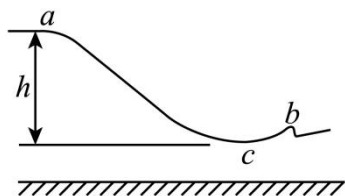


## 2022 年全国高考甲卷物理试题

### 二、选择题

1. 北京 2022 年冬奥会首钢滑雪大跳台局部示意图如图所示。运动员从  $a$  处由静止自由滑下，到  $b$  处起跳， $c$  点为  $a$ 、 $b$  之间的最低点， $a$ 、 $c$  两处的高度差为  $h$ 。要求运动员经过一点时对滑雪板的压力不大于自身所受重力的  $k$  倍，运动过程中将运动员视为质点并忽略所有阻力，则  $c$  点处这一段圆弧雪道的半径不应小于 ( )



- A.  $\frac{h}{k+1}$       B.  $\frac{h}{k}$       C.  $\frac{2h}{k}$       D.  $\frac{2h}{k-1}$

【答案】D

【解析】

【详解】运动员从  $a$  到  $c$  根据动能定理有

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

在  $c$  点有

$$F_{Nc} - mg = m \frac{v_c^2}{R_c}$$

$$F_{Nc} \leq kmg$$

联立有

$$R_c \geq \frac{2h}{k-1}$$

故选 D。

2. 长为  $l$  的高速列车在平直轨道上正常行驶，速率为  $v_0$ ，要通过前方一长为  $L$  的隧道，当列车的任一部分处于隧道内时，列车速率都不允许超过  $v$  ( $v < v_0$ )。已知列车加速和减速时加速度的大小分别为  $a$  和  $2a$ ，则列车从减速开始至回到正常行驶速率  $v_0$  所用时间至少为 ( )

- A.  $\frac{v_0 - v}{2a} + \frac{L+l}{v}$       B.  $\frac{v_0 - v}{a} + \frac{L+2l}{v}$       C.  $\frac{3(v_0 - v)}{2a} + \frac{L+l}{v}$       D.  $\frac{3(v_0 - v)}{a} + \frac{L+2l}{v}$

【答案】C

【解析】

【详解】由题知当列车的任一部分处于隧道内时，列车速率都不允许超过  $v$  ( $v < v_0$ )，则列车进隧道前必须

减速到  $v$ ，则有

$$v = v_0 - 2at_1$$

解得

$$t_1 = \frac{v_0 - v}{2a}$$

在隧道内匀速有

$$t_2 = \frac{L + l}{v}$$

列车尾部出隧道后立即加速到  $v_0$ ，有

$$v_0 = v + at_3$$

解得

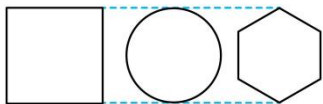
$$t_3 = \frac{v_0 - v}{a}$$

则列车从减速开始至回到正常行驶速率  $v_0$  所用时间至少为

$$t = \frac{3(v_0 - v)}{2a} + \frac{L + l}{v}$$

故选 C。

3. 三个用同样的细导线做成的刚性闭合线框，正方形线框的边长与圆线框的直径相等，圆线框的半径与正六边形线框的边长相等，如图所示。把它们放入磁感应强度随时间线性变化的同一匀强磁场中，线框所在平面均与磁场方向垂直，正方形、圆形和正六边形线框中感应电流的大小分别为  $I_1$ 、 $I_2$  和  $I_3$ 。则 ( )



A.  $I_1 < I_3 < I_2$

B.  $I_1 > I_3 > I_2$

C.  $I_1 = I_2 > I_3$

D.  $I_1 = I_2 = I_3$

【答案】C

【解析】

【详解】设圆线框的半径为  $r$ ，则由题意可知正方形线框的边长为  $2r$ ，正六边形线框的边长为  $r$ ；所以圆线框的周长为

$$C_2 = 2\pi r$$

面积为

$$S_2 = \pi r^2$$

同理可知正方形线框的周长和面积分别为

$$C_1 = 8r, \quad S_1 = 4r^2$$

正六边形线框的周长和面积分别为

$$C_3 = 6r, \quad S_3 = \frac{1}{2} \times 6 \times r \times \frac{\sqrt{3}}{2} r = \frac{3\sqrt{3}r^2}{2}$$

三线框材料粗细相同，根据电阻定律

$$R = \rho \frac{L}{S_{\text{横截面}}}$$

可知三个线框电阻之比为

$$R_1 : R_2 : R_3 = C_1 : C_2 : C_3 = 8 : 2\pi : 6$$

根据法拉第电磁感应定律有

$$I = \frac{E}{R} = \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \frac{S}{R}$$

可得电流之比为：

$$I_1 : I_2 : I_3 = 2 : 2 : \sqrt{3}$$

即

$$I_1 = I_2 > I_3$$

故选 C。

4. 两种放射性元素的半衰期分别为  $t_0$  和  $2t_0$ ，在  $t=0$  时刻这两种元素的原子核总数为  $N$ ，在  $t=2t_0$  时刻，

尚未衰变的原子核总数为  $\frac{N}{3}$ ，则在  $t=4t_0$  时刻，尚未衰变的原子核总数为（ ）

A.  $\frac{N}{12}$

B.  $\frac{N}{9}$

C.  $\frac{N}{8}$

D.  $\frac{N}{6}$

【答案】C

【解析】

【详解】根据题意设半衰期为  $t_0$  的元素原子核数为  $x$ ，另一种元素原子核数为  $y$ ，依题意有

$$x + y = N$$

经历  $2t_0$  后有

$$\frac{1}{4}x + \frac{1}{2}y = \frac{N}{3}$$

联立可得

$$x = \frac{2}{3}N, \quad y = \frac{1}{3}N$$

在  $t=4t_0$  时，原子核数为  $x$  的元素经历了 4 个半衰期，原子核数为  $y$  的元素经历了 2 个半衰期，则此时未

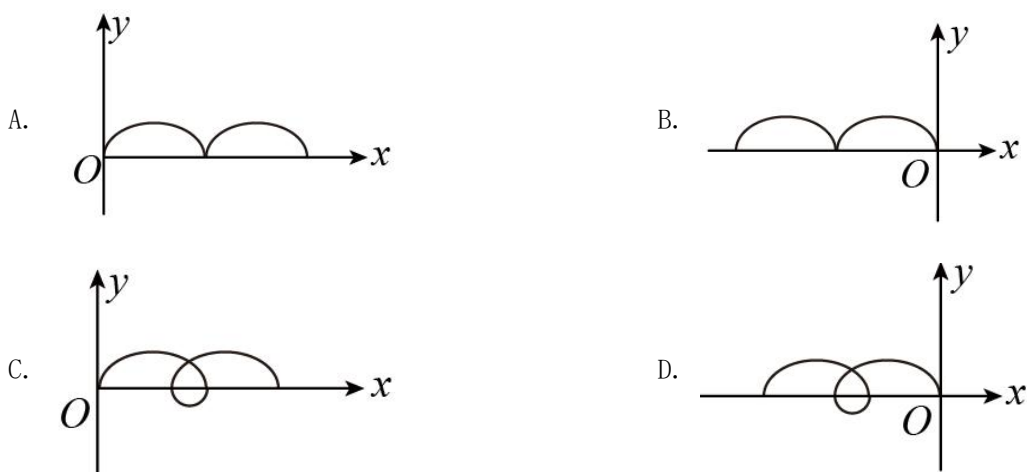
衰变的原子核总数为

$$n = \frac{1}{2^4}x + \frac{1}{2^2}y = \frac{N}{8}$$

故选 C。

5. 空间存在着匀强磁场和匀强电场，磁场的方向垂直于纸面（ $xOy$  平面）向里，电场的方向沿  $y$  轴正方向。

一带正电的粒子在电场和磁场的作用下，从坐标原点  $O$  由静止开始运动。下列四幅图中，可能正确描述该粒子运动轨迹的是（ ）



【答案】B

【解析】

【详解】AC. 在  $xOy$  平面内电场的方向沿  $y$  轴正方向，故在坐标原点  $O$  静止的带正电粒子在电场力作用下会向  $y$  轴正方向运动。磁场方向垂直于纸面向里，根据左手定则，可判断出向  $y$  轴正方向运动的粒子同时受到沿  $x$  轴负方向的洛伦兹力，故带电粒子向  $x$  轴负方向偏转。AC 错误；

BD. 运动的过程中在电场力对带电粒子做功，粒子速度大小发生变化，粒子所受的洛伦兹力方向始终与速度方向垂直。由于匀强电场方向是沿  $y$  轴正方向，故  $x$  轴为匀强电场的等势面，从开始到带电粒子偏转再次运动到  $x$  轴时，电场力做功为 0，洛伦兹力不做功，故带电粒子再次回到  $x$  轴时的速度为 0，随后受电场力作用再次进入第二象限重复向左偏转，故 B 正确，D 错误。

故选 B。

6. 如图，质量相等的两滑块 P、Q 置于水平桌面上，二者用一轻弹簧水平连接，两滑块与桌面间的动摩擦因数均为  $\mu$ 。重力加速度大小为  $g$ 。用水平向右的拉力  $F$  拉动 P，使两滑块均做匀速运动；某时刻突然撤去该拉力，则从此刻开始到弹簧第一次恢复原长之前（ ）



- A. P 的加速度大小的最大值为  $2\mu g$
- B. Q 的加速度大小的最大值为  $2\mu g$
- C. P 的位移大小一定大于 Q 的位移大小
- D. P 的速度大小均不大于同一时刻 Q 的速度大小

【答案】AD

【解析】

【详解】设两物块的质量均为  $m$ ，撤去拉力前，两滑块均做匀速直线运动，则拉力大小为

$$F = 2\mu mg$$

撤去拉力前对 Q 受力分析可知，弹簧的弹力为

$$T_0 = \mu mg$$

AB. 以向右为正方向，撤去拉力瞬间弹簧弹力不变为  $\mu mg$ ，两滑块与地面间仍然保持相对滑动，此时滑块 P 的加速度为

$$-T_0 - \mu mg = ma_{P1}$$

解得

$$a_{P1} = -2\mu g$$

此刻滑块 Q 所受的外力不变，加速度仍为零，滑块 P 做减速运动，故 PQ 间距离减小，弹簧的伸长量变小，弹簧弹力变小。根据牛顿第二定律可知 P 减速的加速度减小，滑块 Q 的合外力增大，合力向左，做加速度增大的减速运动。

故 P 加速度大小的最大值是刚撤去拉力瞬间的加速度为  $2\mu mg$ 。

Q 加速度大小最大值为弹簧恢复原长时

$$-\mu mg = ma_{Qm}$$

解得

$$a_{Qm} = -\mu mg$$

故滑块 Q 加速度大小最大值为  $\mu mg$ ，A 正确，B 错误；

C. 滑块 PQ 水平向右运动，PQ 间的距离在减小，故 P 的位移一定小于 Q 的位移，C 错误；

D. 滑块 P 在弹簧恢复到原长时的加速度为

$$-\mu mg = ma_{P2}$$

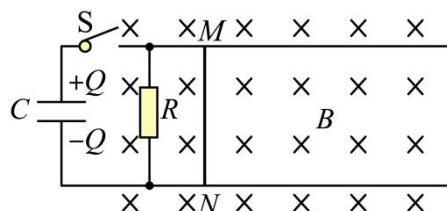
解得

$$a_{P2} = -\mu g$$

撤去拉力时，PQ 的初速度相等，滑块 P 由开始的加速度大小为  $2\mu g$  做加速度减小的减速运动，最后弹簧原长时加速度大小为  $\mu g$ ；滑块 Q 由开始的加速度为 0 做加速度增大的减速运动，最后弹簧原长时加速度大小也为  $\mu g$ 。分析可知 P 的速度大小均不大于同一时刻 Q 的速度大小，D 正确。

故选 AD。

7. 如图，两根相互平行的光滑长直金属导轨固定在水平绝缘桌面上，在导轨的左端接入电容为  $C$  的电容器和阻值为  $R$  的电阻。质量为  $m$ 、阻值也为  $R$  的导体棒  $MN$  静止于导轨上，与导轨垂直，且接触良好，导轨电阻忽略不计，整个系统处于方向竖直向下的匀强磁场中。开始时，电容器所带的电荷量为  $Q$ ，合上开关  $S$  后，( )



- A. 通过导体棒  $MN$  电流的最大值为  $\frac{Q}{RC}$
- B. 导体棒  $MN$  向右先加速、后匀速运动
- C. 导体棒  $MN$  速度最大时所受的安培力也最大
- D. 电阻  $R$  上产生的焦耳热大于导体棒  $MN$  上产生的焦耳热

【答案】AD

【解析】

【详解】 $MN$  在运动过程中为非纯电阻， $MN$  上的电流瞬时值为

$$i = \frac{u - Blv}{R}$$

- A. 当闭合的瞬间， $Blv = 0$ ，此时  $MN$  可视为纯电阻  $R$ ，此时反电动势最小，故电流最大

$$I_{\max} = \frac{U}{R} = \frac{Q}{CR}$$

故 A 正确；

- B. 当  $u > Blv$  时，导体棒加速运动，当速度达到最大值之后，电容器与  $MN$  及  $R$  构成回路，由于一直处于通路的形式，由能量守恒可知，最后  $MN$  终极速度为零，故 B 错误；

- C.  $MN$  在运动过程中为非纯电阻电路， $MN$  上的电流瞬时值为

$$i = \frac{u - Blv}{R}$$

当  $u = Blv$  时,  $MN$  上电流瞬时为零, 安培力为零此时,  $MN$  速度最大, 故 C 错误;

D. 在  $MN$  加速度阶段, 由于  $MN$  反电动势存在, 故  $MN$  上电流小于电阻  $R$  上的电流, 电阻  $R$  消耗电能大于  $MN$  上消耗的电能 (即  $E_R > E_{MN}$ ), 故加速过程中,  $Q_R > Q_{MN}$ ; 当  $MN$  减速为零的过程中, 电容器的电流和导体棒的电流都流经电阻  $R$  形成各自的回路, 因此可知此时也是电阻  $R$  的电流大, 综上分析可知全过程中电阻  $R$  上的热量大于导体棒上的热量, 故 D 正确。

故选 AD。

8. 地面上方某区域存在方向水平向右的匀强电场, 将一带正电荷的小球自电场中  $P$  点水平向左射出。小球所受的重力和电场力的大小相等, 重力势能和电势能的零点均取在  $P$  点。则射出后, ( )

- A. 小球的动能最小时, 其电势能最大
- B. 小球的动能等于初始动能时, 其电势能最大
- C. 小球速度的水平分量和竖直分量大小相等时, 其动能最大
- D. 从射出时刻到小球速度的水平分量为零时, 重力做的功等于小球电势能的增加量

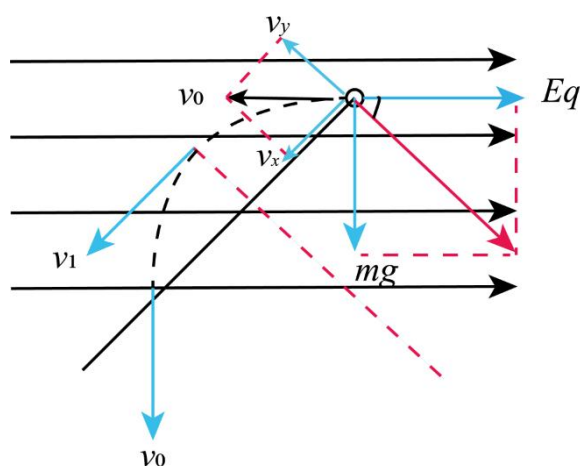
【答案】BD

【解析】

【详解】A. 如图所示

$$Eq = mg$$

故等效重力  $G'$  的方向与水平成  $45^\circ$ 。



当  $v_y = 0$  时速度最小为  $v_{\min} = v_1$ , 由于此时  $v_1$  存在水平分量, 电场力还可以向左做负功, 故此时电势能不是最大, 故 A 错误;

BD. 水平方向上

$$v_0 = \frac{Eq}{m}t$$

在竖直方向上

$$v = gt$$

由于

$$Eq = mg, \text{ 得 } v = v_0$$

如图所示，小球的动能等于末动能。由于此时速度没有水平分量，故电势能最大。由动能定理可知

$$W_G + W_{Eq} = 0$$

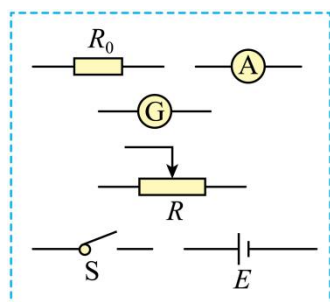
则重力做功等于小球电势能的增加量，故 BD 正确；

C. 当如图中  $v_1$  所示时，此时速度水平分量与竖直分量相等，动能最小，故 C 错误；

故选 BD。

### 三、非选择题：

9. 某同学要测量微安表内阻，可利用的实验器材有：电源  $E$ （电动势  $1.5\text{V}$ ，内阻很小），电流表（量程  $10\text{mA}$ ，内阻约  $10\Omega$ ），微安表（量程  $100\mu\text{A}$ ，内阻  $R_g$  待测，约  $1\text{k}\Omega$ ），滑动变阻器  $R$ （最大阻值  $10\Omega$ ），定值电阻  $R_0$ （阻值  $10\Omega$ ），开关  $S$ ，导线若干。



（1）在答题卡上将图中所示的器材符号连线，画出实验电路原理图\_\_\_\_\_；

（2）某次测量中，微安表的示数为  $90.0\mu\text{A}$ ，电流表的示数为  $9.00\text{mA}$ ，由此计算出微安表内阻

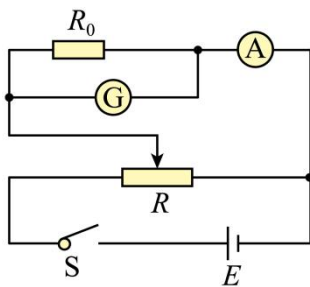
$$R_g = \underline{\hspace{2cm}} \Omega。$$

【答案】 ①. 见解析 ②.  $990\Omega$

【解析】

【详解】（1）[1]为了准确测出微安表两端的电压，可以让微安表与定值电阻  $R_0$  并联，再与电流表串联，通过电流表的电流与微安表的电流之差，可求出流过定值电阻  $R_0$  的电流，从而求出微安表两端的电压，进而求出微安表的内电阻，由于电源电压过大，并且为了测量多组数据，滑动电阻器采用分压式解法，实验电路原理图如图所示





(2) [2]流过定值电阻  $R_0$  的电流

$$I = I_A - I_G = 9.00\text{mA} - 0.09\text{mA} = 8.91\text{mA}$$

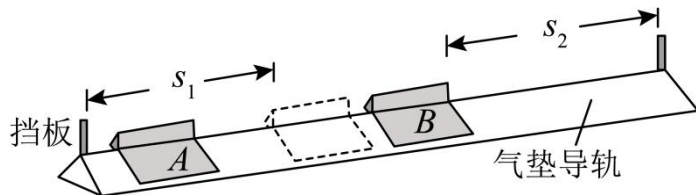
加在微安表两端的电压

$$U = IR_0 = 8.91 \times 10^{-2} \text{V}$$

微安表的内电阻

$$R_g = \frac{U}{I_G} = \frac{8.91 \times 10^{-2}}{90.0 \times 10^{-6}} \Omega = 990 \Omega$$

10. 利用图示的实验装置对碰撞过程进行研究。让质量为  $m_1$  的滑块 A 与质量为  $m_2$  的静止滑块 B 在水平气垫导轨上发生碰撞，碰撞时间极短，比较碰撞后 A 和 B 的速度大小  $v_1$  和  $v_2$ ，进而分析碰撞过程是否为弹性碰撞。完成下列填空：



(1) 调节导轨水平；

(2) 测得两滑块的质量分别为  $0.510\text{kg}$  和  $0.304\text{kg}$ 。要使碰撞后两滑块运动方向相反，应选取质量为 \_\_\_\_\_  $\text{kg}$  的滑块作为 A；

(3) 调节 B 的位置，使得 A 与 B 接触时，A 的左端到左边挡板的距离  $s_1$  与 B 的右端到右边挡板的距离  $s_2$  相等；

(4) 使 A 以一定的初速度沿气垫导轨运动，并与 B 碰撞，分别用传感器记录 A 和 B 从碰撞时刻开始到各自撞到挡板所用的时间  $t_1$  和  $t_2$ ；

(5) 将 B 放回到碰撞前的位置，改变 A 的初速度大小，重复步骤 (4)。多次测量的结果如下表所示；

|  |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---|---|---|---|---|

|                       |      |       |      |      |      |
|-----------------------|------|-------|------|------|------|
| $t_1/\text{s}$        | 0.49 | 0.67  | 1.01 | 1.22 | 1.39 |
| $t_2/\text{s}$        | 0.15 | 0.21  | 0.33 | 0.40 | 0.46 |
| $k = \frac{v_1}{v_2}$ | 0.31 | $k_2$ | 0.33 | 0.33 | 0.33 |

(6) 表中的  $k_2 =$  \_\_\_\_\_ (保留 2 位有效数字);

(7)  $\frac{v_1}{v_2}$  的平均值为 \_\_\_\_\_; (保留 2 位有效数字)

(8) 理论研究表明, 对本实验的碰撞过程, 是否为弹性碰撞可由  $\frac{v_1}{v_2}$  判断。若两滑块的碰撞为弹性碰撞,

则  $\frac{v_1}{v_2}$  的理论表达式为 \_\_\_\_\_ (用  $m_1$  和  $m_2$  表示), 本实验中其值为 \_\_\_\_\_ (保留 2 位有效数字), 若该值与

(7) 中结果间的差别在允许范围内, 则可认为滑块 A 与滑块 B 在导轨上的碰撞为弹性碰撞。

【答案】 ①. 0.304 ②. 0.31 ③. 0.32 ④.  $\frac{m_2 - m_1}{2m_1}$  ⑤. 0.33

【解析】

【详解】(2) [1]应该用质量较小的滑块碰撞质量较大的滑块, 碰后运动方向相反, 故选 0.304kg 的滑块作为 A。

(6) [2]由于两段位移大小相等, 根据表中的数据可得

$$k_2 = \frac{v_1}{v_2} = \frac{t_2}{t_1} = \frac{0.21}{0.67} = 0.31$$

(7) [3]  $\frac{v_1}{v_2}$  平均值为

$$\bar{k} = \frac{0.31 + 0.31 + 0.33 + 0.33 + 0.33}{5} = 0.32$$

(8) [4][5]弹性碰撞时满足动量守恒和机械能守恒, 可得

$$m_1 v_0 = -m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

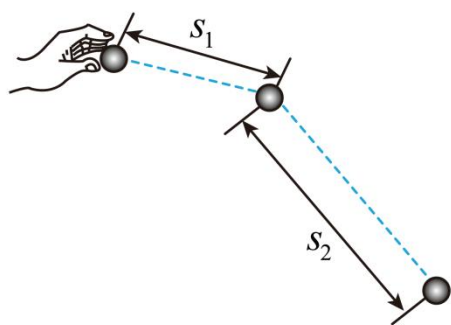
联立解得

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2 - m_1}{2m_1}$$

代入数据可得

$$\frac{v_1}{v_2} = 0.33$$

11. 将一小球水平抛出，使用频闪仪和照相机对运动的小球进行拍摄，频闪仪每隔  $0.05\text{s}$  发出一次闪光。某次拍摄时，小球在抛出瞬间频闪仪恰好闪光，拍摄的照片编辑后如图所示。图中的第一个小球为抛出瞬间的影像，每相邻两个球之间被删去了 3 个影像，所标出的两个线段的长度  $s_1$  和  $s_2$  之比为  $3:7$ 。重力加速度大小取  $g = 10\text{m/s}^2$ ，忽略空气阻力。求在抛出瞬间小球速度的大小。



【答案】  $\frac{2\sqrt{5}}{5}\text{m/s}$

【解析】

【详解】频闪仪每隔  $0.05\text{s}$  发出一次闪光，每相邻两个球之间被删去 3 个影像，故相邻两球的时间间隔为

$$t = 4T = 0.05 \times 4\text{s} = 0.2\text{s}$$

设抛出瞬间小球的速度为  $v_0$ ，每相邻两球间的水平方向上位移为  $x$ ，竖直方向上的位移分别为  $y_1$ 、 $y_2$ ，根据平抛运动位移公式有

$$x = v_0 t$$

$$y_1 = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.2^2 \text{m} = 0.2\text{m}$$

$$y_2 = \frac{1}{2} g (2t)^2 - \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times (0.4^2 - 0.2^2) \text{m} = 0.6\text{m}$$

令  $y_1 = y$ ，则有

$$y_2 = 3y_1 = 3y$$

已标注的线段  $s_1$ 、 $s_2$  分别为

$$s_1 = \sqrt{x^2 + y^2}$$
$$s_2 = \sqrt{x^2 + (3y)^2} = \sqrt{x^2 + 9y^2}$$

则有

$$\sqrt{x^2 + y^2} : \sqrt{x^2 + 9y^2} = 3 : 7$$

整理得

$$x = \frac{2\sqrt{5}}{5}y$$

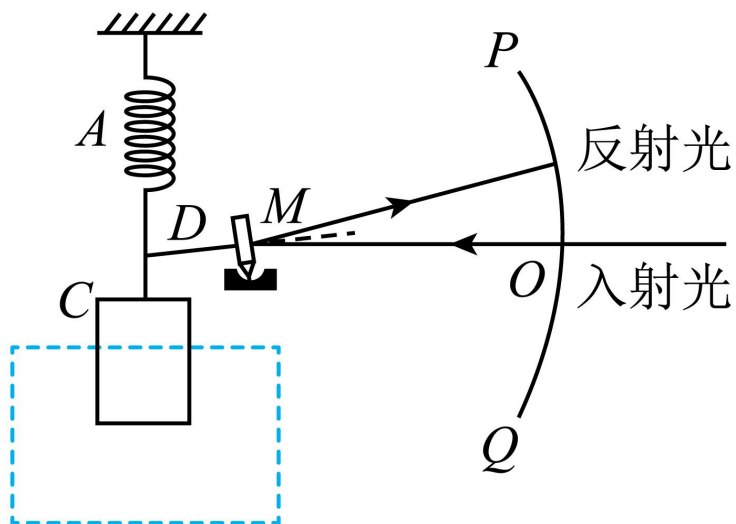
故在抛出瞬间小球的速度大小为

$$v_0 = \frac{x}{t} = \frac{2\sqrt{5}}{5} \text{ m/s}$$

12. 光点式检流计是一种可以测量微小电流的仪器，其简化的工作原理示意图如图所示。图中  $A$  为轻质绝缘弹簧， $C$  为位于纸面上的线圈，虚线框内有与纸面垂直的匀强磁场；随为置于平台上的轻质小平面反射镜，轻质刚性细杆  $D$  的一端与  $M$  固连且与镜面垂直，另一端与弹簧下端相连， $PQ$  为圆弧形的、带有均匀刻度的透明读数条， $PQ$  的圆心位于  $M$  的中心使用前需调零，使线圈内没有电流通过时， $M$  竖直且与纸面垂直；入射细光束沿水平方向经  $PQ$  上的  $O$  点射到  $M$  上后沿原路反射。线圈通入电流后弹簧长度改变，使  $M$  发生倾斜，入射光束在  $M$  上的入射点仍近似处于  $PQ$  的圆心，通过读取反射光射到  $PQ$  上的位置，可以测得电流的大小。已知弹簧的劲度系数为  $k$ ，磁场磁感应强度大小为  $B$ ，线圈  $C$  的匝数为  $N$ 。沿水平方向的长度为  $l$ ，细杆  $D$  的长度为  $d$ ，圆弧  $PQ$  的半径为  $r$ ， $r \gg d$ ， $d$  远大于弹簧长度改变量的绝对值。

(1) 若在线圈中通入的微小电流为  $I$ ，求平衡后弹簧长度改变量的绝对值  $\Delta x$  及  $PQ$  上反射光点与  $O$  点间的弧长  $s$ ；

(2) 某同学用此装置测一微小电流，测量前未调零，将电流通入线圈后， $PQ$  上反射光点出现在  $O$  点上方，与  $O$  点间的弧长为  $s_1$ 。保持其它条件不变，只将该电流反向接入，则反射光点出现在  $O$  点下方，与  $O$  点间的弧长为  $s_2$ 。求待测电流的大小。



【答案】(1)  $\frac{NBll}{k}$ ,  $\frac{2NBllr}{dk}$ ; (2)  $\frac{dk(s_1 + s_2)}{4NBllr}$

【解析】

【详解】(1) 由题意当线圈中通入微小电流  $I$  时，线圈中的安培力为

$$F = NBll$$

根据胡克定律有

$$F = NBll = k |\Delta x|$$

$$|\Delta x| = \frac{NBll}{k}$$

设此时细杆转过的弧度为  $\theta$ ，则可知反射光线转过的弧度为  $2\theta$ ，又因为

$$d \gg \Delta x, \quad r \gg d$$

则

$$\sin \theta \approx \theta, \quad \sin 2\theta \approx 2\theta$$

所以有

$$\Delta x = d \cdot \theta$$

$$s = r \cdot 2\theta$$

联立可得

$$s = \frac{2r}{d} \Delta x = \frac{2NBllr}{dk}$$

(2) 因为测量前未调零，设没有通电流时偏移的弧长为  $s'$ ，当初始时反射光点在  $O$  点上方，通电流  $I$  后根据前面的结论可知有

$$s_1 = \frac{2NBI'lr}{dk} + s'$$

当电流反向后有

$$s_2 = \frac{2NBI'lr}{dk} - s'$$

联立可得

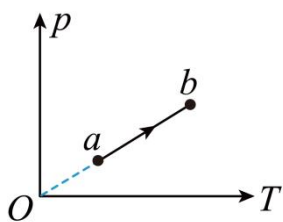
$$I' = \frac{4dk(s_1 + s_2)}{NBlr}$$

同理可得初始时反射光点在  $O$  点下方结果也相同，故待测电流的大小为

$$I' = \frac{4dk(s_1 + s_2)}{NBlr}$$

(二) 选考题：共 45 分。请考生从 2 道物理题、2 道化学题、2 道生物题中每科任选一题作答。如果多做，则每科按所做的第一题计分。

13. 一定量的理想气体从状态  $a$  变化到状态  $b$ ，其过程如  $p-T$  图上从  $a$  到  $b$  的线段所示。在此过程中( )



- A. 气体一直对外做功
- B. 气体的内能一直增加
- C. 气体一直从外界吸热
- D. 气体吸收的热量等于其对外做的功
- E. 气体吸收的热量等于其内能的增加量

【答案】BCE

【解析】

【详解】A. 因从  $a$  到  $b$  的  $p-T$  图像过原点，由  $\frac{pV}{T} = C$  可知从  $a$  到  $b$  气体的体积不变，则从  $a$  到  $b$  气体不对外做功，选项 A 错误；

B. 因从  $a$  到  $b$  气体温度升高，可知气体内能增加，选项 B 正确；

CDE. 因  $W=0$ ， $\Delta U>0$ ，根据热力学第一定律

$$\Delta U = W + Q$$

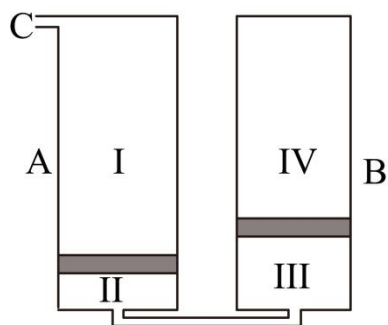
可知，气体一直从外界吸热，且气体吸收的热量等于内能增加量，选项 CE 正确，D 错误。

故选 BCE。

14. 如图，容积均为  $V_0$ 、缸壁可导热的 A、B 两汽缸放置在压强为  $p_0$ 、温度为  $T_0$  的环境中；两汽缸的底部通过细管连通，A 汽缸的顶部通过开口 C 与外界相通；汽缸内的两活塞将缸内气体分成 I、II、III、IV 四部分，其中第 II、III 部分的体积分别为  $\frac{1}{8}V_0$  和  $\frac{1}{4}V_0$ 、环境压强保持不变，不计活塞的质量和体积，忽略摩擦。

(1) 将环境温度缓慢升高，求 B 汽缸中的活塞刚到达汽缸底部时的温度；

(2) 将环境温度缓慢改变至  $2T_0$ ，然后用气泵从开口 C 向汽缸内缓慢注入气体，求 A 汽缸中的活塞到达汽缸底部后，B 汽缸内第 IV 部分气体的压强。



【答案】(1)  $T = \frac{4}{3}T_0$ ；(2)  $p = \frac{9}{4}p_0$

【解析】

【详解】(1) 因两活塞的质量不计，则当环境温度升高时，IV 内的气体压强总等于大气压强，则该气体进行等压变化，则当 B 中的活塞刚到达汽缸底部时，由盖吕萨克定律可得

$$\frac{\frac{3}{4}V_0}{T_0} = \frac{V_0}{T}$$

解得

$$T = \frac{4}{3}T_0$$

(2) 设当 A 中的活塞到达汽缸底部时 III 中气体的压强为  $p$ ，则此时 IV 内的气体压强也等于  $p$ ，设此时 IV 内的气体的体积为  $V$ ，则 II、III 两部分气体被压缩的体积为  $V_0 - V$ ，则对气体 IV

$$\frac{p_0 \cdot \frac{3V_0}{4}}{T_0} = \frac{pV}{2T_0}$$

对 II、III 两部分气体

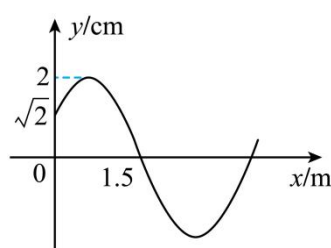
$$\frac{p_0(\frac{V_0}{8} + \frac{V_0}{4})}{T_0} = \frac{p(V_0 - V)}{2T_0}$$

联立解得

$$V = \frac{2}{3}V_0$$

$$p = \frac{9}{4}p_0$$

15. 一平面简谐横波以速度  $v = 2\text{m/s}$  沿  $x$  轴正方向传播,  $t = 0$  时刻的波形图如图所示, 介质中平衡位置在坐标原点的质点  $A$  在  $t = 0$  时刻的位移  $y = \sqrt{2}\text{cm}$ , 该波的波长为\_\_\_\_\_m, 频率为\_\_\_\_\_Hz,  $t = 2\text{s}$  时刻, 质点  $A$ \_\_\_\_\_ (填“向上运动”“速度为零”或“向下运动”)。



【答案】 ①. 4 ②. 0.5 ③. 向下运动

【解析】

【详解】[1]设波的表达式为

$$y = A \sin(\frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi)$$

由题知  $A = 2\text{cm}$ , 波图像过点  $(0, \sqrt{2})$  和  $(1.5, 0)$ , 代入表达式有

$$y = 2 \sin(\frac{\pi}{2}x + \frac{\pi}{4})(\text{cm})$$

即

$$\lambda = 4\text{m}$$

[2]由于该波的波速  $v = 2\text{m/s}$ , 则

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{2}{4}\text{Hz} = 0.5\text{Hz}$$

[3]由于该波的波速  $v = 2\text{m/s}$ , 则

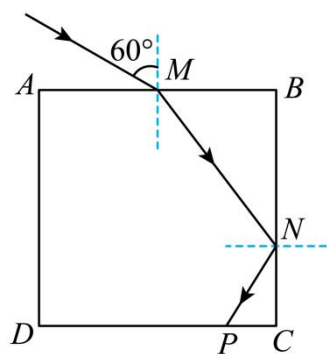
$$T = \frac{\lambda}{v} = 2\text{s}$$

由于题图为  $t = 0$  时刻的波形图, 则  $t = 2\text{s}$  时刻振动形式和零时刻相同, 根据“上坡、下坡”法可知质点  $A$  向下运动。

16. 如图, 边长为  $a$  的正方形  $ABCD$  为一棱镜的横截面,  $M$  为  $AB$  边的中点。在截面所在平的, 一光线自  $M$



点射入棱镜，入射角为  $60^\circ$ ，经折射后在  $BC$  边的  $N$  点恰好发生全反射，反射光线从  $CD$  边的  $P$  点射出棱镜，求棱镜的折射率以及  $P$ 、 $C$  两点之间的距离。



【答案】  $n = \frac{\sqrt{7}}{2}$ ,  $PC = \frac{\sqrt{3}-1}{2}a$

【解析】

【详解】光线在  $M$  点发生折射有

$$\sin 60^\circ = n \sin \theta$$

由题知，光线经折射后在  $BC$  边的  $N$  点恰好发生全反射，则

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

$$C = 90^\circ - \theta$$

联立有

$$\tan \theta = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$n = \frac{\sqrt{7}}{2}$$

根据几何关系有

$$\tan \theta = \frac{MB}{BN} = \frac{a}{2BN}$$

解得

$$NC = a - BN = a - \frac{a}{\sqrt{3}}$$

再由

$$\tan \theta = \frac{PC}{NC}$$

解得

$$PC = \frac{\sqrt{3}-1}{2}a$$

