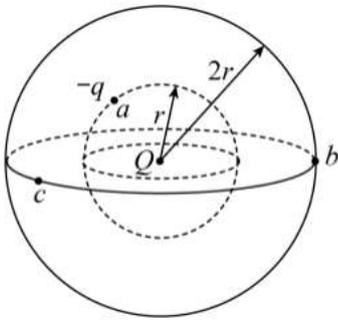


- A. 从左端到右端运动过程中，其动能先增大后减小
- B. 从左端到右端的运动过程中，其动能先减小后增大
- C. 从左端到右端的运动过程中，沿磁瓶轴线方向的速度分量逐渐变小
- D. 从靠近磁镜处返回时，在垂直于磁瓶轴线平面内的速度分量为最大值

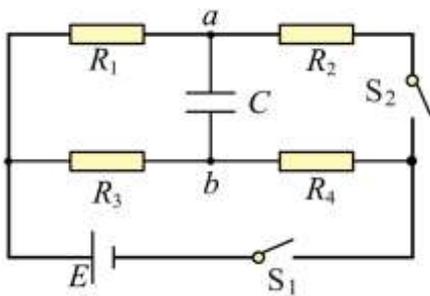
二、多项选择题（本大题共 4 小题，每小题 4 分，共 16 分。在每小题给出的四个选项中，有多个选项正确。全部选对得 4 分，选对但不全得 2 分，错选得 0 分。）

11. 如图所示， $Q$  是真空中固定的点电荷， $a$ 、 $b$ 、 $c$  是以  $Q$  所在位置为圆心、半径分别为  $r$  或  $2r$  球面上的三点，电量为  $-q$  的试探电荷在  $a$  点受到的库仑力方向指向  $Q$ ，则（ ）



- A.  $Q$  带正电
- B.  $b$ 、 $c$  两点电场强度相同
- C.  $a$ 、 $b$  两点的电场强度大小之比为 4: 1
- D.  $b$ 、 $c$  两点电势相等

12. 在如图所示的电路中，定值电阻  $R_1 = 3\Omega$ 、 $R_2 = 2\Omega$ 、 $R_3 = 1\Omega$ 、 $R_4 = 3\Omega$ ，电容器的电容  $C = 4\mu\text{F}$ ，电源的电动势  $E = 10\text{V}$ ，内阻不计。闭合开关  $S_1$ 、 $S_2$ ，电路稳定后，则（ ）

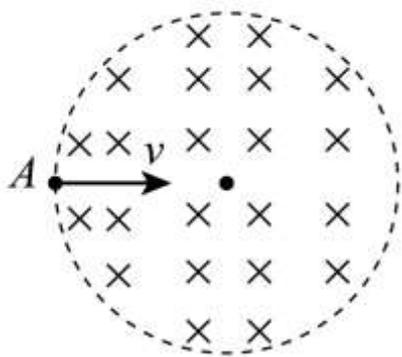


- A.  $a$ 、 $b$  两点的电势差  $U_{ab} = -3.5\text{V}$
- B. 电容器所带电荷量为零
- C. 断开开关  $S_2$ ，电路再次稳定后电容器储存的电荷量为  $1.0 \times 10^{-5}\text{C}$
- D. 断开开关  $S_2$ ，电路再次稳定后电容器储存的电能为  $5.0 \times 10^{-5}\text{J}$

13. 如图所示，在虚线所围的圆形区域内有方向垂直纸面向里的匀强磁场，圆形区域半径为  $R$ 。一个电子从

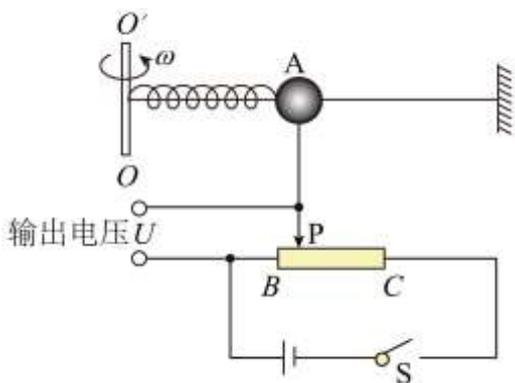


$A$  点沿半径方向以速度  $v$  垂直于磁感线射入磁场，从  $C$  点 ( $C$  点未标出) 射出时的速度方向偏转了  $60^\circ$ ，则关于电子在磁场中的运动过程，下列的说法中正确的是 ( )



- A. 电子在磁场中的运动时间为  $\frac{\pi R}{3v}$
- B. 若电子进入磁场的速度减小，电子在磁场中的运动周期将变长
- C. 若电子进入磁场的速度减小，电子在磁场中的运动时间将变长
- D. 若电子进入磁场的速度减小，射出磁场时速度方向偏转角将变大

14. 角速度计可测量飞机、航天器等转动时的角速度，其结构如图所示。当系统绕光滑的轴  $OO'$  转动时，元件  $A$  发生位移并输出相应的电压信号，成为飞机、卫星等的制导系统的信息源。已知  $A$  的质量为  $m$ ，弹簧的劲度系数为  $k$ 、自然长度为  $l$ ，电源的电动势为  $E$ 、内阻不计。滑动变阻器总长也为  $l$ ，电阻分布均匀，系统静止时滑片  $P$  刚好位于  $B$  点，当系统以角速度  $\omega$  转动时 ( )



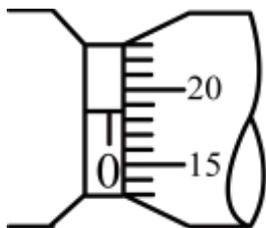
- A. 输出电压随角速度的增大而增大
- B. 回路中电流随角速度的增大而增大
- C. 弹簧的伸长量为  $x = \frac{ml\omega}{k - m\omega^2}$
- D. 输出电压  $U$  与  $\omega$  的函数式为  $U = \frac{Em\omega^2}{k - m\omega^2}$

**第二部分 非选择题 (共 54 分)**

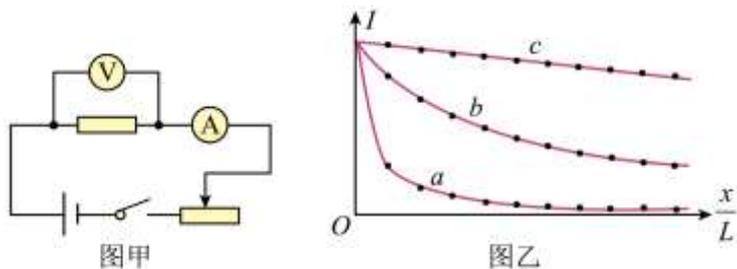
**三、实验题 (本大题共 2 小题，共 20 分。)**

15. 物理实验一般都涉及实验目的、实验原理、实验仪器、实验方法、实验操作、数据处理、误差分析等。例如：

(1) 实验仪器的使用。用螺旋测微器测量电阻丝的直径，示数如图所示。则该电阻丝的直径为 \_\_\_\_\_ mm。



(2) 实验仪器的选取。如图甲所示为用伏安法测量某合金丝电阻的实验电路。实验中分别用最大阻值是  $5\Omega$ 、 $50\Omega$ 、 $500\Omega$  的三种滑动变阻器做限流电阻。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，分别作出电流表读数  $I$  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  $a$ 、 $b$ 、 $c$ ，如图乙所示。则图乙中的图线  $a$  对应的滑动变阻器及最适合本实验的滑动变阻器是 ( )



- A. 最大阻值为  $5\Omega$  的滑动变阻器；图线  $a$  对应的滑动变阻器
- B. 最大阻值为  $50\Omega$  的滑动变阻器；图线  $b$  对应的滑动变阻器
- C. 最大阻值为  $500\Omega$  的滑动变阻器；图线  $b$  对应的滑动变阻器
- D. 最大阻值为  $500\Omega$  的滑动变阻器；图线  $c$  对应的滑动变阻器

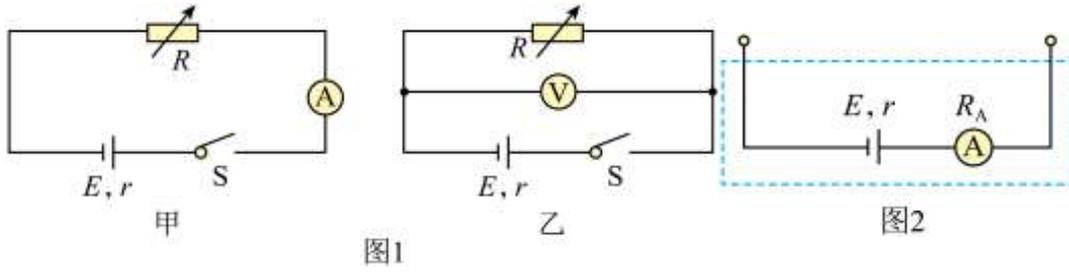
(3) 实验操作。一多用电表表盘上的电阻刻度线正中间标有“15”字样。用它测量约  $20k\Omega$  电阻的阻值，下列实验步骤正确的操作顺序为\_\_\_\_\_ (填各实验步骤前的字母)。

- A. 将选择开关置于“ $\times 1k$ ”位置
- B. 将选择开关置于“OFF”位置
- C. 将两表笔分别接触待测电阻两端，读出其阻值后随即断开
- D. 将两表笔直接接触，调节欧姆调零旋钮，使指针指向“0”

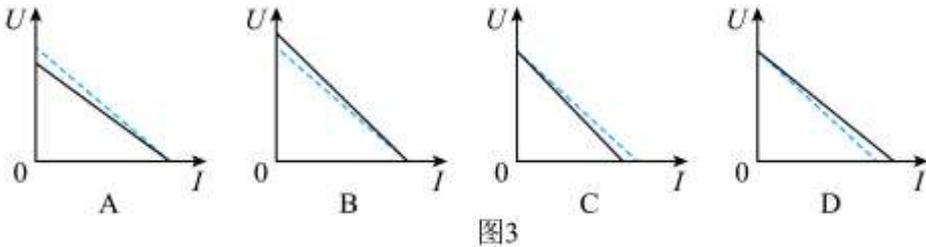
(4) 误差分析。用(2)图甲所示的电路测量一段金属丝的电阻。不考虑偶然误差，测量值与真实值相比较将\_\_\_\_\_ (选填“偏大”、“偏小”或“不变”)，误差主要是由\_\_\_\_\_ (选填“电流表”或“电压表”)的内阻引起的。

16. 用图 1 所示的甲、乙两种方法测量某电源的电动势和内电阻 (约为  $1\Omega$ )。其中  $R$  为电阻箱，电流表的内电阻约为  $0.1\Omega$ ，电压表的内电阻约为  $3k\Omega$ 。

(1) 利用图 1 中甲图实验电路测电源的电动势  $E$  和内电阻  $r$ ，所测量的实际是图 2 中虚线框所示“等效电源”的电动势  $E'$  和内电阻  $r'$ 。若电流表内电阻用  $R_A$  表示，请你用  $E$ 、 $r$  和  $R_A$  表示出  $E' =$  \_\_\_\_\_， $r' =$  \_\_\_\_\_。

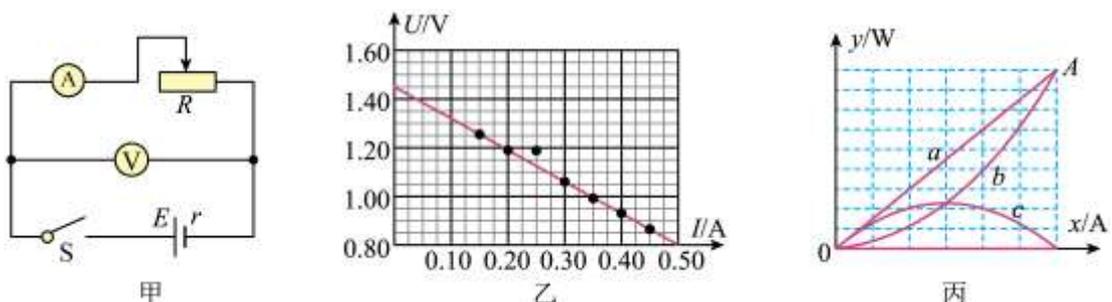


(2) 某同学利用图象分析甲、乙两种方法中由电表内电阻引起的实验误差。在图3中，实线是根据实验数据（图甲： $U = IR$ ，图乙： $I = \frac{U}{R}$ ）描点作图得到的  $U - I$  图象；虚线是该电源的路端电压  $U$  随电流  $I$  变化的  $U - I$  图象（没有电表内电阻影响的理想情况）。在图3中对应图乙电路分析的  $U - I$  图象是：  
\_\_\_\_\_。



(3) 综合上面所述的分析，为了减小由电表内电阻引起的实验误差，本实验应选择图1中的\_\_\_\_\_（填“甲”或“乙”）。

(4) 利用图4中的甲图电路测定一节旧干电池的电动势和内阻。通过多次测量并记录对应的电流表示数  $I$  和电压表示数  $U$ ，利用这些数据在乙图中画出了  $U - I$  图线。由图线可以得出此干电池的电动势  $E$  \_\_\_\_\_ V，内阻  $r =$  \_\_\_\_\_  $\Omega$ ；（均保留两位小数）



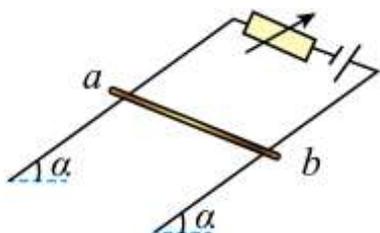
(5) 根据实验测得的  $I$ 、 $U$  数据，若令  $y = IU$ ， $x = I$ ，则由计算机拟合得出  $y - x$  的图线应是图丙中的\_\_\_\_\_（选填“a”、“b”或“c”），其余两条图线分别是令  $y = IE$  和  $y = I^2 r$  得出的。根据前面测量得到的电源电动势和内阻的值，推测图丙中  $A$  点的  $x$ 、 $y$  坐标分别为\_\_\_\_\_ A、\_\_\_\_\_ W（均保留2位有效数字）。

**四、解答题（本大题共4小题，共34分。在答题卡对应区域写出必要的文字说明、方程式和重要演算步骤，只写最后答案不得分，有数值计算的题，答案应明确写出数值和单位。）**

17. 如图所示，宽为  $l$  的光滑固定导轨与水平面成  $\alpha$  角，质量为  $m$  的金属杆  $ab$ （电阻不计）水平放置在导轨上，空间存在竖直向上的匀强磁场，磁感应强度为  $B$ 。电源的内阻为  $r$ ，当变阻器接入电路的阻值为  $R$  时，金属杆恰好能静止在导轨上。重力加速度用  $g$  表示。求：

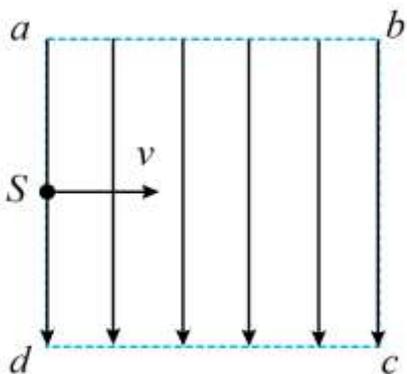


- (1) 画出沿  $b \rightarrow a$  方向视角观察到的导体棒的受力图;
- (2) 金属杆静止时受到的安培力的大小  $F_B$ ;
- (3) 电源的电动势;
- (4) 若保持其它条件不变, 仅改变匀强磁场的方向, 求由静止释放的瞬间, 金属杆可能具有的沿导轨向上的最大加速度  $a$ 。



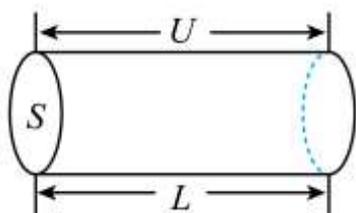
18. 如图所示,  $abcd$  是一个边长为  $L$  的正方形区域, 内部存在着沿  $ad$  方向的匀强电场。位于  $ad$  边中点  $S$  处的粒子源, 不断地沿着垂直  $ad$  边的方向发射质量为  $m$ 、电量为  $q$  的带电粒子。粒子的初速度为  $v$ , 经电场作用后恰好从  $c$  点射出。撤去电场, 在该区域内加一方向垂直于纸面的匀强磁场, 带电粒子恰好从  $b$  点射出。带电粒子的重力和粒子之间的相互作用力均可忽略。

- (1) 求匀强电场的电场强度大小  $E$ ;
- (2) 求匀强磁场的磁感应强度大小  $B$ 。



19. 经典电磁理论认为: 当金属导体两端电压稳定后, 导体中产生恒定电场, 这种恒定电场的性质与静电场相同. 由于恒定电场的作用, 导体内自由电子定向移动的速率增加, 而运动过程中会与导体内不动的粒子发生碰撞从而减速, 因此自由电子定向移动的平均速率不随时间变化. 金属电阻反映的是定向运动的自由电子与不动的粒子的碰撞. 假设碰撞后自由电子定向移动的速度全部消失, 碰撞时间不计.

某种金属中单位体积内的自由电子数量为  $n$ , 自由电子的质量为  $m$ , 带电量为  $e$ . 现取由该种金属制成的长为  $L$ , 横截面积为  $S$  的圆柱形金属导体, 将其两端加上恒定电压  $U$ , 自由电子连续两次与不动的粒子碰撞的时间间隔平均值为  $t_0$ . 如图所示.



- (1) 求金属导体中自由电子定向运动受到的电场力大小;



(2)求金属导体中的电流  $I$ ;

(3)电阻的定义式为  $R = \frac{U}{I}$ , 电阻定律  $R = \rho \frac{L}{S}$  是由实验得出的.事实上, 不同途径认识的物理量之间存在着深刻的本质联系, 请从电阻的定义式出发, 推导金属导体的电阻定律, 并分析影响电阻率  $\rho$  的因素.

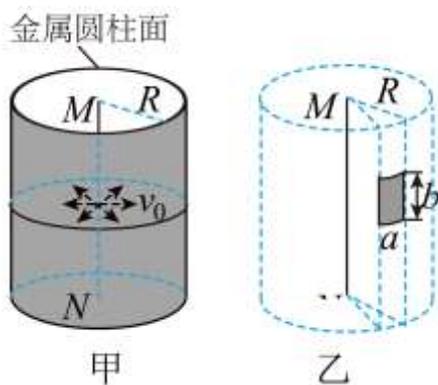
20. 如图甲所示, 真空中有一长直细金属导线  $MN$ , 与导线同轴放置一半径为  $R$  的金属圆柱面。假设导线沿径向均匀射出速率相同的电子, 已知电子质量为  $m$ , 电荷量为  $e$ 。不考虑出射电子间的相互作用。

(1)可以用以下两种实验方案测量出射电子的初速度:

- a.在柱面和导线之间, 只加恒定电压;
- b.在柱面内, 只加与  $MN$  平行的匀强磁场。

当电压为  $U_0$  或磁感应强度为  $B_0$  时, 刚好没有电子到达柱面。分别计算出射电子的初速度  $v_0$ 。

(2)撤去柱面, 沿柱面原位置放置一个弧长为  $a$ 、长度为  $b$  的金属片, 如图乙所示。在该金属片上检测到出射电子形成的电流为  $I$ , 电子流对该金属片的压强为  $p$ 。求单位长度导线单位时间内出射电子的总动能。





# 参考答案

## 第一部分 选择题 (共 46 分)

一、单项选择题 (本大题共 10 小题, 每小题 3 分, 共 30 分。在每小题给出的四个选项中, 只有一项符合题目要求。)

1. 【答案】B

【详解】A. 试探电荷  $q$  置于某处所受电场力不为零, 该处的电场强度一定不等于零, A 错误;

B. 试探电荷  $q$  置于某处电势能为零, 该处的电势一定为零, B 正确;

C. 电流元置于磁场中, 若电流与磁感线平行, 电流所受的磁场力等于零, C 错误;

D. 电流元  $IL$  置于某处所受的磁场力为  $F$ , 只有垂直放入磁场时, 该处的磁感应强度大小才等于  $\frac{F}{IL}$ , D 错误。

故选 B

2. 【答案】B

【详解】当滑片向  $a$  端滑动时, 滑动变阻器接入电阻减小, 则电路中总电阻减小, 则由闭合电路欧姆定律可得, 电路中总电流增大, 所以内电压增大; 因此路端电压减小, 故电压表示数减小; 将  $R_1$  等效为电源内阻, 则可知并联部分电压一定减小, 故流过  $R_2$  的电流减小, 因总电流增大, 所以电流表示数增大。

故选 B。

3. 【答案】C

【详解】B. 由左手定则可知, 开关闭合后, 铜棒所受安培力方向竖直向下, 故 B 错误;

A. 在开关闭合前, 电子测力计的示数与磁铁的重力大小相等, 开关闭合后, 磁铁受铜棒的作用力竖直向上, 电子测力计的示数为

$$F_2 = F_1 - F_{\text{安}}$$

所以开关闭合后, 铜棒所受安培力大小为

$$F_{\text{安}} = F_1 - F_2$$

故 A 错误;

CD. 铜棒所受安培力  $F_{\text{安}} = BIL$ , 又  $I = \frac{E}{R+r}$ , 可得磁极间的磁感应强度大小为

$$B = \frac{(F_1 - F_2)(R+r)}{EL}$$

故 C 正确, D 错误。

故选 C。

4. 【答案】D

【详解】A. 根据左手定则可知  $a$  粒子带正电,  $b$ 、 $c$  粒子带负电, 故 A 错误;

BC. 由洛伦兹力提供向心力



$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

可知周期

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

即各粒子的周期一样，粒子  $c$  的轨迹对应的圆心角最大，所以粒子  $c$  在磁场中运动的时间最长，故 BC 错误；

D. 由洛伦兹力提供向心力

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

可知

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

可知射入磁场时粒子  $c$  的速率最小，故 D 正确。

故选 D。

### 5. 【答案】B

【详解】A. 根据电流从红表笔进，黑表笔出可知图中与接线柱 A 相连的是红表笔，故 A 正确；

B. 根据题意可知，欧姆表的内阻

$$r_{\text{内}} = \frac{E}{I_g} = \frac{1.5}{300 \times 10^{-6}} \Omega = 5\text{k}\Omega$$

按正确使用方法测量电阻  $R_x$  时，指针指在刻度盘的正中央，即电流为  $\frac{I_g}{2}$ ，故有

$$\frac{I_g}{2} = \frac{E}{r_{\text{内}} + R_x}$$

解得

$$R_x = 5\text{k}\Omega$$

故 B 错误；

C. 电池电动势变小，但此表仍能调零，由于电流表的满偏电流不变，由

$$r_{\text{内}} = \frac{E}{I_g}$$

可知欧姆表内阻应调小，由于待测电阻是通过电流表示数体现出来的，由

$$I = \frac{E}{r_{\text{内}} + R_x} = \frac{I_g r_{\text{内}}}{r_{\text{内}} + R_x} = \frac{I_g}{1 + \frac{R_x}{r_{\text{内}}}}$$



可知，当欧姆表内阻调小， $I$  变小，指针跟原来位置相比偏左，则电阻测量值偏大，故 C 正确；

D. 测量电阻时，如果指针偏转角度过大，说明电流太大，待测电阻阻值小，因指针偏转在中部较准确，则应将选择开关拨至倍率较小的挡位，重新调零后测量，故 D 正确。

故选 B。

### 6. 【答案】D

【详解】质子加速过程有

$$eU = \frac{1}{2}mv^2$$

根据电流的微观定义式有

$$I = nevS$$

解得

$$n = \frac{I}{eS} \sqrt{\frac{m}{2eU}}$$

故选 D。

### 7. 【答案】A

【详解】A. 因为  $v-t$  线的斜率等于物体的加速度，在 A 处的加速度大于 C 处的加速度，A 处的电场强度大于 C 处的电场强度，A 正确；

B. 从 B 点到 D 点，根据动能定理得

$$qU_{BD} = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$v_D > v_B$$

$$U_{BD} = \phi_B - \phi_D$$

解得

$$\phi_B - \phi_D > 0$$

所以 B、D 两点的电势不可能都为零，B 错误；

C. 根据动能定理

$$W_{AC} = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 < 0$$

因为电场力做负功，电势能增加，所以带正电粒子在 A 处的电势能小于在 C 处的电势能，C 错误；

D. 根据动能定理可知

$$qU_{AC} = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$qU_{BD} = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

由图线可知



$$\frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 > \frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{1}{2}mv_C^2$$

则 A、C 两点的电势差小于 B、D 两点间的电势差，D 错误。

故选 A。

8. 【答案】A

【详解】A. 空气受电场影响被电离产生带电粒子，电场线方向从正极指向负极，正电荷沿电场线方向运动被熔喷布捕获带正电，故 A 正确；

BC. 导体尖端的电荷特别密集，所以电场强度比较大，远离尖端的地方电场强度逐渐减小，电场力减小，加速度也减小，故 BC 错误；

D. 带电粒子的运动速度由动能定理可知与合外力做功有关，即电场力做功，根据  $W=Uq$  可知，电场力做功只与电势差有关，和运动距离无关，故 D 错误。

故选 A。

9. 【答案】B

【分析】

【详解】AB. 由两图线的交点读出， $R_1$  接在电源上时

$$U_1=0.5U_0$$

$$I_1=0.5I_0$$

电源的输出输出功率

$$P_1=U_1I_1=0.25 U_0I_0$$

$R_2$  接在电源上时电压

$$U_2=0.75U_0$$

通过  $R_2$  的电流

$$I_2=0.25I_0$$

则电源的输出功率

$$P_2 = U_2I_2 = \frac{3}{16}U_0I_0$$

所以  $R_1$  接在电源上时，电源的输出功率较大，故 B 正确，A 错误；

C. 由图可知，电源接  $R_1$  时电路中的电流大，所以电源内阻的热功率较大，故 C 错误；

D. 电源非静电力做功的功率为

$$P = IE$$

所以电流大的，非静电力的功率大，故 D 错误。

故选 B。

10. 【答案】D

【详解】AB. 从左端到右端的运动过程中，粒子只受洛伦兹力作用，洛伦兹力对粒子不做功，故其动能不变，故 AB 错误；

C. 从左端到右端的运动过程中，由于粒子只受洛伦兹力，故粒子的速度大小不变。由于粒子在两段之间



来回运动，故沿磁瓶轴线方向的速度分量先变大后变小，故 C 错误；

D. 从靠近磁镜处返回时，在垂直于磁瓶轴线平面内时，粒子的速度与轴线垂直，故沿磁瓶轴线方向的速度分量为零，又粒子的速度的大小不变，故此时垂直磁瓶轴线方向的速度分量最大，故 D 正确。

故选 D。

**二、多项选择题**（本大题共 4 小题，每小题 4 分，共 16 分。在每小题给出的四个选项中，有多个选项正确。全部选对得 4 分，选对但不全得 2 分，错选得 0 分。）

11. 【答案】ACD

【详解】A. 电量为  $-q$  的试探电荷受到的库仑力指向  $Q$ ，则  $Q$  带正电，故 A 正确；

B. 根据点电荷的电场强度计算公式

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

可知， $b$ 、 $c$  两点的电场强度大小相等，方向不同，故 B 错误；

C. 根据场强的计算公式可知

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

因为  $a$ 、 $b$  两点与  $Q$  点的距离之比为 1: 2，所以电场强度之比为 4: 1，故 C 正确；

D. 由图可知  $b$ 、 $c$  两点到  $Q$  的距离相等，所以  $b$ 、 $c$  两点的电势相等，故 D 正确。

故选 ACD。

12. 【答案】AC

【详解】A. 根据串联分压原理， $R_1$  和  $R_3$  两端电压分别为

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} E = 6V$$

$$U_3 = \frac{R_3}{R_3 + R_4} E = 2.5V$$

设电源正极电势为  $\varphi$ ，则

$$U_1 = \varphi - \varphi_a = 6V$$

$$U_3 = \varphi - \varphi_b = 2.5V$$

联立可得

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = -3.5V$$

故 A 正确；

B. 电容器所带电荷量为

$$Q = CU_{ba} = 4 \times 10^{-6} \times 3.5C = 1.4 \times 10^{-5}C$$

故 B 错误；

C. 断开开关  $S_2$ ，电容器两端电势差等于  $R_3$  电压，此时只有  $R_3$  和  $R_4$  串联。则此时电容器电势差为



$$U'_{ab} = \frac{R_3}{R_3 + R_4} E = 2.5V$$

电容器电荷量为

$$Q' = CU'_{ab} = 1.0 \times 10^{-5} C$$

故 C 正确；

D. 断开开关  $S_2$ ，电路再次稳定后电容器储存的电能为

$$W_C = \frac{1}{2} Q' U'_{ab} = 1.25 \times 10^{-5} J$$

故 D 错误。

故选 AC。

13. 【答案】CD

【详解】A. 由几何关系可得电子在磁场中运动轨迹半径为

$$r = R \cot 30^\circ = \sqrt{3}R$$

电子在磁场中运动的时间为

$$t = \frac{T}{6} = \frac{\sqrt{3}\pi R}{3v}$$

故 A 错误；

B. 电子在磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，有

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

则

$$r = \frac{mv}{qB}$$

运动周期为

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

电子在磁场中运动周期与速度无关，电子进入磁场的速度减小，电子在磁场中的运动周期不变，故 B 错误；

CD. 由

$$r = \frac{mv}{qB}$$

可知电子进入磁场的速度减小，电子运动半径变小，电子偏转角变大，周期不变，在磁场中的运动时间将变长，故 CD 正确。

故选 CD。

14. 【答案】AD



【详解】AC. 设系统在水平面内以角速度  $\omega$  转动时，弹簧伸长的长度为  $x$ ，则对元件 A，根据牛顿第二定律得

$$kx = m\omega^2(l+x)$$

求得

$$x = \frac{ml\omega^2}{k - m\omega^2}$$

可见，角速度越大，弹簧伸长量越大，则长度  $BP$  越大，又因为输出电压为

$$U = \frac{R_{BP}}{R_{BC}} \cdot E$$

即角速度越大，输出电压越大，故 A 正确，C 错误；

B. 系统在水平面内以角速度  $\omega$  转动时，无论角速度增大还是减小，电路的总电阻不变，根据闭合电路欧姆定律得知，电路中电流保持不变，即回路中电流与角速度无关，故 B 错误；

D. 由题意知，系统静止时滑片 P 刚好位于 B 点，所以当弹簧伸长量为  $x$  时

$$BP=x$$

则输出电压为

$$U = \frac{R_{BP}}{R_{BC}} \cdot E = \frac{x}{l} \cdot E$$

求得

$$U = \frac{Em\omega^2}{k - m\omega^2}$$

故 D 正确。

故选 AD。

## 第二部分 非选择题（共 54 分）

### 三、实验题（本大题共 2 小题，共 20 分。）

15. 【答案】 ①. 0.183 ②. C ③. ADCB ④. 偏小 ⑤. 电压表

【详解】(1) [1] 螺旋测微器分度值为 0.01mm，螺旋测微器读数为

$$0\text{mm} + 18.3 \times 0.01\text{mm} = 0.183\text{mm}$$

(2) [2] 从图乙可以看出  $a$  曲线在滑片移动很小距离电流变化很大，说明该滑动变阻器阻值远大于被测量电阻阻值，所以  $a$  图对应  $500\Omega$  滑动变阻器；通过乙图可知， $a$  图象中滑动变阻器接入电路阻值较大时电流变化不太明显， $c$  图象接入的是  $5\Omega$  的滑动变阻器，电路电流变化不明显，而  $b$  图中，电流随电阻的移动自始至终变化都比较明显，所以最适合本实验的滑动变阻器是  $b$ 。

故选 C。

(3) [3] 正确的使用步骤如下：先将选择开关置于“ $\times 1k$ ”位置，将两表笔直接接触，调节欧姆调零旋钮，使指针指向“0”，然后将两表笔分别接触待测电阻两端，读出其阻值后随即断开，最后将选择开关置于“OFF”位置，故正确的操作顺序是 ADCB。



(4) [4][5] 电压表测得的电压为待测电阻两端电压，但电流表测得的电流为通过电压表和电阻的总电流，即所测电流值偏大，根据

$$R = \frac{U}{I}$$

可知测量值与真实值相比较将偏小，这是由于电压表分流引起的。

16. 【答案】 ①.  $E$  ②.  $r+R_A$  ③.  $C$  ④. 乙 ⑤. 1.45 ⑥. 1.30 ⑦.  $c$  ⑧. 1.1 ⑨. 1.6

【详解】(1) [1][2]图 2 中等效电源为电源的电动势，其等效电动势

$$E' = E$$

等效内阻为电源内阻与电流表内阻之和，其等效内阻为

$$r' = r + R_A$$

(2) [3]甲图中实验误差来自于电流表的分压作用，电流为零时无误差，流过电流表的电流越大，其引起的分压误差

$$\Delta U_A = IR_A$$

越大，实际上变阻箱  $R$  两端电压为  $U - \Delta U_A$ ，且实际测出的电阻为

$$r' > r$$

$U-I$  斜率绝对值表示电阻，图 3 中虚线表示修正后的曲线，故对应甲图分析的  $U-I$  图像是  $C$ ，故选  $C$ 。

(3) [4]电阻约为  $1\Omega$ ，而电流表内阻为  $0.1\Omega$ ，采用甲图时实际测量的是电源内阻与电流表内阻之和，电压表内阻为  $3k\Omega$ ，其与内阻相差多个数量级，由于电压表分流引起的误差较小，故应选用乙图。

(4) [5][6]由图示电源的  $U-I$  图象可知，电源的电动势为

$$E = 1.45V$$

图象斜率的绝对值等于电源的内阻，内阻为

$$r = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1.45 - 0.8}{0.5} \Omega = 1.30\Omega$$

(5) [7]由题意可知， $y=IU$ ，由

$$P = UI$$

可知，纵坐标应为输出功率，根据电源的输出功率的性质可知，当内外电阻相等时电源的输出功率最大，故 对 应 的 图 象 应 为  $c$ ；

[8][9]由图可知，图  $a$  应为电源的总功率， $b$  为电源内阻消耗的功率， $A$  点时应为外电路短路的情况，故此

时对应的电压为  $E$ ，约为  $1.45V$ ；电流

$$I = \frac{E}{r} = \frac{1.45}{1.3} A = 1.1A$$

功率

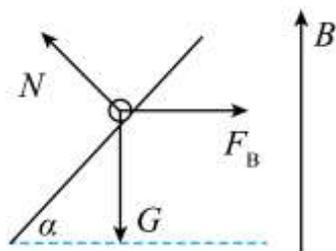
$$P = EI = 1.45 \times 1.1 = 1.6W$$

四、解答题（本大题共 4 小题，共 34 分。在答题卡对应区域写出必要的文字说明、方程式和重要演算步骤，只写最后答案不得分，有数值计算的题，答案应明确写出数值和单位。）



17. 【答案】(1) 见解析; (2)  $F_B = mg \tan \alpha$ ; (3)  $E = \frac{mg \tan \alpha}{lB}(R+r)$ ; (4)  $a = g \tan \alpha - g \sin \alpha$

【详解】(1) 沿  $b \rightarrow a$  方向视角, 可知电流沿  $b \rightarrow a$  方向, 匀强磁场竖直向上, 根据左手定则可判断安培力方向水平向右, 导体棒受力如图所示



(2) 由题意可知, 金属杆所受安培力的方向水平向右, 因为金属杆静止, 所以合力为零, 得到

$$F_B = mg \tan \alpha$$

(3) 因为

$$F_B = IlB$$

且

$$I = \frac{E}{R+r}$$

得

$$E = \frac{mg \tan \alpha}{lB}(R+r)$$

(4) 仅改变匀强磁场的方向时安培力大小不变, 因此当安培力沿导轨向上的分量最大, 即安培力沿导轨向上时, 金属杆具有沿导轨向上的最大加速度, 由

$$F_B - mg \sin \alpha = ma$$

得最大加速度

$$a = g \tan \alpha - g \sin \alpha$$

18. 【答案】(1)  $E = \frac{mv^2}{qL}$ ; (2)  $B = \frac{4mv}{5qL}$

【详解】(1) 只加电场时, 沿电场方向有

$$\frac{L}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} t^2$$

垂直电场方向有

$$L = vt$$

联立解得

$$E = \frac{mv^2}{qL}$$

(2) 只加磁场时, 带电粒子做匀速圆周运动, 设粒子圆周运动的半径为  $r$ , 由几何知识有



$$r^2 = L^2 + \left(r - \frac{L}{2}\right)^2$$

解得

$$r = \frac{5}{4}L$$

又根据

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

解得

$$B = \frac{4mv}{5qL}$$

19. 【答案】(1)  $F = \frac{Ue}{L}$ ; (2)  $I = \frac{nS U e^2 t_0}{2mL}$ ; (3)  $R = \rho \frac{L}{S}$

【详解】(1) 恒定电场的场强  $E = \frac{U}{L}$

则自由电子所受电场力

$$F = Ee = \frac{Ue}{L}$$

(2) 设电子在恒定电场中由静止加速的时间为  $t_0$  时的速度为  $v$ , 由动量定理

$$Ft_0 = mv - 0$$

解得  $v = \frac{Uet_0}{mL}$

电子定向移动的平均速率

$$\bar{v} = \frac{0+v}{2} = \frac{Uet_0}{2mL}$$

金属导体中产生的电流

$$I = \frac{q}{t}, I = \frac{n S \bar{v} t e}{t}, I = n e S \bar{v}$$

解得  $I = \frac{n S U e^2 t_0}{2mL}$

(3) 由电阻定义式

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U}{\frac{n S U e^2 t_0}{2mL}} = \frac{2mL}{n e^2 t_0 S}$$

$\frac{2m}{n e^2 t_0}$  为定值, 此定值即为电阻率  $\rho$ , 所以  $R = \rho \frac{L}{S}$

电阻率影响因素有: 单位体积内自由电子的数目  $n$ , 电子在恒定电场中由静止加速的平均时间  $t_0$ .



20. 【答案】(1) a.  $\sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$ , b.  $\frac{eB_0R}{2m}$ ; (2)  $\frac{e\pi abRp^2}{mI}$

【分析】

【详解】(1) a. 在柱面和导线之间，只加恒定电压  $U_0$ ，粒子刚好没有电子到达柱面，此时速度为零，根据动能定理有

$$-eU_0 = -\frac{1}{2}mv_0^2$$

解得

$$v_0 = \sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$$

b. 在柱面内，只加与  $MN$  平行的匀强磁场，磁感应强度为  $B_0$  时，刚好没有电子到达柱面，设粒子的偏转半径为  $r$ ，根据几何关系有

$$2r = R$$

根据洛伦兹力提供向心力，则有

$$B_0ev_0 = m\frac{v_0^2}{r}$$

解得

$$v_0 = \frac{eB_0R}{2m}$$

(2) 撤去柱面，设单位时间单位长度射出的电子数为  $n$ ，则单位时间打在金属片的粒子数

$$N = \frac{nab}{2\pi R}$$

金属片上形成电流为

$$I = \frac{q}{t} = \frac{Nte}{t} = Ne$$

所以

$$n = \frac{2\pi RI}{eab}$$

根据动量定理得金属片上的压强为

$$p = \frac{F}{ab} = \frac{mvN}{ab} = \frac{mv}{ab} \times \frac{I}{e}$$

解得

$$v = \frac{eabp}{mI}$$

故总动能为



$$E_k = n \cdot \frac{1}{2}mv^2 = \frac{\pi Reabp^2}{mI}$$