

# 2025 年全国高考物理模拟卷

命题：浙江省温州中学

考生须知：

1. 本卷满分 100 分，考试时间 90 分钟；
2. 答题前，在答题卷指定区域填写班级、姓名、试场号、座位号及准考证号。
3. 所有答案必须写在答题纸上，写在试卷上无效；
4. 考试结束后，只需上交答题纸。

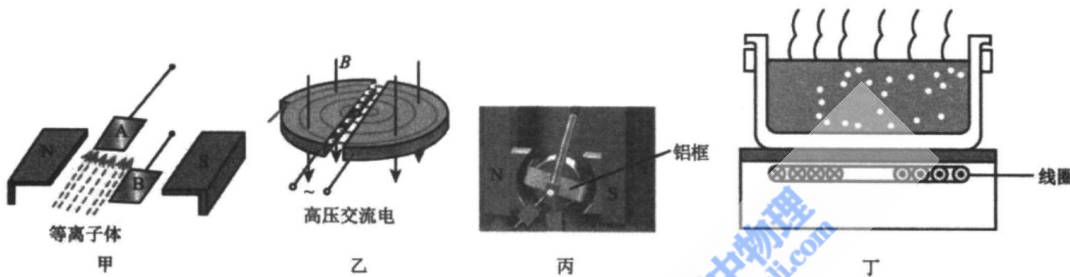
## 选择题部分

一、选择题 I（本题共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分。每小题列出的四个备选项中只有一个符合题目要求的，不选、多选、错选均不得分）

1. 下列物理量中，属于矢量且单位用国际制基本单位表示正确的是（ ）

- A. 磁通量  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{A} \cdot \text{s}^2}$       B. 磁感应强度  $\frac{\text{kg}}{\text{A} \cdot \text{s}^2}$       C. 电场强度  $\frac{\text{V}}{\text{m}}$       D. 自感系数  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{A}^2 \cdot \text{s}^2}$

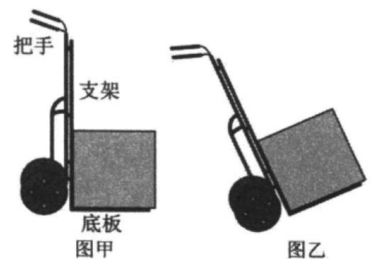
2. 电磁技术的应用非常广泛：图甲是磁流体发电机的原理图、图乙是回旋加速器的示意图、图丙是磁电式电流表的内部结构、图丁是利用电磁炉加热食物。下列说法正确的是（ ）



- A. 磁流体发电机的 A 板是电源的正极，B 板是电源的负极  
 B. 仅增大回旋加速器狭缝间的电压，被加速粒子获得的最大动能不变  
 C. 磁电式仪表中的铝框可使指针较快停止摆动，这是利用了电磁驱动的原理  
 D. 将电磁炉的电源换成电动势更大的直流电源，可以增加锅具的发热功率

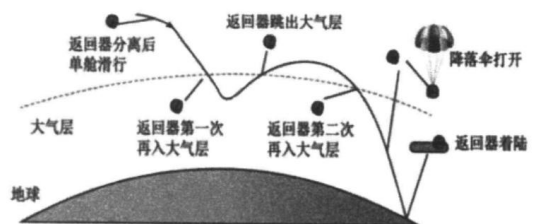
3. 在日常生活中，我们常用支架与底板垂直的两轮手推车搬运货物。如图甲所示，将质量为  $m$  的货物平放在手推车底板上，此时底板水平。现缓慢压下把手，直至底板与水平面间的夹角为  $60^\circ$ 。不计货物与支架及底板间的摩擦，重力加速度为  $g$ ，则（ ）

- A. 当底板与水平面间的夹角为  $60^\circ$  时，支架对货物的支持力为  $\frac{1}{2}mg$   
 B. 当底板与水平面间的夹角为  $60^\circ$  时，底板对货物的支持力为  $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$   
 C. 缓慢压下把手的过程中，货物所受的合外力一直增大  
 D. 缓慢压下把手的过程中，底板对货物的支持力一直减小



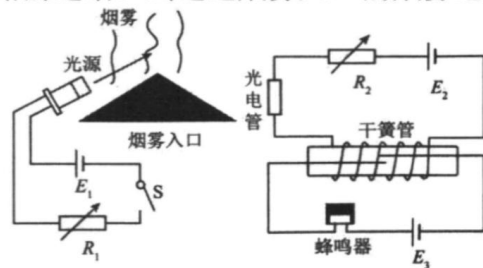
4. 2024 年 6 月 25 日嫦娥六号返回器顺利着陆，返回器与主舱室分离后，主舱室在半径为  $r$  的轨道上做周期为  $T$  的匀速圆周运动；返回器用“打水漂”的方式进入大气层，最终通过降落伞辅助成功着陆，其主要过程如下图，已知引力常量为  $G$ ，则有（ ）

- A. 主舱室在半径为  $r$  的轨道上稳定运行的速度应大于  $7.9\text{km/s}$   
 B. 打开降落伞后，返回器靠近地面过程中一直处于失重状态  
 C. 根据题中条件可求出地球质量  $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$   
 D. 根据题中条件可求出地球密度为  $\frac{3\pi}{GT^2}$



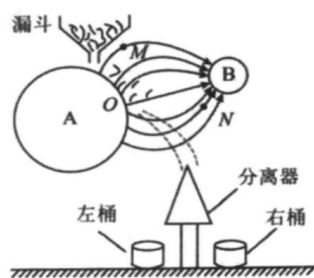
5. 如图所示为某种光电式烟雾报警器的原理图。在无烟雾时，光源发出的光沿直线传播，光电管接收不到光，报警器处于静默状态；当烟雾通过烟雾入口时，烟雾颗粒会散射光源发出的光，散射的光被光电管接收，从而产生光电流。干簧管是一个磁控开关，用于控制报警电路的通断。当通过烟雾入口的烟雾达到一定浓度时，报警电路被激活，蜂鸣器就会发出报警声。电键 S 处于闭合状态，下列说法正确的是 ( )

- A. 干簧管是否导通与  $E_3$  的电动势大小有关
- B. 减小  $R_1$  的阻值可以提高该报警器的灵敏度
- C. 增加干簧管外缠绕线圈的匝数可以降低该报警器的灵敏度
- D. 烟雾达到报警浓度时，干簧管外缠绕的线圈中一定无电流



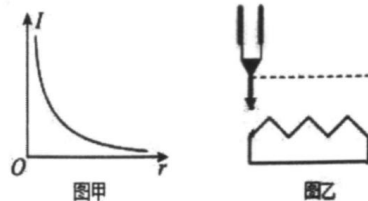
6. 在茶叶生产过程中有道茶叶、茶梗分离的工序，如图所示，A、B 两个带电球之间产生非匀强电场，茶叶、茶梗都带正电荷，且茶叶的比荷大于茶梗的比荷，两者通过静电场后分离，之后沿光滑绝缘分离器落入左、右桶。假设有一茶梗 P 电荷量为  $4 \times 10^{-8} \text{ C}$ ，质量为  $2 \times 10^{-4} \text{ kg}$ ，以  $1 \text{ m/s}$  的速度离开 A 球表面 O 点，最后落入桶底，O 点电势为  $1 \times 10^4 \text{ V}$ ，距离桶底高度为  $1.0 \text{ m}$ ，桶底电势为零。不计空气阻力、茶叶茶梗间作用力及一切碰撞能量损失，重力加速度  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ ，则 ( )

- A. M 处比 N 处的电场强度大
- B. M 处的电势低于 N 处的电势
- C. 茶叶落入左桶，茶梗落入右桶
- D. 茶梗 P 落入桶底速度为  $5 \text{ m/s}$



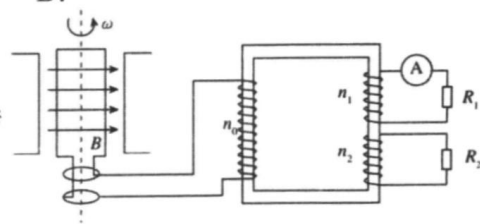
7. 扫描隧道显微镜是一种可以探测物质表面结构的仪器。当探针针尖在不到一个纳米的高度上扫描样品时，在针尖与样品之间加一大小在  $2 \text{ mV} \sim 2 \text{ V}$  之间的电压，针尖与样品之间产生隧道效应而有电子逸出，形成隧道电流，电流  $I$  随针尖与样品表面间的距离  $r$  的增大而指数减小，如图甲所示。若样品表面的凹凸形态如图乙所示，则当探针沿物质表面按给定高度向右匀速扫描时，隧道电流  $I$  随时间  $t$  的变化图像可能是选项图中的 ( )

- A.
- B.
- C.
- D.



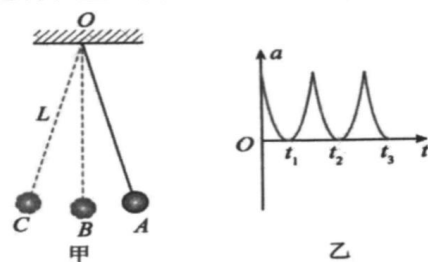
8. 如图，发电机的矩形线圈长为  $2L$ 、宽为  $L$ ，匝数为  $N$ ，放置在磁感应强度大小为  $B$  的匀强磁场中，理想变压器的原、副线圈匝数分别为  $n_0$ 、 $n_1$  和  $n_2$ ，两个副线圈分别接有电阻  $R_1$  和  $R_2$ ，当发电机线圈以角速度  $\omega$  匀速转动时，理想电流表读数为  $I$ ，不计线圈电阻，下列说法正确的是 ( )

- A. 电阻  $R_2$  两端的电压为  $\frac{n_1 I R_1}{n_2}$
- B. 通过电阻  $R_2$  的电流为  $\frac{n_1 I}{n_2}$
- C.  $n_0$  与  $n_1$  的比值为  $\frac{\sqrt{2} N B L^2 \omega}{I R_1}$
- D. 发电机的功率为  $\frac{\sqrt{2} N B L^2 \omega I (n_1 + n_2)}{n_0}$



9. 如图甲所示，单摆在竖直面内的 A、C 之间做简谐运动。小李同学利用传感器得到了单摆摆球在垂直摆线方向的加速度  $a$  与时间  $t$  的关系如图乙所示。为了进一步的研究单摆的特性，小李继续实验，先使摆球（视为质点）带负电（摆线是绝缘的），然后分别将其放在水平向右的匀强电场和竖直向上的匀强电场中。对于此次研究，小李的猜想正确的是 ( )

- A. 由  $a-t$  图像可得单摆摆动的周期为  $t_2 - t_1$
- B. 摆球运动到最低点 B 时，回复力为零，所受合力为零
- C. 加上水平向右的匀强电场后，小球不再做简谐运动
- D. 加上竖直向上的匀强电场后，单摆周期变小



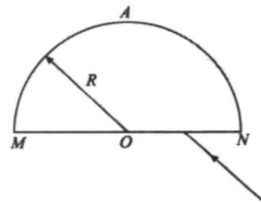
10. 一半圆形玻璃砖的截面如图所示，截面内一细束单色光以  $45^\circ$  的入射角从  $MN$  边界射入到玻璃砖中，在入射点由  $N$  缓慢移动到  $M$  的过程中，不考虑光的反射，圆弧  $MAN$  上有一半区域有光线射出。已知玻璃砖的半径为  $R$ ，单色光在真空中的传播速度为  $c$ ， $A$  为半圆的中点，下列说法正确的是（ ）

A. 圆弧  $AN$  上没有光线射出区域的长度与圆弧  $AN$  长度之比为  $5:6$

B. 出射光线与水平方向最大夹角为  $60^\circ$

C. 出射光线与入射光线均不平行

D. 能从圆弧上射出的光线中，在玻璃砖内的最大传播时间为  $t_{\max} = \frac{\sqrt{6}R}{3c}$



**二、选择题II（本题共 3 小题，每小题 4 分，共 12 分。每小题列出的四个备选项中至少有一个是符合题目要求的。全部选对的得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错的得 0 分）**

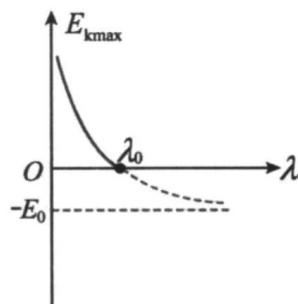
11. 某兴趣小组在研究光电效应时，用不同波长的光照射某金属，最后得到产生光电子的最大初动能  $E_{k\max}$  与入射光波长  $\lambda$  的关系如图所示， $E_{k\max} = -E_0$  为图像的渐近线，真空中光速为  $c$ ，则（ ）

A. 波长为  $2\lambda_0$  的光能使该金属发生光电效应

B. 该金属的逸出功为  $E_0$

C. 普朗克常量为  $\frac{E_0\lambda_0}{c}$

D.  $\lambda = \frac{\lambda_0}{2}$  时，光电子的最大初动能为  $2E_0$



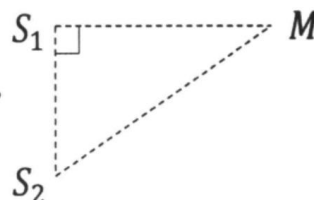
12. 如图，空气中有两个声源  $S_1$ 、 $S_2$  相距  $60\text{cm}$ ，两声源的频率可调且始终保持同频率同相位振动，但两者振幅不同。我们可以用声音信号探测器来检测空间不同位置的信号强度。现将探测器置于  $S_1$  右侧  $80\text{cm}$  处的  $M$  点。已知声音在空气中传播的速度为  $340\text{m/s}$ ，下列说法正确的是（ ）

A. 若  $S_1$ 、 $S_2$  的频率调至  $1.0\text{kHz}$ ，则  $S_1M$  连线上仅有 1 处可以探测到最强的声音信号

B. 若  $S_1$ 、 $S_2$  的频率调至  $1.0\text{kHz}$ ，保持  $S_1$  静止不动，将  $S_2$  以一定速度远离  $M$  点，空间中仍可形成稳定的干涉现象

C. 若  $S_1$ 、 $S_2$  的频率从  $1.0\text{kHz}$  缓慢增大到  $5.0\text{kHz}$ ，则在  $M$  点可探测到 2 种不同频率的最强信号

D. 若  $S_1$ 、 $S_2$  的频率从  $1.0\text{kHz}$  缓慢增大到  $5.0\text{kHz}$ ，则在  $M$  点可探测到 2 种不同频率的最弱信号



13. 现假设真空中有一氢原子，其中带电量为  $-e$  的电子绕一固定的原子核做圆周运动。根据玻尔的量子化假设，电子绕核转动时满足  $mv_n r_n = n\hbar$ ，其中  $r_n$  为第  $n$  个能级的轨道半径， $v_n$  为电子处于第  $n$  个能级时的

速度大小， $\hbar$  为约化的普朗克常量。已知一电荷量为  $Q$  的点电荷在某处产生的电势满足  $\varphi = \frac{kQ}{r}$ ，其中， $r$

为该处到点电荷的距离， $k$  为静电力常数，无穷远处为零势能面。下列说法正确的是（ ）

A. 在玻尔模型中，电子在定态轨道运行时，由于具有加速度，会不断向外辐射电磁波

B. 电子能级越高，运动的周期越小

C.  $r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{mke^2}$

D. 电子在第  $n$  个能级时体系的总能量  $E_n = -\frac{1}{2} \frac{mk^2 e^4}{n^2 \hbar^2}$

## 非选择题部分

### 三、非选择题（本题共 5 小题，共 58 分）实验题（I、II、III 三题共 14 分）

14. I 如图 1 所示，用铁架台、弹簧和多个质量均为  $m$  的钩码探究在弹性限度内弹簧弹力与弹簧伸长量的关系。

(1) 为完成该实验，设计实验步骤如下：

A. 将铁架台固定于桌子上，并将弹簧的一端系于横梁上，在弹簧附近竖直固定一把刻度尺；

B. 以弹簧伸长量为横坐标，以弹力为纵坐标，描出各组  $(x, F)$  对应的点，并用平滑的曲线连接起来；

C. 记下弹簧不挂钩码时其下端在刻度尺上的刻度  $L_0$ ；

D. 以弹簧伸长量为自变量，写出弹力与伸长量的关系式，首先尝试写成一次函数，如果不行，则考虑二次函数；

E. 依次在弹簧下端挂上 1 个、2 个、3 个、4 个...钩码，分别记下钩码静止时弹簧下端所对应的刻度，记录在表格内，然后取下钩码；

F. 解释函数表达式中常数的物理意义；

G. 整理仪器；

请将以上步骤按操作的先后顺序排列出来 A \_\_\_\_\_ FG；

(2) 某同学选了 A、B 两根规格不同的弹簧进行测试，根据测得的数据绘出如图 2 所示的图像。则图像上端成为曲线是因为 \_\_\_\_\_，乙弹簧的劲度系数为 \_\_\_\_\_ N/m（结果保留三位有效数字），若要制作一个精确度较高的弹簧测力计，应选弹簧 \_\_\_\_\_（选填“A”或“B”）。

14. II (1) 为了探索分压电路中滑动变阻器的选择问题，小陈同学分别用最大阻值为  $10\Omega$ 、 $100\Omega$ 、 $1000\Omega$  的三种滑动变阻器在如图 3 所示的电路中进行实验。实验中所用的定值电阻  $R_x = 30\Omega$ 。当滑动变阻器的滑片由一端向另一端移动的过程中，根据实验数据，分

别作出电压表读数  $U_x$  随  $\frac{x}{L}$ （ $\frac{x}{L}$  指滑片移动的距离  $x$  与滑片在变阻器上可移动的总长度  $L$  的比值）变化的关系曲线  $a$ 、 $b$ 、 $c$ ，如图 4 所示。则图 4 中的图线  $a$  对应的滑动变阻器最大阻值是 \_\_\_\_\_；为了更有利于完成实验，应选择最大阻值是 \_\_\_\_\_ 的滑动变阻器（滑动变阻器都不会被烧坏）。

(2) 甲乙两同学为了测定某电池的电动势和内阻设计了如图 5 的电路，其中  $R$  为电阻箱， $R_0$  为保护电阻，阻值  $R_0 = 5.0\Omega$ ，电流表 A 的内阻  $R_A = 9.0\Omega$ 。他改变  $R$  的阻值，记下多组  $R$  和电流表示数  $I$ 。甲同学以  $I$  与  $R$  的乘积作纵坐标（记为  $U$ ），以  $I$  作横坐标，作图处理数据；乙同学以  $I(R + R_0)$  为纵坐标（也记为  $U$ ），以  $I$  为横坐标处理数据，他们在同一张坐标纸上画出的图线如图 6 所示由图 6 可知，甲同学绘制的是图线 \_\_\_\_\_（填“a”或“b”），由该图线得到的电源内阻为 \_\_\_\_\_  $\Omega$ 。

(3) 利用光敏电阻作为传感器，借助电磁开关，可以实现路灯自动在白天关闭，黑夜打开。某同学利用如下器材制作了一个简易的路灯自动控制装置。

A. 励磁线圈电源  $E_1$       B. 路灯电源  $E_2$       C. 路灯灯泡 L      D. 定值电阻  $R_0$   
E. 光敏电阻  $R_1$       F. 电磁开关      G. 导线、开关等

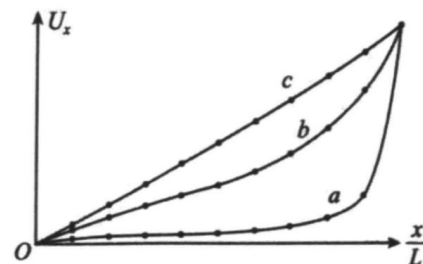
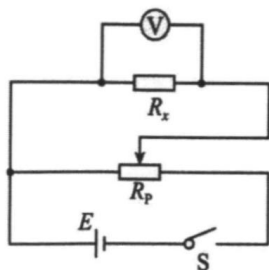
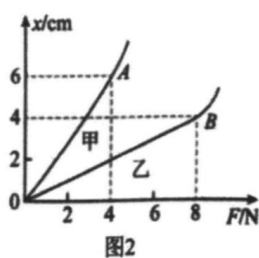


图 3

图 4

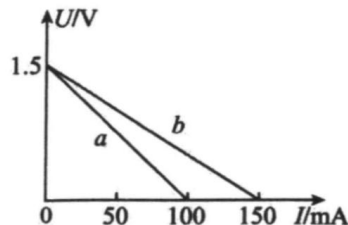
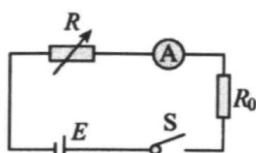
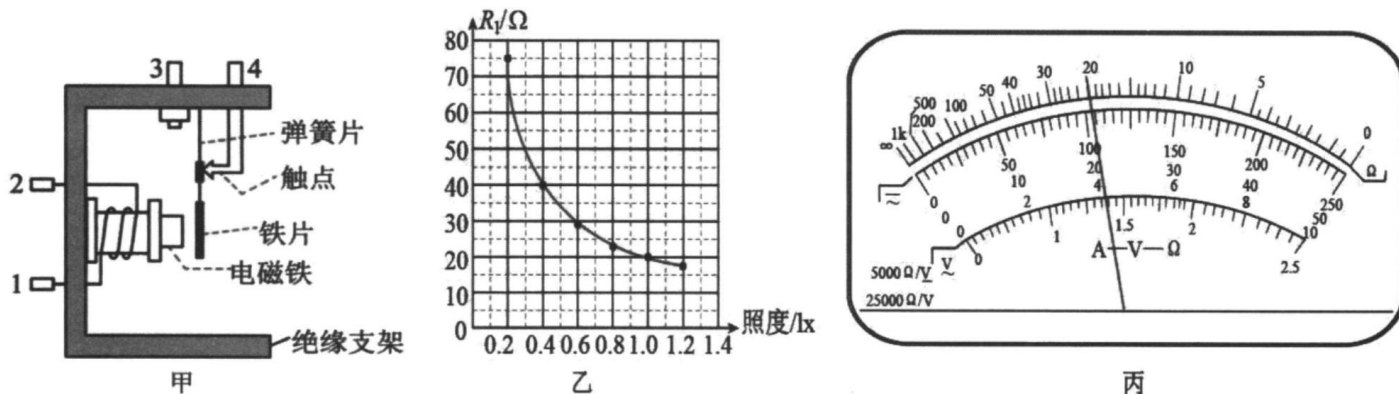


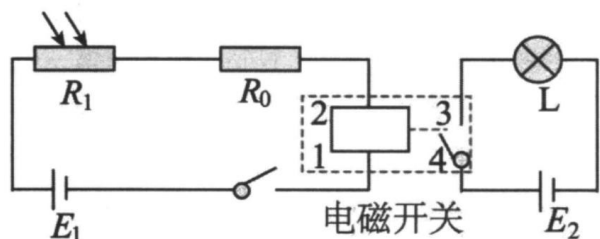
图 5

图 6

①电磁开关的内部结构如图甲所示。1、2两接线柱接励磁线圈（电磁铁上绕的线圈），3、4两接线柱分别与弹簧片和触点连接，相当于路灯的开关。当流过励磁线圈的电流大于某个值时，电磁铁吸合铁片，弹簧片和触点分离，3、4断开，路灯熄灭。该同学首先用多用电表的欧姆挡测量励磁线圈的电阻，将选择开关置于“ $\times 1$ ”挡，调零后测量时的示数如图丙所示，则励磁线圈的电阻约为\_\_\_\_\_ $\Omega$ 。



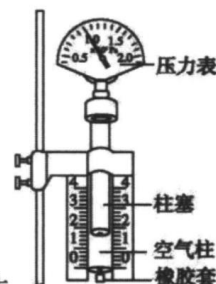
②该同学设计了一个自动控制电路，如下图所示。光敏电阻  $R_1$  的阻值与照度关系如图乙所示，若已知励磁线圈电源  $E_1=6.0V$ （内阻不计），定值电阻  $R_0=60\Omega$ 。若设计要求当流过励磁线圈的电流为  $0.05 A$  时点亮路灯，则此时的照度约为\_\_\_\_\_lx。



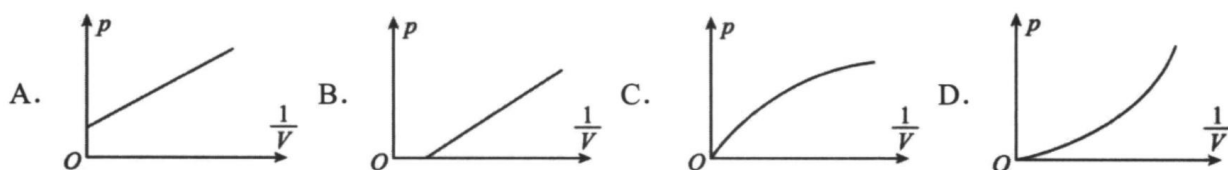
14. III 探究气体等温变化规律的实验装置如图所示。空气柱的长度由刻度尺读取，气体的压强由压力表读取。

(1) 为得到气体的压强与体积关系，下列做法正确的是\_\_\_\_\_。

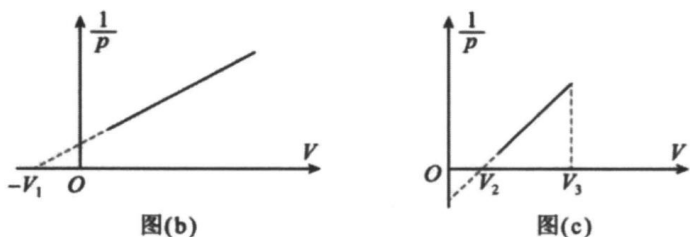
- A. 柱塞上涂油是为了减小摩擦力
- B. 改变气体体积时应缓慢推拉柱塞
- C. 推拉柱塞时可用手握住注射器
- D. 实验前应测得柱塞受到的重力



(2) 实验中，连接空气柱与压力表之间的柱塞中气体不可忽略。移动活塞，多次记录注射器上的体积刻度  $V$  和压强传感器读数  $p$ ，绘出的  $p - \frac{1}{V}$  图像可能为( )

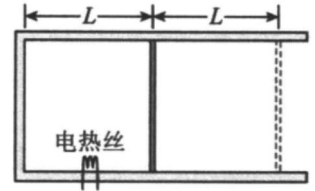


(3) 用第(2)问中获得的数据绘制  $\frac{1}{p} - V$  图像，如图(b)所示，再用天平测出若干粒大米的质量为  $m$ ，然后将这些米粒装入上述装置中的注射器内，移动活塞，多次记录注射器上的体积刻度  $V$  和压强传感器读数  $p$ ，绘出图(c)所示的图像。则可求出大米的密度为\_\_\_\_\_（用  $m$ 、 $V_1$ 、 $V_2$  表示）。

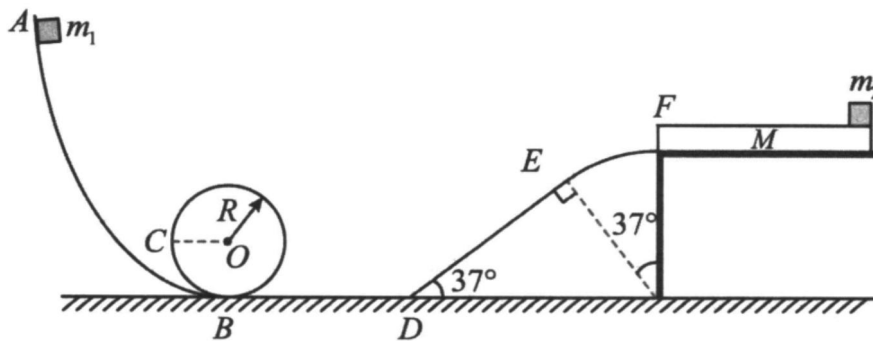


15. 如图所示，一定质量理想气体被活塞封闭在汽缸中，活塞的面积为  $S$ ，与汽缸底部相距  $L$ ，活塞与汽缸间的滑动摩擦力为  $2P_0S$ ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，汽缸和活塞绝热性能良好。刚开始气体的压强、温度与外界大气相同，分别为  $p_0$  和  $T_0$ ，此时记为状态  $A$ 。现接通电热丝缓慢加热气体，一段时间后活塞开始缓慢移动，此时记为状态  $B$ 。活塞缓慢向右移动距离  $L$  后停止，此时记为状态  $C$ 。整个过程中气体吸收的热量为  $Q$ 。

- (1) 气体从状态  $A$  到状态  $B$ ，其分子平均动能\_\_\_\_\_（选填“增大”、“减小”或“不变”），圆筒内壁单位面积受到的压力\_\_\_\_\_（选填“增大”、“减小”或“不变”）；
- (2) 求整个过程中内能的增加量  $\Delta U$ ；
- (3) 求状态  $C$  的温度  $T$ 。



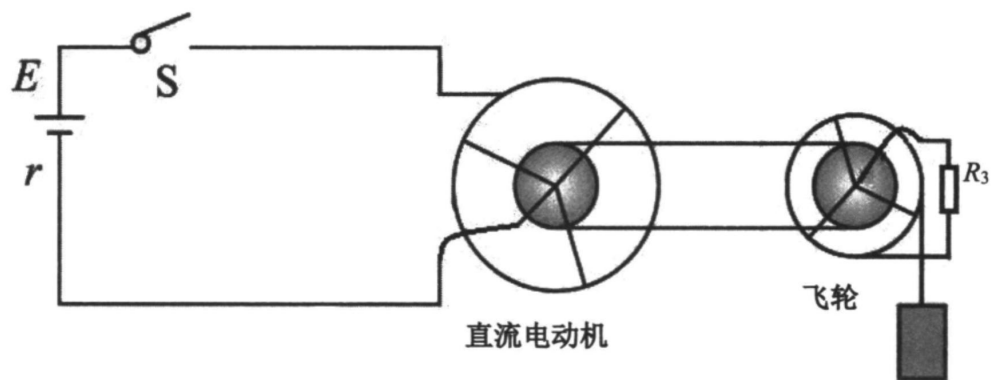
16. 如图所示，某固定装置的竖直截面如图所示，该装置由弧形轨道  $AB$ 、竖直圆轨道、水平直轨道  $BD$ 、倾角为  $37^\circ$  的斜轨道  $DE$ 、圆弧形轨道  $EF$  平滑连接而成。现将一质量为  $0.1\text{ kg}$ 、可视为质点的小滑块  $m_1$  由弧形轨道  $AB$  上高  $h$  处由静止释放，在经历几段不同的运动后， $m_1$  在  $F$  点与静止在水平台面上质量为  $0.1\text{ kg}$  的长木板  $M$  发生正碰（碰撞情况未知），木板  $M$  最右端停放一质量为  $0.2\text{ kg}$ 、可视为质点的小滑块  $m_2$ ， $M$  与  $m_2$  间粗糙，其余轨道均光滑，水平台面和木板  $M$  足够长。已知圆轨道半径  $R = 0.2\text{ m}$ ， $L_{DE} = 1\text{ m}$ ，忽略空气阻力，重力加速度  $g$  取  $10\text{ m/s}^2$ ， $\sin 37^\circ = 0.6$ 、 $\cos 37^\circ = 0.8$ 。



- (1) 若  $h=3\text{ m}$ ，求  $m_1$  运动到与圆心  $O$  等高的  $C$  点时对轨道的压力大小；
- (2) 若  $m_1$  能沿轨道运动至  $F$  点，求  $h$  的取值范围；
- (3) 若  $h=0.8\text{ m}$ ，求整个过程中系统损失的机械能的最大值和最小值。

17. 如图所示，直流电动机由一个电动势  $E=2\text{V}$ 、内阻  $r=3\Omega$  的电源供电。电动机由三根长  $a=0.2\text{m}$  的辐条和电阻不计的金属圆环组成，每根辐条的电阻  $R_1=3\Omega$ 。飞轮由三根长  $b=0.1\text{m}$  的辐条和电阻不计的金属圆环组成，每根辐条的电阻  $R_2=0.4\Omega$ 。两者均可绕过其中心的水平固定转轴转动，两转轴绝缘且半径相同，通过绝缘皮带组成传动装置。电源正负极通过电刷分别与电动机的金属圆环和转轴中心良好接触，飞轮转轴中心与其金属圆环通过电刷连接阻值  $R_3=0.2\Omega$  的定值电阻。不可伸长的细绳绕在飞轮的圆环上，末端系一质量为  $m$  的重物，细绳与圆环之间始终不打滑。整个电动机处在磁感应强度为  $B_1=2.0\text{T}$  的匀强磁场中，整个飞轮处在磁感应强度为  $B_2=4.0\text{T}$  的匀强磁场中，两磁场方向均垂直圆环面。闭合开关一段时间后，电动机的辐条以角速度  $\omega=10\text{rad/s}$  匀速转动，将重物匀速向上提升。不计辐条、圆环、转轴质量和一切摩擦、空气阻力。

- (1) 直流电动机处的匀强磁场方向垂直环面指向\_\_\_\_\_（填“纸内”或“纸外”）；
- (2) 求流过电动机的电流大小和电动机每根辐条受到的安培力大小；
- (3) 求电动机的总功率和电动机两端的电压；
- (4) 求重物的质量  $m$ 。

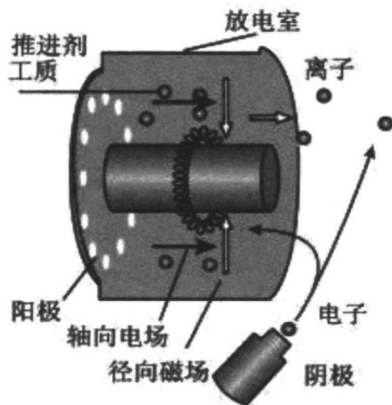


18. 2020年1月,我国首款大功率电磁式霍尔推力器成功完成点火试验。其工作原理简化如下:如图甲所示,从推力器右侧的阴极逸出的一部分电子(初速度近似为0)进入放电室,放电室内由沿圆柱体轴向的电场和环形径向磁场组成,电子在洛伦兹力和电场力的共同作用下运动,最终大多数电子被束缚在一定的区域内,与进入放电室的中性推进剂(氙原子)发生碰撞并使其电离;电离后的氙离子在磁场中的偏转角度很小,其运动可视为在轴向电场力作用下的直线运动,飞出放电室后与阴极导出的另一部分电子中和并被高速喷出,霍尔推力器由于反冲获得推进动力。设某次核心舱进行姿态调整,开启霍尔推力器,电离后的氙离子初速度为0,经电压为 $U$ 的电场加速后高速喷出,氙离子所形成的等效电流为 $I$ 。已知一个氙离子质量为 $M$ ,电荷量为 $q$ ,忽略离子间的相互作用力和电子能量的影响,求:

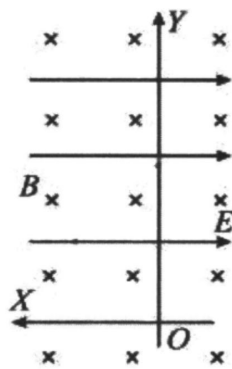
- (1) 单位时间内喷出氙离子的数目 $N$ ;
- (2) 霍尔推力器获得的平均推力大小 $F$ ;
- (3) 放电室中的电场和磁场很复杂,为简化研究,将图甲中磁场和电场在小范围内看做 $XOY$ 平面内的方向向右的匀强电场和垂直坐标平面向里的匀强磁场,磁感应强度为 $B$ ,俯视图如图乙所示。质量为 $m$ 、电荷量为 $e$ 的电子从 $O$ 点以速度 $v_0$ 沿 $Y$ 轴正方向入射时,恰好可以沿 $Y$ 轴做直线运动。

- (I) 求电场强度的大小 $E$ ;
- (II) 若电子沿 $Y$ 轴正方向入射,入射速度在 $0 < v < v_0$ 范围内均匀分布,其中与 $Y$ 轴的最大距离介于

$X_1 = \frac{mv_0}{5eB}$  和  $X_2 = \frac{mv_0}{2eB}$  之间的电子对氙原子的电离效果更好,求能有更好电离效果的电子数占总电子数的百分比。



图甲



图乙

# 2025 年全国高考物理模拟卷

命题：温州中学

考生须知：

1. 本卷满分 100 分，考试时间 90 分钟；
2. 答题前，在答题卷指定区域填写班级、姓名、试场号、座位号及准考证号。
3. 所有答案必须写在答题纸上，写在试卷上无效；
4. 考试结束后，只需上交答题纸。

## 选择题部分

一、选择题 I（本题共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分。每小题列出的四个备选项中只有一个是符合题目要求的，不选、多选、错选均不得分）

1. 下列物理量中，属于矢量且单位用国际基本单位表示正确的是（ ）

A. 磁通量  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{A} \cdot \text{s}^2}$

B. 磁感应强度  $\frac{\text{kg}}{\text{A} \cdot \text{s}^2}$

C. 电场强度  $\frac{\text{V}}{\text{m}}$

D. 自感系数  $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{A}^2 \cdot \text{s}^2}$

【答案】B

【解析】

【详解】A. 磁通量

$$\Phi = BS = \frac{F}{IL} S = \frac{ma}{IL} S$$

可得磁通量的单位用基本单位表示应为

$$\text{Wb} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{A} \cdot \text{m}} \cdot \text{m}^2 = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{A} \cdot \text{s}^2}$$

但磁通量为标量，故 A 错误；

B. 磁感应强度

$$B = \frac{F}{qv} = \frac{F}{Itv}$$

可得磁感应强度的单位用基本单位表示为

$$\text{T} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{A} \cdot \text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}} = \frac{\text{kg}}{\text{A} \cdot \text{s}^2}$$

以上单位也可用基本单位表示为

$$\text{T} = \frac{\text{g}}{\text{A} \cdot \text{s}^2}$$

而磁感应强度为矢量，故 B 正确；

C. 电场强度

$$E = \frac{U}{d} = \frac{W}{qd} = \frac{FL}{qd} = \frac{FL}{It d}$$

可得电场强度的单位用基本单位表示为

$$V/m = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{A} \cdot \text{s} \cdot \text{m}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{A} \cdot \text{s}^3}$$

故 C 错误；

D. 自感系数

$$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{BS}{I} = \frac{FS}{IL \cdot I}$$

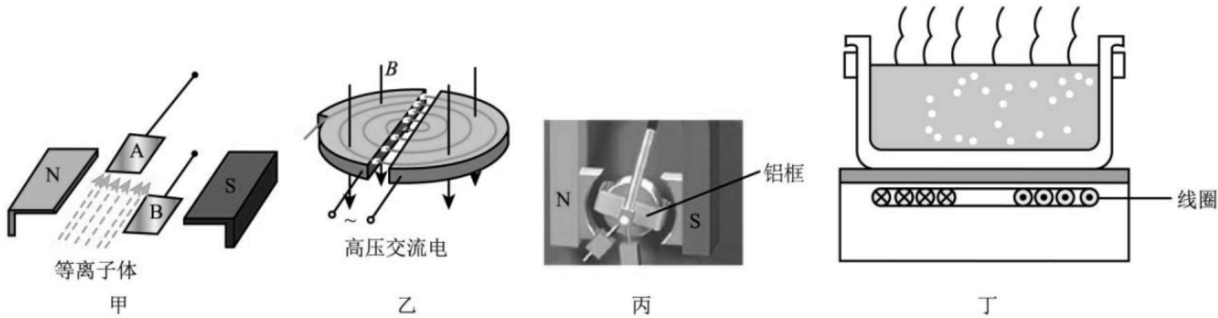
可得自感系数的单位用基本单位表示为

$$H = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{A}^2 \cdot \text{m}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{A}^2 \cdot \text{s}^2}$$

但自感系数为标量，故 D 错误。

故选 B。

2. 电磁技术的应用非常广泛：图甲是磁流体发电机的原理图、图乙是回旋加速器的示意图、图丙是磁电式电流表的内部结构、图丁是利用电磁炉加热食物。下列说法正确的是（ ）



- A. 磁流体发电机的 A 板是电源的正极，B 板是电源的负极
- B. 仅增大回旋加速器狭缝间的电压，被加速粒子获得的最大动能不变
- C. 磁电式仪表中的铝框可使指针较快停止摆动，这是利用了电磁驱动的原理
- D. 将电磁炉的电源换成电动势更大的直流电源，可以增加锅具的发热功率

**【答案】** B

**【详解】** A. 根据左手定则，满足正电荷向下偏转，所以 B 板带正电，为发电机的正极，A 极板是发电机的负极，故 A **错误**

B. 粒子离开回旋加速器时动能最大，根据  $qvB = m \frac{v^2}{r}$ ，可得

$$v = \frac{qBR}{m}$$

粒子获得的最大动能为

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$$

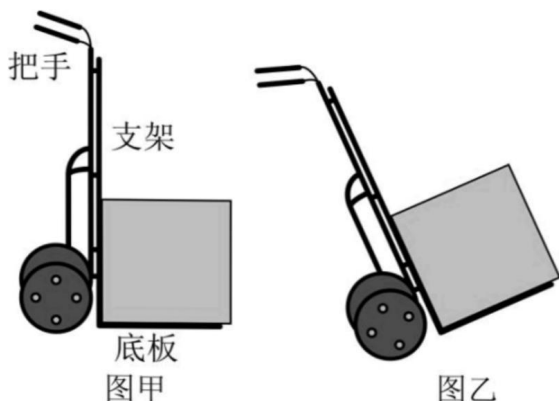
所以仅增大回旋加速器狭缝间的电压，被加速粒子获得的最大动能不变，故 B 正确；

C. 磁电式仪表中的铝框可使指针较快停止摆动，是利用了电磁阻尼的原理，故 C 错误；

D. 电磁炉使用交流电作为电源，则将电磁炉的电源换成电动势更大的直流电源，锅具无法发热，故 D 错误。

故选 B。

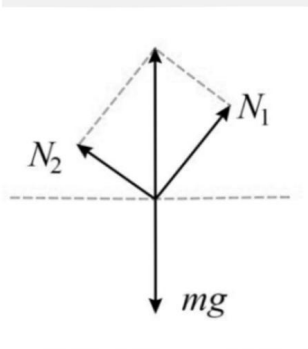
3. 生活上，我们常用支架与底板垂直的两轮手推车搬运货物。如图甲所示，将质量为  $m$  的货物平放在手推车底板上，此时底板水平。现缓慢压下把手，直至底板与水平面间的夹角为  $60^\circ$ 。不计货物与支架及底板间的摩擦，重力加速度为  $g$ ，则 ( )



- A. 当底板与水平面间的夹角为  $60^\circ$  时，支架对货物的支持力为  $\frac{1}{2}mg$
- B. 当底板与水平面间的夹角为  $60^\circ$  时，底板对货物的支持力为  $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$
- C. 缓慢压下把手的过程中，货物所受的合外力一直增大
- D. 缓慢压下把手的过程中，底板对货物的支持力一直减小

【答案】D

【详解】AB. 当底板与水平面间的夹角为  $60^\circ$  时，对货物受力分析，两个弹力的合力与重力等大反向，如下图所示所受：

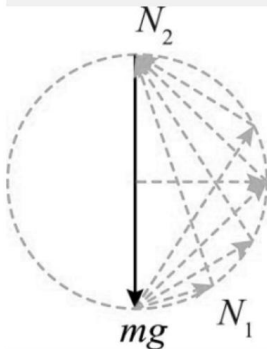


两个弹力  $N_1$  与  $N_2$  垂直，由平衡条件可得支架对货物的支持力： $N_1 = mg \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$

底板对货物的支持力： $N_2 = mg \cos 60^\circ = \frac{1}{2}mg$

故 AB 错误；

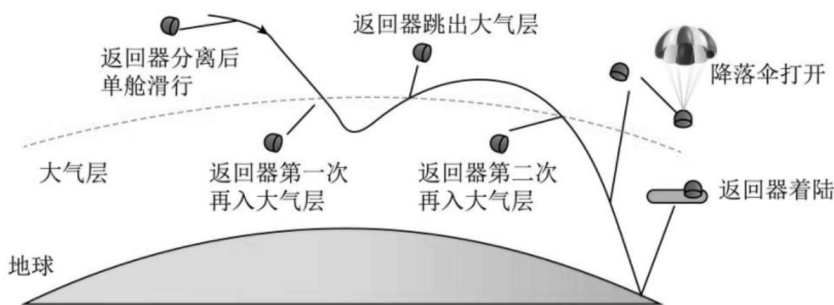
CD. 压下把手的过程中，两个弹力的夹角始终是  $90^\circ$ ，货物的受力情况如下图所示：



由图可知，货物所受的合外力一直不变，始终等于货物的重力，支架对货物的支持力  $N_1$  一直增大，底板对货物的支持力  $N_2$  一直减小，故 C 错误 D 正确。

故选 D。

4.2024 年 6 月 25 日嫦娥六号返回器顺利着陆，返回器与主舱室分离后，主舱室通过调整后在圆轨道运行，返回器用“打水漂”的方式再入大气层，最终通过降落伞辅助成功着陆，其主要过程如下图，已知主舱室维持在半径为  $r$  的轨道上做周期为  $T$  的匀速圆周运动，万有引力常量为  $G$ ，则有（ ）



- A. 主舱室在半径为  $r$  的轨道上稳定运行的速度应大于  $7.9\text{km/s}$
- B. 打开降落伞后，返回器靠近地面过程中一直处于失重状态
- C. 根据题给条件可求出地球质量  $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$
- D. 由题给条件可求出地球密度为  $\frac{3\pi}{GT^2}$

【答案】C

【详解】A. 第一宇宙速度是最大的环绕速度，当主舱室在半径为  $r$  的轨道上稳定运行时，其轨道半径大于地球半径，则速度应小于  $7.9\text{km/s}$ ，故 A 错误；

B. 打开降落伞后，返回器靠近地面过程中做减速运动，加速度向上，一直处于超重状态，故 B 错误；

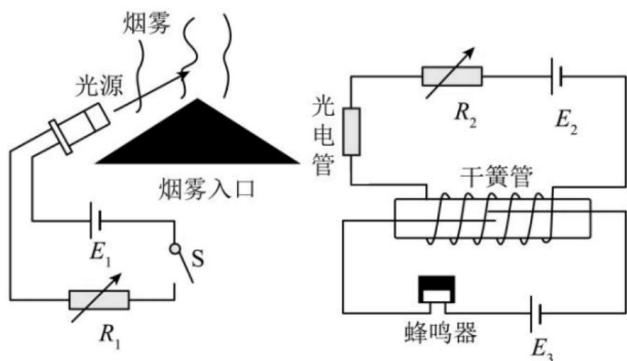
CD. 根据万有引力提供向心力  $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ ， $\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$

可得  $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$ ， $\rho = \frac{3\pi r^3}{GT^2 R^3}$

由此可知，地球质量可求，但由于地球半径未知，故不可求地球密度，故 D 错误，C 正确。

故选 D。

5. 如图所示为某种光电式烟雾报警器的原理图。在无烟雾时，光源发出的光沿直线传播，光电管接收不到光，报警器处于静默状态；当烟雾通过烟雾入口时，烟雾颗粒会散射光源发出的光，散射的光被光电管接收，从而产生光电流。干簧管是一个磁控开关，用于控制报警电路的通断。当通过烟雾入口的烟雾达到一定浓度时，报警电路被激活，蜂鸣器就会发出报警声。电键 S 处于闭合状态，下列说法正确的是（ ）



- A. 干簧管是否导通与  $E_3$  的电动势大小有关
- B. 减小  $R_1$  的阻值可以提高该报警器的灵敏度
- C. 增加干簧管外缠绕线圈的匝数可以降低该报警器的灵敏度
- D. 烟雾达到报警浓度时，干簧管外缠绕的线圈中一定无电流

【答案】B

【详解】A. 干簧管是否导通主要取决于其外绕线圈中电流产生的磁场，而该线圈又受光电管电路控制，与报警电路电源  $E_3$  的电动势无直接关系，故 A 错误。

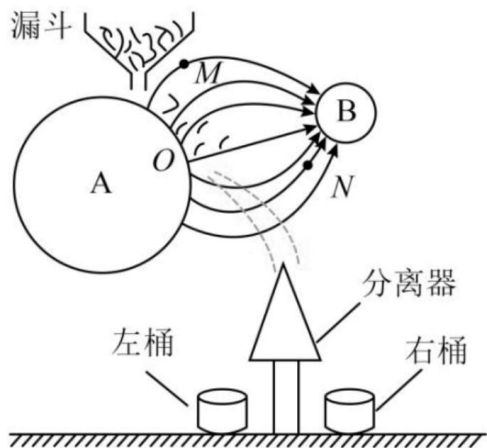
B.  $R_1$  是光源所在回路的限流电阻，减小  $R_1$  会增大光源发光强度，从而使散射到光电管的光更强、光电流更大，更易触发报警，灵敏度提高，故 B 正确。

C. 增加干簧管外线圈匝数通常会增强线圈在给定电流下产生的磁场，有利于干簧管导通，提高灵敏度，故 C 错误；

D. 要使干簧管吸合、蜂鸣器报警，线圈中必须有足够的电流产生磁场，故 D 错误。

故选 B。

6. 在茶叶生产过程中有道茶叶、茶梗分离的工序，如图所示，A、B 两个带电球之间产生非匀强电场，茶叶、茶梗都带正电荷，且茶叶的比荷大于茶梗的比荷，两者通过静电场便可分离，并沿光滑绝缘分离器落入小桶。假设有一茶梗 P 电荷量为  $4 \times 10^{-8} \text{ C}$ ，质量为  $2 \times 10^{-4} \text{ kg}$ ，以  $1 \text{ m/s}$  的速度离开 A 球表面 O 点，最后落入桶底，O 点电势为  $1 \times 10^4 \text{ V}$ ，距离桶底高度为  $1.0 \text{ m}$ ，桶底电势为零。不计空气阻力、茶叶茶梗间作用力及一切碰撞能量损失，重力加速度  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ ，则（ ）



- A.  $M$  处比  $N$  处的电场强度大  
 B.  $M$  处的电势低于  $N$  处的电势  
 C. 茶叶落入左桶，茶梗落入右桶  
 D. 茶梗 P 落入桶底速度为  $5 \text{ m/s}$

**【答案】D**

**【详解】A.** 由于  $M$  点的电场线稀疏， $N$  点的电场线密集，故  $M$  点的电场强度小于  $N$  点的电场强度，A 错；

**B.** 沿电场线的方向，电势逐渐降低，故  $M$  点的电势高于  $N$  点的电势，B 错误；

**C.** 根据牛顿第二定律有

$$qE = ma$$

解得

$$a = \frac{qE}{m}$$

由于茶叶、茶梗带正电，则电场力产生的加速度方向整体向右，由于茶叶的比荷  $\frac{q}{m}$  大于茶梗的比荷，可知茶叶所受电场力产生的加速度大于茶梗所受电场力产生的加速度，即在相等时间内，茶叶的水平分位移大于茶梗的水平分位移，可知，茶叶落入右桶，茶梗落入左桶，C 错；

**D.** 茶梗 P 从  $O$  点到落入桶底过程中，由动能定理可知

$$mgh + qU = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

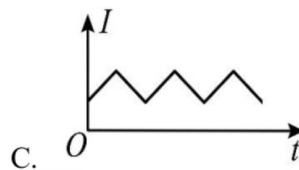
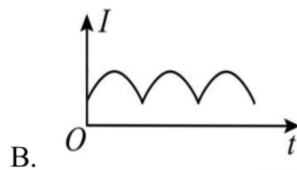
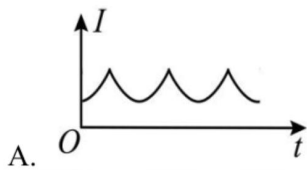
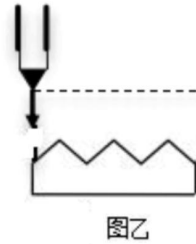
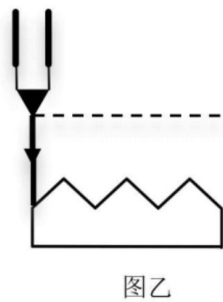
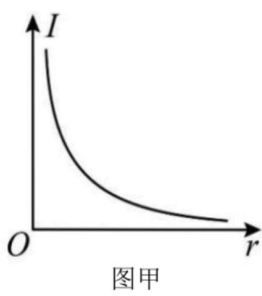
代入数据解得

$$v = 5 \text{ m/s}$$

D 正确。

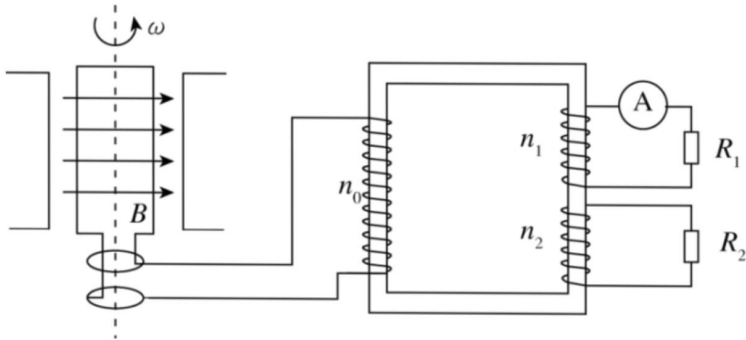
7. 扫描隧道显微镜 (STM) 是一种可以探测物质表面结构的仪器。当探针针尖在不到一个纳米的高度上扫描样品时，在针尖与样品之间加一大小在  $2 \text{ mV} \sim 2 \text{ V}$  之间的电压，针尖与样品之间产生隧道效应而有电子逸出，形成隧道电流，电流  $I$  随针尖与样品表面间的距离  $r$  的增大而指数减小，如图甲所示。若样品表面的凹凸形态如图乙所示，则当探针沿物质表面按给定高度向右匀速扫描时，隧道电流随时间的变化图像

可能是选项图中的 ( )



【答案】A

8. 如图, 发电机的矩形线圈长为  $2L$ 、宽为  $L$ , 匝数为  $N$ , 放置在磁感应强度大小为  $B$  的匀强磁场中, 理想变压器的原、副线圈匝数分别为  $n_0$ 、 $n_1$  和  $n_2$ , 两个副线圈分别接有电阻  $R_1$  和  $R_2$ , 当发电机线圈以角速度  $\omega$  匀速转动时, 理想电流表读数为  $I$ , 不计线圈电阻, 下列说法正确的是 ( )



A. 电阻  $R_2$  两端的电压为  $\frac{n_1 IR_1}{n_2}$

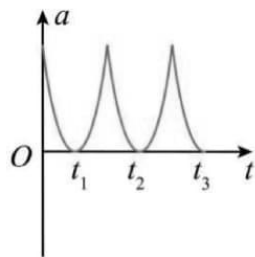
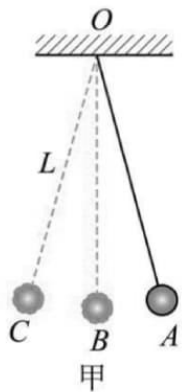
B. 通过电阻  $R_2$  的电流为  $\frac{n_1 I}{n_2}$

C.  $n_0$  与  $n_1$  的比值为  $\frac{\sqrt{2} N B L^2 \omega}{I R_1}$

D. 发电机的功率为  $\frac{\sqrt{2} N B L^2 \omega I (n_1 + n_2)}{n_0}$

【答案】C

9. 如图甲所示, 单摆在竖直面内的  $A$ 、 $C$  之间做简谐运动。小李同学利用传感器得到了单摆摆球在垂直摆线方向的  $a-t$  关系图 (如图乙)。为了进一步的研究单摆的特性, 小李继续实验, 先使摆球 (视为质点) 带负电 (摆线是绝缘的), 然后分别将其放在水平向右的匀强电场和竖直向上的匀强电场中。对于此次研究, 小李的猜想正确的是 ( )



- 甲
- 乙
- A. 由  $a-t$  图像可得单摆摆动的周期为  $t_2 - t_1$
- B. 摆球运动到最低点  $B$  时, 回复力为零, 所受合力为零
- C. 加上水平向右的匀强电场后, 小球不再做简谐运动
- D. 加上竖直向上的匀强电场后, 单摆周期变小

**【答案】**D

**【详解】**A. 由  $a-t$  图像可得单摆摆动的周期为

$$T = 2(t_2 - t_1)$$

选项 A 错误;

B. 摆球运动到最低点  $B$  时, 回复力为零, 但是由于有竖直向上的向心加速度, 可知所受合力不为零, 选项 B 错误;

C. 加上水平向右的匀强电场后, 将重力和电场力等效, 合力仍为恒力, 可知小球仍做简谐运动, 只是平衡位置发生了变化, 选项 C 错误;

D. 加上竖直向上的匀强电场后, 等效重力加速度变为

$$g' = \frac{mg + qE}{m}$$

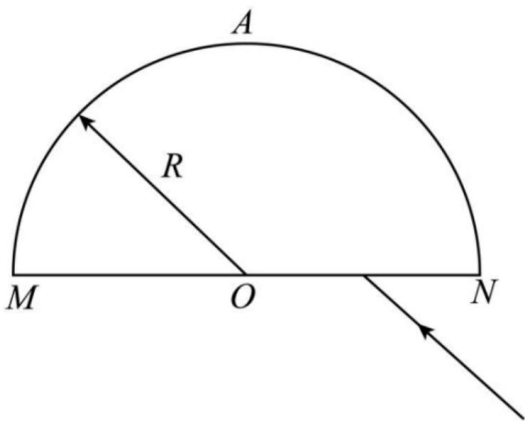
单摆周期变为

$$T' = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g'}}$$

则周期变小, 选项 D 正确。

故选 D。

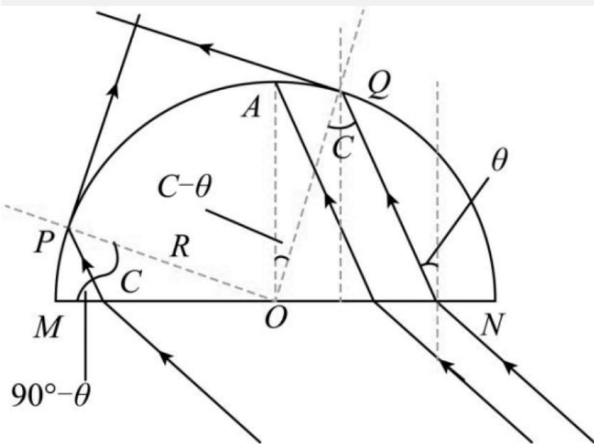
10. 一半圆形玻璃砖的截面如图所示, 截面内一细束单色光以  $45^\circ$  的入射角从  $MN$  上射入, 在入射点由  $N$  缓慢移动到  $M$  的过程中, 不考虑光的反射, 圆弧  $MN$  上有一半区域有光线射出。已知玻璃砖的半径为  $R$ , 单色光在真空中的传播速度为  $c$ ,  $A$  为半圆的中点, 下列说法正确的是 ( )



- A. 圆弧  $AN$  上没有光线射出区域的长度与圆弧  $AN$  长度之比为  $5:6$
- B. 出射光线与水平方向最大夹角为  $60^\circ$
- C. 出射光线与入射光线均不平行
- D. 能从圆弧上射出的光线中，在玻璃砖内的最大传播时间为  $t_{\max} = \frac{\sqrt{6}R}{3c}$

【答案】A

【详解】A. 如图所示



设  $P$  和  $Q$  分别是半圆上光线射出的临界位置，因为半圆上有一半区域有光线射出，可知

$$\angle POQ = 90^\circ$$

设光线射入玻璃砖后的折射角为  $\theta$ ，全反射临界角为  $C$ ，由几何关系可知

$$\angle POM = \angle AOQ$$

即

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

则

$$C = 45^\circ$$

折射率

$$n = \sqrt{2}$$

又由折射定律可知

$$\frac{\sin 45^\circ}{\sin \theta} = \sqrt{2}$$

解得

$$\theta = 30^\circ$$

则

$$C - \theta = 15^\circ$$

故圆弧  $AN$  上没有光线射出的区域的长度与圆弧  $AN$  长度之比为

$$\frac{90^\circ - 15^\circ}{90^\circ} = \frac{5}{6}$$

故 A 正确；

B. 结合几何知识可知，出射光线与水平方向夹角最大为  $75^\circ$ ，故 B 错误；

C. 由对称性可知，从  $A$  点出射的光线与入射光平行，故 C 错误；

D. 玻璃砖内的光线路径最长的是从  $A$  点出射的光线，故最大传播时间为

$$t_{\max} = \frac{\frac{2R}{\sqrt{3}}}{\frac{c}{\sqrt{2}}} = \frac{2\sqrt{6}R}{3c}$$

故 D 错误。

故选 A。

二、选择题 II（本题共 3 小题，每小题 4 分，共 12 分。每小题列出的四个备选项中至少有一个是符合题目要求的。全部选对的得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错的得 0 分）

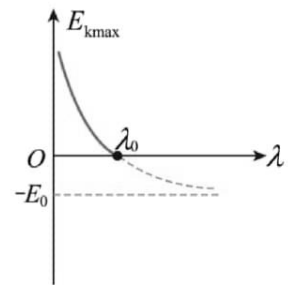
11. 在研究光电效应时，用不同波长的光照射某金属，产生光电子的最大初动能  $E_{k\max}$  与入射光波长  $\lambda$  的关系如图所示， $E_{k\max} = -E_0$  为图像的渐近线，真空中光速为  $c$ ，则（ ）

A. 波长为  $2\lambda_0$  的光能使该金属发生光电效应

B. 该金属的逸出功为  $E_0$

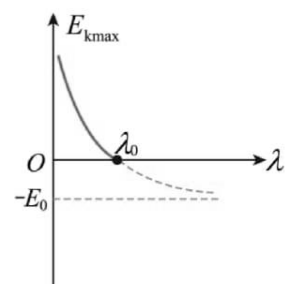
C. 普朗克常量为  $\frac{E_0 \lambda_0}{c}$

D.  $\lambda = \frac{\lambda_0}{2}$  时，光电子的最大初动能为  $2E_0$



【答案】BC

【详解】本题结合图像考查光电效应相关知识，检测考生的逻辑推理能力和信



息加工能力。

**【解题思路】**

当  $\lambda \leq \lambda_0$  时，才能使该金属发生光电效应， $\lambda > \lambda_0$  的光不能使该金属发生光电效应，A 错误。

由爱因斯坦光电效应方程有  $E_{k\max} = h\nu - W_0$

$$\text{又 } \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\text{可知 } E_{k\max} = h\frac{c}{\lambda} - W_0$$

结合图像可知当  $\lambda \rightarrow +\infty$  时， $E_{k\max} \rightarrow E_0$ ，可知  $W_0 = E_0$ ，B 正确；

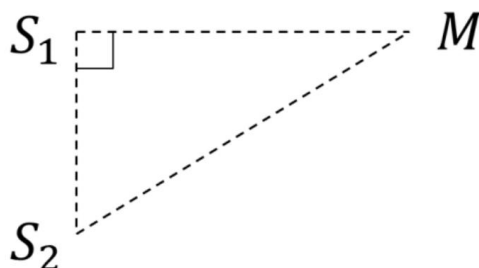
当  $\lambda = \lambda_0$  时， $E_{k\max} = 0$ ，即  $h = \frac{W_0\lambda_0}{c} = \frac{E_0\lambda_0}{c}$ ，C 正确；

当  $\lambda = \frac{\lambda_0}{2}$  时，代入  $E_{k\max} = h\frac{c}{\lambda} - W_0$

得  $E_{k\max} = E_0$ ，D 错误；

12.如图，空气中有两个声源  $S_1, S_2$  相距 60cm，两声源的频率可调且始终保持同频同相位振动，但两者振幅不同。我们可以用声音信号探测器来检测空间不同位置的信号强度。现将探测器置于  $S_1$  右侧 80cm 处的  $M$  点。已知声音在空气中传播的速度为 340m/s，下列说法正确的是（ ）

- A. 若  $S_1, S_2$  的频率调至 1.0kHz，则  $S_1M$  连线上仅有 1 处可以探测到最强的声音信号
- B. 若  $S_1, S_2$  的频率调至 1.0kHz，保持  $S_1$  静止不动，将  $S_2$  以一定速度远离  $M$  点，空间中仍可形成稳定的干涉现象
- C. 若  $S_1, S_2$  的频率从 1.0kHz 缓慢增大到 5.0kHz，则在  $M$  点可探测到 2 种不同频率的最强信号
- D. 若  $S_1, S_2$  的频率从 1.0kHz 缓慢增大到 5.0kHz，则在  $M$  点可探测到 2 种不同频率的最弱信号



**【答案】** ACD

13. 现假设真空中有一氢原子，带电量为  $-e$  的电子绕一固定的原子核做圆周运动。根据波尔的量子化假设，

电子绕核转动时满足  $mv_n r_n = n\hbar$ ，其中  $r_n$  为第  $n$  个能级的轨道半径， $v_n$  为电子处于第  $n$  个能级时的速度大小， $\hbar$  为约化的普朗克常量。已知一电荷量为  $Q$  的点电荷在某处产生的电势满足  $\varphi = \frac{kQ}{r}$ ，其中， $r$  为该处到点电荷的距离， $k$  为静电力常数，无穷远处为零势能面。下列说法正确的是（ ）

A. 在波尔模型中，电子在定态轨道运行时，由于具有加速度，会不断向外辐射电磁波

B. 电子能级越高，运动的周期越小

C.  $r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{mke^2}$

D. 电子在第  $n$  个能级时体系的总能量  $E_n = -\frac{1}{2} \cdot \frac{mk^2 e^4}{n^2 \hbar^2}$

【答案】CD

【详解】A. 根据玻尔的原子模型可知，电子在定态轨道上运行时不向外辐射电磁波，A 错误；

B. 电子绕着原子核做匀速圆周运动，具有“高轨、低速、大周期”的特点。即在外层轨道运动的周期比在内层轨道运动的周期大，B 错误；

C. 对于氢原子，库仑力提供电子绕核运动的向心力，根据牛顿运动定律得

$$k \frac{e^2}{r_n^2} = m \frac{v_n^2}{r_n}$$

根据玻尔的量子化条件

$$mv_n r_n = n\hbar, \quad n=1, 2, 3, \dots$$

联立以上两式解得

$$v_n = \frac{ke^2}{n\hbar}, \quad r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{mke^2}, \quad n=1, 2, 3, \dots$$

C 正确；

D. 电子运行在半径为  $r_n$  的轨道上，电子的动能

$$E_{kn} = \frac{1}{2} mv_n^2 = \frac{mk^2 e^4}{2n^2 \hbar^2}$$

电子在轨道为  $r_n$  时氢原子系统的电势能

$$E_{pn} = -e \frac{ke}{r_n} = -\frac{mk^2 e^4}{n^2 \hbar^2}$$

则电子轨道为  $r_n$  时氢原子系统的总能量

$$E_n = E_{kn} + E_{pn} = -\frac{mk^2 e^4}{2n^2 \hbar^2}$$

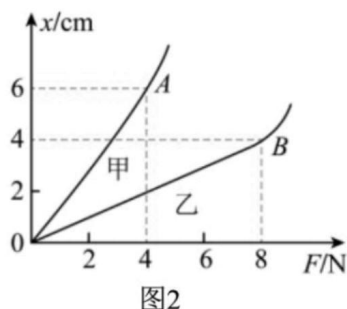
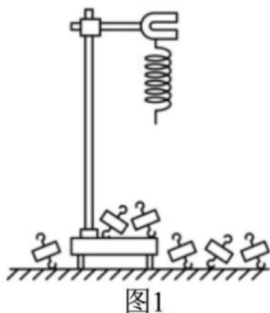
D 正确。

故选 CD。

### 非选择题部分

#### 三、非选择题（本题共 5 小题，共 58 分）实验题（I、II、III 三题共 14 分）

14.I. 如图 1 所示，用铁架台、弹簧和多个质量均为  $m$  的钩码探究在弹性限度内弹簧弹力与弹簧伸长量的关系。



(1) 为完成该实验，设计实验步骤如下：

- 将铁架台固定于桌子上，并将弹簧的一端系于横梁上，在弹簧附近竖直固定一把刻度尺；
- 以弹簧伸长量为横坐标，以弹力为纵坐标，描出各组  $(x, F)$  对应的点，并用平滑的曲线连接起来；
- 记下弹簧不挂钩码时其下端在刻度尺上的刻度  $L_0$ ；
- 以弹簧伸长量为自变量，写出弹力与伸长量的关系式，首先尝试写成一次函数，如果不行，则考虑二次函数；
- 依次在弹簧下端挂上 1 个、2 个、3 个、4 个... 钩码，分别记下钩码静止时弹簧下端所对应的刻度，记录在表格内，然后取下钩码；
- 解释函数表达式中常数的物理意义；
- 整理仪器；

请将以上步骤按操作的先后顺序排列出来 A \_\_\_\_\_ FG；

(2) 某同学选了 A、B 两根规格不同的弹簧进行测试，根据测得的数据绘出如图 2 所示的图像。则图像上端成为曲线是因为\_\_\_\_\_，乙弹簧的劲度系数为\_\_\_\_\_ N/m（结果保留三位有效数字），若要制作一个精确度较高的弹簧测力计，应选弹簧\_\_\_\_\_（选填“A”或“B”）。

14.II. (1) 为了探索分压电路中选择最大阻值是多大的滑动变阻器更有利于完成实验，某同学分别用最大阻值是  $10\Omega$ 、 $100\Omega$ 、 $1000\Omega$  的三种滑动变阻器做分压电阻，用如图 3 所示的电路进行实验。实验中所用的定

值电阻  $R_x = 30\Omega$ 。当滑动变阻器的滑片由一端

向另一端移动的过程中，根据实验数据，分别

作出电压表读数  $U_x$  随  $\frac{x}{L}$ （ $\frac{x}{L}$  指滑片移动的距离

$x$  与滑片在变阻器上可移动的总长度  $L$  的比值）

变化的关系曲线  $a, b, c$ ，如图 4 所示。

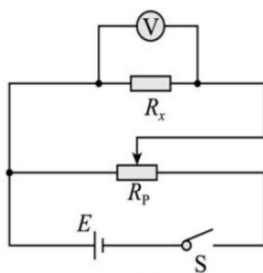


图 3

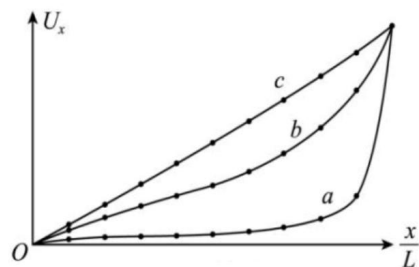


图 4

则图丙中的图线  $a$  对应的滑动变阻器最大阻值是\_\_\_\_\_；为了更有利于完成实验应选择最大阻值是\_\_\_\_\_的滑动变阻器（滑动变阻器都不会被烧坏）。

(2) 甲、乙两位同学协作测定某电池的电动势和内阻的实验。他们设计的电路原理如图 5，其中  $R$  为电阻箱， $R_0$  为保护电阻，阻值  $R_0=5.0\Omega$ ，电流表 A 的内阻  $R_A=9.0\Omega$ 。他们改变  $R$  的阻值，记下多组  $R$  和电流表示数  $I$ 。甲同学以  $IR$  作纵坐标，以  $I$  作横坐标，作图处理数据；乙同学以  $I(R+R_0)$  为纵坐标，以  $I$  为横坐标处理数据，他们在同一张坐标纸上画出的图如图 6 所示。由图 6 可知，甲同学绘制的是图线\_\_\_\_\_（填“ $a$ ”或“ $b$ ”），由该图线得到的电源内阻为\_\_\_\_\_  $\Omega$ 。

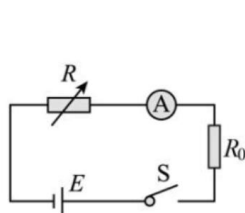


图 5

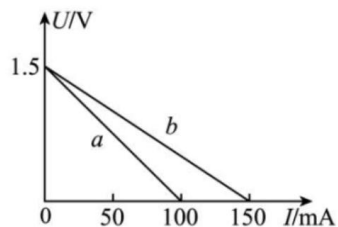
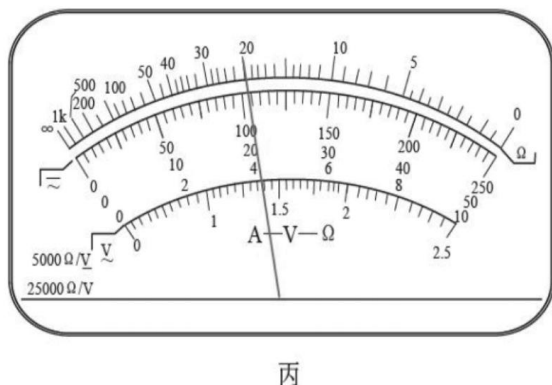
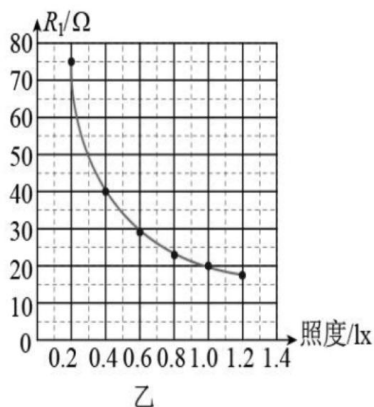
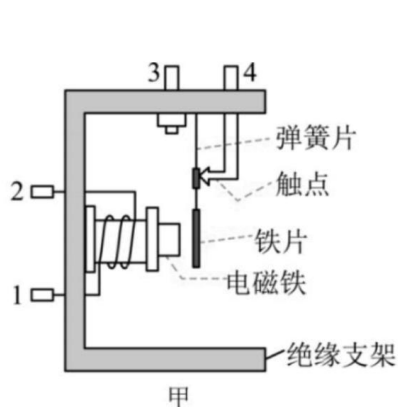


图 6

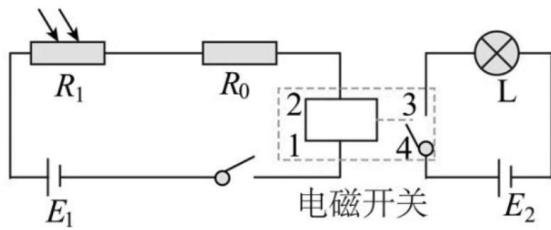
(3) 利用光敏电阻作为传感器，借助电磁开关，可以实现路灯自动在白天关闭，黑夜打开。某同学利用如下器材制作了一个简易的路灯自动控制装置。

- A. 励磁线圈电源  $E_1$       B. 路灯电源  $E_2$       C. 路灯灯泡 L      D. 定值电阻  $R_0$   
E. 光敏电阻  $R_1$       F. 电磁开关      G. 导线、开关等

① 电磁开关的内部结构如图甲所示。1、2 两接线柱接励磁线圈（电磁铁上绕的线圈），3、4 两接线柱分别与弹簧片和触点连接，相当于路灯的开关。当流过励磁线圈的电流大于某个值时，电磁铁吸合铁片，弹簧片和触点分离，3、4 断开，路灯熄灭。该同学首先用多用电表的欧姆挡测量励磁线圈的电阻，将选择开关置于“ $\times 1$ ”挡，调零后测量时的示数如图丙所示，则励磁线圈的电阻约为\_\_\_\_\_  $\Omega$ 。



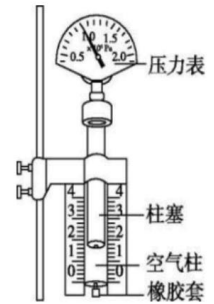
② 该同学设计了一个自动控制电路，如下图所示。光敏电阻  $R_1$  的阻值与照度关系如图乙所示，若已知励磁线圈电源  $E_1=6.0V$ （内阻不计），定值电阻  $R_0=60\Omega$ 。若设计要求当流过励磁线圈的电流为  $0.05 A$  时点亮路灯，则此时的照度约为\_\_\_\_\_ lx。



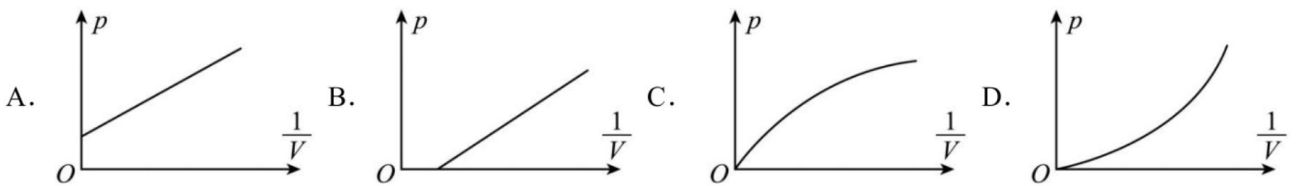
14.III. 探究气体等温变化规律的实验装置如图所示.空气柱的长度由刻度尺读取,气体的压强由通过柱塞与注射器内空气柱相连的压力表读取。

(1) 为得到气体的压强与体积关系,下列做法正确的是\_\_\_\_\_。

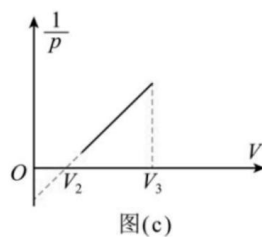
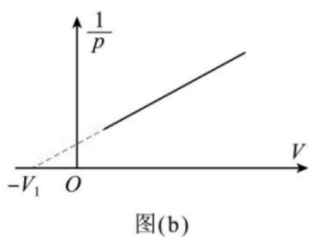
- A. 柱塞上涂油是为了减小摩擦力
- B. 改变气体体积时应缓慢推拉柱塞
- C. 推拉柱塞时可用手握住注射器
- D. 实验前应测得柱塞受到的重力



(2) 实验中,连接空气柱与压力表之间柱塞中气体不可忽略。移动活塞,多次记录注射器上的体积刻度  $V$  和压强传感器读数  $p$ , 绘出的  $p - \frac{1}{V}$  图像可能为( )



(3) 用第(2)问中获得的数据绘制  $\frac{1}{p} - V$  图像,如图(b)所示,再用天平测出若干粒大米的质量为  $m$ ,然后将这些米粒装入上述装置中的注射器内,移动活塞,多次记录注射器上的体积刻度  $V$  和压强传感器读数  $p$ , 绘出图(c)所示的图像。则可求出大米的密度为\_\_\_\_\_ (用  $m$ 、 $V_1$ 、 $V_2$  表示)。



14.I. 【答案】 CE BD 弹簧的伸长量超过其弹性限度 200 A

(1) 根据完成实验的合理性可知先将弹簧固定,测出其自由伸长的长度,后挂物体,测弹簧长度,再对数据进行处理,描点,连线,并进行分析,即顺序为 ACEBDFG。

(2) [在弹性限度内,弹簧的弹力与弹簧的伸长量成正比,超过弹簧的弹性限度,则此规律不成立,所以图像上端为曲线是因为弹簧的伸长量超过其弹性限度。A、B 两根弹簧的劲度系数分别为

$k_A = \frac{4}{6 \times 10^{-2}} \text{ N/m} \approx 66.7 \text{ N/m}$ ,  $k_B = \frac{8}{4 \times 10^{-2}} \text{ N/m} = 200 \text{ N/m}$ 。要制作一个精确度较高的弹簧测力计,应选用在一定的外力作用时,弹簧的伸长量大的弹簧,故选弹簧 A。

14.II. 【答案】 (1)  $1000\Omega$  ,  $10\Omega$

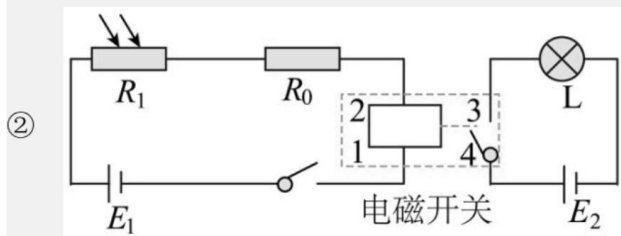
(2) a      1.0      (3)① 20    ② 见解析    ③ 0.4

【详解】(1) 图线  $a$  随滑片移动过程中, 电压表示数变化较小, 说明定值电阻与滑动变阻器左侧部分并联变化较小, 说明滑动变阻器阻值较大, 即最大阻值为  $1000\Omega$  的滑动变阻器。为了使电压表示数变化明显, 应使用最大阻值更小的滑动变阻器, 即最大阻值为  $10\Omega$  的滑动变阻器。

(2) 由闭合回路欧姆定律可得  $E = I(R + R_A + R_0 + r)$ , 甲图线对应的  $U$ 、 $I$  关系式为  $U = E - I(R_A + R_0 + r)$  乙图线对应的  $U$ 、 $I$  关系式为  $U = E - I(R_A + r)$ , 可知乙图线的斜率较小。故甲同学绘制的是图线  $a$ 。

关系式结合图线可得  $E = 1.5\text{V}$ ,  $R_A + R_0 + r = \frac{1.5}{0.1}\Omega$ , 解得  $r = 1\Omega$

(3)①由多用电表欧姆挡的读数规则可知, 励磁线圈的电阻约为  $r = 20\Omega$



当控制电路中的电流为  $0.05\text{A}$  时, 控制电路的总电阻应为  $R = \frac{E_1}{I} = \frac{6.0}{0.05}\Omega = 120\Omega$

因定值电阻  $R_0 = 60\Omega$ , 励磁线圈的电阻  $r = 20\Omega$ , 故此时光敏电阻的阻值应为  $R_1 = R - R_0 - r = 40\Omega$

由图乙可知此时的照度约为  $0.4\text{lx}$ 。

14.III. 【答案】 (1) B      (2) C      (3)  $\frac{m}{V_1 + V_2}$

【详解】(1) 柱塞上涂油是为了防止漏气, 并不是为了减小摩擦力, A 错误; 实验中为了使气体能够做等温变化, 改变气体体积时应缓慢推拉柱塞, B 正确; 推拉柱塞时不可用手握住注射器, 因为手握时会使气体温度变高, C 错误; 实验前应测量柱塞的横截面积, 并不是测量重力, 这样才能得到空气柱的体积, D 错误。

(2) 由于连接注射器与压强传感器之间软管内的气体不可忽略, 当压强增加后, 连接部分软管内的气体体积也减小, 但连接部分体积未变, 则注射器中有气体进入连接部分, 相当于注射器漏气, 当  $V$  减小时,  $\frac{1}{V}$  增大,  $p$  随之增加的程度不是线性关系, 当  $V$  越小时, 压强越大, 进入软管内的气体越多, 压强增加程度越小, 斜率越小, 故绘出的  $p - \frac{1}{V}$  图像可能为 C。故选 C。

(3) 设连接注射器与压强传感器之间软管内气体的体积为  $V_0$ , 根据玻意耳定律  $p(V + V_0) = C$ , 则有

$\frac{1}{p} = C(V + V_0)$ , 当  $\frac{1}{p}$  为 0 时,  $V = -V_0$ , 代入上式得  $V_0 = V_1$ ; 设大米的体积为  $V_*$ , 以注射器内及软管内封闭的气体为研究对象, 由玻意耳定律  $p(V + V_0 - V_*) = C$ , 则有  $\frac{1}{p} = C(V + V_0 - V_*)$ , 当  $\frac{1}{p}$  为 0 时,  $V = V_2$ , 代入上式得

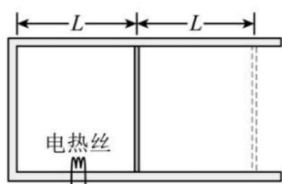
$V_* = V_2 + V_0 = V_2 + V_1$ , 则可求出大米的密度为  $\rho = \frac{m}{V_*} = \frac{m}{V_1 + V_2}$ 。

15.如图所示，一定质量理想气体被活塞封闭在汽缸中，活塞的面积为  $S$ ，与汽缸底部相距  $L$ ，活塞与汽缸间的滑动摩擦力为  $2P_0S$ ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，汽缸和活塞绝热性能良好。刚开始气体的压强、温度与外界大气相同，分别为  $p_0$  和  $T_0$ ，此时记为状态  $A$ 。现接通电热丝缓慢加热气体，一段时间后活塞开始缓慢移动，此时记为状态  $B$ 。活塞缓慢向右移动距离  $L$  后停止，此时记为状态  $C$ 。整个过程中气体吸收的热量为  $Q$ 。

(1) 气体从状态  $A$  到状态  $B$ ，其分子平均动能\_\_\_\_\_ (选填“增大”、“减小”或“不变”)，圆筒内壁单位面积受到的压力\_\_\_\_\_ (选填“增大”、“减小”或“不变”);

(2) 求整个过程中内能的增加量  $\Delta U$ ;

(3) 求状态  $C$  的温度  $T$ 。



【答案】(1) 增大；增大；(2)  $Q-3P_0SL$ ；(3)  $6T_0$

【解析】(1) 汽缸和活塞绝热性能良好，则气体从状态  $A$  到状态  $B$ ，气体等容吸热升温，则气体分子平均动能增大；气体体积不变，则压强变大，圆筒内壁单位面积受到的压力增大；

$$(2) \Delta U = Q - (p_0S + f)L = Q - 3P_0SL; \quad (3) T = \frac{2(p_0S + f)}{p_0S} T_0 = 6T_0$$

(2) 活塞移动时受力平衡

$$p_1S = p_0S + f$$

气体对外界做功

$$W = p_1SL$$

根据热力学第一定律

$$\Delta U = Q - W$$

解得

$$\Delta U = Q - (p_0S + f)L = Q - 3P_0SL$$

(3) 活塞发生移动前，等容过程

$$\frac{p_0}{t_0} = \frac{p_1}{t_1}$$

活塞向右移动了  $L$ ，等压过程

$$\frac{V_1}{t_1} = \frac{V_2}{T}$$

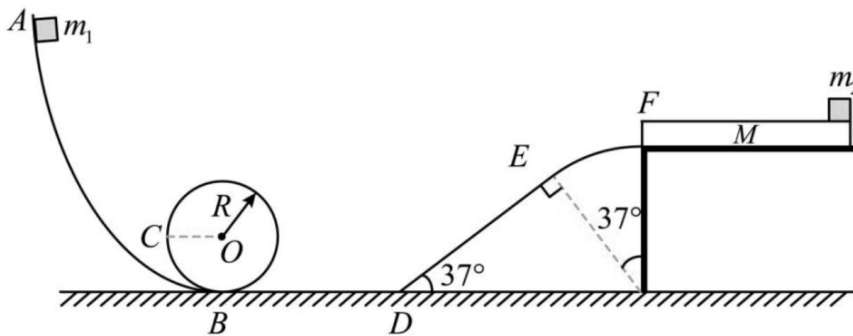
且

$$V_2 = 2V_1$$

解得

$$T = \frac{2(p_0 S + f)}{p_0 S} t_0 = 6T_0$$

16. 如图所示，某固定装置的竖直截面如图所示，该装置由弧形轨道  $AB$ 、竖直圆轨道、水平直轨道  $BD$ 、倾角为  $37^\circ$  的斜轨道  $DE$ 、圆弧形轨道  $EF$  平滑连接而成。现将一质量为  $0.1 \text{ kg}$ 、可视为质点的小滑块  $m_1$  由弧形轨道  $AB$  上高  $h$  处由静止释放，在经历几段不同的运动后， $m_1$  在  $F$  点与静止在水平台面上质量为  $0.1 \text{ kg}$  的长木板  $M$  发生正碰（碰撞情况未知），木板  $M$  最右端停放一质量为  $0.2 \text{ kg}$ 、可视为质点的小滑块  $m_2$ ， $M$  与  $m_2$  间粗糙，其余轨道均光滑，水平台面和木板  $M$  足够长。已知圆轨道半径  $R = 0.2 \text{ m}$ ， $L_{DE} = 1 \text{ m}$ ，忽略空气阻力，重力加速度  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ ， $\sin 37^\circ = 0.6$ 、 $\cos 37^\circ = 0.8$ 。



- (1) 若  $h=3\text{m}$ ，求  $m_1$  运动到与圆心  $O$  等高的  $C$  点时对轨道的压力大小；
- (2) 若  $m_1$  能沿轨道运动至  $F$  点，求  $h$  的取值范围；
- (3) 若  $h=0.8\text{m}$ ，求整个过程系统损失的机械能的取值范围。

**16. 解析**

$$(1) m_1 g(h-R) = \frac{1}{2} m_1 v_c^2, \quad F_N = \frac{m_1 v_c^2}{R} = 28 \text{ N}$$

$$(2) m_1 g(h_1 - 2R) = \frac{1}{2} m_1 v_{\text{最高}}^2, \quad m_1 g = \frac{m_1 v_{\text{最高}}^2}{R}, \quad h_1 = 0.5m$$

$$m_1 g(h_2 - L \sin 37^\circ) = \frac{1}{2} m_1 v_E^2, \quad m_1 g \cos 37^\circ = \frac{m_1 v_E^2}{L \tan 37^\circ}, \quad h_2 = 0.9m$$

综上  $0.75m \leq h \leq 0.90m$

$$(3) Mv_0 = (M + m_2)v_{\text{共1}}, \quad \Delta E_{\text{机min}} = \frac{1}{2} Mv_0^2 - \frac{1}{2} (M + m_2)v_{\text{共1}}^2 = \frac{1}{30} J$$

$$m_1 v_F = (M + m_1 + m_2)v_{\text{共2}}, \quad \Delta E_{\text{机max}} = \frac{1}{2} m_1 v_F^2 - \frac{1}{2} (M + m_1 + m_2)v_{\text{共2}}^2 = \frac{3}{80} J$$

$$\text{综上 } \frac{1}{30} J \leq \Delta E_{\text{机}} \leq \frac{3}{80} J$$

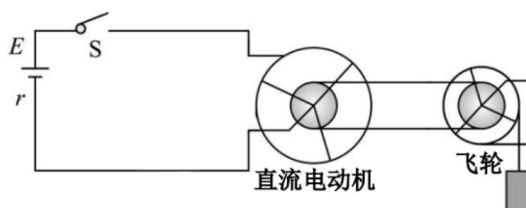
17. 如图所示。直流电动机由一电动势  $E = 2V$ 、内阻  $r = 3\Omega$  的电源供电，电动机由三根长  $a = 0.2m$ 、 $R_1 = 3\Omega$  的辐条和电阻不计的金属圆环组成，并通过绝缘皮带带动一飞轮，飞轮由三根长  $b = 0.1m$ 、 $R_2 = 1\Omega$  的辐条和电阻不计的金属圆环组成，两者可绕过其中心的水平固定绝缘轴转动，两转轴半径相同；其中电动机转轴中心与金属圆环通过导线连接电源正负极，飞轮转轴中心与金属圆环通过导线连接，连接的导线均不随转轴转动。不可伸长细绳绕在飞轮的圆环上，末端系一质量  $m$  的重物，细绳与圆环之间无相对滑动。整个电动机处在磁感应强度  $B_1 = 2.0T$  的匀强磁场中，整个飞轮处在磁感应强度  $B_2 = 4.0T$  的匀强磁场中，两磁场方向均垂直环面。闭合开关一段时间后，电动机的辐条以角速度  $\omega = 10rad/s$  匀速转动。不计辐条、圆环、转轴质量和一切摩擦、空气阻力。

(1) 直流电动机处的匀强磁场方向垂直环面指向\_\_\_\_\_（填“纸内”或“纸外”）；

(2) 求流过电动机的电流大小和电动机每根辐条受到的安培力大小；

(3) 求电动机的总功率和电压表的读数；

(4) 求重物的质量  $m$ 。



17. (1) 纸外

$$(2) E_{\text{反}} = \frac{1}{2} B_1 a^2 \omega, \quad I = \frac{E - E_{\text{反}}}{r + \frac{R_1}{3}}, \quad I = 0.4A$$

$$F_A = B_2 I a = 0.16N, \text{ 所以, 每根辐条的安培力为 } \frac{0.16}{3} = \frac{4}{75} N$$

$$(3) P = EI - I^2 r = 0.32W, \quad U = E - Ir = 0.8V$$

(4)  $P = mgv + I^2 \times \frac{R_1}{3} + I'^2 \times \frac{R_2}{3}$ ,  $I' = \frac{1}{2} B_2 b^2 \omega$ ,  $m = 0.004kg$  (磁感应强度  $B_2$  改成  $4T$ )

18.2020年1月,我国首款20千瓦大功率电磁式霍尔推力器成功完成点火试验,实现了我国霍尔电推力器推力从毫牛级向牛级的跨越。其工作原理简化如下:如图甲所示,从推力器右侧阴极逸出的一部分电子(初速度近似为0)进入放电室,放电室内由沿圆柱体轴向的电场和环形径向磁场组成,电子在洛伦兹力和电场力的共同作用下运动,最终大多数电子被束缚在一定的区域内,与进入放电室的中性推进剂工质(氙原子)发生碰撞并使其电离;电离后的氙离子在磁场中的偏转角度很小,其运动可视为在轴向电场力作用下的直线运动,飞出放电室后与阴极导出的另一部分电子中和并被高速喷出,霍尔推力器由于反冲获得推进动力。设某次核心舱进行姿态调整,开启霍尔推力器,电离后的氙离子初速度为0,经电压为 $U$ 的电场加速后高速喷出,氙离子所形成的等效电流为 $I$ 。已知一个氙离子质量为 $M$ ,电荷量为 $q$ ,忽略离子间的相互作用力和电子能量的影响,求:

(1) 单位时间内喷出氙离子的数目  $N$ ;

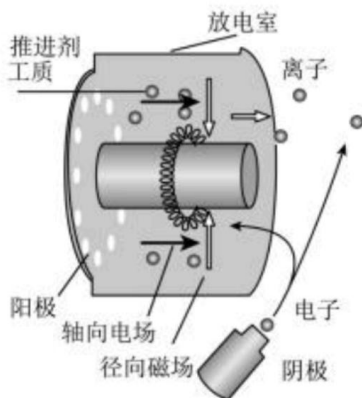
(2) 霍尔推力器获得的平均推力大小  $F$ ;

(3) 放电室中的电场和磁场很复杂,为简化研究,将图甲中磁场和电场在小范围内看做  $XOY$  平面内的方向向右的匀强电场和垂直坐标平面向里的匀强磁场,磁感应强度为  $B$ ,俯视图如图乙所示。质量为  $m$ 、电荷量为  $e$  的电子从  $O$  点以速度  $v_0$  沿  $Y$  轴正方向入射时,恰好可以沿  $Y$  轴做直线运动。

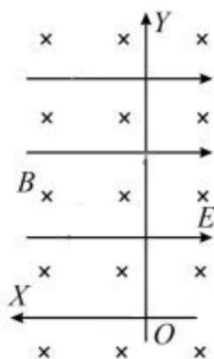
(I) 求电场强度的大小  $E$ ;

(II) 若电子沿  $Y$  轴正方向入射,入射速度在  $0 < v < v_0$  范围内均匀分布,其中与  $Y$  轴的最大距离介于

$X_1 = \frac{mv_0}{5eB}$  和  $X_2 = \frac{mv_0}{2eB}$  之间的电子对氙原子的电离效果更好,求能有更好电离效果的电子数占总电子数的百分比。



图甲



图乙

【答案】(1)  $N = \frac{I}{q}$  (2)  $F = I\sqrt{\frac{2MU}{q}}$  (3) (I)  $E = v_0B$ ; (II) 15%

【详解】(1) 由电流定义，等效电流

$$I = \frac{Q}{\Delta t} = Nq$$

解得

$$N = \frac{I}{q}$$

(2) 以  $\Delta t$  内喷出的  $n$  个氦离子为研究对象，设氦离子喷出速度为  $v$ ，由动能定理

$$Uq = \frac{1}{2}Mv^2$$

由动量定理

$$F\Delta t = nMv, \quad F = NMv$$

联立得

$$F = I\sqrt{\frac{2MU}{q}}$$

由牛顿第三定律得，推力器获得推力

$$F = I\sqrt{\frac{2MU}{q}}$$

(3) (I) 由题知，入射速度为  $v_0$  时，电子沿  $x$  轴做直线运动则有

$$Ee = ev_0B$$

解得

$$E = v_0B$$

(II) 若电子以  $v$  入射时，由配速法可以将电子看作向  $Y$  正方向  $v_0$  匀速直线运动和在  $Y$  轴左侧以  $v_0 - v$

的匀速圆周运动，根据运动的合成可知电子能达到的最左端点位置的纵坐标为  $X = 2R = \frac{2m(v_0 - v)}{eB}$ ，

有更好电离效果需要  $X_2 \geq X \geq X_1$ , 解得  $\frac{3}{4}v_0 \leq v \leq \frac{9}{10}v_0$ 。所以, 有更好电离效果的电子数占总电子数的百分比为 15%。