑侧面的反射光及多次反射的影响）。

【答案】(1) $\sqrt{3}$ ；(2) $\frac{\sqrt{2}+\sqrt{6}}{2}$ cm

【解析】

【详解】(1)从 A 点入射的光线光路如图；由几何关系可知，入射角 $i = 60^\circ$ ， $\angle BAC = 60^\circ$ ，折射角 $r = 60^\circ - 30^\circ = 30^\circ$ ，则折射率

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$$



(2)将一点光源置于球心 O 点处，设射到底边 P 点的光线恰好发生全反射，则 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{3}}$ ，则

$$\tan C = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

由几何关系可知下底面上有光出射的圆形区域的半径

$$R = (\overline{OA} \cos 60^\circ + \overline{BC}) \tan C = \frac{\sqrt{2} + \sqrt{6}}{2} \text{ cm}$$

