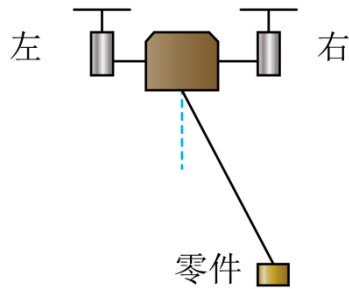


## 2025 年高考河南卷物理真题

### 一、单选题

1. 野外高空作业时，使用无人机给工人运送零件。如图，某次运送过程中的一段时间内，无人机向左水平飞行，零件用轻绳悬挂于无人机下方，并相对于无人机静止，轻绳与竖直方向成一定角度。忽略零件所受空气阻力，则在该段时间内（ ）



- A. 无人机做匀速运动  
B. 零件所受合外力为零  
C. 零件的惯性逐渐变大  
D. 零件的重力势能保持不变

【答案】D

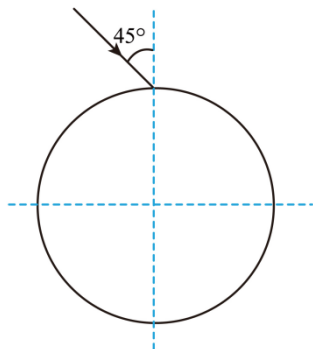
【详解】AB. 对零件受力分析，受重力和绳子的拉力，由于零件沿水平方向做直线运动，可知合外力沿水平方向，提供水平方向的加速度。零件水平向左做匀加速直线运动，AB 错误；

C. 惯性的大小只与质量有关，零件的质量不变，故零件的惯性不变，C 错误。

D. 无人机沿水平方向飞行，零件相对于无人机静止，也沿水平方向飞行做直线运动，故零件的高度不变，可知零件的重力势能保持不变，D 正确；

故选 D。

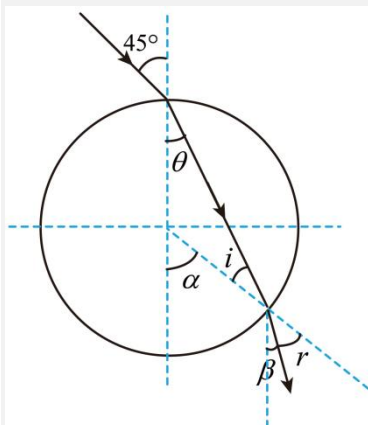
2. 折射率为 $\sqrt{2}$ 的玻璃圆柱水平放置，平行于其横截面的一束光线从顶点入射，光线与竖直方向的夹角为 $45^\circ$ ，如图所示。该光线从圆柱内射出时，与竖直方向的夹角为（不考虑光线在圆柱内的反射）（ ）



- A.  $0^\circ$   
B.  $15^\circ$   
C.  $30^\circ$   
D.  $45^\circ$

【答案】B

【详解】



设光线射入圆柱体时的折射角为 $\theta$ ，根据光的折射定律可知 $n = \frac{\sin 45^\circ}{\sin \theta}$

解得  $\theta = 30^\circ$

如图，根据几何关系可知光线射出圆柱体时的入射角  $i = \theta = 30^\circ$

则法线与竖直方向的夹角  $\alpha = \theta + i = 60^\circ$

根据光的折射定律可知  $n = \frac{\sin r}{\sin i}$

解得光线射出圆柱体时的折射角  $r = 45^\circ$

光线从圆柱体内射出时，与竖直方向的夹角为  $\beta = \alpha - r = 15^\circ$

故选 B。

3. 2024 年天文学家报道了他们新发现的一颗类地行星 Gliese12b，它绕其母恒星的运动可视为匀速圆周运动。已知 Gliese122b 轨道半径约为日地距离的  $\frac{1}{14}$ ，其母恒星质量约为太阳质量的  $\frac{2}{7}$ ，则 Gliese122b 绕其母恒星的运动周期约为 ( )

A. 13 天

B. 27 天

C. 64 天

D. 128 天

【答案】A

【详解】地球绕太阳运行的周期约为 365 天，根据万有引力提供向心力得  $\frac{GM_0m}{r_0^2} = m \frac{4\pi^2}{T_0^2} r_0$

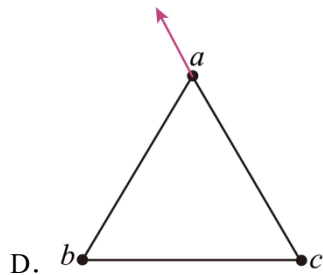
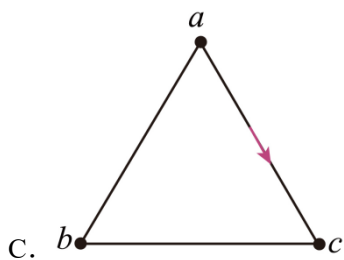
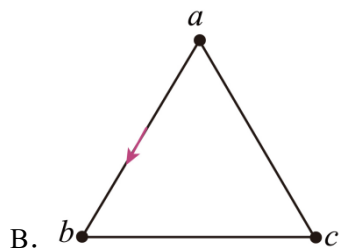
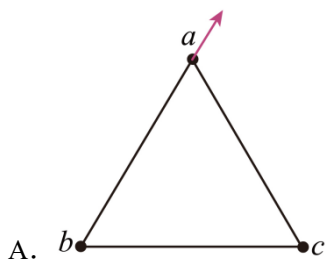
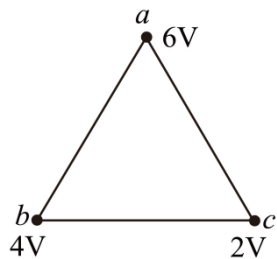
已知  $r = \frac{1}{14} r_0$ ， $M = \frac{2}{7} M_0$ ，同理得  $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$

整理得  $\frac{T^2}{T_0^2} = \frac{r^3 M_0}{r_0^3 M}$

带入数据得  $T = \frac{1}{28} T_0 \approx 13$  天

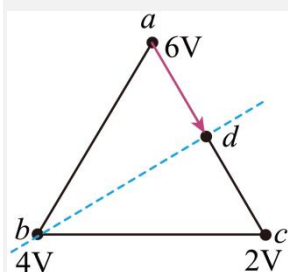
故选 A。

4. 如图，在与纸面平行的匀强电场中有  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三点，其电势分别为 6V、4V、2V； $a$ 、 $b$ 、 $c$  分别位于纸面内一等边三角形的顶点上。下列图中箭头表示  $a$  点电场的方向，则正确的是 ( )



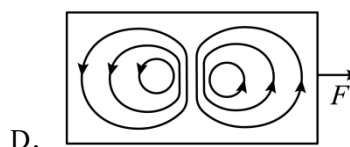
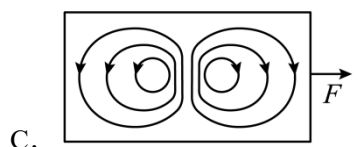
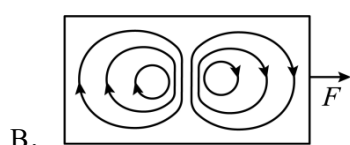
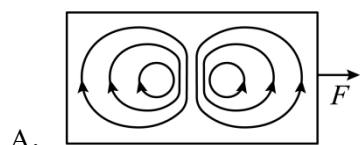
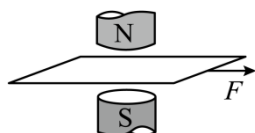
【答案】C

【详解】



匀强电场中任意两点间的中点电势等于这两点的平均值，可知  $ac$  中点  $d$  的电势与  $b$  点相同， $bd$  的连线为该匀强电场的等势面。电场线垂直于等势面且由高电势指向低电势，故电场线沿  $ac$  方向且由  $a$  指向  $c$ ，C 正确。  
故选 C。

5. 如图，一金属薄片在力  $F$  作用下自左向右从两磁极之间通过。当金属薄片中心运动到 N 极的正下方时，沿 N 极到 S 极的方向看，下列图中能够正确描述金属薄片内涡电流绕行方向的是 ( )



【答案】C

【详解】根据题意当金属薄片中心运动到 N 极正下方时，薄片右侧的磁通量在减小，左侧磁通量在增加，由于两极间的磁场竖直向下，根据楞次定律可知此时薄片右侧的涡电流方向为顺时针，薄片左侧的涡电流方向为逆时针。  
故选 C。

6. 由于宇宙射线的作用，在地球大气层产生有铍的两种放射性同位素  ${}^7_4\text{Be}$  和  ${}^{10}_4\text{Be}$ 。测定不同高度大气中单位体积内二者的原子个数比，可以研究大气环境的变化。已知  ${}^7_4\text{Be}$  和  ${}^{10}_4\text{Be}$  的半衰期分别约为 53 天和 139 万年。在大气层某高度采集的样品中，研究人员发现  ${}^7_4\text{Be}$  和  ${}^{10}_4\text{Be}$  的总原子个数经过 106 天后变为原来的  $\frac{3}{4}$ ，则采集时该高度的大气中  ${}^7_4\text{Be}$  和  ${}^{10}_4\text{Be}$  的原子个数比约为 ( )

A. 1:4

B. 1:2

C. 3:4

D. 1:1

【答案】B

【详解】设采集时大气中有  $x$  个  ${}^7_4\text{Be}$  原子和  $y$  个  ${}^{10}_4\text{Be}$  原子，由于  ${}^{10}_4\text{Be}$  的半衰期为 139 万年，故经过 106 天后  ${}^{10}_4\text{Be}$  原子的衰变个数可以忽略不计， ${}^7_4\text{Be}$  的半衰期为 53 天，故经过 106 天后剩余数量为  $x \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2$ ，故可得  $\frac{x \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 + y}{x + y} = \frac{3}{4}$   
解得  $\frac{x}{y} = \frac{1}{2}$

故选 B。

7. 两小车 P、Q 的质量分别为  $m_P$  和  $m_Q$ ，将它们分别与小车 N 沿直线做碰撞实验，碰撞前后的速度  $v$  随时间  $t$  的变化分别如图 1 和图 2 所示。小车 N 的质量为  $m_N$ ，碰撞时间极短，则 ( )

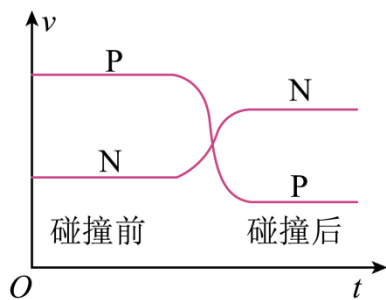


图1

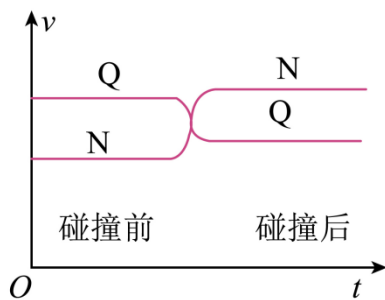


图2

- A.  $m_P > m_N > m_Q$  B.  $m_N > m_P > m_Q$  C.  $m_Q > m_P > m_N$  D.  $m_Q > m_N > m_P$

【答案】D

【详解】PN 碰撞时，根据碰撞前后动量守恒有  $m_P v_P + m_N v_N = m_P v_P' + m_N v_N'$

即  $m_P(v_P - v_P') = m_N(v_N' - v_N)$

根据图像可知  $(v_P - v_P') > (v_N' - v_N)$ ，故  $m_P < m_N$ ；

同理，QN 碰撞时，根据碰撞前后动量守恒有  $m_Q v_Q + m_N v_N = m_Q v_Q' + m_N v_N'$

即  $m_Q(v_Q - v_Q') = m_N(v_N' - v_N)$

根据图像可知  $(v_Q - v_Q') < (v_N' - v_N)$ ，故  $m_Q > m_N$ ；

故  $m_Q > m_N > m_P$

故选 D。

## 二、多选题

8. 贾湖骨笛是河南博物院镇馆之宝之一，被誉为“中华第一笛”。其中一支骨笛可以发出  $A_5$ 、 $B_5$ 、 $C_6$ 、 $D_6$ 、 $E_6$  等音。已知  $A_5$  音和  $D_6$  音所对应的频率分别为 880Hz 和 1175Hz，则 ( )

- A. 在空气中传播时， $A_5$  音的波长大于  $D_6$  音的  
B. 在空气中传播时， $A_5$  音的波速小于  $D_6$  音的  
C. 由空气进入水中， $A_5$  音和  $D_6$  音的频率都变大  
D. 由空气进入水中， $A_5$  音的波长改变量大于  $D_6$  音的

【答案】AD

【详解】

A. 由  $\lambda = vT = \frac{v}{f}$  可知， $A_5$  的波长大于  $D_6$  的波长，A 正确；

B. 声音在相同介质中的传播速度相同，因此  $A_5$  和  $D_6$  的传播速度相同，B 错误；

C. 由空气进入水中，频率不发生变化，C 错误；

D. 空气中  $\lambda_0 = \frac{v}{f}$

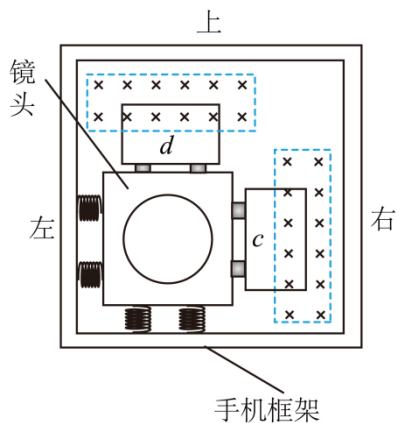
在水中  $\lambda = \frac{v'}{f}$

其中声音的速度只与介质有关，即在水中它们的速度大小也一样，则可得波长的改变量为  $\Delta\lambda = \frac{v' - v}{f}$

可知频率越小其对应的波长改变量越大，D 正确。

故选 AD。

9. 手机拍照时手的抖动产生的微小加速度会影响拍照质量，光学防抖技术可以消除这种影响。如图，镜头仅通过左、下两侧的弹簧与手机框架相连，两个相同线圈  $c$ 、 $d$  分别固定在镜头右、上两侧， $c$ 、 $d$  中的一部分处在相同的匀强磁场中，磁场方向垂直纸面向里。拍照时，手机可实时检测手机框架的微小加速度  $a$  的大小和方向，依此自动调节  $c$ 、 $d$  中通入的电流  $I_c$  和  $I_d$  的大小和方向（无抖动时  $I_c$  和  $I_d$  均为零），使镜头处于零加速度状态。下列说法正确的是 ( )



- A. 若  $I_c$  沿顺时针方向,  $I_d = 0$ , 则表明  $a$  的方向向右  
 B. 若  $I_d$  沿顺时针方向,  $I_c = 0$ , 则表明  $a$  的方向向下  
 C. 若  $a$  的方向沿左偏上  $30^\circ$ , 则  $I_c$  沿顺时针方向,  $I_d$  沿逆时针方向且  $I_c > I_d$   
 D. 若  $a$  的方向沿右偏上  $30^\circ$ , 则  $I_c$  沿顺时针方向,  $I_d$  沿顺时针方向且  $I_c < I_d$

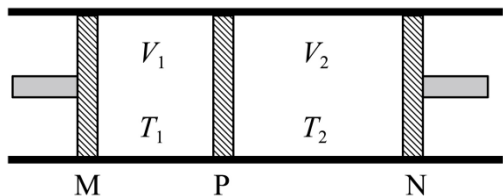
【答案】BC

【详解】

- A.  $I_c$  顺时针而  $I_d = 0$ , 则镜头向左运动, 加速度方向向左, A 错误;  
 B.  $I_d$  顺时针而  $I_c = 0$ , 则镜头向下运动, 加速度方向向下, B 正确;  
 C. 若  $a$  的方向左偏上  $30^\circ$ , 说明镜头向上运动以及向左运动拉伸弹簧, 且向左运动的分速度大于向上运动的分速度, 可知  $I_c$  顺时针  $I_d$  逆时针, 由  $E = Blv$  可知  $I_c > I_d$ , C 正确;  
 D. 若  $a$  的方向右偏上  $30^\circ$ , 说明镜头向上运动以及向右运动, 且向右运动的分速度大于向上运动的分速度, 可知  $I_c$  逆时针  $I_d$  逆时针, D 错误。

故选 BC。

10. 如图, 一圆柱形汽缸水平固置, 其内部被活塞  $M$ 、 $P$ 、 $N$  密封成两部分, 活塞  $P$  与汽缸壁均绝热且两者间无摩擦。平衡时,  $P$  左、右两侧理想气体的温度分别为  $T_1$  和  $T_2$ , 体积分别为  $V_1$  和  $V_2$ ,  $T_1 < T_2, V_1 < V_2$ 。则 ( )



- A. 固定  $M$ 、 $N$ , 若两侧气体同时缓慢升高相同温度,  $P$  将右移  
 B. 固定  $M$ 、 $N$ , 若两侧气体同时缓慢升高相同温度,  $P$  将左移  
 C. 保持  $T_1$ 、 $T_2$  不变, 若  $M$ 、 $N$  同时缓慢向中间移动相同距离,  $P$  将右移  
 D. 保持  $T_1$ 、 $T_2$  不变, 若  $M$ 、 $N$  同时缓慢向中间移动相同距离,  $P$  将左移

【答案】AC

【详解】

AB. 由题干可知初始左右气体的压强相同, 假设在升温的过程中  $P$  板不发生移动, 则由定容过程  $\frac{p}{T} = \frac{\Delta p}{\Delta T} \Rightarrow \Delta p = \frac{p}{T} \Delta T$

可得左侧气体压强增加量多, 则  $P$  板向右移动; A 正确 B 错误;

CD. 保持温度不变移动相同的距离时

$$\frac{pV_1}{T_1} = C_1, p = \frac{C_1 T_1}{V_1} \quad \text{同理} \quad \frac{C_1 T_1}{V_1} = \frac{C_2 T_2}{V_2} \quad \text{得} \quad \frac{C_1 T_1}{V_1} = \frac{C_2 T_2}{V_2}$$

$$\text{若 } P \text{ 不移动, 则 } \frac{V_1 - \Delta V}{C_1 T_1} < \frac{V_2 - \Delta V}{C_2 T_2}, \text{ 故 } \frac{C_1 T_1}{V_1 - \Delta V} > \frac{C_2 T_2}{V_2 - \Delta V}$$

, 则  $p_1 > p_2$ , 向右移动, C 正确 D 错误。

故选 AC

### 三、实验题

11. 实验小组研究某热敏电阻的特性, 并依此利用电磁铁、电阻箱等器材组装保温箱。该热敏电阻阻值随温度的变

化曲线如图 1 所示，保温箱原理图如图 2 所示。回答下列问题：

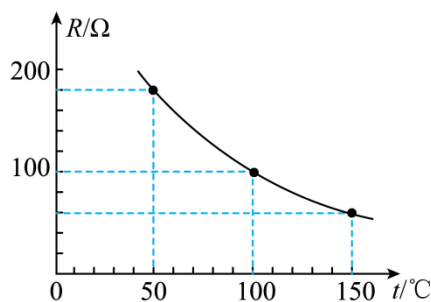


图1

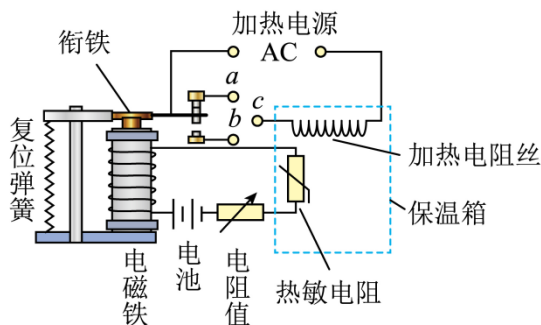


图2

- (1)图 1 中热敏电阻的阻值随温度的变化关系是\_\_\_\_\_（填“线性”或“非线性”）的。
- (2)存在一个电流值 $I_0$ ，若电磁铁线圈的电流小于 $I_0$ ，衔铁与上固定触头  $a$  接触；若电流大于 $I_0$ ，衔铁与下固定触头  $b$  接触。保温箱温度达到设定值后，电磁铁线圈的电流在 $I_0$ 附近上下波动，加热电路持续地断开、闭合，使保温箱温度维持在设定值。则图 2 中加热电阻丝的  $c$  端应该与触头\_\_\_\_\_（填“ $a$ ”或“ $b$ ”）相连接。
- (3)当保温箱的温度设定在 $50^\circ\text{C}$ 时，电阻箱旋钮的位置如图 3 所示，则电阻箱接入电路的阻值为\_\_\_\_\_ $\Omega$ 。

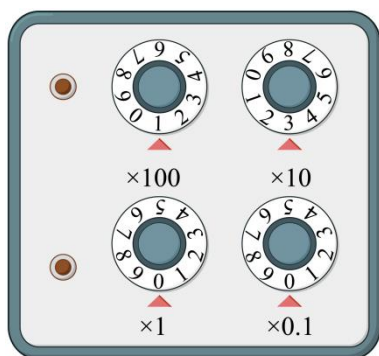


图3

- (4)若要把保温箱的温度设定在 $100^\circ\text{C}$ ，则电阻箱接入电路的阻值应为\_\_\_\_\_ $\Omega$ 。

**【答案】**

- (1)非线性
- (2) $a$
- (3)130.0
- (4)210.0

**【详解】**

(1) 根据图 1 可知热敏电阻的阻值随温度的变化关系是非线性的。

(2) 根据图 1 可知温度升高，热敏电阻的阻值变小，根据欧姆定律可知流过电磁铁线圈的电流变大，衔铁与下固定触头  $b$  接触，此时加热电阻丝电路部分断开连接，停止加热，可知图 2 中加热电阻丝的  $c$  端应该与触头  $a$  相连接。

(3) 由图 3 可知电阻箱接入电路的阻值为 $100 \times 1\Omega + 10 \times 3\Omega = 130.0\Omega$

(4) 根据 (3) 可知，当温度为 $50^\circ\text{C}$ 时，热敏电阻的阻值为 $180\Omega$ ，电阻箱接入的电阻为 $130\Omega$ ，当温度为 $100^\circ\text{C}$ 时，热敏电阻的阻值为 $100\Omega$ ，要使得电流值 $I_0$ 不变，则在电流为 $I_0$ 时，控制电路的总电阻不变，则此时电阻箱的电阻为 $180\Omega + 130.0\Omega - 100\Omega = 210.0\Omega$

12. 实验小组利用图 1 所示装置验证机械能守恒定律。可选用的器材有：交流电源（频率 $50\text{Hz}$ ）、铁架台、电子天平、重锤、打点计时器、纸带、刻度尺等。

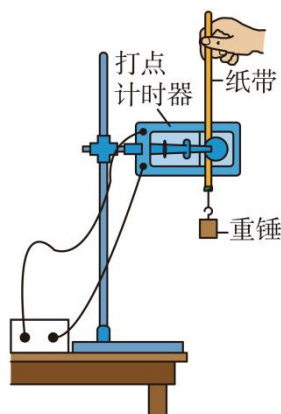


图1

(1)下列所给实验步骤中,有4个是完成实验必需且正确的,把它们选择出来并按实验顺序排列:\_\_\_\_\_ (填步骤前面的序号)

- ①先接通电源,打点计时器开始打点,然后再释放纸带
- ②先释放纸带,然后再接通电源,打点计时器开始打点
- ③用电子天平称量重锤的质量
- ④将纸带下端固定在重锤上,穿过打点计时器的限位孔,用手捏住纸带上端
- ⑤在纸带上选取一段,用刻度尺测量该段内各点到起点的距离,记录分析数据
- ⑥关闭电源,取下纸带

(2)图2所示是纸带上连续打出的五个点A、B、C、D、E到起点的距离。则打出B点时重锤下落的速度大小为\_\_\_\_\_ m/s (保留3位有效数字)。

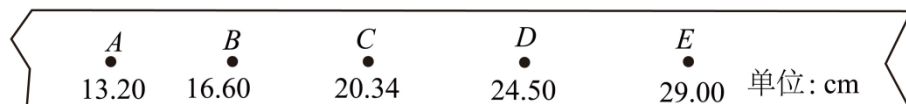


图2

(3)纸带上各点与起点间的距离即为重锤下落高度  $h$ , 计算相应的重锤下落速度  $v$ , 并绘制图3所示的  $v^2 - h$  关系图像。理论上,若机械能守恒,图中直线应\_\_\_\_\_ (填“通过”或“不通过”)原点且斜率为\_\_\_\_\_ (用重力加速度大小  $g$  表示)。由图3得直线的斜率  $k =$  \_\_\_\_\_ (保留3位有效数字)。

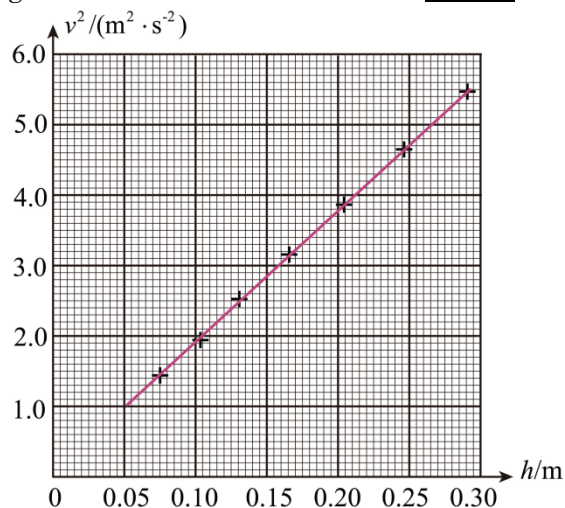


图3

(4)定义单次测量的相对误差  $\eta = \left| \frac{E_p - E_k}{E_p} \right| \times 100\%$ , 其中  $E_p$  是重锤重力势能的减小量,  $E_k$  是其动能增加量, 则实验相对误差为  $\eta =$  \_\_\_\_\_  $\times 100\%$  (用字母  $k$  和  $g$  表示); 当地重力加速度大小取  $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ , 则  $\eta =$  \_\_\_\_\_ % (保留2位有效数字), 若  $\eta < 5\%$ , 可认为在实验误差允许的范围内机械能守恒。

【答案】

(1)④①⑥⑤

(2)1.79



(3) 通过  $2g$  19.0

(4)  $\frac{2g-k}{2g}$  3.1

【详解】

(1) 实验步骤为：将纸带下端固定在重锤上，穿过打点计时器的限位孔，用手捏住纸带上端，先接通电源，打点计时器开始打点，然后再释放纸带，关闭电源，取下纸带，在纸带上选取一段，用刻度尺测量该段内各点到起点的距离，记录分析数据，根据原理  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$  可知质量可以约掉，不需要用电子天平称量重锤的质量。

故选择正确且正确排序为④①⑥⑤。

(2) 根据题意可知纸带上相邻计数点时间间隔  $T = \frac{1}{f} = 0.02s$

根据匀变速直线运动中间时刻瞬时速度等于该过程平均速度可得  $v_B = \frac{h_{AC}}{2T}$

代入数据可得  $v_B \approx 1.79m/s$

(3) 根据  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$

整理可得  $v^2 = 2g \cdot h$

可知理论上，若机械能守恒，图中直线应通过原点，且斜率  $k = 2g$

由图 3 得直线的斜率  $k = \frac{5.6-1.5}{0.295-0.08} \approx 19.0$

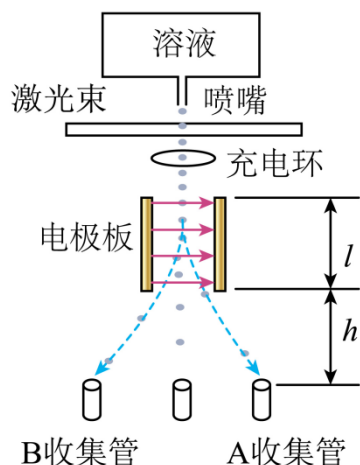
(4) 根据题意有  $\eta = \frac{mgh - \frac{1}{2}mv^2}{mgh} \times 100\%$

可得  $\eta = \frac{2g-k}{2g} \times 100\%$

当地重力加速度大小取  $g = 9.80m/s^2$ ，代入数据可得  $\eta \approx 3.1\%$ 。

#### 四、解答题

13. 流式细胞仪可对不同类型的细胞进行分类收集，其原理如图所示。仅含有一个 A 细胞或 B 细胞的小液滴从喷嘴喷出（另有一些液滴不含细胞），液滴质量均为  $m = 2.0 \times 10^{-10}kg$ 。当液滴穿过激光束、充电环时被分类充电，使含 A、B 细胞的液滴分别带上正、负电荷，电荷量均为  $q = 1.0 \times 10^{-13}C$ 。随后，液滴以  $v = 2.0m/s$  的速度竖直进入长度为  $l = 2.0 \times 10^{-2}m$  的电极板间，板间电场均匀、方向水平向右，电场强度大小为  $E = 2.0 \times 10^5 N/C$ 。含细胞的液滴最终被分别收集在极板下方  $h = 0.1m$  处的 A、B 收集管中。不计重力、空气阻力以及带电液滴间的作用。求：



(1) 含 A 细胞的液滴离开电场时偏转的距离；

(2) A、B 细胞收集管的间距。

【答案】

(1)  $5 \times 10^{-3}m$

(2) 0.11m

【详解】



(1) 由题意可知含 A 细胞的液滴在电场中做类平抛运动, 垂直于电极板方向则  $l = vt_1$

$$\text{沿电极板方向 } x_1 = \frac{1}{2}at_1^2$$

由牛顿第二定律  $qE = ma$

解得含 A 细胞的液滴离开电场时偏转的距离为  $x_1 = 5 \times 10^{-3} \text{m}$

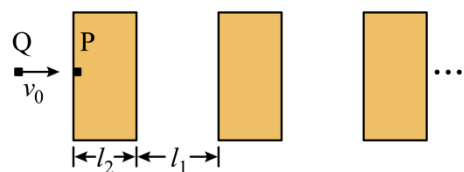
(2) 含 A 细胞的液滴离开电场后做匀速直线运动, 则  $h = vt_2$

$$\text{则 } x_2 = at_1t_2$$

$$\text{联立解得 } x_2 = 0.05 \text{m}$$

有对称性可知则 A、B 细胞收集管的间距  $\Delta x = 2(x_1 + x_2) = 2 \times (0.005 + 0.05) \text{m} = 0.11 \text{m}$

14. 如图, 在一段水平光滑直道上每间隔  $l_1 = 3 \text{m}$  铺设宽度为  $l_2 = 2.4 \text{m}$  的防滑带。在最左端防滑带的左边缘静止有质量为  $m_1 = 2 \text{kg}$  的小物块 P, 另一质量为  $m_2 = 4 \text{kg}$  的小物块 Q 以  $v_0 = 7 \text{m/s}$  的速度向右运动并与 P 发生正碰, 且碰撞时间极短。已知碰撞后瞬间 P 的速度大小为  $v = 7 \text{m/s}$ , P、Q 与防滑带间的动摩擦因数均为  $\mu = 0.5$ , 重力加速度大小  $g = 10 \text{m/s}^2$ 。求:



(1) 该碰撞过程中损失的机械能;

(2) P 从开始运动到静止经历的时间。

【答案】

(1) 24.5J

(2) 5s

【详解】

(1) P、Q 与发生正碰, 由动量守恒定律  $m_2v_0 = m_2v_Q + m_1v$

$$\text{由能量守恒定律 } \frac{1}{2}m_2v_0^2 = \frac{1}{2}m_2v_Q^2 + \frac{1}{2}m_1v^2 + \Delta E$$

$$\text{联立可得 } v_Q = 3.5 \text{m/s}, \Delta E = 24.5 \text{J}$$

(2) 对物块 P 受力分析由牛顿第二定律  $\mu m_1g = m_1a$

物块 P 在第一个防滑带上运动时, 由运动学公式  $v^2 - v_{P1}^2 = 2al_2$ ,  $v_{P1} = v - at_1$

$$\text{解得 } v_{P1} = 5 \text{m/s}$$

则物块 P 在第一个防滑带上运动的时间为  $t_1 = 0.4 \text{s}$

物块 P 在光滑的直道上做匀速直线运动, 则  $l_1 = v_{P1}t_2$

$$\text{解得 } t_2 = 0.6 \text{s}$$

物块 P 在第二个防滑带上运动时, 由运动学公式  $v_{P1}^2 - v_{P2}^2 = 2al_2$ ,  $v_{P2} = v_{P1} - at_3$

$$\text{解得 } v_{P2} = 1 \text{m/s}$$

则物块 P 在第二个防滑带上运动的时间为  $t_3 = 0.8 \text{s}$

物块 P 在光滑的直道上做匀速直线运动, 则  $l_1 = v_{P2}t_4$

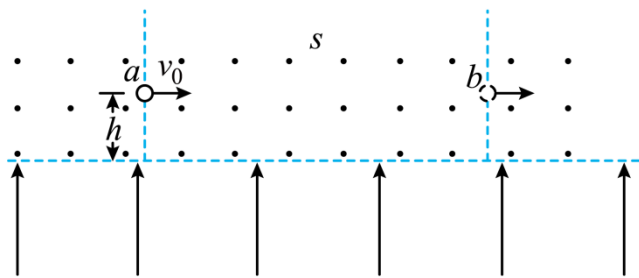
$$\text{解得 } t_4 = 3 \text{s}$$

由以上条件可知, 物块 P 最终停在第三个防滑带上, 由运动学公式  $0 = v_{P2} - at_5$

可得物块 P 在第三个防滑带上运动的时间为  $t_5 = 0.2 \text{s}$

故物块 P 从开始运动到静止经历的时间为  $t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 5 \text{s}$

15. 如图, 水平虚线上方区域有垂直于纸面向外的匀强磁场, 下方区域有竖直向上的匀强电场。质量为  $m$ 、带电量为  $q$  ( $q > 0$ ) 的粒子从磁场中的  $a$  点以速度  $v_0$  向右水平发射, 当粒子进入电场时其速度沿右下方向并与水平虚线的夹角为  $60^\circ$ , 然后粒子又射出电场重新进入磁场并通过右侧  $b$  点, 通过  $b$  点时其速度方向水平向右。 $a$ 、 $b$  距水平虚线的距离均为  $h$ , 两点之间的距离为  $s = 3\sqrt{3}h$ 。不计重力。



- (1)求磁感应强度的大小；
- (2)求电场强度的大小；
- (3)若粒子从  $a$  点以  $v_0$  竖直向下发射，长时间来看，粒子将向左或向右漂移，求漂移速度大小。（一个周期内粒子的位移与周期的比值为漂移速度）

【答案】

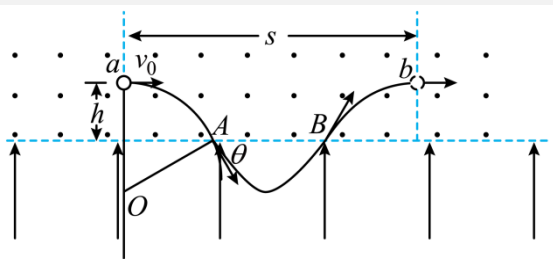
(1)  $\frac{mv_0}{2qh}$

(2)  $\frac{mv_0^2}{2qh}$

(3)  $\frac{3\sqrt{3}}{6\sqrt{3}+8\pi} v_0$

【详解】

(1) 根据题意可知，画出粒子的运动轨迹，如图所示



由题意可知  $\theta = 60^\circ$

设粒子在磁场中做圆周运动的半径为  $r$ ，由几何关系有  $r = r \cos \theta + h$

解得  $r = 2h$

由牛顿第二定律有  $qv_0 B = m \frac{v_0^2}{r}$

解得  $B = \frac{mv_0}{2qh}$

(2) 根据题意，由对称性可知，粒子射出电场时，速度大小仍为  $v_0$ ，方向与水平虚线的夹角为  $60^\circ$ ，由几何关系可得  $AB = s - 2r \sin \theta = 3\sqrt{3}h - 2\sqrt{3}h = \sqrt{3}h$

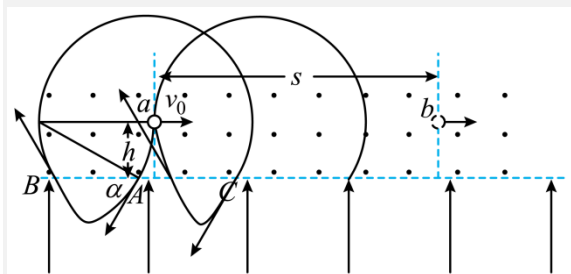
则粒子在电场中的运动时间为  $t = \frac{AB}{v_0 \cos \theta} = \frac{2\sqrt{3}h}{v_0}$

沿电场方向上，由牛顿第二定律有  $qE = ma$

由运动学公式有  $-v_0 \sin \theta = v_0 \sin \theta - at$

联立解得  $E = \frac{mv_0^2}{2qh}$

(3) 若粒子从  $a$  点以  $v_0$  竖直向下发射，画出粒子的运动轨迹，如图所示



由于粒子在磁场中运动的速度大小仍为 $v_0$ ，粒子在磁场中运动的半径仍为 $2h$ ，由几何关系可得，粒子进入电场时速度与虚线的夹角 $\alpha = 60^\circ$

结合小问 2 分析可知，粒子在电场中的运动时间为 $t_1 = \frac{2\sqrt{3}h}{v_0}$

$AB$ 间的距离为 $AB = \sqrt{3}h$

由几何关系可得 $BC = 2rsin\alpha = 2\sqrt{3}h$

则 $AC = BC - AB = \sqrt{3}h$

粒子在磁场中的运动时间为 $t_2 = \frac{360^\circ - 2\alpha}{360^\circ} \cdot \frac{2\pi r}{v_0} = \frac{8\pi h}{3v_0}$

则有 $t = t_1 + t_2 = \frac{(6\sqrt{3} + 8\pi)h}{3v_0}$

综上所述可知，粒子每隔时间 $t$ 向右移动 $\sqrt{3}h$ ，则漂移速度大小 $v' = \frac{\sqrt{3}h}{t} = \frac{3\sqrt{3}}{6\sqrt{3} + 8\pi} v_0$