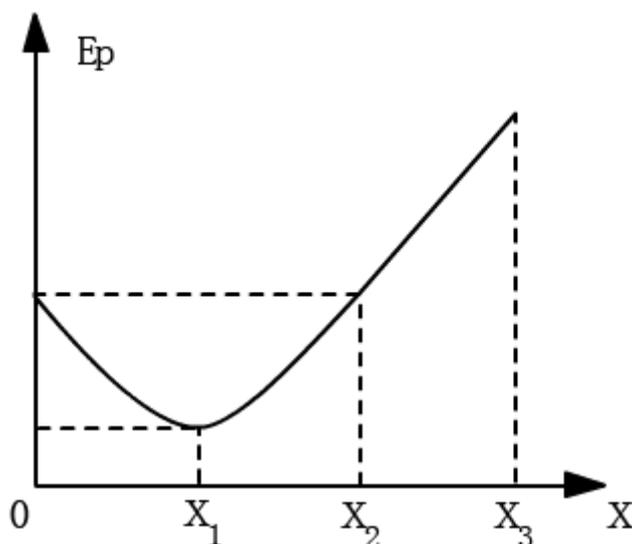


## 2017 年河北省张家口市五个一联盟高考二模试卷物理

二、多项选择题(本题共 8 小题, 每小题 6 分, 共 48 分。在每小题给出的四个选项中, 第 1~4 题只有一项符合题目要求, 第 5~8 题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, 选错或不答的得 0 分)

1. (6 分)一带负电的粒子只在电场力作用下沿  $x$  轴正向运动, 其电势能  $E_p$  随位移  $x$  变化的关系如图所示, 其中  $0 \sim x_2$  段是关于直线  $x=x_1$  对称的曲线,  $x_2 \sim x_3$  段是直线, 则下列说法正确的是( )



- A.  $x_1$  处电场强度最小, 但不为零
- B. 粒子在  $0 \sim x_2$  段做匀变速运动,  $x_2 \sim x_3$  段做匀速直线运动
- C. 在  $0$ 、 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  处电势  $\phi_0$ 、 $\phi_1$ 、 $\phi_2$ 、 $\phi_3$ , 的关系为  $\phi_3 > \phi_2 = \phi_0 > \phi_1$
- D.  $x_2 \sim x_3$  段的电场强度大小方向均不变

解析: A、根据电势能与电势的关系:  $E_p = q\phi$ , 场强与电势的关系:  $E = -\frac{\Delta\phi}{\Delta x}$ , 得:  $E = -\frac{1}{q} \cdot \frac{\Delta E_p}{\Delta x}$ ,

由数学知识可知  $E_p - x$  图像切线的斜率等于  $-\frac{\Delta E_p}{\Delta x}$ ,  $x_1$  处切线斜率为零, 则知  $x_1$  处电场强度

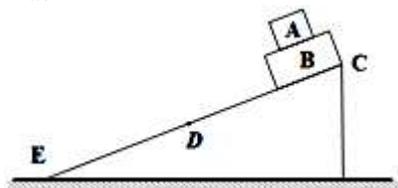
为零, 故 A 错误。

BD、由图看出在  $0 \sim x_1$  段图像切线的斜率不断减小, 由上式知场强减小, 粒子所受的电场力减小, 加速度减小, 做非匀变速运动。 $x_1 \sim x_2$  段图像切线的斜率不断增大, 场强增大, 粒子所受的电场力增大, 做非匀变速运动。 $x_2 \sim x_3$  段斜率不变, 场强不变, 即电场强度大小和方向均不变, 是匀强电场, 粒子所受的电场力不变, 做匀变速直线运动, 故 B 错误, D 正确。

C、根据电势能与电势的关系:  $E_p = q\phi$ , 粒子带负电,  $q < 0$ , 则知: 电势能越大, 粒子所在处的电势越低, 所以有:  $\phi_1 > \phi_2 = \phi_0 > \phi_3$ 。故 C 错误。

答案: D

2. (6 分)如图, 固定斜面, CD 段光滑, DE 段粗糙, A、B 两物体叠放在一起从 C 点由静止下滑, 下滑过程中 A、B 保持相对静止, 则( )



- A. 在 CD 段时, A 受三个力作用

- B. 在 DE 段时，A 可能受三个力作用  
 C. 在 DE 段时，A 受摩擦力方向一定沿斜面向上  
 D. 整个下滑过程中，A、B 均处于失重状态

解析：A、在 CD 段，整体的加速度为： $a = \frac{(m_A + m_B)g \sin \theta}{m_A + m_B} = g \sin \theta$ ，隔离对 A 分析，有：

$m_A g \sin \theta + f_A = m_A a$ ，解得： $f_A = 0$ ，可知 A 受重力和支持力两个力作用。故 A 错误。

B、设 DE 段物块与斜面间的动摩擦因数为  $\mu$ ，在 DE 段，

整体的加速度为： $a = \frac{(m_A + m_B)g \sin \theta - \mu (m_A + m_B)g \cos \theta}{m_A + m_B} = g \sin \theta - \mu g \cos \theta$ ，

隔离对 A 分析，有： $m_A g \sin \theta + f_A = m_A a$ ，解得： $f_A = -\mu m_A g \cos \theta$ ，方向沿斜面向上。

若匀速运动，A 受到静摩擦力也是沿斜面向上，所以 A 一定受三个力。故 B 错误，C 正确。

D、整体下滑的过程中，CD 段加速度沿斜面向下，A、B 均处于失重状态。

在 DE 段，可能做匀速直线运动，不处于失重状态。故 D 错误。

答案：C

3. (6 分) 研究表明，地球自转在逐渐变慢，3 亿年前地球自转的周期约为 22 小时。假设这种趋势会持续下去，地球的其它条件都不变，则未来与现在相比( )

- A. 地球的第一宇宙速度变小  
 B. 地球赤道处的重力加速度变小  
 C. 地球同步卫星距地面的高度变小  
 D. 地球同步卫星的线速度变小

解析：A、地球的第一宇宙速度，就是近地卫星的运行速度，

根据引力提供向心力： $\frac{GMm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$ ，得  $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ ，故地球的第一宇宙速度不变。故 A 错误。

B、赤道上的物体受到的重力等于万有引力减去向心力， $F_{\text{向}} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ ，因为 T 变大，向心力变小，故重力变大，即地球赤道处的重力加速度变大，故 B 错误。

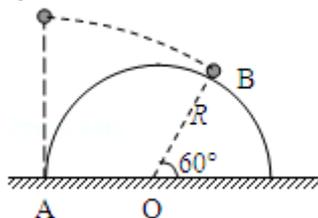
C、地球同步卫星由万有引力提供圆周运动向心力，据  $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ ，得  $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ ，由此可知，地球自转在逐渐变慢，即同步卫星的周期 T 增大，轨道半径 r 增大，距地面的高度变大，故 C 错误。

D、万有引力提供圆周运动向心力  $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ ，得  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，由此可知，轨道半径 r 变大，

卫星的线速度变小，故 D 正确。

答案：D

4. (6 分) 如图，一小球从一半圆轨道左端 A 点正上方某处开始做平抛运动(小球可视为质点)，飞行过程中恰好与半圆轨道相切于 B 点。O 为半圆轨道圆心，半圆轨道半径为 R，OB 与水平方向夹角为  $60^\circ$ ，重力加速度为 g，则小球抛出时的初速度为( )



A.  $\sqrt{\frac{3gR}{2}}$

- B.  $\frac{\sqrt{3gR}}{2}$   
 C.  $\sqrt{\frac{3\sqrt{3}gR}{2}}$   
 D.  $\frac{\sqrt{\sqrt{3}gR}}{3}$

解析：小球做平抛运动，在飞行过程中恰好与半圆轨道相切于 B 点，则知速度与水平方向的夹角为  $30^\circ$ ，则有： $v_y = v_0 \tan 30^\circ$

又  $v_y = gt$ ，则得：

$$v_0 \tan 30^\circ = gt, t = \frac{v_0 \tan 30^\circ}{g} \quad \text{①}$$

水平方向上小球做匀速直线运动，则有：

$$R + R \cos 60^\circ = v_0 t \quad \text{②}$$

联立①②解得： $v_0 = \sqrt{\frac{3\sqrt{3}gR}{2}}$ 。

答案：C

5. (6分) 下列说法中正确的是( )

- A. 光子像其他粒子一样，不但具有能量，也具有动量  
 B. 原子核结合能越大，原子核越稳定  
 C. 核泄漏事故污染物 Cs137 能够产生对人体有害的辐射，其核反应方程式为  

$${}_{55}^{137}\text{Cs} \rightarrow {}_{56}^{137}\text{Ba} + x$$
 可以判断 x 为电子

D. 一个氢原子处在  $n=4$  的能级，当它跃迁到较低能级时，最多可发出 3 种频率的光子

解析：A、光子像其他粒子一样，不但具有能量，也具有动量，故 A 正确；

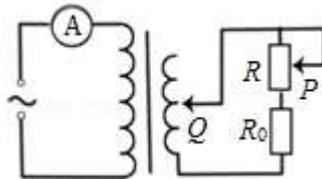
B、原子核比结合能越大，原子核越稳定，故 B 错误；

C、根据电荷数守恒、质量数守恒知，x 的电荷数为 -1，质量数为 0，可知 x 为电子。故 C 正确；

D、一个氢原子处在  $n=4$  的能级，由较高能级跃迁到较低能级时，最多可以发出  $4 \rightarrow 3$ ， $3 \rightarrow 2$ ，和  $2 \rightarrow 1$  三种频率的光。故 D 正确。

答案：ACD

6. (6分) 如图所示，理想变压器的原线圈连接一只理想交流电流表，副线圈匝数可以通过滑动触头 Q 来调节，在副线圈两端连接了定值电阻  $R_0$  和滑动变阻器 R，P 为滑动变阻器的滑动触头。在原线圈上加一电压为 U 的正弦交流电，则( )



- A. 保持 Q 的位置不动，将 P 向上滑动时，电流表读数变大  
 B. 保持 Q 的位置不动，将 P 向上滑动时，电流表读数变小  
 C. 保持 P 的位置不动，将 Q 向上滑动时，电流表读数变大  
 D. 保持 P 的位置不动，将 Q 向上滑动时，电流表读数变小

解析：AB、在原、副线圈匝数比一定的情况下，变压器的输出电压由输入电压决定。因此，当 Q 位置不变时，输出电压不变，此时 P 向上滑动，负载电阻值增大，则输出电流减小，电流表的读数 I 变小，故 A 错误，B 正确；

CD、P 位置不变，将 Q 向上滑动，则输出电压变大，输出电流变大，则电流表的读数变大，故 C 正确，D 错误。

答案：BC

7. (6分) 放在粗糙水平地面上的物体受到水平拉力的作用, 在0~6s内其速度与时间的图像和该拉力的功率与时间的图像分别如图所示。下列说法正确的是( )

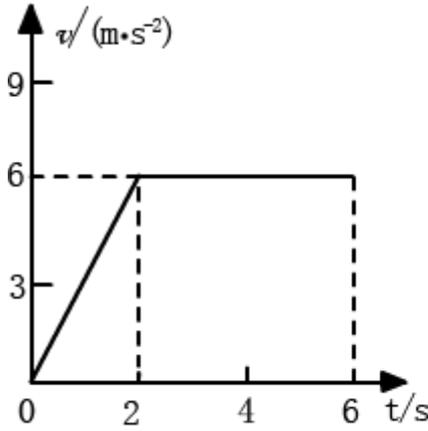


图1

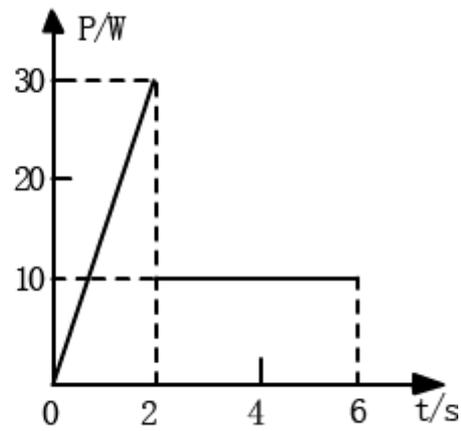


图2

- A. 0~6s内物体的位移大小为30m
- B. 2~6s内拉力做的功为40J
- C. 合外力在0~6s内做的功与0~2s内做的功相等
- D. 滑动摩擦力的大小为5N

解析: A、0~6s内物体的位移大小  $x = \frac{4+6}{2} \times 6 = 30\text{m}$ 。故A正确。

B、在0~2s内, 物体的加速度  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 3\text{m/s}^2$ , 由图, 当  $P=30\text{W}$  时,  $v=6\text{m/s}$ , 得到牵引力  $F = \frac{P}{v} = 5\text{N}$ 。

在0~2s内物体的位移为  $x_1 = 6\text{m}$ ,

则拉力做功为  $W_1 = Fx_1 = 5 \times 6 = 30\text{J}$ 。2~6s内拉力做的功  $W_2 = Pt = 10 \times 4 = 40\text{J}$ 。所以0~6s内拉力做的功为  $W = W_1 + W_2 = 70\text{J}$ 。故B正确。

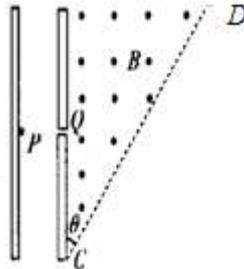
C、在2~6s内, 物体做匀速运动, 合力为零, 则合外力在0~6s内做的功与0~2s内做的功相等。故C正确。

D、在2~6s内,  $v=6\text{m/s}$ ,  $P=10\text{W}$ , 物体做匀速运动, 摩擦力  $f=F$ , 得到  $f = F = \frac{P}{v} = \frac{10}{6}\text{N} = \frac{5}{3}\text{N}$ 。

故D错误。

答案: ABC

8. (6分) 如图所示, 两块平行金属板, 两板间电压可从零开始逐渐升高到最大值, 开始静止的带电粒子带电荷量为+q, 质量为m (不计重力), 从点P经电场加速后, 从小孔Q进入右侧的匀强磁场区域, 磁感应强度大小为B, 方向垂直于纸面向外, CD为磁场边界, 它与极板的夹角为  $\theta = 30^\circ$ , 小孔Q到板的下端C的距离为L, 当两板间电压取最大值时, 粒子恰好垂直CD边射出, 则( )



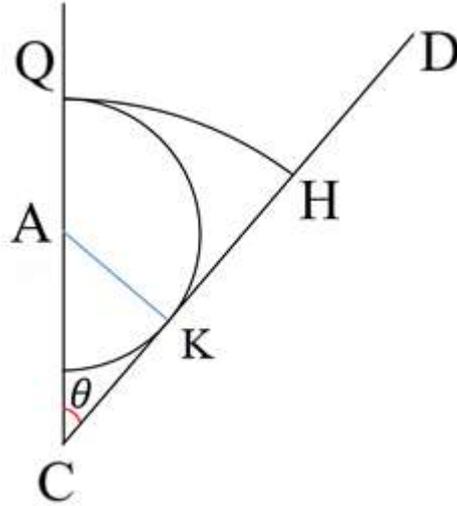
A. 两板间电压的最大值  $U_m = \frac{qB^2L}{m}$

B. 两板间电压的最大值  $U_m = \frac{qB^2L^2}{2m}$

C. 能够从 CD 边射出的粒子在磁场中运动的最长时间  $t_m = \frac{2\pi m}{3qB}$

D. 能够从 CD 边射出的粒子在磁场中运动的最长时间  $t_m = \frac{\pi m}{6qB}$

解析: M、N 两板间电压取最大值时, 粒子恰好垂直打在 CD 板上, 所以圆心在 C 点,  $CH=CQ=L$ , 故半径  $R_1=L$



洛伦兹力提供向心力可得:  $qvB = m \frac{v_1^2}{R_1}$  ①

根据动能定理可得:  $qU_m = \frac{1}{2} m v_1^2$  ②

联立①②可得:  $U_m = \frac{qB^2 L^2}{2m}$

故 A 错误, B 正确,

分析可知,  $T = \frac{2\pi R}{v}$  ③

联立①③可得  $T = \frac{2\pi m}{qB}$  ④

能够从 CD 边射出的粒子在磁场中运动的最长时间最长的粒子, 其轨迹与 CD 边相切于 K 点

最长时间  $t_m = \frac{120^\circ}{360^\circ} T$  ⑤

联立④⑤式得  $t_m = \frac{2\pi m}{3qB}$

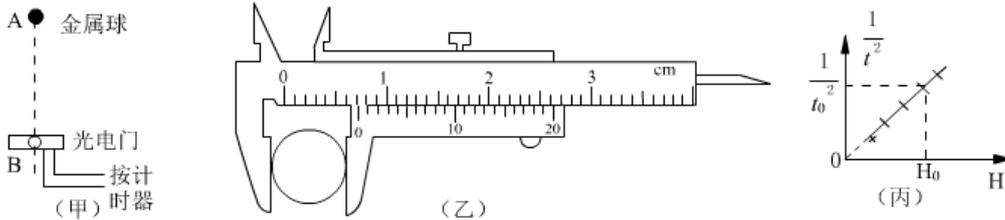
故 D 错误, C 正确。

答案: BC

三. 非选择题(共 174 分, 包括必考题和选考题两部分。第 22 题~第 32 题为必考题, 每个试题考生都必须作答。第 33 题~第 40 题为选考题, 考生根据要求作答。)

(一) 必考题

9. (6 分) 如图(甲)所示, 一位同学利用光电计时器等器材做“验证机械能守恒定律”的实验。有一直径为  $d$ 、质量为  $m$  的金属小球由 A 处从静止释放, 下落过程中能通过 A 处正下方、固定于 B 处的光电门, 测得 A、B 间的距离为  $H$  ( $H \gg d$ ), 光电计时器记录下小球通过光电门的时间为  $t$ , 当地的重力加速度为  $g$ 。则:



如图(乙)所示,用游标卡尺测得小球的直径  $d = \underline{\hspace{2cm}}$  mm。  
 小球经过光电门 B 时的速度表达式为  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

多次改变高度  $H$ , 重复上述实验, 作出  $\frac{1}{t^2}$  随  $H$  的变化图像如图(丙)所示, 当图中已知量  $t_0$ 、 $H_0$  和重力加速度  $g$  及小球的直径  $d$  满足以下表达式:  $\underline{\hspace{2cm}}$  时, 可判断小球下落过程中机械能守恒。

解析: 游标卡尺的主尺读数为 7mm, 游标读数为  $0.05 \times 5\text{mm} = 0.25\text{mm}$ , 则小球的直径  $d = 7.25\text{mm}$ 。

根据极短时间内的平均速度等于瞬时速度知, 小球在 B 处的瞬时速度  $v_B = \frac{d}{t}$ ;

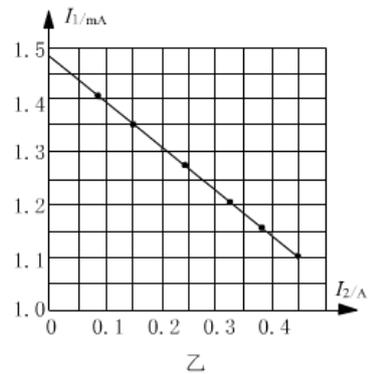
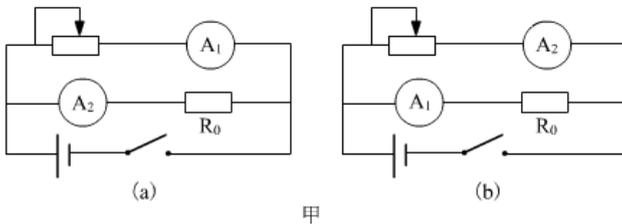
小球下落过程中重力势能的减小量为  $mgH_0$ , 动能的增加量  $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t_0}\right)^2$ , 若机械

能守恒, 有:  $gH_0 = \frac{1}{2}d^2 \frac{1}{t_0^2}$ , 即  $\frac{1}{t_0^2} = \frac{2g}{d^2}H_0$ 。

答案:  $7.25; \frac{d}{t}; \frac{1}{t_0^2} = \frac{2g}{d^2}H_0$ 。

10. (9分) 在测定一节干电池的电动势和内电阻的实验中, 备有下列器材:

- A. 待测的干电池 (电动势约为 1.5V, 内电阻小于  $1.0\Omega$ )
- B. 电流表  $A_1$  (量程 0 - 3mA, 内阻  $R_{g1} = 10\Omega$ )
- C. 电流表  $A_2$  (量程 0 - 0.6A, 内阻  $R_{g2} = 0.1\Omega$ )
- D. 滑动变阻器  $R_1$  (0 - 20  $\Omega$ , 10A)
- E. 滑动变阻器  $R_2$  (0 - 200  $\Omega$ , 1A)
- F. 定值电阻  $R_0$  (990  $\Omega$ )
- G. 开关和导线若干



(1) 某同学设计了如图甲所示的 (a)、(b) 两个实验电路, 其中合理的是  $\underline{\hspace{2cm}}$  图; 在该电路中, 为了操作方便且能准确地进行测量, 滑动变阻器应选  $\underline{\hspace{2cm}}$  (填写器材名称前的字母序号), 这是因为若选另一个变阻器,  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

解析: 上述器材中虽然没有电压表, 但给出了两个电流表, 将电流表 G 串联一个电阻, 可以改装成较大量程的电压表。

(a)、(b)两个参考实验电路，其中合理的是 b，  
 因为电源的内阻较小，所以应该采用较小最大值的滑动变阻器，有利于数据的测量和误差的减小。滑动变阻器应选 D；若选择大电阻，则在变阻器滑片调节的大部分范围内，电流表 A<sub>2</sub> 读数太小，电流表 A<sub>1</sub> 读数变化不明显  
 答案：b，D；在变阻器滑片调节的大部分范围内，电流表 A<sub>2</sub> 读数太小，电流表 A<sub>1</sub> 读数变化不明显。

(2) 图乙为该同学根据(1)中选出的合理的实验电路，利用测出的数据绘出的 I<sub>1</sub> - I<sub>2</sub> 图线(I<sub>1</sub> 为电流表 A<sub>1</sub> 的示数，I<sub>2</sub> 为电流表 A<sub>2</sub> 的示数)，为了简化计算，该同学认为 I<sub>1</sub> 远远小于 I<sub>2</sub>，则由图线可得电动势 E=\_\_\_\_\_V，内阻 r=\_\_\_\_\_Ω。(结果保留 2 位有效数字)

解析：根据欧姆定律和串联的知识得

电源两端电压  $U = I_1(990 + 10) = 1000I_1$ ，

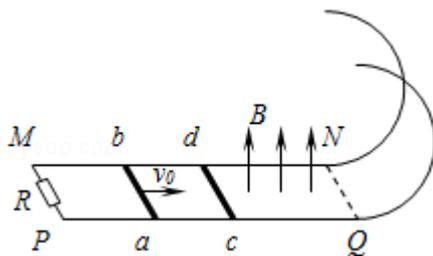
根据图像与纵轴的交点得电动势  $E = 1.47\text{mA} \times 1000\Omega = 1.47\text{V} = 1.5\text{V}$ ；

由图可知当电流为 0.45A 时，电压为 1.1V，则由闭合电路欧姆定律可知：

$$r = \frac{1.47 - 1.1}{0.45} = 0.8\Omega。$$

答案：1.5，0.8。

11. (12 分) 如图所示，MN、PQ 两平行光滑水平导轨分别与半径  $r = 0.5\text{m}$  的相同竖直半圆导轨在 N、Q 端平滑连接，M、P 端连接定值电阻 R，质量  $M = 2\text{kg}$  的 cd 绝缘杆垂直静止在水平导轨上，在其右侧至 N、Q 端的区域内充满竖直向上的匀强磁场。现有质量  $m = 1\text{kg}$  的 ab 金属杆以初速度  $v_0 = 12\text{m/s}$  水平向右与 cd 绝缘杆发生正碰后，进入磁场并最终未滑出，cd 绝缘杆则恰好能通过半圆导轨最高点，不计其它电阻和摩擦，ab 金属杆始终与导轨垂直且接触良好，取  $g = 10\text{m/s}^2$ ，求：



(1) cd 绝缘杆通过半圆导轨最高点时的速度大小 v；

解析：cd 绝缘杆通过半圆导轨最高点时，由牛顿第二定律有： $Mg = M\frac{v^2}{r}$

解得： $v = \sqrt{gr} = \sqrt{5}\text{m/s}$ 。

答案：cd 绝缘杆通过半圆导轨最高点时的速度大小 v 是  $\sqrt{5}\text{m/s}$ 。

(2) 电阻 R 产生的焦耳热 Q。

解析：碰撞后 cd 绝缘杆滑至最高点的过程中，由动能定理有：

$$-Mg \cdot 2r = \frac{1}{2}Mv^2 - \frac{1}{2}Mv_2^2$$

解得碰撞后 cd 绝缘杆的速度： $v_2 = 5\text{m/s}$

两杆碰撞过程，动量守恒，取向右为正方向，则有： $mv_0 = mv_1 + Mv_2$

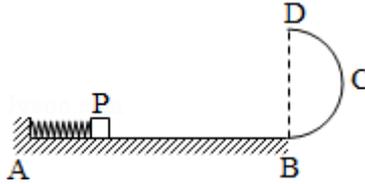
解得碰撞后 ab 金属杆的速度： $v_1 = 2\text{m/s}$

ab 金属杆进入磁场后，由能量守恒定律有： $\frac{1}{2}mv_1^2 = Q$

解得： $Q = 2\text{J}$ 。

答案：电阻 R 产生的焦耳热 Q 是 2J。

12. (20分) 轻质弹簧原长为  $2l$ ，将弹簧竖直放置在地面上，在其顶端将一质量为  $5m$  的物体由静止释放，当弹簧被压缩到最短时，弹簧长度为  $l$ 。现将该弹簧水平放置，一端固定在 A 点，另一端与物块 P 接触但不连接。AB 是长度为  $5l$  的水平轨道，B 端与半径为  $l$  的光滑半圆轨道 BCD 相切，半圆的直径 BD 竖直，如图所示。物块 P 与 AB 间的动摩擦因数  $\mu = 0.5$ 。用外力推动物块 P，将弹簧压缩至长度  $l$ ，然后释放，P 开始沿轨道运动，重力加速度大小为  $g$ 。



(1) 若 P 的质量为  $m$ ，求 P 到达 B 点时速度的大小，以及它离开圆轨道后落回到 AB 上的位置与 B 点间的距离；

解析：将弹簧竖直放置在地面上，物体下落压缩弹簧时，由系统的机械能守恒得

$$E_p = 5mgl$$

如图，根据能量守恒定律得

$$E_p = \mu mg \cdot 4l + \frac{1}{2}mv_B^2$$

联立解得  $v_B = \sqrt{6gl}$

物体 P 从 B 到 D 的过程，由机械能守恒定律得

$$mg \cdot 2l + \frac{1}{2}mv_D^2 = \frac{1}{2}mv_B^2$$

解得  $v_D = \sqrt{2gl} > \sqrt{gl}$

所以物体 P 能到达 D 点，且物体 P 离开 D 点后做平抛运动，则有

$$2l = \frac{1}{2}gt^2$$

$$x = v_D t$$

解得  $x = 2\sqrt{2}l$

即落地点与 B 点间的距离为  $2\sqrt{2}l$ 。

答案：P 到达 B 点时速度的大小是  $\sqrt{6gl}$ ，它离开圆轨道后落回到 AB 上的位置与 B 点间的距离是  $2\sqrt{2}l$ 。

(2) 若 P 能滑上圆轨道，且仍能沿圆轨道滑下，求 P 的质量的取值范围。

解析：P 刚好过 B 点，有：  $E_p = \mu m_1 g \cdot 4l$ ，解得  $m_1 = \frac{5}{2}m$

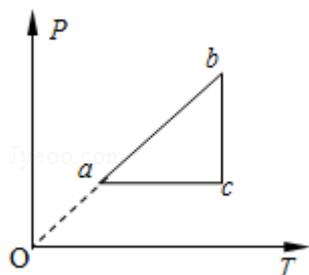
P 最多到 C 而不脱轨，则有  $E_p = \mu m_2 g \cdot 4l + m_2 gl$ ，解得  $m_2 = \frac{5}{3}m$

所以满足条件的 P 的质量的取值范围为：  $\frac{5}{3}m \leq m_P < \frac{5}{2}m$ 。

答案：P 的质量的取值范围为：  $\frac{5}{3}m \leq m_P < \frac{5}{2}m$ 。

【物理—选修 3-3】(15 分)

13. (5 分) 一定量的理想气体从状态 a 开始，经历三个过程 ab、bc、ca 回到原状态，其 p - T 图像如图所示，下列判断正确的是 ( )



- A. 过程 bc 中气体既不吸热也不放热
- B. 过程 ab 中气体一定吸热
- C. 过程 ca 中外界对气体所做的功等于气体所放的热
- D. a、b 和 c 三个状态中，状态 a 分子的平均动能最小
- E. b 和 c 两个状态中，容器壁单位面积单位时间内受到气体分子撞击的次数不同

解析：A、由图示图像可知，bc 过程气体发生等温变化，气体内能不变，压强减小，由玻意耳定律可知，体积增大，气体对外做功，由热力学第一定律  $\Delta U=Q+W$  可知，气体吸热，故 A 错误；

B、由图示可知，ab 过程，气体压强与热力学温度成正比，则气体发生等容变化，气体体积不变，外界对气体不做功，气体温度升高，内能增大，由热力学第一定律可知，气体吸收热量，故 B 正确；

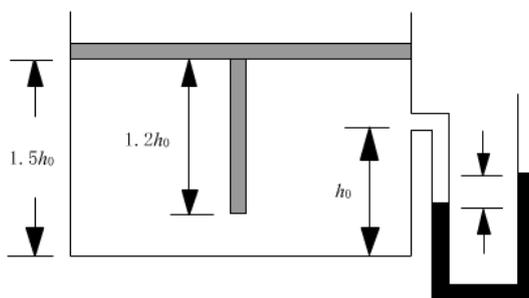
C、由图像可知，ca 过程气体压强不变，温度降低，由盖吕萨克定律可知，其体积减小，外界对气体做功， $W>0$ ，气体温度降低，内能减少， $\Delta U<0$ ，由热力学第一定律可知，气体要放出热量，过程 ca 中外界对气体所做的功小于气体所放热量，故 C 错误；

D、由图像可知，a、b 和 c 三个状态中 a 状态温度最低，分子平均动能最小，故 D 正确；

E、由图像可知，bc 过程气体发生等温变化，气体内能不变，压强减小，由玻意耳定律可知，体积增大，b、c 状态气体的分子数密度不同，b 和 c 两个状态中，容器壁单位面积单位时间内受到气体分子撞击的次数不同，故 E 正确。

答案：BDE

14. (10 分) 如图所示，固定的绝热气缸内有一质量为  $m$  的“T”型绝热活塞(体积可忽略)，距气缸底部  $h_0$  处连接一 U 形管(管内气体的体积忽略不计)。初始时，封闭气体温度为  $T_0$ ，活塞距离气缸底部为  $1.5h_0$ ，两边水银柱存在高度差。已知水银的密度为  $\rho$ ，大气压强为  $p_0$ ，气缸横截面积为  $S$ ，活塞竖直部分长为  $1.2h_0$ ，重力加速度为  $g$ 。试问：初始时，水银柱两液面高度差多大？缓慢降低气缸内封闭气体的温度，当 U 形管两水银面相平时封闭气体的温度是多少？



解析：被封闭气体压强： $p=p_0+\frac{mg}{S}=p_0+\rho gh$ ，

初始时，液面高度差为： $h=\frac{m}{\rho S}$ ；

降低温度直至液面相平的过程中，气体先等压变化，后等容变化。

初状态： $p_1=p_0+\frac{mg}{S}$ ， $V_1=1.5h_0 S$ ， $T_1=T_0$

末状态： $p_2=p_0$ ， $V_2=1.2h_0 S$ ， $T_2=?$

根据理想气体状态方程得： $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ ，

解得： $T_2 = \frac{4p_0 T_0 S}{5p_0 S + 5mg}$ ；

答案：初始时，水银柱两液面高度差是  $\frac{m}{\rho S}$ ；

缓慢降低气缸内封闭气体的温度，当 U 形管两水银面相平时封闭气体的温度是  $\frac{4p_0 T_0 S}{5p_0 S + 5mg}$ 。

[物理—选修 3-4] (15 分)

15. 下列说法中正确的是 ( )

- A. 军队士兵过桥时使用便步，是为了防止桥发生共振现象
- B. 机械波和电磁波在介质中的传播速度仅由介质决定
- C. 拍摄玻璃橱窗内的物品时，往往在镜头前加装一个偏振片以减弱玻璃反射光的影响
- D. 假设火车以接近光速通过站台时，站台上旅客观察到车上乘客在变矮
- E. 赫兹第一次用实验证实了电磁波的存在

解析：A、军队士兵过桥时使用便步，防止行走的频率与桥的频率相同，桥发生共振现象，故 A 正确。

B、机械波在介质中的传播速度由介质决定，与波的频率无关，电磁波在介质中的传播速度与介质和波的频率均有关，故 B 错误。

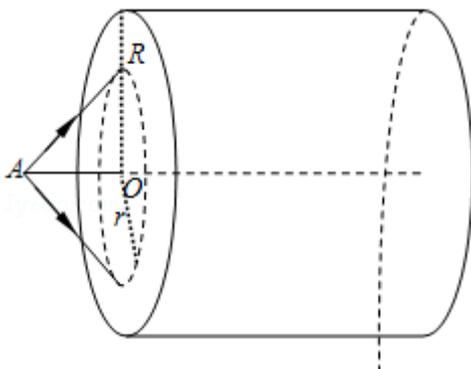
C、加偏振片的作用是减弱反射光的强度，从而增大透射光的强度；故 C 正确；

D、根据尺缩效应，沿物体运动的方向上的长度将变短，火车以接近光束通过站台时，车上乘客观察到站在站台上旅客变瘦，而不是变矮；故 D 错误；

E、麦克斯韦预言了电磁波的存在，而赫兹第一次用实验证实了电磁波的存在，故 E 正确。

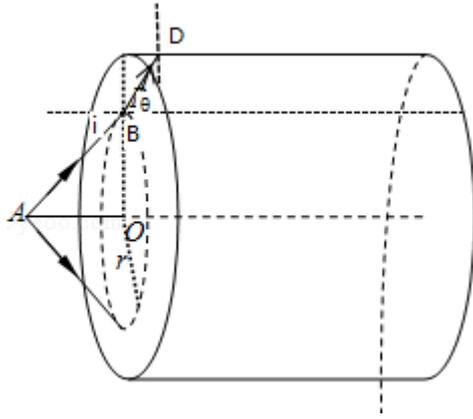
答案：ACE

16. 如图，有一玻璃圆柱体，横截面半径为  $R=10\text{cm}$ ，长为  $L=100\text{cm}$ 。一点光源在玻璃圆柱体中心轴线上的 A 点，与玻璃圆柱体左端面距离  $d=4\text{cm}$ ，点光源向各个方向发射单色光，其中射向玻璃圆柱体左端面中央半径为  $r=8\text{cm}$  圆面内射入的光线恰好不会从柱体侧面射出。光速为  $c=3 \times 10^8 \text{m/s}$ ；求：



(1) 玻璃对该单色光的折射率；

解析：由题意可知，光线 AB 从圆柱体左端面射入，其折射光 BD 射到柱面 D 点恰好发生全反射。



设光线在 B 点的入射角为  $i$ 。

$$\text{则 } \sin i = \frac{r}{\sqrt{r^2 + d^2}} = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

由折射定律得：

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

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

根据几何知识得： $\sin \theta = \cos C = \sqrt{1 - \sin^2 C}$

$$\text{得： } n = \frac{3\sqrt{5}}{5}$$

答案：玻璃对该单色光的折射率是  $\frac{3\sqrt{5}}{5}$ 。

(2) 该单色光通过玻璃圆柱体的最长时间。

解析：折射光 BD 在玻璃柱体内传播路程最长，因而传播时间最长。最长的路程为：

$$S = \frac{L}{\sin C} = nL$$

光在玻璃中传播的速度为：  $v = \frac{c}{n}$

则该单色光通过玻璃圆柱体的最长时间为：  $t = \frac{S}{v} = \frac{n^2 L}{c} = 6 \times 10^{-9} \text{ s}$ 。

答案：该单色光通过玻璃圆柱体的最长时间是  $6 \times 10^{-9} \text{ s}$ 。