

说明：本试卷共8页，共100分。考试时长90分钟。考生务必将答案写在答题纸上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题纸一并交回。

一、本题共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分。在每小题给出的四个选项中，有的小题只有一个选项是正确的，有的小题有多个选项是正确的。全部选对的得 3 分，选不全的得 2 分，有选错或不答的得 0 分。把正确的答案填涂在答题纸上。

1. 某区域的电场线分布如图 1 所示，电场中有 A、B 两点。设 A、B 两点的电场强度大小分别为 E_A 、 E_B ，电势分别为 φ_A 、 φ_B ，则下列判断正确的是

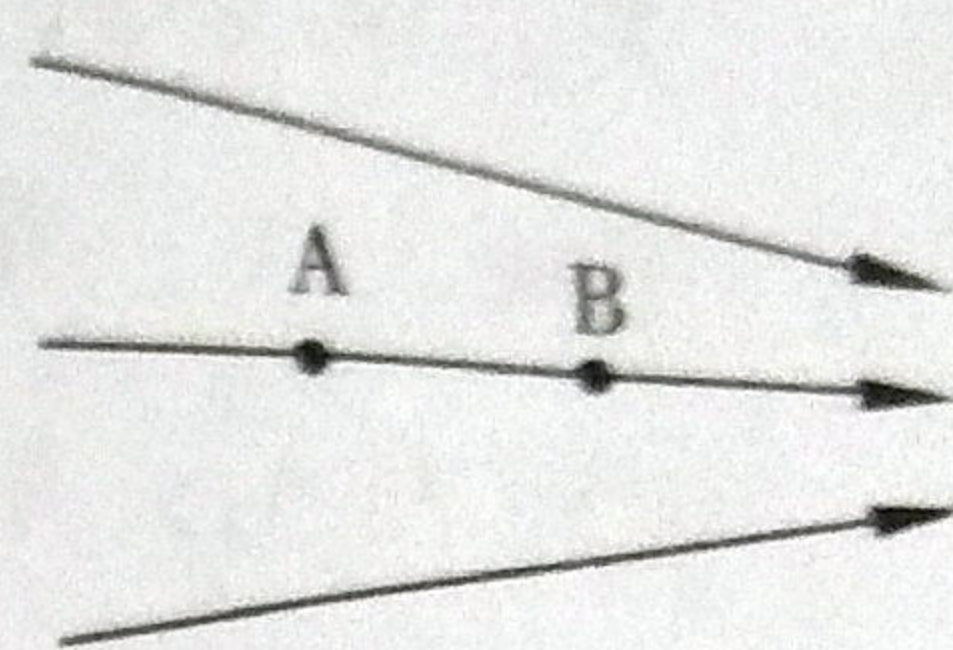


图 1

- A. $E_A < E_B$ B. $E_A > E_B$
C. $\varphi_A < \varphi_B$ D. $\varphi_A > \varphi_B$

2. 如图 2 所示，在水平地面上固定一对与水平面夹角为 θ 的光滑平行金属轨道，顶端接有电源，直导体棒 ab 垂直两轨道放置，且与两轨道接触良好，整套装置处于匀强磁场中。图 3 为沿 $a \rightarrow b$ 方向观察的侧视图，下面四幅图中所加磁场能使导体棒 ab 静止在轨道上的是

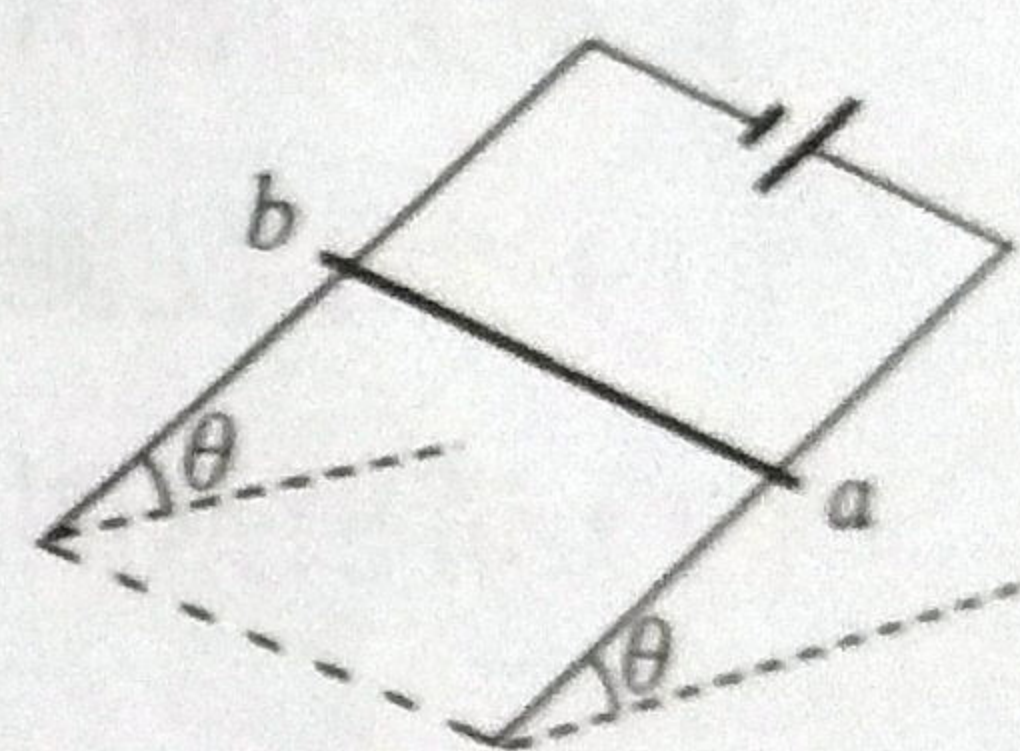


图 2

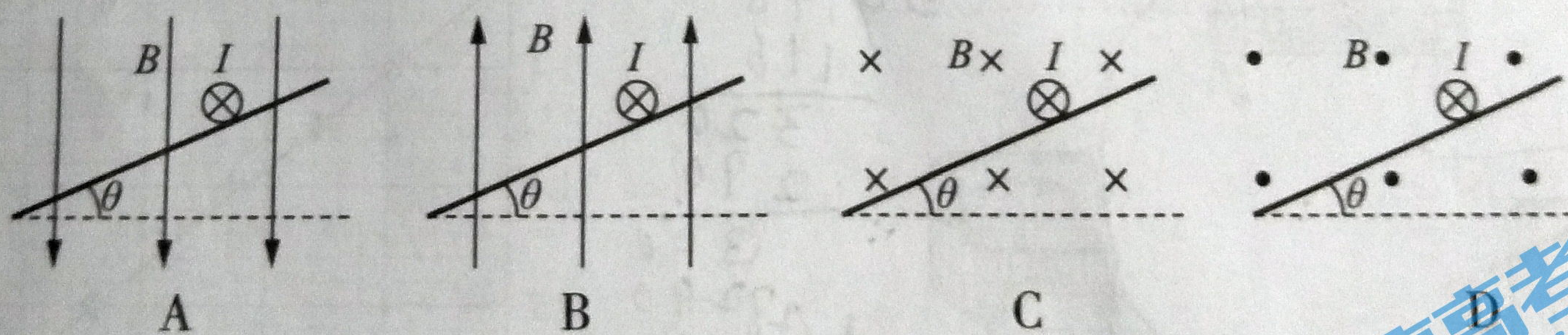


图 3

3. 如图 4 所示，将带铁芯的线圈 A 通过滑动变阻器和开关连接到电源上，线圈 B 的两端连接到灵敏电流计上，把线圈 A 放进线圈 B 的里面。下面几种情况灵敏电流计指针可能有偏转的是

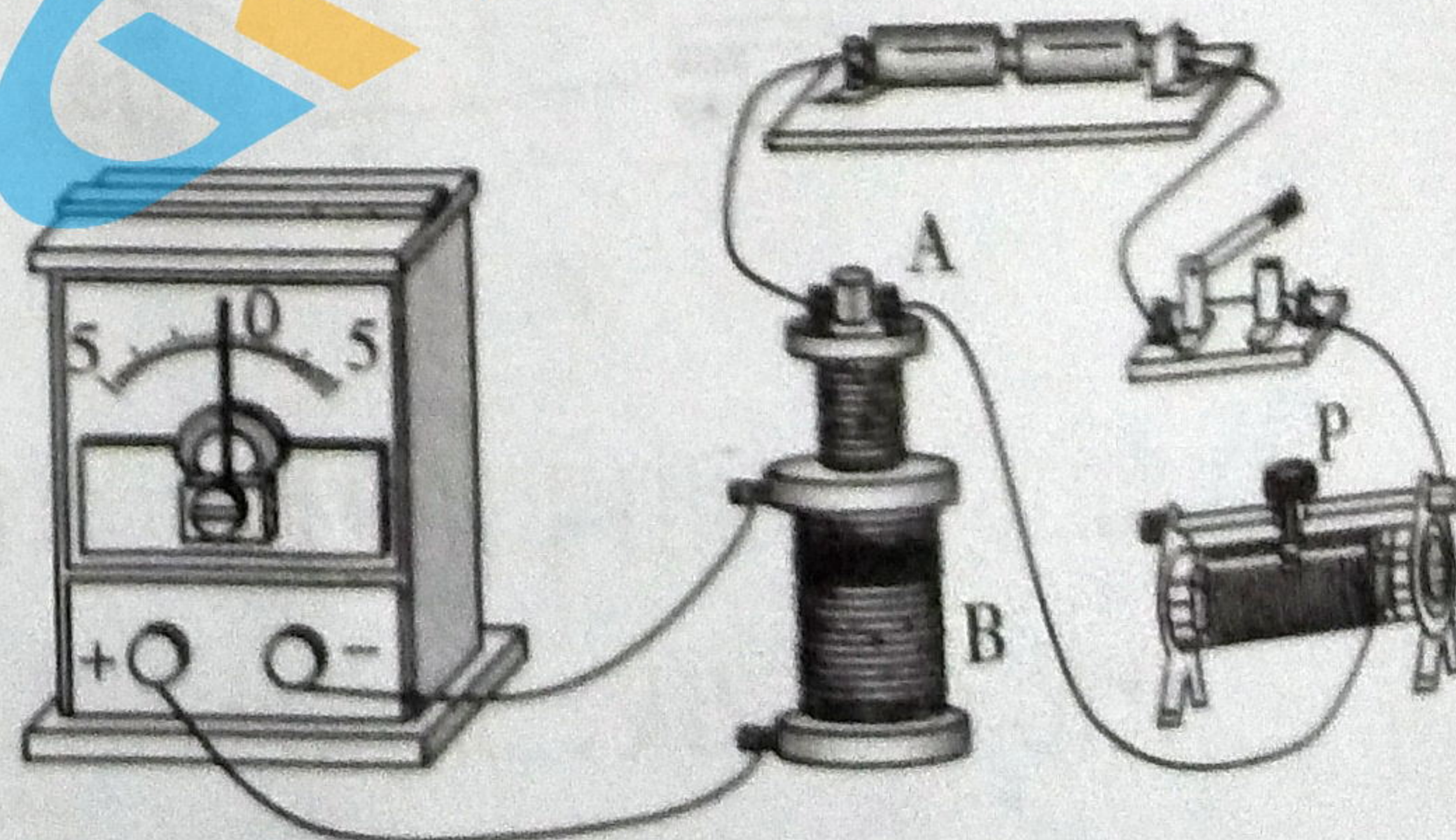


图 4

- A. 闭合开关瞬间
B. 开关闭合且电路稳定后
C. 开关闭合，拔出线圈 A 的过程中
D. 开关闭合，将滑动变阻器的滑片 P 向左滑动的过程中

4. 如图 5 所示, 一个理想变压器原、副线圈的匝数比 $n_1:n_2=5:1$, 原线圈的两端 a 、 b 接正弦交流电源, 电压表 V_1 的示数为 $110V$, 负载电阻 $R=22\Omega$ 。若电压表和电流表都是理想电表, 则下列说法中正确的是

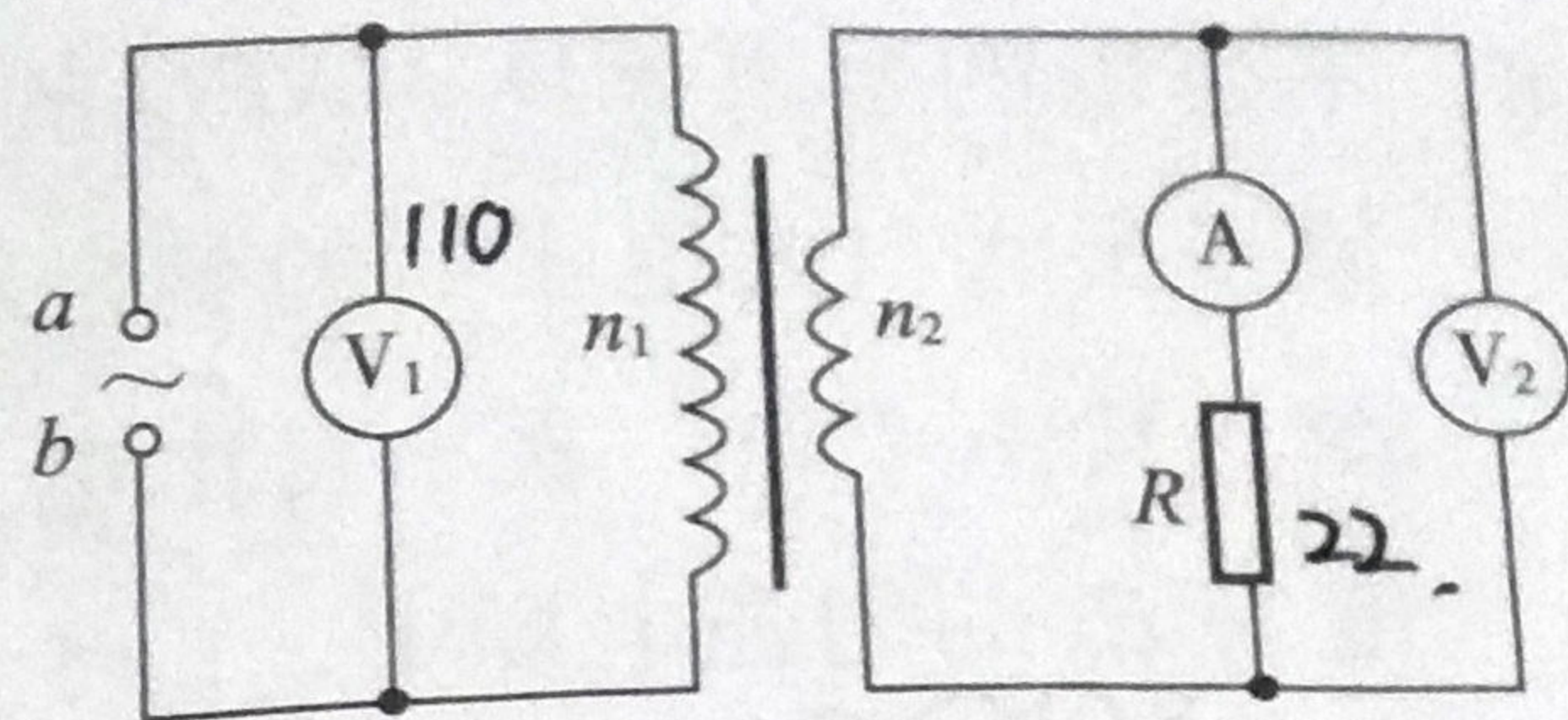
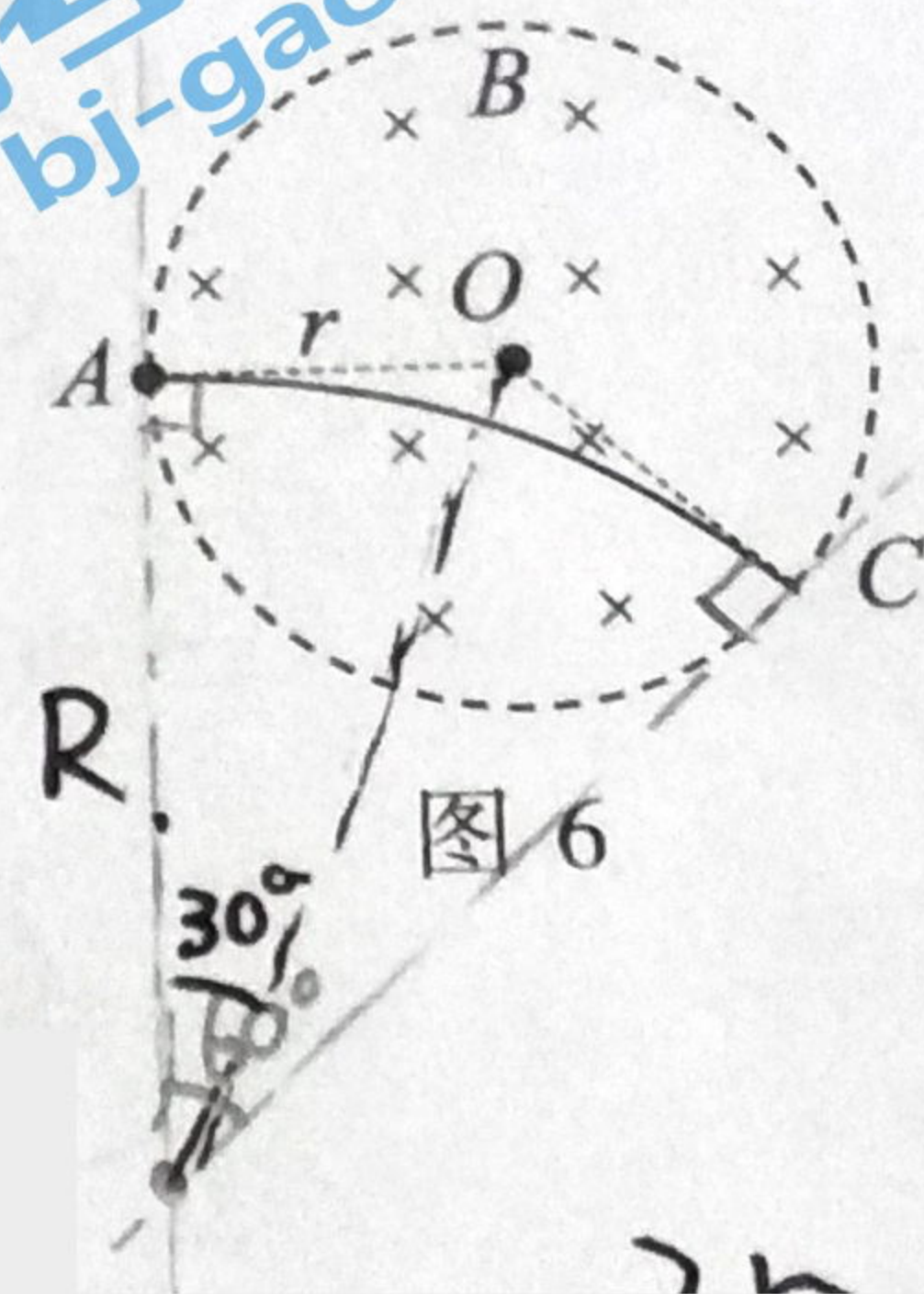


图 5

- A. 电压表 V_2 的示数为 $22V$
- B. 电流表 A 的示数为 $1.0A$
- C. 电流表 A 的示数为 $5.0A$
- D. 变压器的输入功率为 $22W$

5. 如图 6 所示, 圆心为 O 、半径为 r 的圆形空间内, 存在着垂直于纸面向里的匀强磁场, 一个带电粒子质量为 m , 电荷量为 $-q$, 从 A 点以一定的速度垂直磁场方向沿半径射入磁场中, 并从 C 点射出, 图中实线 AC 所示弧线为其运动轨迹。已知 $\angle AOC=120^\circ$, 磁感应强度为 B , 不计粒子所受的重力。关于该粒子在磁场中的运动, 下列说法中正确的是



- A. 运动半径为 r
- B. 运动半径为 $\sqrt{3}r$
- C. 运动时间为 $\frac{2\pi m}{3qB}$
- D. 运动时间为 $\frac{\pi m}{3qB}$

6. 如图 7 所示电路, 电源内阻不可忽略。开关 S 闭合后, 在滑动变阻器 R_0 的滑片 P 向上缓慢滑动的过程中

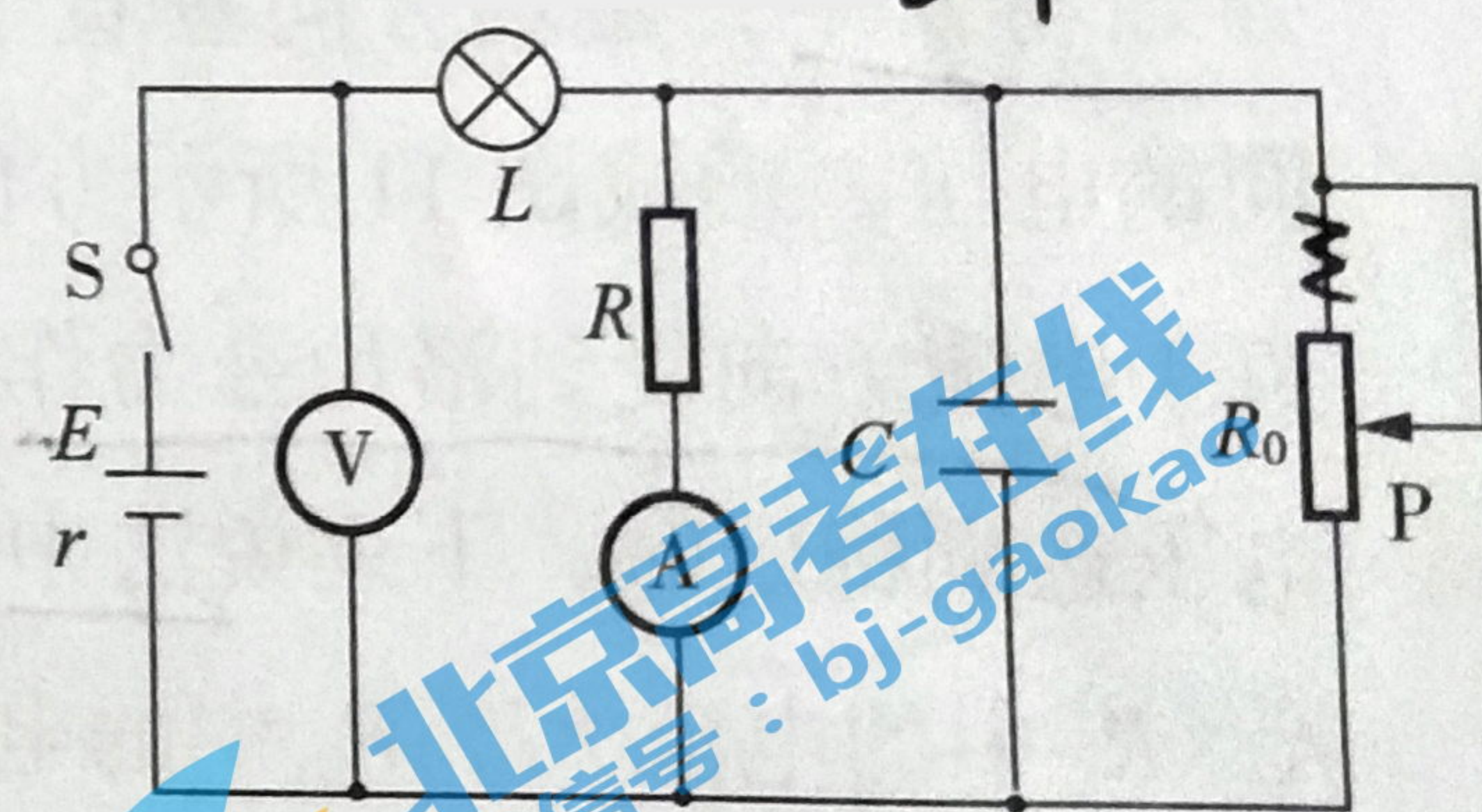


图 7
 $I_R = \frac{U}{R}$

- A. 小灯泡 L 变亮
- B. 电压表的示数增大
- C. 电流表的示数增大
- D. 电容器 C 的电荷量减小

7. 图 8 为某手机电池的铭牌, 第一行标有 “ $3.8V$ $3000mAh$ ($11.4Wh$)”。对该铭牌参数的分析, 下列说法中正确的是

- A. 铭牌中的 Wh 是能量的单位
- B. 铭牌中的 mAh 是功率的单位
- C. 该电池放电时输出的总能量约为 $11.4J$
- D. 该电池放电时输出的总电荷量约为 $1.08 \times 10^4 C$

3.8V 3000mAh (11.4Wh)
GB/T 18287-2013
锂聚合物电池/Li-Polymer Battery
充电限制电压 4.35V
Limited charge voltage: 4.35V
警告
只能使用专用充电器充电
请按照说明书指示使用电池。

图 8

18. 不带电的金属导体 $MNPQ$ 的内部电荷包括自由电子和金属离子（即金属原子失去自由电子后的剩余部分），图 9 所示为导体内部电荷的简化示意图，其中“ $\ominus$ ”表示自由电子，“ $\oplus$ ”表示金属离子。把导体放到电场强度为 E_0 的匀强电场中，由于库仑力的作用，导体内部的电荷将重新分布。图 10 是同学们画出的四幅图，其中 A、B 两图描述了导体刚放入电场未达到静电平衡状态时，自由电子和金属离子的定向运动情况（图中箭头代表它们定向运动的方向）；C、D 两图描述了导体达到静电平衡后，自由电子和金属离子的分布情况。则图 10 的四幅图中，可能正确的是

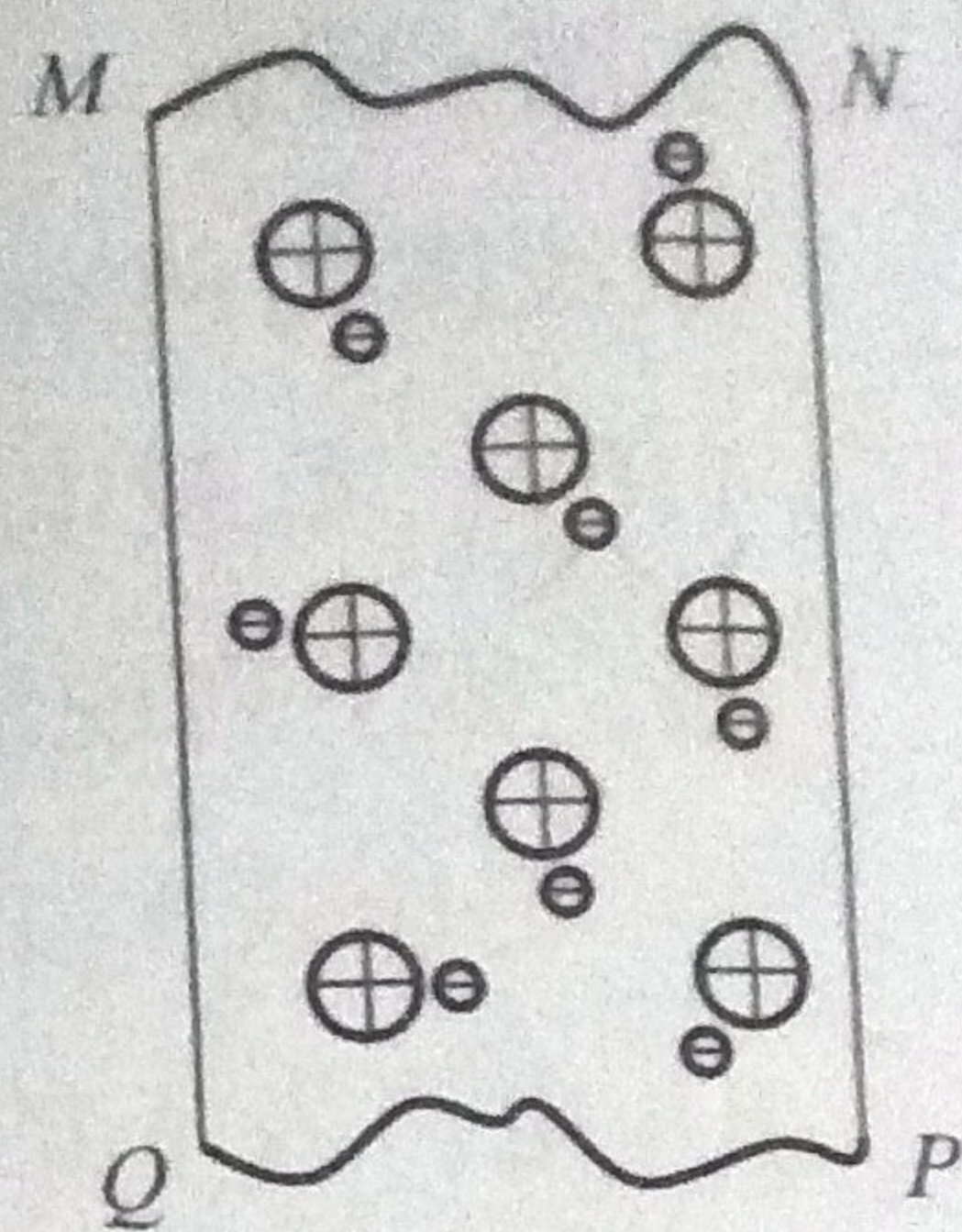


图 9

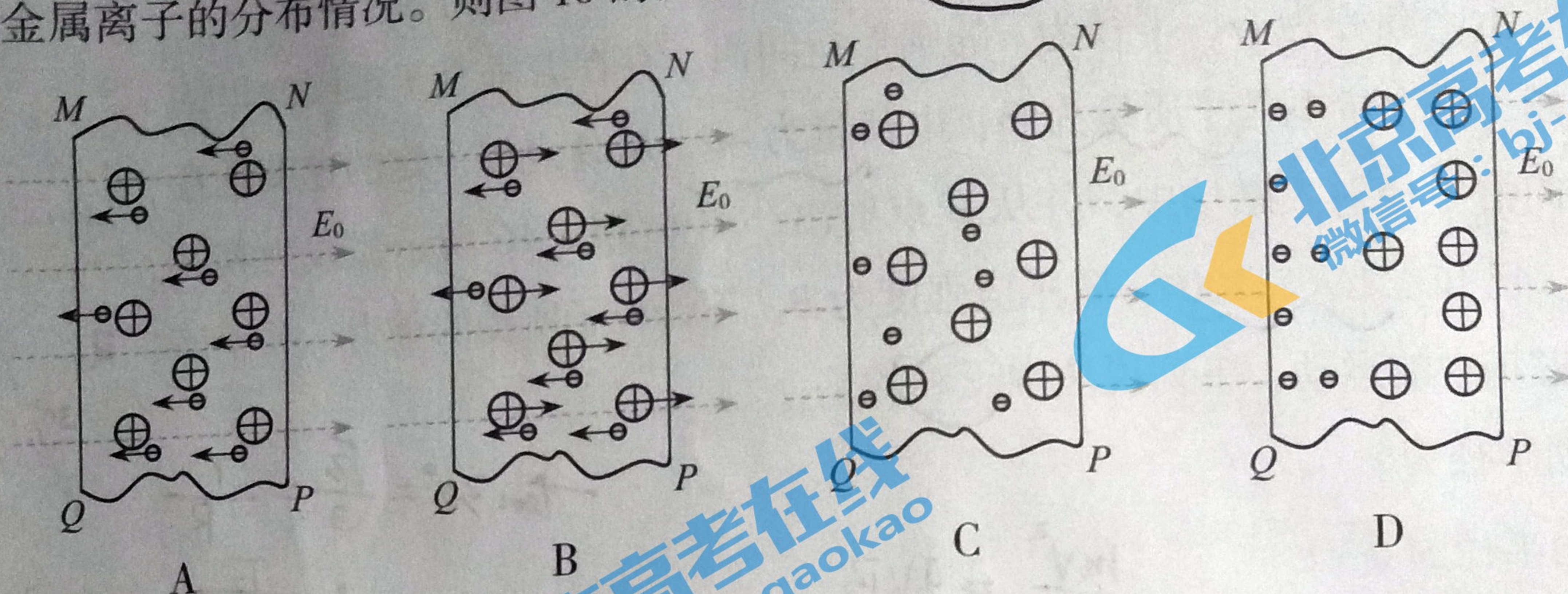


图 10

9. 如图 11 所示， R_1 和 R_2 是同种材料、厚度相同、上下表面为正方形的金属导体，但 R_1 的尺寸比 R_2 的尺寸大。将两导体同时放置在同一匀强磁场 B 中，磁场方向垂直于两导体正方形表面，在两导体上加相同的电压，形成图 11 所示方向的电流；电子由于定向移动，会在垂直于电流方向受到洛伦兹力作用，从而产生霍尔电压，当电流和霍尔电压达到稳定时，下列说法中正确的是

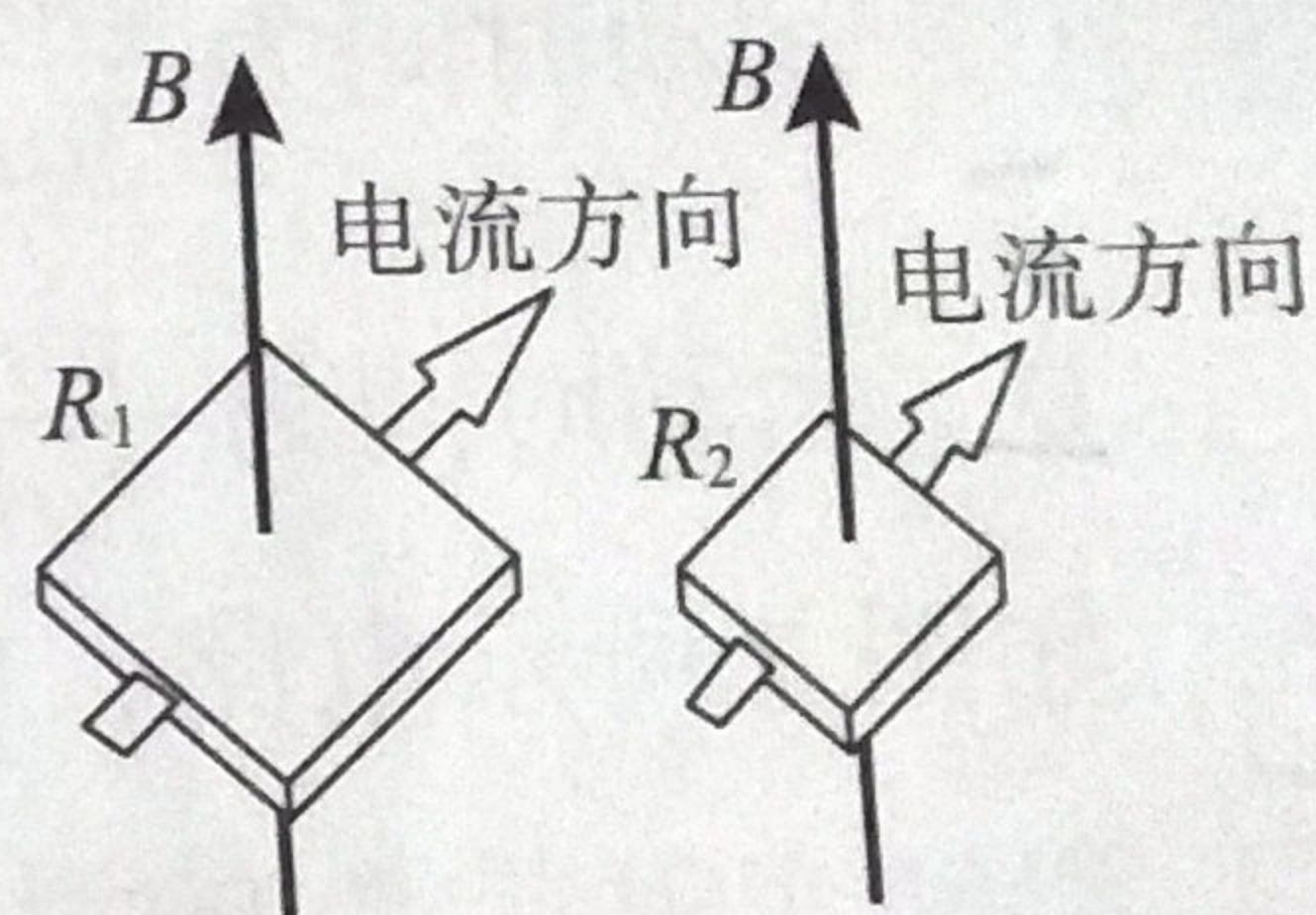


图 11

- A. R_1 中的电流大于 R_2 中的电流
- B. R_1 中的电流等于 R_2 中的电流
- C. R_1 中产生的霍尔电压小于 R_2 中产生的霍尔电压
- D. R_1 中产生的霍尔电压等于 R_2 中产生的霍尔电压

10. 两个点电荷 Q_1 和 Q_2 固定在 x 轴上，其中 Q_2 所在位置为坐标原点。将一电子放在 x 正半轴上，该电子的电势能随位置变化的曲线如图 12 所示，其中 x_0 是电势能为零的点的坐标， x_1 是电势能为极值的点的坐标。由图像可知

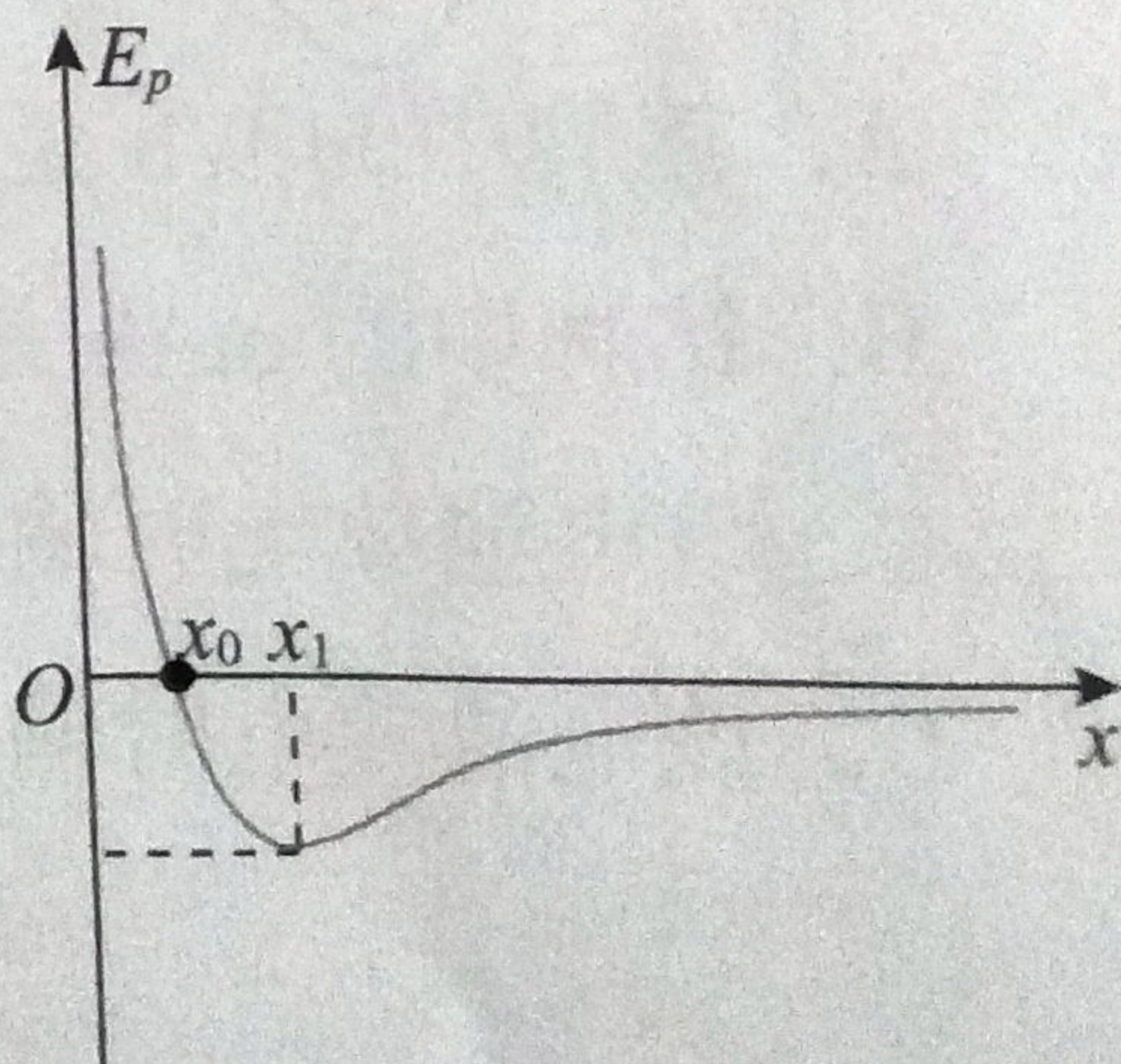


图 12

- A. Q_2 一定带负电
- B. 两个点电荷可能为同种电荷
- C. 两个点电荷在 x_0 处的合场强为零
- D. Q_1 带电量的绝对值必大于 Q_2 带电量的绝对值

二、本题共 2 小题，共 15 分。

11. 将满偏电流 $I_g = 300 \mu\text{A}$ 、内阻未知的电流表 G 改装成电压表。利用如图 13 所示的电路测量电流表 G 的内阻。先闭合开关 S_1 ，断开开关 S_2 ，调节 R ，使电流表指针偏转到满刻度（此时接入电路的 R 值远大于电流表 G 的内阻）；再闭合开关 S_2 ，保持 R 不变，调节 R' ，使电流表指针偏转到满刻度的一半，读出此时 R' 的阻值为 200.0Ω 。

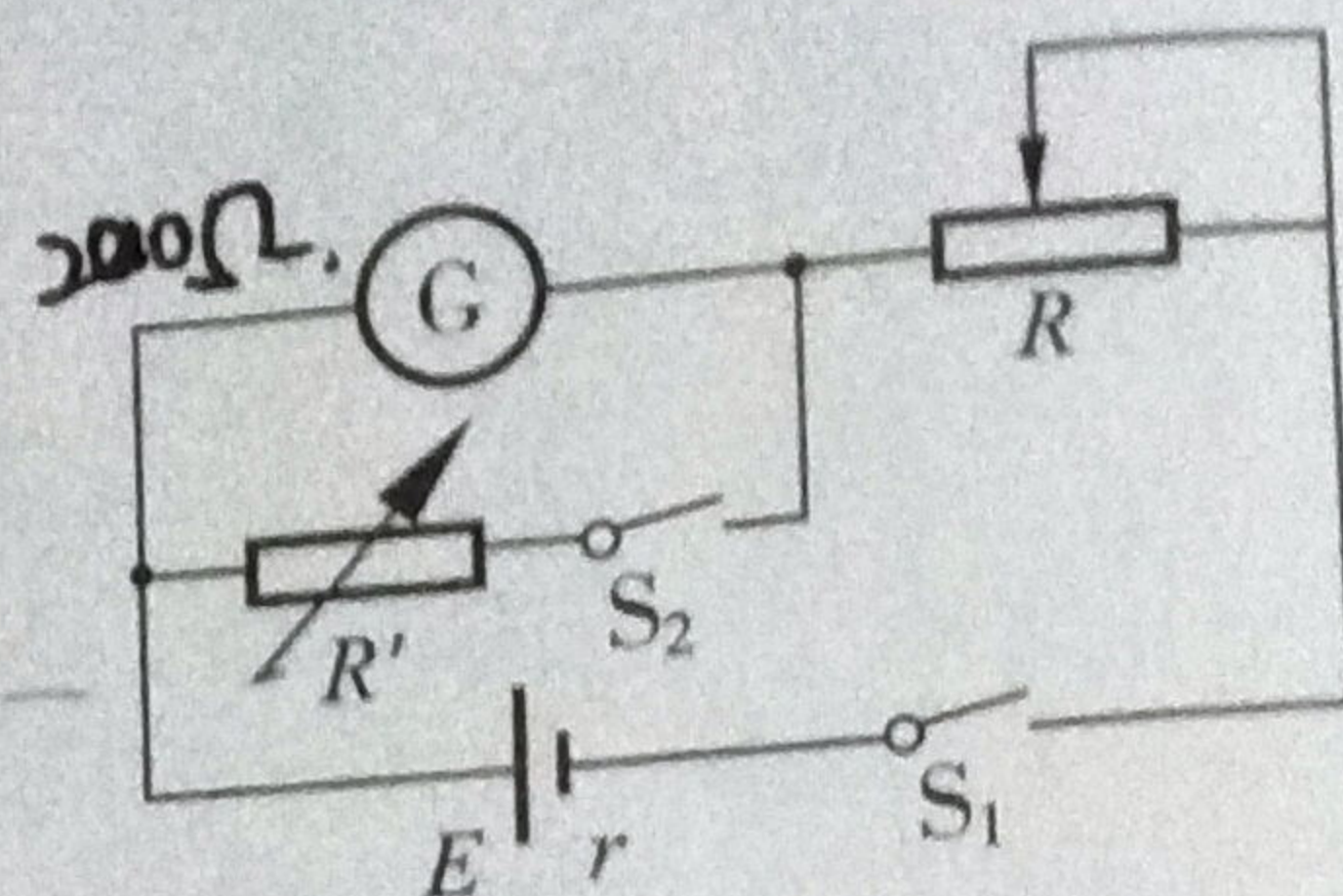


图 13

利用上述测量结果，把该电流表改装成量程为 3V 的电压表，应该（填写“串联”

或者“并联”）一个阻值为 Ω 的电阻。

12. 实验课中同学们要完成“测量一节干电池的电动势和内阻”的任务，被测电池的电动势约为 1.5V ，内阻约为 1.0Ω 。某小组计划利用图 14 的电路进行测量，已知实验室除待测电池、开关、导线外，还有下列器材可供选用：

电流表 A_1 ：量程 $0 \sim 0.6\text{A}$ ，内阻约 0.125Ω

电流表 A_2 ：量程 $0 \sim 3\text{A}$ ，内阻约 0.025Ω

电压表 V：量程 $0 \sim 3\text{V}$ ，内阻约 $3\text{k}\Omega$

滑动变阻器 R： $0 \sim 20 \Omega$ ，额定电流 2A

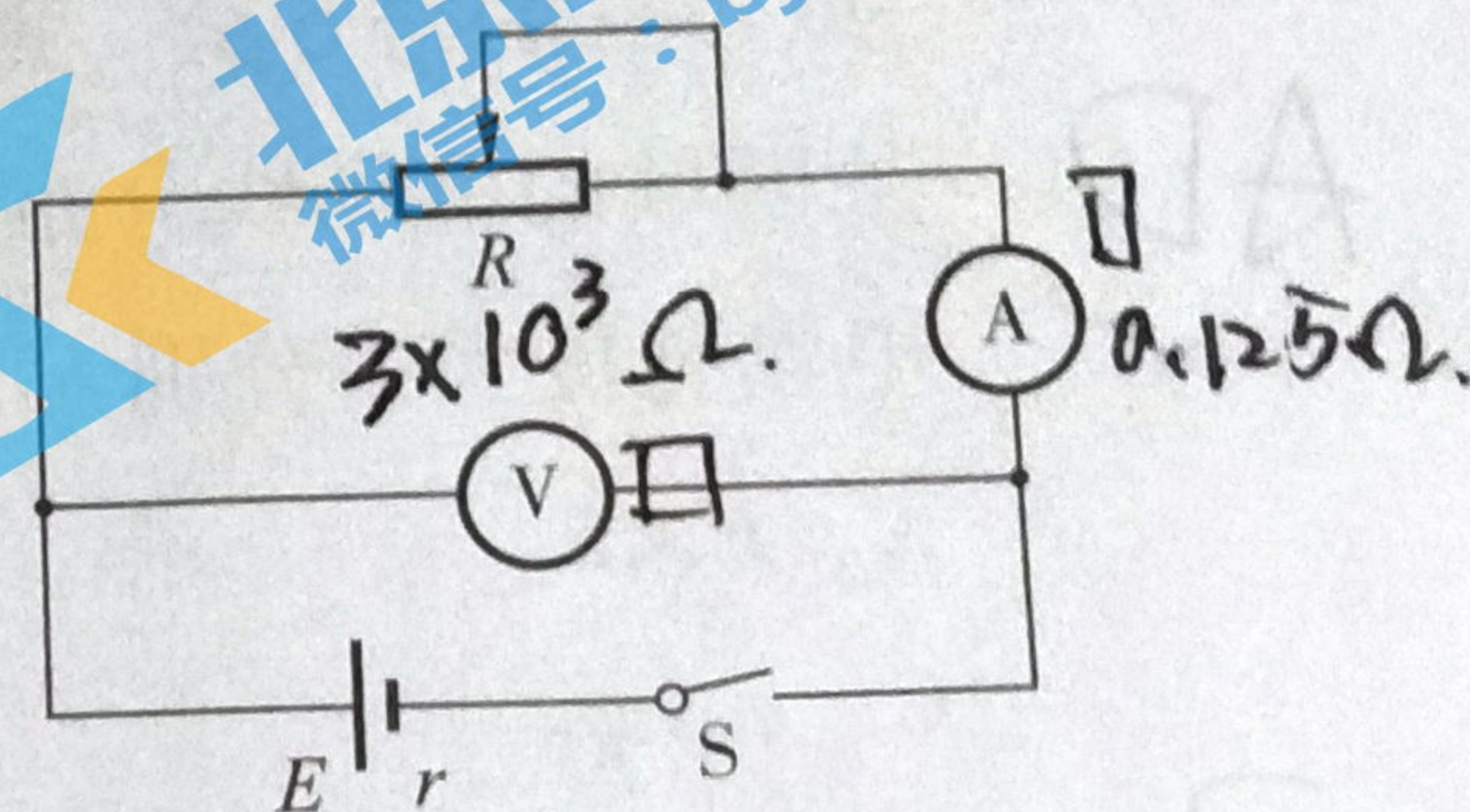


图 14

(1) 为了使测量结果尽量准确，电流表应选用（填写仪器的字母代号）。

(2) 请根据图 14 所示的电路图，在图 15 中完成实物的连接。

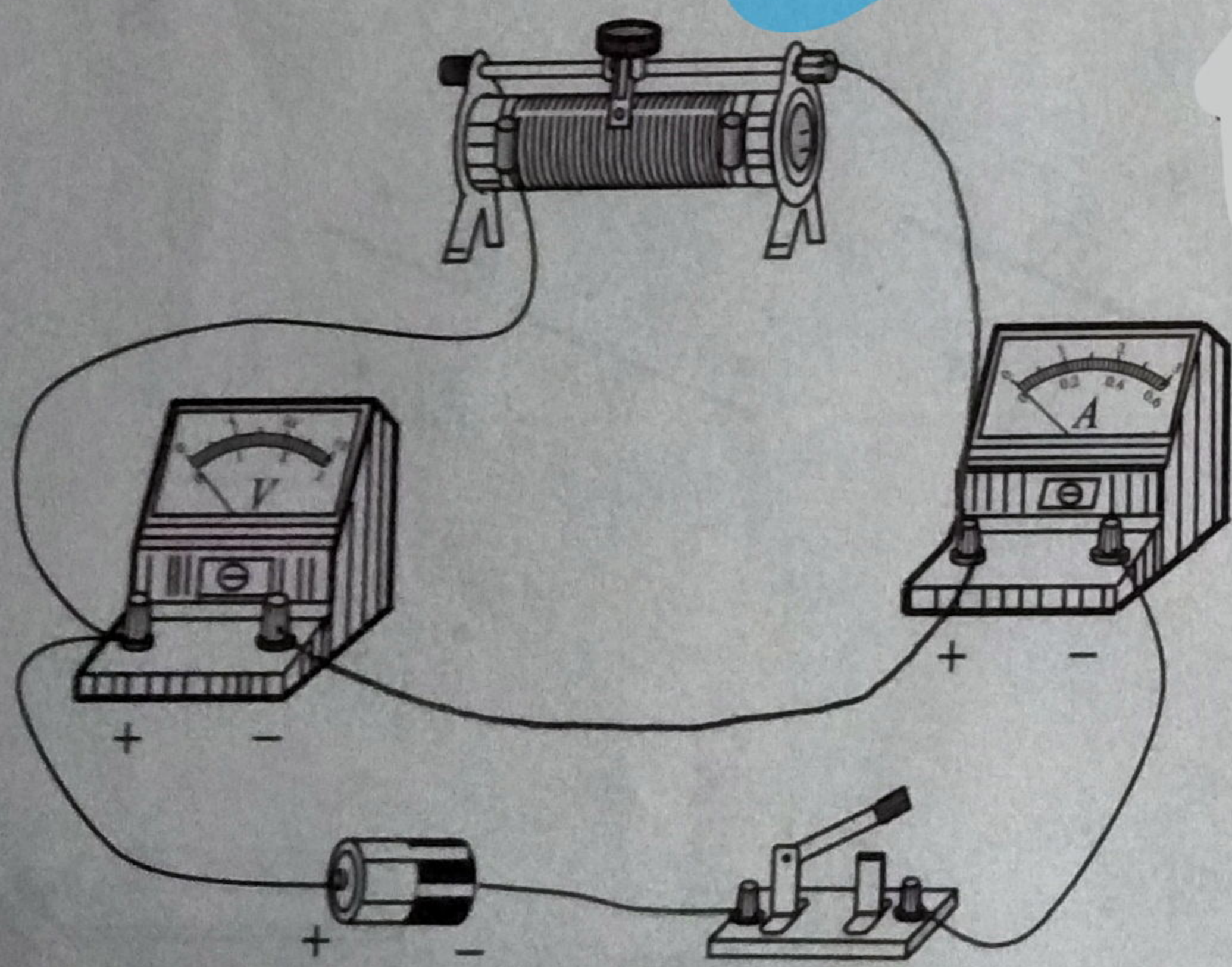


图 15

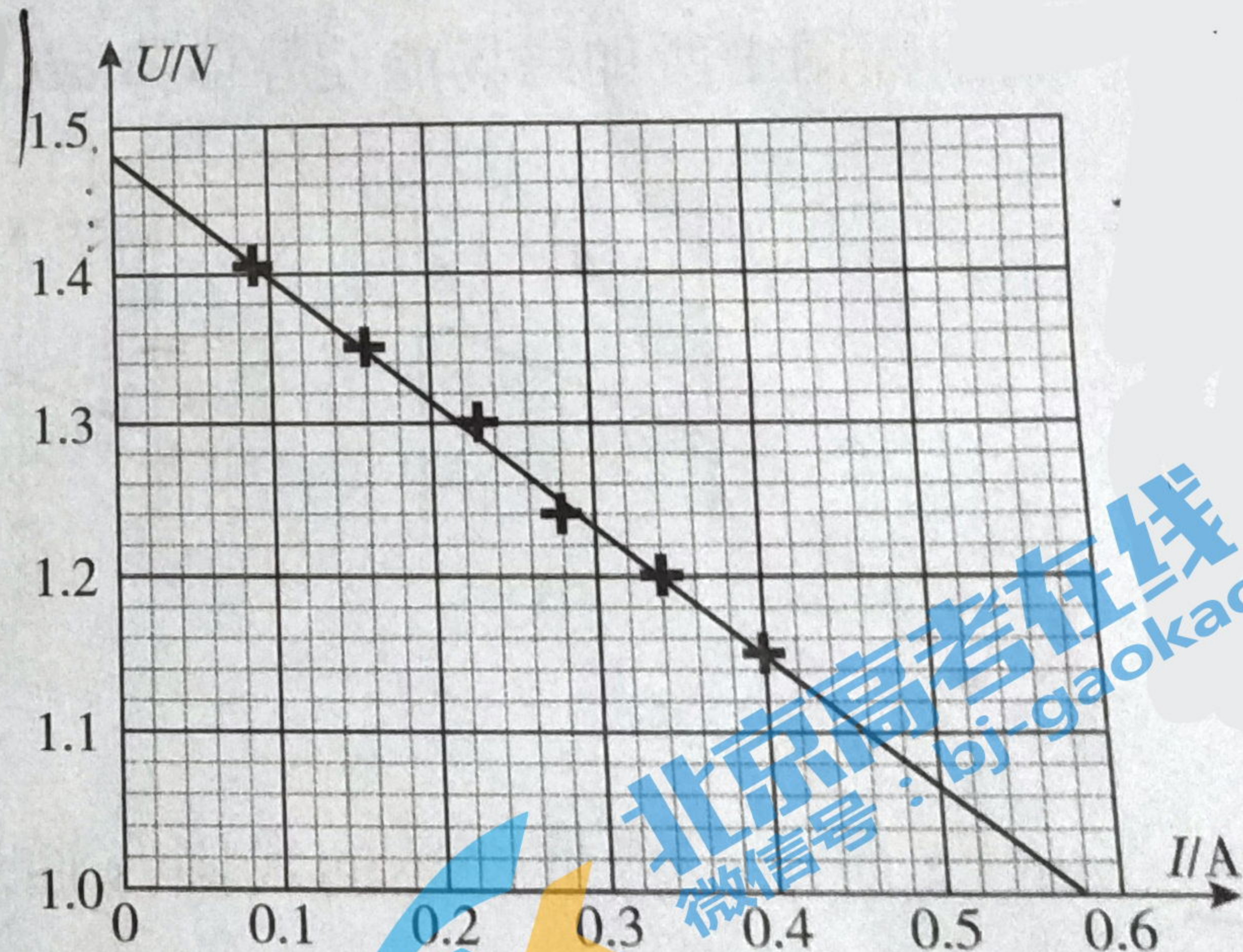


图 16

- (3) 图 16 是该组同学根据所获得的 6 组实验数据，在坐标纸上绘制的反映路端电压随电流变化的 $U-I$ 图线，请据此图线判断被测干电池的电动势 $E = \text{V}$ ，内阻 $r = \Omega$ 。

（结果保留到小数点后两位）

- (4) 若仅考虑电表内阻的影响，图 16 中描绘的点迹与“电池两端电压的真实值”和“流过电池的电流真实值”所对应点迹存在一定的偏差，请根据实验中该同学测得的数据，以及电表的参数估算这一偏差的数量级约为 V 。

A. 10^{-2}A

B. 10^{-4}A

C. 10^{-2}V

D. 10^{-4}V

$$U = \mathcal{E} - IR$$

R

(5) 为了研究电表内阻对测量结果的影响，我们用 U 和 I 的函数关系来分析这一个问题。若字母 R_V 、 R_A 分别表示电压表和电流表的内阻， U 、 I 分别表示电压表和电流表的示数， $\mathcal{E}$ 、 r 分别表示电池的电动势和内阻的真实值。考虑到电表内阻的影响，请选择相关的字母写出反映 U 和 I 实际关系的函数表达式 $U =$ _____。

三、本题包括 6 小题，共 55 分。解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能得分，有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。

13. (8 分) 如图 17 所示，在光滑水平面上有一边长为 L 的单匝正方形闭合导体线框 $abcd$ ，处于磁感应强度为 B 的有界匀强磁场中，其 ab 边与磁场的右边界重合。线框由同种粗细均匀的导线制成，它的总电阻为 R 。现将线框以恒定速度 v 水平向右匀速拉出磁场，此过程中保持线框平面与磁场方向垂直，拉力在线框平面内且与 ab 边垂直， bc 边始终与磁场的右边界保持垂直。求在线框被拉出磁场的过程中

- (1) 线框内的电流大小；
- (2) cd 两端的电压；
- (3) 线框中产生的热量。

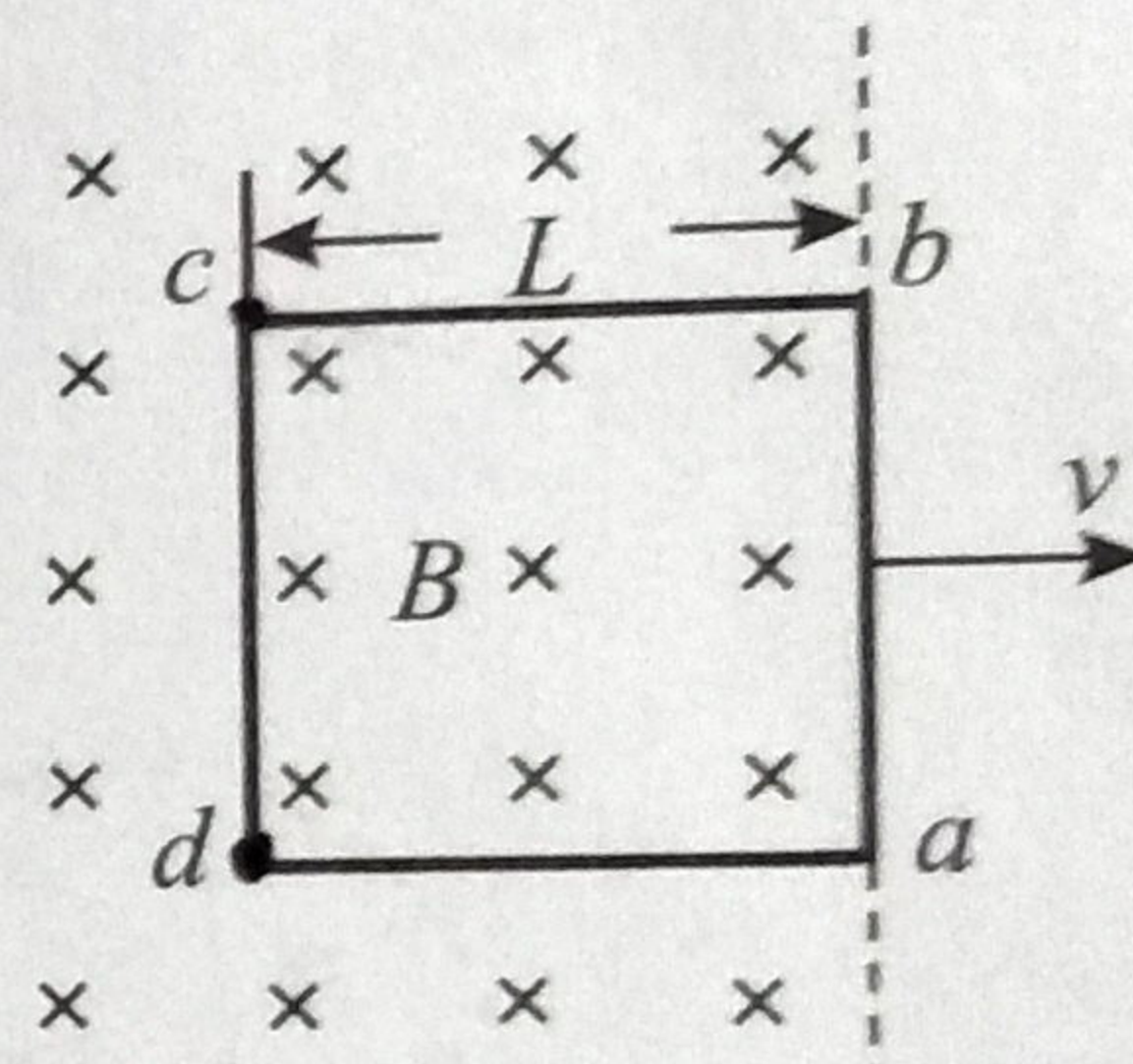


图 17

14. (8 分) 如图 18 所示，水平光滑绝缘轨道 MN 处于水平向右的匀强电场中，一个质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的滑块（可视为质点），从轨道上的 A 点由静止释放，滑块在静电力作用下向右做匀加速直线运动，当到达 B 点时速度为 v 。设滑块在运动过程中，电荷量始终保持不变。

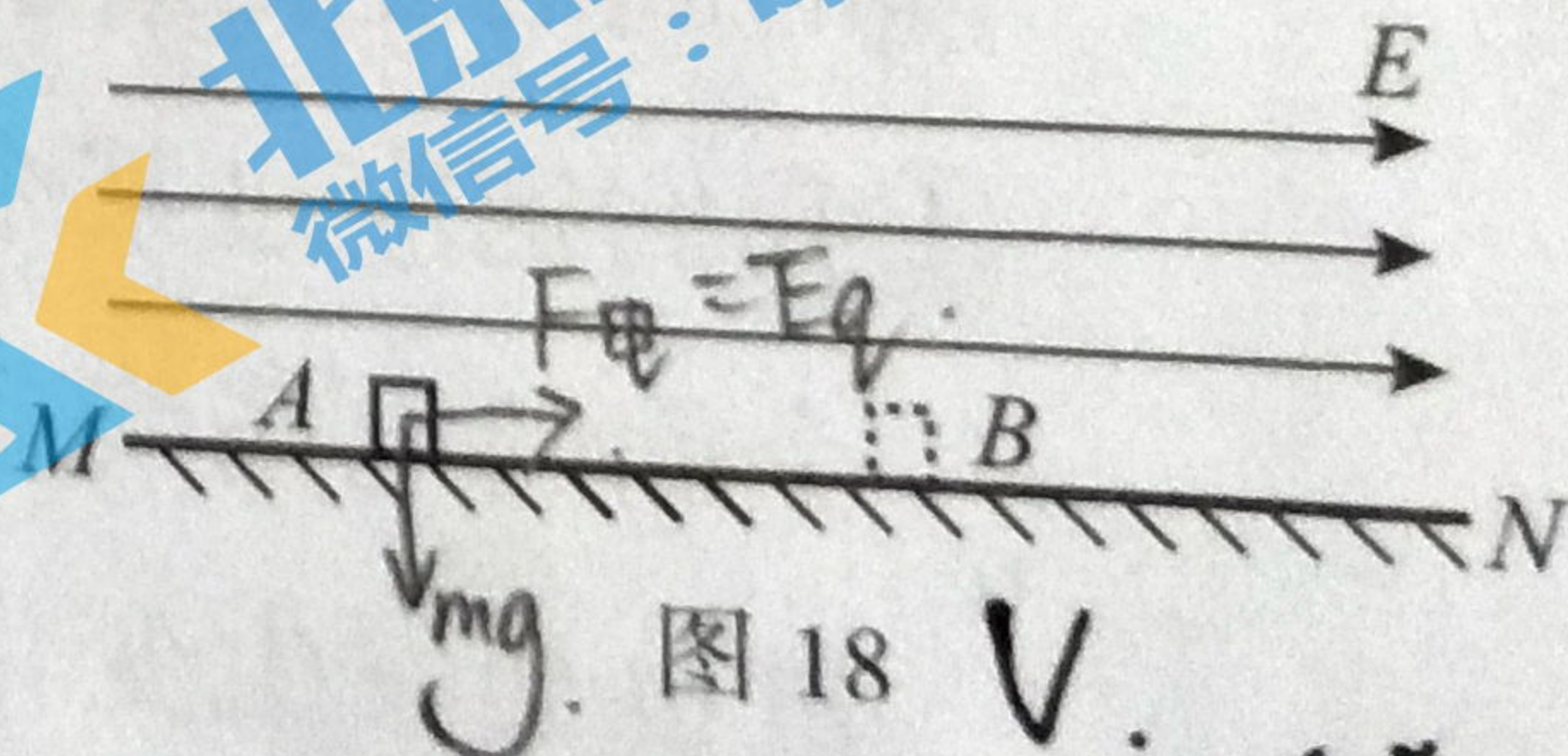


图 18

- (1) 求滑块从 A 点运动到 B 点的过程中，静电力所做的功 W ；
- (2) 求电势差 U_{AB} ；
- (3) 若规定 A 点电势为 φ_A ，求滑块运动到 B 点时的电势能 E_{PB} 。

$$\begin{aligned}
 & B^2 L^2 v^2 \cdot R \\
 & \frac{B^2 L^2 v^2}{R^2} \\
 & U = Eq \\
 & a = \frac{Eq}{m} \\
 & S = \frac{v^2}{2a} \\
 & E \cdot q \cdot \frac{v^2}{2a} \\
 & E_A = \varphi_A q - E_{PB} = E \cdot S \\
 & E_{PB} = \varphi_A q - E \cdot S
 \end{aligned}$$

15. (8分) 如图 19 所示, 闭合的矩形导体线圈 $abcd$ 在匀强磁场中绕垂直于磁感线的对称轴 OO' 匀速转动, 沿着 OO' 方向观察, 线圈沿逆时针方向转动。已知匀强磁场的磁感应强度为 B , 线圈匝数为 n , ab 边的边长为 l_1 , ad 边的边长为 l_2 , 线圈总电阻为 R , 转动的角速度为 ω 。图中线圈平面与磁场方向平行。

- (1) 从线圈经过图示位置开始计时, 写出线圈内的电流随时间变化的函数关系式;
- (2) 求线圈电阻的发热功率;
- (3) 从线圈经过图示位置开始计时, 求经过四分之一周期时间通过线圈导线某截面的电荷量。

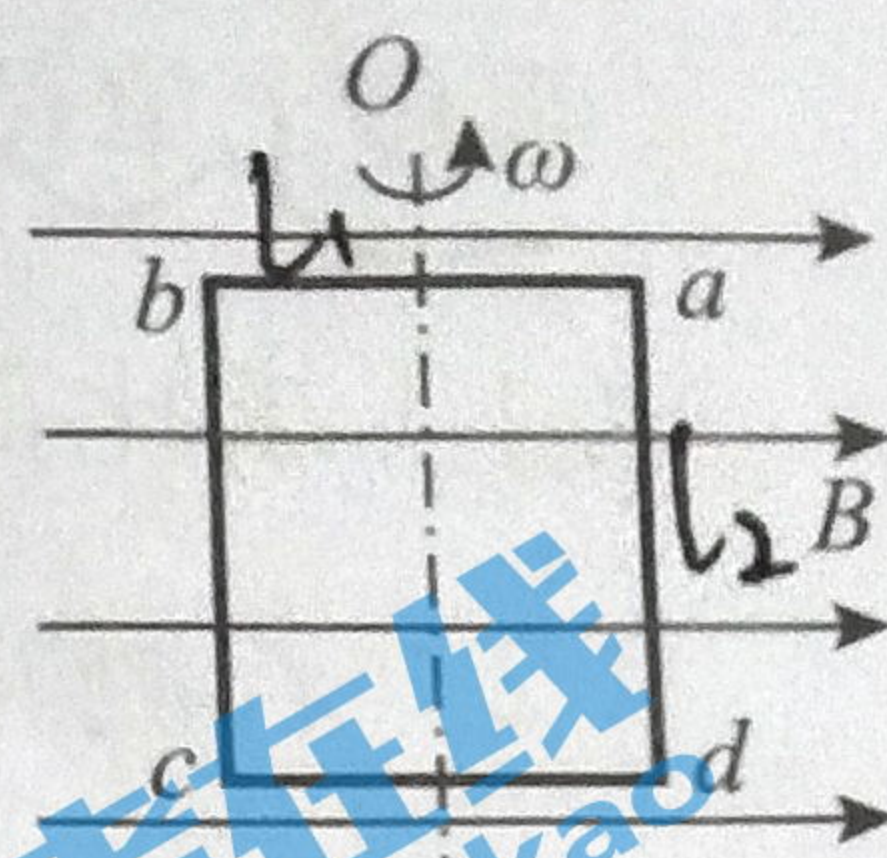


图 19

16. (9分) 如图 20 所示, 一对平行金属极板 a 、 b 水平正对放置, 极板长度为 L , 板间距为 d , 极板间电压为 U , 且板间存在垂直纸面磁感应强度为 B 的匀强磁场 (图中未画出)。一带电粒子以一定的水平速度从两极板的左端正中央沿垂直于电场、磁场的方向射入极板间, 恰好做匀速直线运动, 打到距离金属极板右端 L 处的荧光屏 MN 上的 O 点。若撤去磁场, 粒子仍能从极板间射出, 且打到荧光屏 MN 上的 P 点, 已知 P 点与 O 点间的距离为 h , 不计粒子的重力及空气阻力。

- (1) 请判断匀强磁场的方向;
- (2) 求带电粒子刚进入极板左侧时的速度大小 v ;
- (3) 求粒子的比荷 $(\frac{q}{m})$ 。

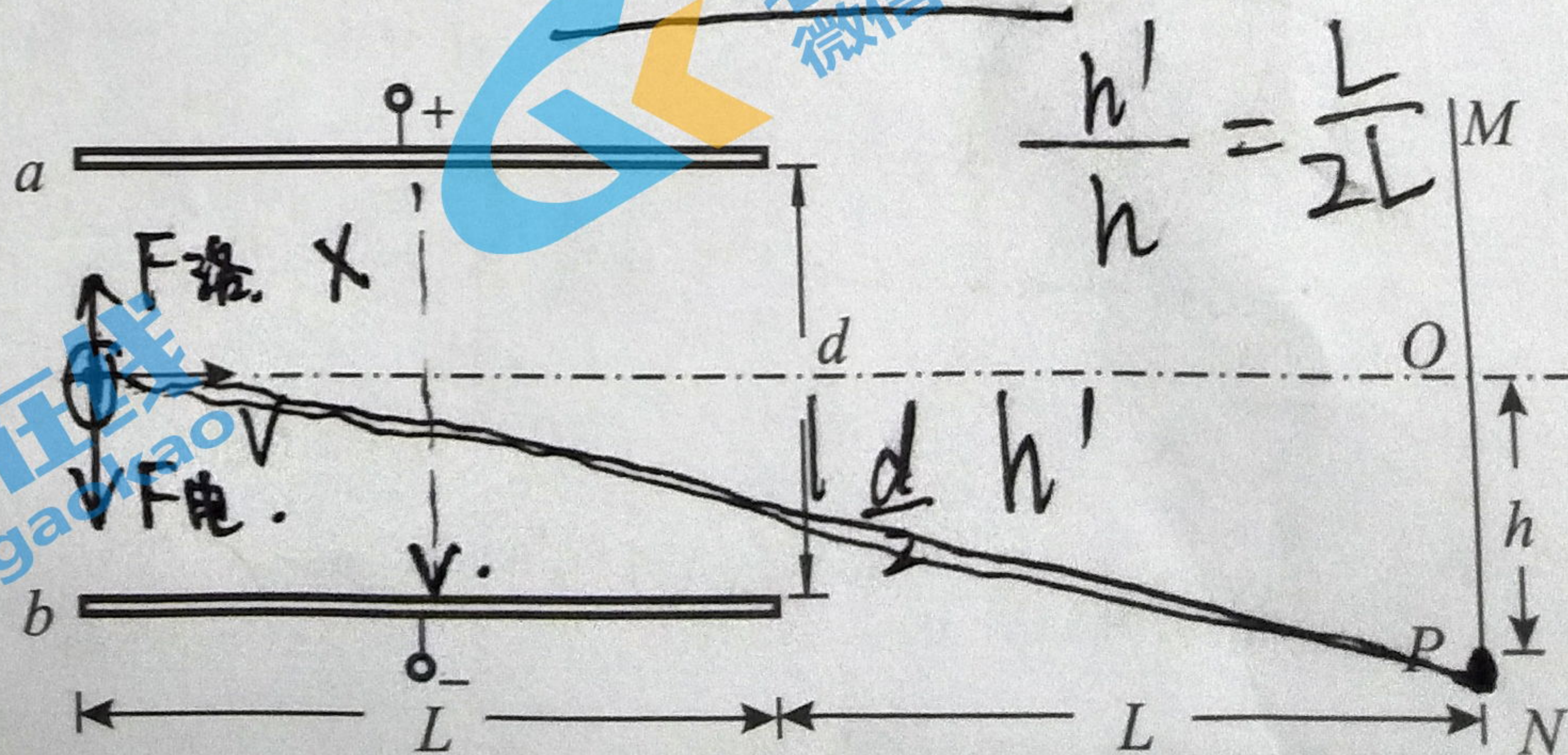


图 20

$\frac{h^2 B^2 l_1 l_2 \omega}{2 R^2} \cdot \frac{2 \pi m}{h} \cdot \frac{1}{2} = \dots$
 $q v B = E q = \frac{v}{a} q \cdot a = \frac{v q}{m a}$
 $L = \frac{1}{2} m v^2$
 $\frac{d}{2} = \frac{1}{2} \lambda$

(1) 求比荷为 $\frac{q}{m}$ 的粒子进入磁场的速度大小; $\checkmark$

 P_1, P_2, P_3 , 求:

②三种同位素 a 、 b 、 c 在该种元素物质组成中所占的质量之比 $M_1:M_2:M_3$ 。

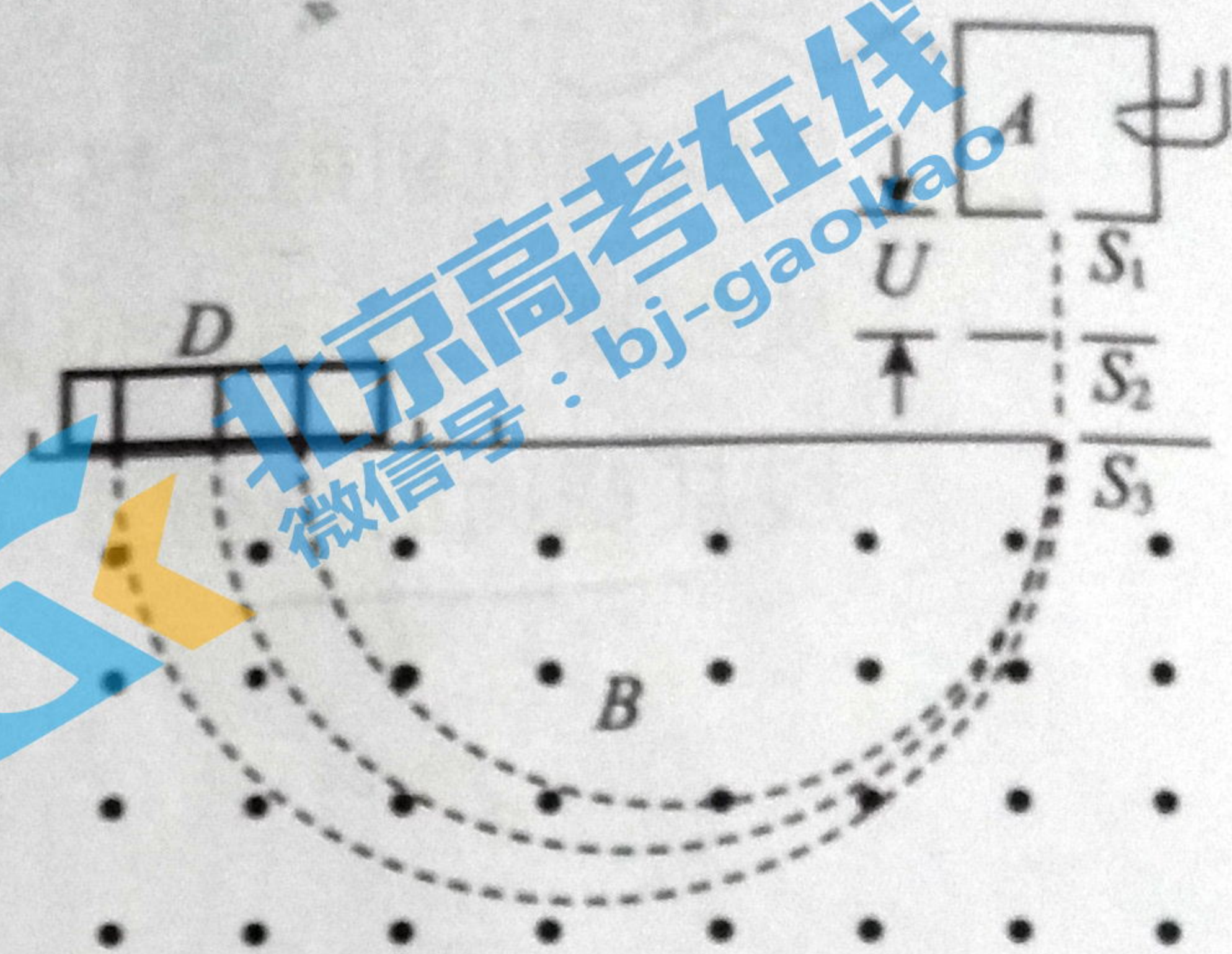


图 21

$$\frac{QBR}{\sqrt{\frac{vq}{m}} \sqrt{\frac{2vq m}{\cancel{4\pi}}}} =$$

8. (12分) 麦克斯韦的电磁场理论告诉我们：变化的磁场产生感生电场，该感生电场是涡旋电场；变化的电场也可以产生感生磁场，该感生磁场是涡旋磁场。

(1) 如图 22 所示，在半径为 r 的虚线边界内有一垂直于纸面向里的匀强磁场，磁感应强度大小随时间的变化关系为 $B=kt$ ($k>0$ 且为常量)。将一半径也为 r 的细金属圆环（图中未画出）与虚线边界同心放置。

①求金属圆环内产生的感生电动势的大小。

②变化的磁场产生的涡旋电场存在于磁场内外的广阔空间中，在与磁场垂直的平面内其电场线是一系列同心圆，如图 23 中的实线所示，圆心与磁场区域的中心重合。在同一圆周上，涡旋电场的电场强度大小处处相等。使得金属圆环内产生感生电动势的非静电力是涡旋电场对自由电荷的作用力，这个力称为涡旋电场力，其与电场强度的关系和静电力与电场强度的关系相同。请推导金属圆环位置的涡旋电场的场强大小 $E_{\text{感}}$ 。

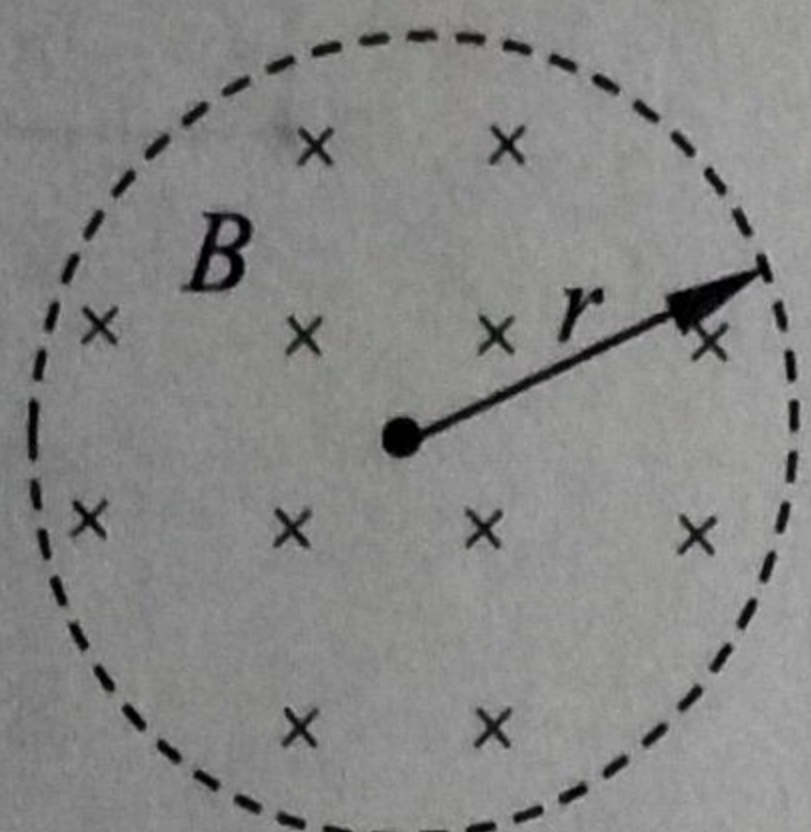


图 22

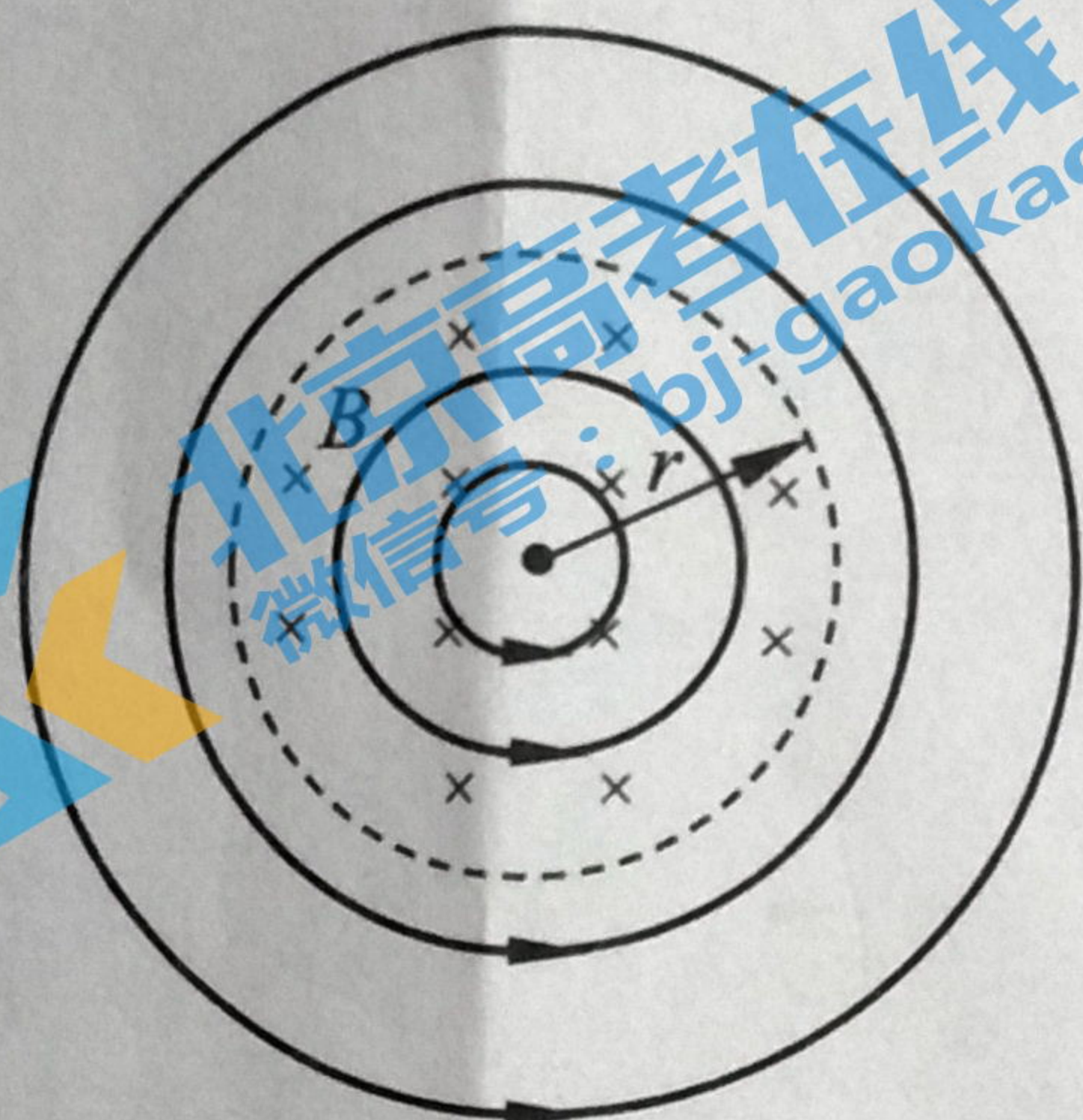


图 23

$$q v B = \frac{m v^2}{r}$$

$$E = B L v \\ = B r v$$

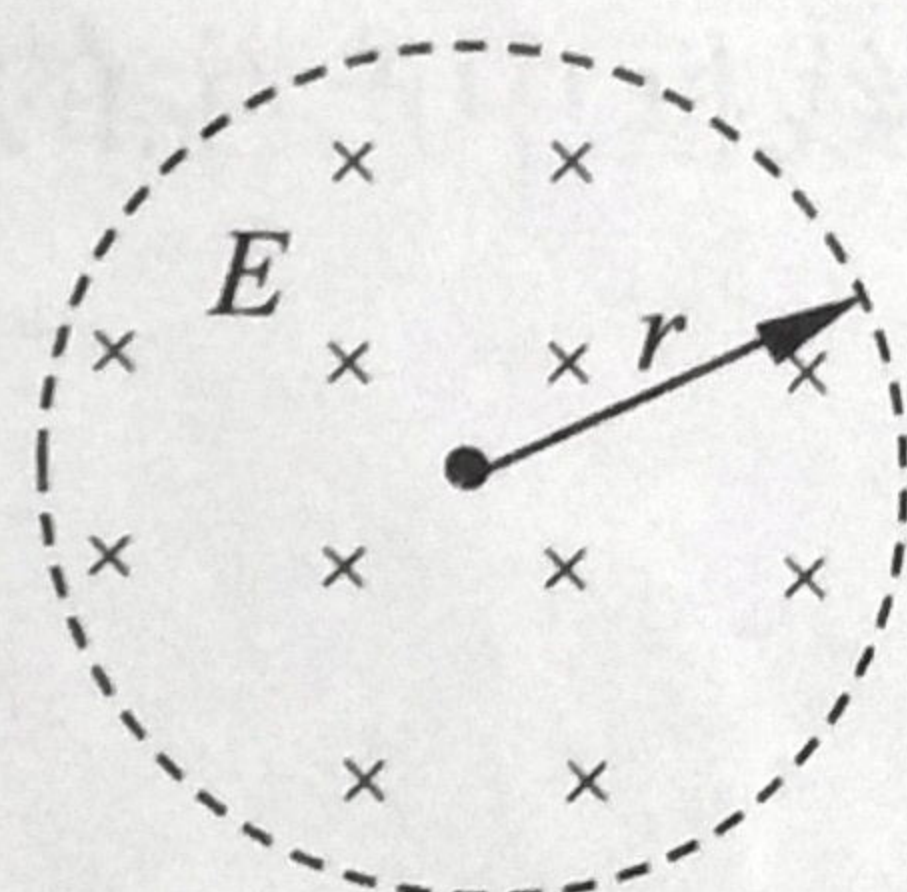


图 24

2) 如图 24 所示，在半径为 r 的虚线边界内有一垂直于纸面向里的匀强电场，电场强度大小随时间的变化关系为 $E=\rho t$ ($\rho>0$ 且为常量)。

①我们把穿过某个面的磁感线条数称为穿过此面的磁通量，同样地，我们可以把穿过某个面的电场线条数称为穿过此面的电通量。电场强度发生变化时，对应面积内的电通量也会发生变化，该变化的电场必然会产生磁场。小明同学猜想求解该磁场的磁感应强度 $B_{\text{感}}$ 的方法可以类比 (1) 中求解 $E_{\text{感}}$ 的方法。若小明同学的猜想成立，请推导 $B_{\text{感}}$ 在距离电场中心为 a ($a<r$) 处的表达式，并求出在距离电场中心 $\frac{r}{2}$ 和 $2r$ 处的磁感应强度的比值 $B_{\text{感}1} : B_{\text{感}2}$ 。

②小红同学对上问通过类比得到的 $B_{\text{感}}$ 的表达式提出质疑，请你用学过的知识判断 $B_{\text{感}}$ 的表达式是否正确，并给出合理的理由。