

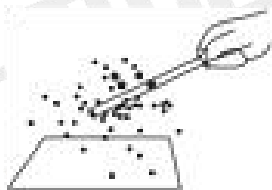
## 训练 01 电荷及其守恒定律 库仑定律

考纲要求：II

难易程度：★★★★☆



如图所示，某次实验老师用丝绸摩擦过的玻璃棒（带正电）去吸引细碎的锡箔屑，发现锡箔屑被吸引到玻璃棒上后又迅速的向空中散开，下列说法正确的是



- A. 锡箔屑被吸引过程会因为获得电子而带负电
- B. 锡箔屑被吸引过程有减速过程
- C. 最后锡箔屑散开主要是因为碰撞导致
- D. 散开时锡箔屑带正电

【参考答案】D

【试题解析】一个带正电的物体能够吸引另一个物体，另一个物体带负电或不带电，锡箔屑被吸引过程带正电，故 A 错误；锡箔屑被吸引过程是加速过程，故 B 错误；最后锡箔屑散开主要是因为锡箔屑带正电，同种电荷相互排斥，故 C 错误，D 正确。

【知识补给】

### 三种起电方式的比较

起电方式	摩擦起电	感应起电	接触起电
产生条件	两不同绝缘体摩擦时	导体靠近带电体时	导体与带电导体接触时
现象	两物体带上等量异种电荷	导体两端出现等量异种电荷，且电性与原带电体“近异远同”	导体上带上与带电体相同电性的电荷

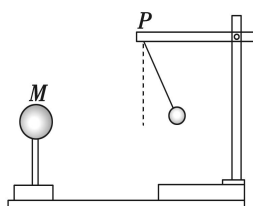
原因	不同物质的原子核对核外电子的束缚能力不同而发生电子得失	导体中的自由电子受带正(负)电物体吸引(排斥)而靠近(远离)	电荷之间的相互排斥
实质	均为电荷在物体之间或物体内部的转移		

**知新**

1 对物体带电现象的叙述, 下列说法正确的是

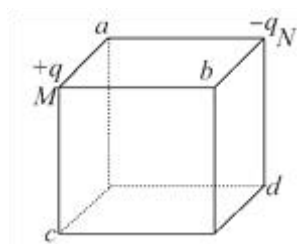
- A. 一个不带电的物体内一定没有电荷
- B. 物体带电一定具有多余的电子
- C. 物体带电的过程就是电荷移动的过程
- D. 物体带电的过程就是创造电荷的过程

2 如图所示, 两个带电球, 大球的电荷量大于小球的电荷量, 可以肯定



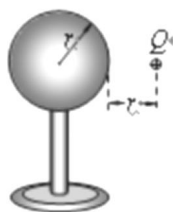
- A. 两球都带正电
- B. 两球都带负电
- C. 大球受到的静电力大于小球受到的静电力
- D. 两球受到的静电力大小相等

3 如图所示, 真空中有一个边长为  $L$  的正方体, 正方体的两个顶点  $M$ 、 $N$  处分别放置电荷量都为  $q$  的正、负点电荷。图中的  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  是其他的四个顶点,  $k$  为静电力常量。下列表述正确是



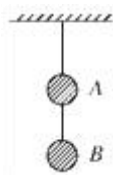
- A.  $a$ 、 $b$  两点电场强度相同
- B.  $a$  点电势高于  $b$  点电势
- C. 把点电荷  $+Q$  从  $c$  移到  $d$ ，电势能增加
- D.  $M$  点的电荷受到的库仑力大小为  $F = \frac{kq^2}{2L^2}$

4 如图所示，将一个半径为  $r$  的不带电的金属球放在绝缘支架上，金属球的右侧放置一个电荷量为  $Q$  的带正电的点电荷，点电荷到金属球表面的最近距离也为  $r$ 。由于静电感应，在金属球上产生感应电荷。设静电力常量为  $k$ 。则关于金属球内的电场以及感应电荷的分布情况，以下说法中正确的是



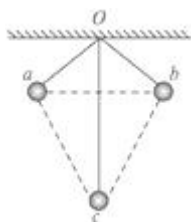
- A. 电荷  $Q$  与感应电荷在金属球内任意位置激发的电场强度都等大反向
- B. 感应电荷在金属球球心处激发的电场场强  $E' = k \frac{Q}{2r^2}$ ，方向向右
- C. 感应电荷全部分布在金属球的表面上
- D. 金属球右侧表面的电荷量多于左侧表面的

5 如图所示，两根细线挂着两个质量相同的小球  $A$ 、 $B$ ，原来两球不带电时，上、下两根细线的拉力为  $F_A$ 、 $F_B$ ，现在两球带上同种电荷后，上、下两根细线的拉力分别为  $F_A'$ 、 $F_B'$ ，则



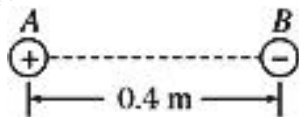
- A.  $F_A = F_A'$ ,  $F_B > F_B'$
- B.  $F_A = F_A'$ ,  $F_B < F_B'$
- C.  $F_A < F_A'$ ,  $F_B > F_B'$
- D.  $F_A > F_A'$ ,  $F_B > F_B'$

6 如图，三个小球  $a$ 、 $b$ 、 $c$  分别用三根绝缘细线悬挂在同一点  $O$ ，细线的长度关系为  $Oa = Ob < Oc$ ，三球带电后能静止在图中位置。此时细线  $Oc$  沿竖直方向， $a$ 、 $b$ 、 $c$  连线后恰构成一等边三角形，则下列说法正确的是



- A.  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三球质量一定相等
- B.  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三球所带电荷量一定相等
- C. 细线  $Oa$ 、 $Ob$  所受拉力大小相等
- D.  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三球所受库仑力大小一定相等

7 如图所示，在一条直线上有两个相距  $0.4\text{ m}$  的点电荷  $A$ 、 $B$ ， $A$  带电  $+Q$ ， $B$  带电  $-9Q$ 。现引入第三个点电荷  $C$ ，恰好使三个点电荷均在电场力的作用下处于平衡状态，则  $C$  的带电性质及位置应为



- A. 正， $B$  的右边  $0.4\text{ m}$  处
- B. 正， $B$  的左边  $0.2\text{ m}$  处
- C. 负， $A$  的左边  $0.2\text{ m}$  处
- D. 负， $A$  的右边  $0.2\text{ m}$  处

题后反思

## 训练 02 电场的性质和电容器的电容

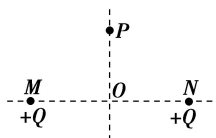
考纲要求：II

难易程度：★★★★☆



如图所示， $M$ 、 $N$  为两个等量同种电荷，在其连线的中垂线上的  $P$  点放置一个静止的点电荷  $q$ （负电荷），不计重力，

下列说法正确的是



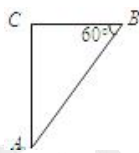
- A. 点电荷在从  $P$  点到  $O$  点的过程中，加速度越来越大，速度也越来越大
- B. 点电荷在从  $P$  点到  $O$  点的过程中，加速度越来越小，速度越来越大
- C. 点电荷运动到  $O$  点时，加速度为零，速度达最大值
- D. 点电荷越过  $O$  点后，速度越来越小，加速度越来越大，直到粒子速度为零

【参考答案】C

【试题解析】由等量同种电荷周围的电场线的分布可知， $O$  点处场强为零，从  $O$  点沿着中垂线向无穷远处延伸，场强先增大后减小，所以点电荷在从  $P$  点到  $O$  点的过程中，加速度可能先增大后减小，AB 错误；但负电荷所受  $M$ 、 $N$  两点电荷库仑力的合力方向竖直向下，到  $O$  点时加速度为零，越过  $O$  点后，加速度阻碍点电荷的运动，速度变小，因此在  $O$  点时，点电荷的速度最大，C 正确；同理，点电荷越过  $O$  点后，速度越来越小，但加速度先增大后减小，D 错误。

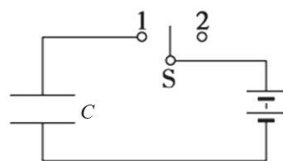


**1** 图中  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点都在匀强电场中，已知  $AC \perp BC$ ， $\angle ABC = 60^\circ$ ， $BC = 20 \text{ cm}$ 。把一个电荷量  $q = 10^{-5} \text{ C}$  的正电荷从  $A$  移到  $B$ ，电场力做功为零，从  $B$  移到  $C$ ，电场力做功为  $-1.73 \times 10^{-3} \text{ J}$ ，则该匀强电场的场强大小和方向是



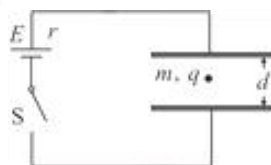
- A.  $865 \text{ V/m}$ ，垂直  $AB$  斜向上
- B.  $865 \text{ V/m}$ ，垂直  $AB$  斜向下
- C.  $1\ 000 \text{ V/m}$ ，垂直  $AB$  斜向上
- D.  $1\ 000 \text{ V/m}$ ，垂直  $AB$  斜向下

**2** 如图的电路中  $C$  是平行板电容器，在  $S$  先触 1 后又扳到 2，这时将平行板的板间距拉大一点，下列说法正确的是



- A. 平行板电容器两板的电势差不变
- B. 平行板电容器带电荷量变小
- C. 平行板电容器两板的电势差减小
- D. 平行板电容器两板间的电场强度不变

**3** 如图所示，两极板间距为  $d$  的平行板电容器与一电源连接，电键  $S$  闭合，电容器两极间有一质量为  $m$ 、带电荷量为  $q$  的微粒静止不动，下列叙述正确的是



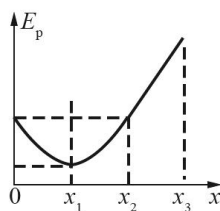
- A. 微粒带负电
- B. 电源电动势的大小为  $\frac{mg}{d}$
- C. 断开电键  $S$ ，微粒将向下做加速运动
- D. 保持电键  $S$  闭合，把电容器两极板距离增大，微粒将向下做加速运动

4 如图，一带负电荷的油滴在匀强电场中运动，其轨迹在竖直面（纸面）内，且相对于过轨迹最低点  $P$  的竖直线对称。忽略空气阻力。由此可知



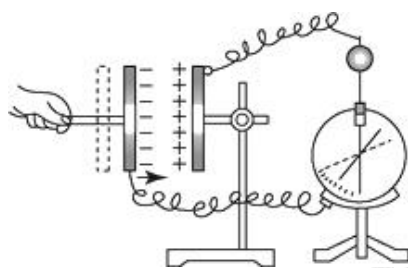
- A.  $Q$  点的电势比  $P$  点低
- B. 油滴在  $Q$  点的动能比它在  $P$  点的大
- C. 油滴在  $Q$  点的电势能比它在  $P$  点的大
- D. 油滴在  $Q$  点的加速度大小比它在  $P$  点的小

5 一带负电的粒子只在电场力作用下沿  $x$  轴正向运动，其电势能  $E_p$  随位置坐标  $x$  变化的关系如图所示，其中  $0 \sim x_2$  段是关于直线  $x=x_1$  对称的曲线， $x_2 \sim x_3$  段是直线，其中  $x_3 - x_2 = x_2 - x_1$ ，则下列说法正确的是



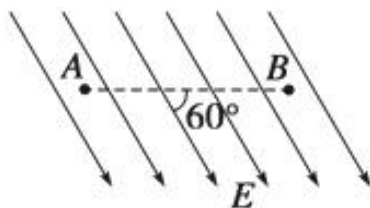
- A.  $0 \sim x_1$  段的电场强度逐渐减小
- B. 粒子在  $x_1 \sim x_2$  段做匀变速运动， $x_2 \sim x_3$  段做匀速直线运动
- C.  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  处电势  $\varphi_1$ 、 $\varphi_2$ 、 $\varphi_3$  的关系为  $\varphi_1 > \varphi_2 > \varphi_3$
- D.  $x_1$  与  $x_2$  两点间的电势差  $U_{12}$  等于  $x_2$  与  $x_3$  两点间的电势差  $U_{23}$

6 如图所示，平行板电容器已经充电，静电计的金属球与电容器的一个极板连接，外壳与另一个极板连接，静电计指针的偏转指示电容器两极板间的电势差。实验中保持极板上的电荷量  $Q$  不变。设电容器两极板正对面积为  $S$ ，极板间的距离为  $d$ ，静电计指针偏角为  $\theta$ ，下列关于实验现象的描述正确的是



- A. 保持  $S$  不变, 减小  $d$ , 则  $\theta$  不变
- B. 保持  $S$  不变, 减小  $d$ , 则  $\theta$  变小
- C. 保持  $d$  不变, 减小  $S$ , 则  $\theta$  变小
- D. 保持  $S$ 、 $d$  不变, 在两极板间插入电介质, 则  $\theta$  变大

**7** 如图所示, 在匀强电场中, 有  $A$ 、 $B$  两点, 它们间距为  $2\text{ cm}$ , 两点的连线与场强方向成  $60^\circ$  角。将一个不知道电荷性质, 电荷量为  $2 \times 10^{-5}\text{ C}$  的电荷由  $A$  移到  $B$ , 其电势能增加了  $0.2\text{ J}$ 。求:



- (1) 判断电荷带正电还是负电? 由  $A$  到  $B$  电场力做的功  $W_{AB}$ ?
- (2)  $A$ 、 $B$  两点的电势差  $U_{AB}$  为多少?
- (3) 匀强电场的场强的大小?

**题后反思**

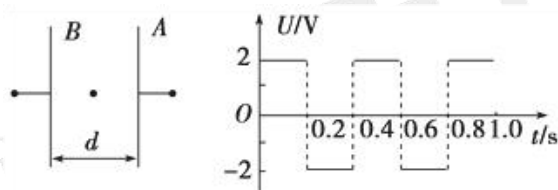
**训练 03 带电粒子在匀强电场中的运动**

考纲要求: II

难易程度: ★★★★★



如图所示，在平行板电容器  $A$ 、 $B$  两板上加上如图所示的交变电压，开始时  $B$  板电势比  $A$  板高，这时两板中间原来静止的电子在电场力作用下开始运动，设  $A$ 、 $B$  两板间的距离足够大，则下述说法中正确的是



- A. 电子先向  $A$  板运动，然后向  $B$  板运动，再返回  $A$  板做周期性来回运动
- B. 电子一直向  $A$  板运动
- C. 电子一直向  $B$  板运动
- D. 电子先向  $B$  板运动，然后向  $A$  板运动，再返回  $B$  板做周期性来回运动

【参考答案】C

【参考答案】根据  $AB$  两极板电场的变化，分析电子所受电场力的变化，结合加速度与速度方向的关系判断其运动性质。在  $0\sim 0.2\text{ s}$  内， $B$  板电势比  $A$  板高，电场方向水平向右，电子受到的电场力方向水平向左，向左做匀加速直线运动， $0.2\sim 0.4\text{ s}$  内， $A$  板电势比  $B$  板高，电场方向水平向左，电子所受的电场力水平向右，电子向左做匀减速直线运动， $0.4\text{ s}$  末速度减为零，然后重复之前的运动，可知电子一直向  $B$  板运动，故 C 正确。

【知识补给】

### 带电粒子在匀强电场中的运动

#### 1. 处理带电粒子在电场中运动的常用技巧

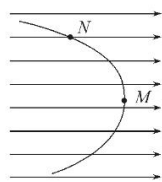
(1) 微观粒子（如电子、质子、 $\alpha$ 粒子等）在电场中的运动，通常不必考虑其重力及运动中重力势能的变化。

(2) 普通的带电体（如油滴、尘埃、小球等）在电场中的运动，除题中说明外，必须考虑其重力及运动中重力势能的变化。

#### 2. 解答带电粒子在交变电场中运动的思维方法

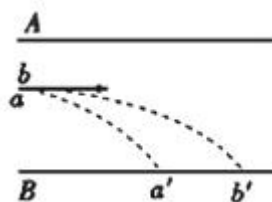


3 如图所示，一带电粒子以某速度进入水平向右的匀强电场中，在电场力作用下形成图中所示的运动轨迹。 $M$ 和 $N$ 是轨迹上的两点，其中 $M$ 点是轨迹的最右点。不计重力，下列表述正确的是



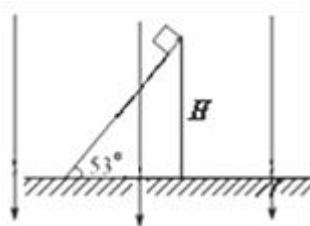
- A. 粒子在电场中的电势能始终在增加
- B. 粒子所受电场力沿电场方向
- C. 粒子在电场中的加速度变大
- D. 粒子在 $M$ 点的速率最小

4 如图所示， $a$ 、 $b$ 两个带正电的粒子，以相同的速度先后垂直于电场线从同一点进入平行板间的匀强电场后， $a$ 粒子打在 $B$ 板的 $a'$ 点， $b$ 粒子打在 $B$ 板的 $b'$ 点，若不计重力，则



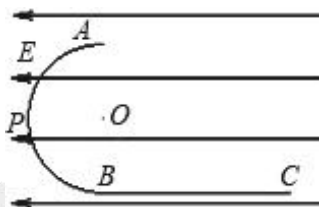
- A.  $a$ 在板间的运动时间一定大于 $b$ 的运动时间
- B.  $b$ 打到板上的速率一定大于 $a$ 打到板上的速率
- C.  $a$ 的加速度一定大于 $b$ 的加速度
- D.  $a$ 的比荷一定大于 $b$ 的比荷

5 如图所示，质量为 $m$ 的带电小物块置于倾角 $53^\circ$ 的光滑斜面上，当整个装置处于竖直向下的匀强电场中时，小物块恰好静止在高为 $H$ 的斜面顶端，现将电场方向突然改为水平向右，而电场强度大小不变，重力加速度为 $g$ ， $\sin 37^\circ=0.6$ ， $\cos 37^\circ=0.8$ ，则小物块从斜面顶端开始



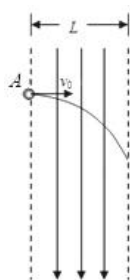
- A. 历时  $\sqrt{\frac{25H}{14g}}$  着地
- B. 历时  $\sqrt{\frac{2H}{g}}$  着地
- C. 到着地过程机械能增加  $\frac{3mgH}{4}$
- D. 到着地过程动能增加  $2mgH$

**6** 如图所示， $ABC$  为竖直平面内的绝缘轨道， $AB$  部分是半径为  $R$  的光滑半圆轨道， $BC$  部分水平，整个轨道处于水平向左的匀强电场中，有一质量为  $m$ 、带电荷量为  $q$  的小滑块，它与  $BC$  间的动摩擦因数为  $\mu$ ，已知重力加速度为  $g$ ，场强大小为  $\frac{4mg}{3q}$ ， $\mu = \frac{1}{3}$ ，求：



- (1) 要使小滑块能运动到  $A$  点，滑块应在  $BC$  轨道上离  $B$  至少多远处静止释放；
- (2) 在上述情况中，小滑块速度最大时对轨道的压力。

**7** 在宽度为  $L$  的条形区域内有匀强电场，电场的方向平行于区域边界。有一个带电粒子（不计重力）从左侧边界上的  $A$  点，以初速度  $v_0$  沿垂直于电场的方向射入电场，粒子从右侧边界射出时的速度大小为  $\frac{\sqrt{17}}{4}v_0$ 。



- (1) 求粒子从右侧边界射出时，沿电场方向位移的大小；
- (2) 若带电粒子的入射速度改为  $\frac{1}{4}v_0$ ，求粒子从右侧边界射出时速度的大小；
- (3) 若带电粒子的入射速度大小可以为任意值（远小于光速），求带电粒子从右侧边界射出速度的最小值。

### 题后反思

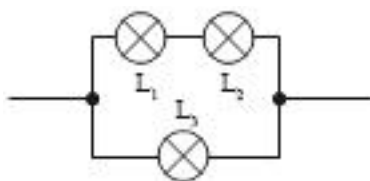
## 训练 04 串、并联电路的规律

考纲要求： I

难易程度：★★★★☆

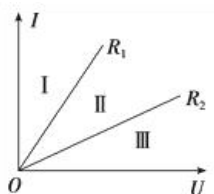
### 温故

三个阻值相同的灯泡，其允许消耗的最大功率都是 10 W，现将其中的两只灯泡串联起来，再与第三只灯泡并联在电路中，如图，则整个电路允许消耗的最大功率为



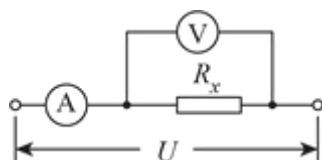


总电阻设为  $R$ 。下列关于  $P_1$  和  $P_2$  的大小关系及  $R$  的伏安特性曲线应该在的区域正确的是



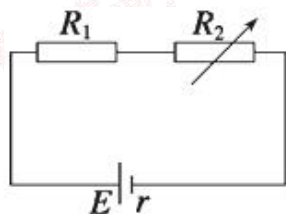
- A. 特性曲线在 I 区,  $P_1 < P_2$
- B. 特性曲线在 III 区,  $P_1 > P_2$
- C. 特性曲线在 I 区,  $P_1 > P_2$
- D. 特性曲线在 III 区,  $P_1 < P_2$

2 用电流表和电压表测量电阻的电路如图所示, 其中  $R_x$  为待测电阻, 电表为内阻对测量结果的影响不能忽略, 下列说法中正确的是



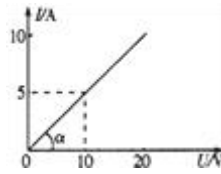
- A. 电流表的示数大于通过  $R_x$  的电流
- B. 电流表的示数小于通过  $R_x$  的电流
- C. 电压表的示数小于  $R_x$  两端的电压
- D. 电压表的示数大于  $R_x$  两端的电压

3 如图所示,  $R_1$  为定值电阻,  $R_2$  为可变电阻,  $E$  为电源电动势,  $r$  为电源的内电阻, 以下说法中不正确的是



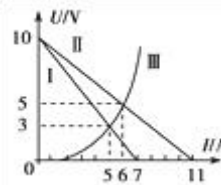
- A. 当  $R_2 = R_1 + r$  时,  $R_2$  上获得最大功率
- B. 当  $R_1 = R_2 + r$  时,  $R_1$  上获得最大功率
- C. 当  $R_2 = 0$  时,  $R_1$  上获得功率一定最大
- D. 当  $R_2 = 0$  时, 电源的输出功率可能最大

4 如图所示是某导体的  $I-U$  图象，图中  $\alpha=45^\circ$ ，下列说法正确的是



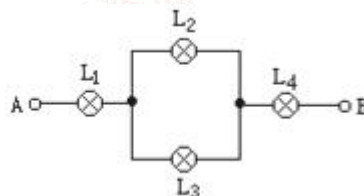
- A. 此导体的电阻  $R=0.5 \Omega$
- B. 此导体的电阻  $R=2 \Omega$
- C.  $I-U$  图象的斜率表示电阻的倒数，所以  $R=\cot 45^\circ=1.0 \Omega$
- D. 在  $R$  两端加  $6.0 \text{ V}$  电压时，每秒通过导体截面的电荷量是  $6.0 \text{ C}$

5 如图所示，直线 I、II 分别是电源 1 与电源 2 的路端电压随电流的变化的特性图线，曲线 III 是一个小灯泡的伏安特性曲线，如果把该小灯泡分别与电源 1、电源 2 单独连接，则下列说法正确的是



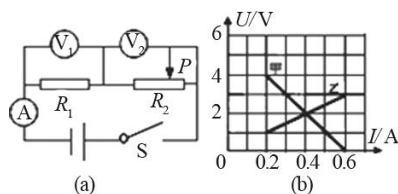
- A. 电源 1 与电源 2 的内阻之比是 7:11
- B. 电源 1 与电源 2 的电动势之比是 1:2
- C. 在这两种连接状态下，小灯泡消耗的功率之比是 1:2
- D. 在这两种连接状态下，小灯泡的电阻之比是 1:2

6 如图电路中，电灯  $L_1$ 、 $L_2$  都标有“ $220 \text{ V}$ 、 $40 \text{ W}$ ”；电灯  $L_3$ 、 $L_4$  都标有“ $220 \text{ V}$ 、 $100 \text{ W}$ ”。将  $A$ 、 $B$  两端接入电源，最暗的灯是



- A.  $L_1$
- B.  $L_2$
- C.  $L_3$
- D.  $L_4$

7 在如图 (a) 所示的电路中， $R_1$  为定值电阻， $R_2$  为滑动变阻器。闭合开关  $S$ ，将滑动变阻器的滑动触头  $P$  从最右端滑到最左端，两个电压表 (内阻极大) 的示数随电路中电流变化的完整过程图线如图 (b) 所示。则



- A. 图线甲是电压表  $V_1$  示数随电流变化的图线
- B. 电源内电阻的阻值为  $10 \Omega$
- C. 电源的电动势是  $4 \text{ V}$
- D. 滑动变阻器  $R_2$  的最大功率为  $0.9 \text{ W}$

**题后反思**

课程咨询: 4000-121-121

---



---



---

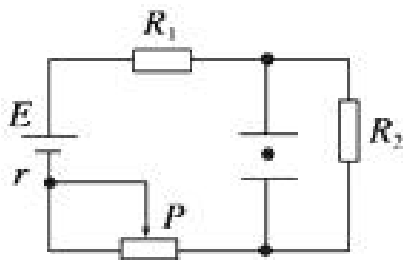
### 训练 05 电路的动态分析

考纲要求: II

难易程度: ★★☆☆☆

**温故**

如图所示的电路，水平放置的平行板电容器中有一个带电液滴正好处于静止状态，现将滑动变阻器的滑片  $P$  向左移动，则



- A. 电容器中的电场强度将增大
- B. 电容器上的电荷量将减少

C. 电容器的电容将减小

D. 液滴将向上运动

**【参考答案】** B

**【试题解析】** 电容器两板间电压等于  $R_2$  两端的电压，当滑片  $P$  向左移动时，滑动变阻器接入电路的电阻变大，则电路中的电流减小， $R_2$  两端电压  $U$  减小，由  $E = \frac{U}{d}$  知，电容器中的场强变小，故 A 错误；根据公式  $C = \frac{Q}{U}$ ，可知电容器放电，电荷量减小，故 B 正确；电容器的电容与  $U$  的变化没有关系，保持不变，故 C 错误；电容器中的场强变小，则带电液滴所受的电场力变小，重力大于电场力，液滴将向下运动，故 D 错误。

**【知识补给】**

### 电路动态变化的分析

1. 电路动态分析类问题是指由于断开或闭合开关、滑动变阻器滑片的滑动等造成电路结构发生了变化，一处变化又引起了一系列的变化。

2. 电路动态分析的方法

(1) 程序法：电路结构的变化  $\rightarrow R$  的变化  $\rightarrow R_{\text{总}} \text{ 的变化} \rightarrow I_{\text{总}} \text{ 的变化} \rightarrow U_{\text{端}} \text{ 的变化}$   
 $\rightarrow$  固定支路  $\begin{cases} \text{并联分流 } I \\ \text{串联分压 } U \end{cases} \rightarrow \text{变化支路}。$

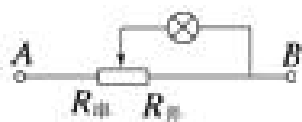
(2) 极限法：即因滑动变阻器滑片滑动引起的电路变化问题，可将滑动变阻器的滑动端分别滑至两个极端去讨论。

(3) 判定总电阻变化情况的规律

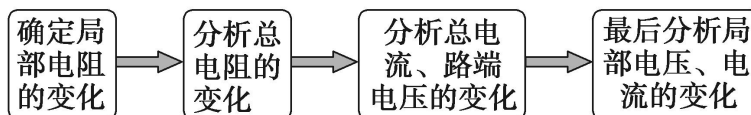
① 当外电路的任何一个电阻增大(或减小)时，电路的总电阻一定增大(或减小)。

② 若开关的通、断使串联的用电器增多时，电路的总电阻增大；若开关的通、断使并联的支路增多时，电路的总电阻减小。

③ 在如图所示分压电路中，滑动变阻器可视为由两段电阻构成，其中一段  $R_{\#}$  与灯泡并联，另一段  $R_{\#}$  与并联部分串联。A、B 两端的总电阻与  $R_{\#}$  的变化趋势一致。



### 3. 电路动态分析思路



电路动态分析要注意以下三点：

- (1) 闭合电路欧姆定律  $E=U+Ir$  ( $E$ 、 $r$  不变) 和部分电路欧姆定律  $U=IR$  联合使用。
- (2) 局部电阻增则总电阻增，反之总电阻减；支路数量增则总电阻减，反之总电阻增。
- (3) 两个关系：外电压等于外电路上串联各分电压之和；总电流等于各支路电流之和。

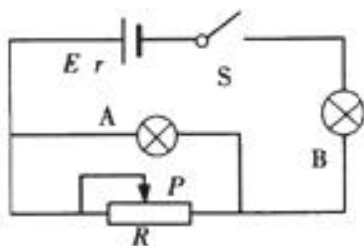
### 4. 电容器电路分析

在直流电路中，当电容器充、放电时，电路里有充、放电电流，一旦电路达到稳定状态，电容器在电路中就相当于一个阻值无穷大的元件，在电容器处电路可看作是断路，简化电路时可去掉它，简化后若要求电容器所带电荷量时，可接在相应的位置上，分析和计算含有电容器的直流电路时，需注意以下几点：

- (1) 电路稳定后，由于电容器所在支路无电流通过，所以在此支路中的电阻上无电压降。因此，电容器两极间的电压就等于该支路两端的电压。
  - (2) 当电容器和电阻并联后接入电路时，电容器两极间的电压与其并联电阻两端的电压相等。
- 3、电路的电流、电压变化时，将会引起电容器的充（放）电，如果电容器两端电压升高，电容器将充电，如果电压降低，电容器将通过与它连接的电路放电。

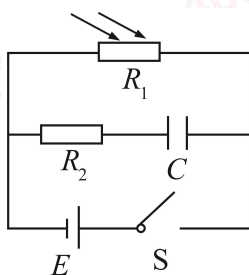


如图所示，闭合开关 S 后，A 灯与 B 灯均发光，当滑动变阻器的滑片 P 向左滑动时，以下说法中正确的是



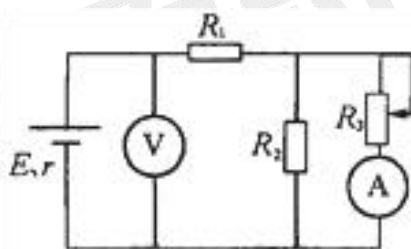
- A. A 灯变暗
- B. B 灯变亮
- C. 电源的输出功率可能减小
- D. 电源的总功率增大

2 图示电路中， $R_1$  是光敏电阻， $R_2$  是定值电阻，电源的内阻不能忽略。闭合开关 S，当光敏电阻上的光照强度增大时，下列有关电路的分析，其中正确的是



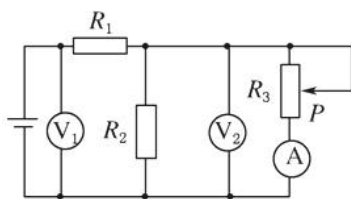
- A. 通过  $R_1$  的电流增大
- B. 电容器所带电荷量增加
- C. 电源的输出功率减小
- D. 电源的效率增大

3 如图所示的电路中，当滑动变阻器的滑动头向上移动时，下列结论正确的是



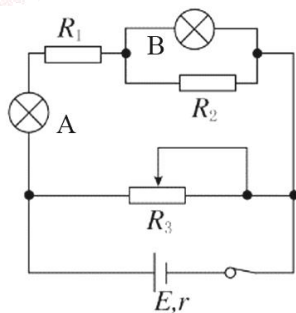
- A. 电压表的示数增大，电流表的示数减小
- B. 电压表和电流表的示数都增大
- C. 电压表的示数减小，电流表的示数增大
- D. 电压表和电流表的示数都减小

4 如图所示，当滑动变阻器的滑片 P 向下端移动时，下列说法正确的是



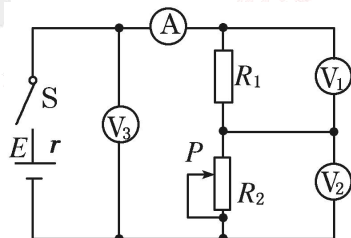
- A. 电阻  $R_1$  消耗的功率增大
- B. 电源的输出功率增大
- C.  $V_1$  增大,  $V_2$  增大, A 减小
- D.  $V_1$  减小,  $V_2$  减小, A 增大

5 如图所示的电路中, 灯泡 A 和灯泡 B 原来都是正常发光的。现在突然灯泡 A 比原来变暗了些, 灯泡 B 比原来变亮了些, 则电路中出现的故障可能是



- A.  $R_3$  断路
- B.  $R_2$  断路
- C.  $R_1$  短路
- D.  $R_1$ 、 $R_2$  同时短路

6 在如图所示的电路中, 闭合开关 S, 当滑动变阻器的滑动触头 P 向下滑动时, 四个理想电表的示数都发生变化, 电表的示数分别用  $I$ 、 $U_1$ 、 $U_2$  和  $U_3$  表示, 电表示数变化量的大小分别用  $\Delta I$ 、 $\Delta U_1$ 、 $\Delta U_2$  和  $\Delta U_3$  表示。下列比值正确的是



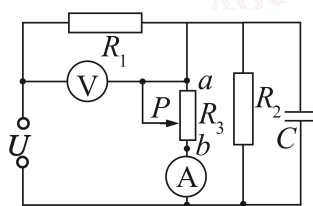
- A.  $\frac{U_1}{I}$  不变,  $\frac{\Delta U_1}{\Delta I}$  不变
- B.  $\frac{U_2}{I}$  变大,  $\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$  变大

C.  $\frac{U_2}{I}$  变大,  $\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$  不变

D.  $\frac{U_3}{I}$  变大,  $\frac{\Delta U_3}{\Delta I}$  不变



已知滑动变阻器接入电路的电阻与其接入电路的长度成正比。如图所示, 电路中  $R_3$  为滑动变阻器,  $R_1$ 、 $R_2$  为定值电阻, A、V 为理想电表, C 为电容器, 电路接稳恒电压  $U$ 。当滑动变阻器的滑片  $P$  向下移动时, 关于各物理量的变化, 下列说法中正确的是



A. 电压表的示数变大

B. 电流表的示数变小

C. 电容器  $C$  两极板所带的电荷量增多

D.  $R_2$  消耗的功率变小

### 题后反思

## 训练 06 电功、电功率及电路中的能量转化

考纲要求: I

难易程度: ★★☆☆☆

### 温故

如图, 直线  $OAC$  为某一直流电源的总功率随电流  $I$  变化的图线, 抛物线  $OBC$  为该电源内部热功率  $P$  随电流  $I$  变化的图线。若  $A$ 、 $B$  对应的横坐标为  $2\text{ A}$ 。则下列判断正确的是

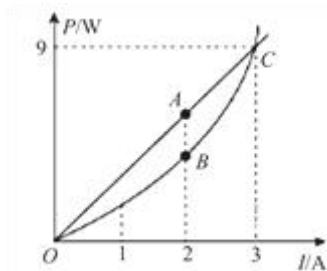
深圳小学家长群: 254317299

深圳初中家长群: 90482695

深圳高中家长群: 175743089

更多资料详见: <http://sz.jiajiaoban.com/>

咨询电话: 4000-121-121



- A. 该电源的电动势为 3 V，内电阻为 3 Ω
- B. 当总电流  $I=1$  A 时，电源的输出功率为 2 W
- C. 当总电流  $I=2$  A 时，电源的输出功率为 4 W
- D. 当总电流  $I=1.5$  A 时，电源的输出功率最大，为 2.25 W

【参考答案】BD

【试题解析】从图象可知：有两个交点，O 点处是没有通电，而 C 处它们的电功率相等，说明电源短接，由  $P=I^2r$  可得  $r=1\ \Omega$ ， $E=3\ \text{V}$ ，选项 A 错误；根据闭合电路欧姆定律可知， $E=I(R+r)$  当电路中电流为 1 A 时，外电路的电阻  $R=2\ \Omega$ ，电源的输出功率为： $P=I^2R=2\ \text{W}$ ，选项 B 正确；电流为 2 A 时，外电路电阻为 0.5 Ω，电源的输出功率为： $P=I^2R=2\ \text{W}$ ，选项 C 错误；当外电路电阻等于内阻时，电源的输出功率最大，此时电路中电流为： $I=\frac{E}{R+r}=1.5\ \text{A}$ ，电源的输出功率最大，为  $\frac{E^2}{4r}=2.25\ \text{W}$ ，选项 D 正确。

大，为  $\frac{E^2}{4r}=2.25\ \text{W}$ ，选项 D 正确。

【知识补给】

### 纯电阻电路和非纯电阻电路的比较

	纯电阻电路	非纯电阻电路
元件特点	电路中只有电阻元件	除电阻外还有能把电能转化为其他形式的能的用电器
欧姆定律	遵循欧姆定律： $I=\frac{U}{R}$	不遵循欧姆定律： $U>IR$ 或 $I<\frac{U}{R}$
能量转化	电流做功全部转化为电热	电流做功除转化为内能外，还要转化为其他形式的能
元件举例	电阻、电炉丝	电动机、电解槽
电功与电	$W=UIt$ ， $Q=I^2Rt=\frac{U^2}{R}t$ ， $W=Q$	$W=UIt$ ， $Q=I^2Rt$ ， $W>Q$

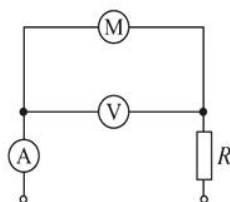
热		
电功率与热功率	$P_{\text{电}}=UI, P_{\text{热}}=I^2R=\frac{U^2}{R}, P_{\text{电}}=P_{\text{热}},$	$P_{\text{电}}=UI, P_{\text{热}}=I^2R, P_{\text{电}}>P_{\text{热}},$

**知新**

1 一台发电机用 0.5 A 的电流向外输电，在 1 min 内将 3 600 J 的机械能转化为电能，则发电机的电动势为

- A. 360 V      B. 120 V      C. 12 V      D. 6 V

2 直流电动机 M 接在如图所示的电路中，理想电压表的示数是 20 V，理想电流表的示数是 1.0 A，限流电阻  $R=5.0 \Omega$ ，则可知

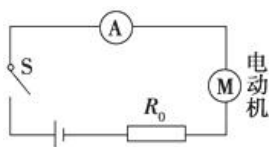


- A. 电动机的机械功率是 20 W  
 B. 电阻 R 消耗的电功率是 5 W  
 C. 电动机线圈的电阻是 20  $\Omega$   
 D. 电动机产生的电热功率是 20 W

3 理发用的电吹风机中有电动机和电热丝，电动机带动风叶转动，电热丝给空气加热，热风将头发吹干。设电动机线圈的电阻为  $R_1$ ，它与电热丝的电阻  $R_2$  相串联，接到直流电源上，电吹风机两端电压为  $U$ ，电流为  $I$ ，消耗的电功率为  $P$ ，则有

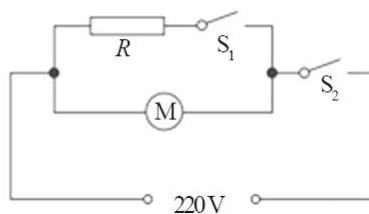
- A.  $UI > P$       B.  $P > I^2(R_1 + R_2)$   
 C.  $UI < P$       D.  $P = I^2(R_1 + R_2)$

4 在如图所示电路中，电源电动势为 6 V，电源内阻为 1.0  $\Omega$ ，电路中的定值电阻  $R_0$  为 1.5  $\Omega$ ，小型直流电动机 M 的内阻为 0.5  $\Omega$ 。闭合开关 S 后，电动机转动，电流表的示数为 1.0 A。则以下判断中正确的是



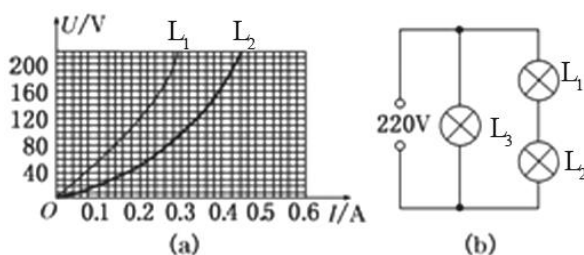
- A. 电动机两端的电压为 1 V
- B. 电动机产生的热功率为 3.5 W
- C. 电动机的输出功率为 3 W
- D. 电源输出的电功率为 6 W

4 如图所示是某款理发用的电吹风的电路图，它主要由电动机 M 和电热丝 R 构成。当闭合开关  $S_1$ 、 $S_2$  后，电动机驱动风叶旋转，将空气从进风口吸入，经电热丝加热，形成热风后从出风口吹出。已知电吹风的额定电压为 220 V，吹冷风时的功率为 120 W，吹热风时的功率为 1 000 W，关于该电吹风，下列说法正确的是




- A. 电热丝的电阻为 55  $\Omega$
- B. 电动机的电阻为  $\frac{1210}{3} \Omega$
- C. 当电吹风热风时，电热丝每秒钟消耗的电能为 1 000 J
- D. 当电吹风热风时，电动机每秒钟消耗的电能为 120 J

6 额定电压均为 220 V 的白炽灯  $L_1$  和  $L_2$  的  $U-I$  特性曲线如图 (a) 所示，现将和  $L_2$  完全相同的  $L_3$  与  $L_1$  和  $L_2$  一起按如图 (b) 所示电路接入 220 V 电路中，则下列说法正确的是



- A.  $L_2$  的额定功率为 99 W
- B.  $L_2$  的实际功率为 17 W
- C.  $L_2$  的实际功率比  $L_3$  的实际功率小 17 W
- D.  $L_2$  的实际功率比  $L_3$  的实际功率小 82 W

 一台电风扇，内电阻是  $20\ \Omega$ ，接上 220 V 的电压后，消耗的功率是 66 W，求：

- (1) 电风扇正常工作时通过风扇电动机的电流大小；
- (2) 电风扇工作时，转化为机械能和内能的功率以及电动机的效率；
- (3) 若接上电源后，扇叶被卡住，不能转动，此时通过电动机的电流多大？电动机消耗的电功率和发热功率各是多大？

 题后反思

---



---



---



---

### 训练 07 电学实验

考纲要求：II

难易程度：★★★★☆



在做《测定金属的电阻率》的实验时，需要对金属丝的电阻进行测量，已知金属丝的电阻值  $R_x$  约为  $20\ \Omega$ 。一位同学用伏安法对这个电阻的阻值进行了比较精确的测量，这位同学想使被测电阻  $R_x$  两端的电压变化范围尽可能的大。他可选用的器材有：



电源  $E$ ：电动势为  $8\ \text{V}$ ，内阻为  $1.0\ \Omega$ ；  
 电流表  $A$ ：量程  $0.6\ \text{A}$ ，内阻约为  $0.50\ \Omega$ ；  
 电压表  $V$ ：量程  $10\ \text{V}$ ，内阻约为  $10\ \text{k}\Omega$ ；  
 滑动变阻器  $R$ ：最大电阻值为  $5.0\ \Omega$ ；  
 开关一个，导线若干。

(1) 根据上述条件，测量时电流表应采用\_\_\_\_\_。（选填“外接法”或“内接法”）

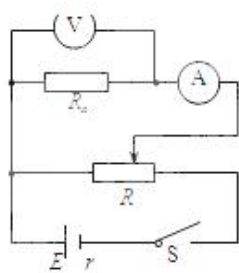
(2) 在方框内画出实验电路图。

(3) 若在上述实验中，电流表的示数为  $I$ ，电压表的示数为  $U$ ，且电流表内阻  $R_A$ 、电压表内阻  $R_V$  均为已知量，用测量物理量和电表内阻计算金属丝电阻的表达式  $R_x =$ \_\_\_\_\_。

**【参考答案】** (1) 外接法 (2) 见解析 (3)  $\frac{UR_V}{IR_V - U}$

**【试题解析】** (1) 待测电阻较小， $R < \sqrt{R_A R_V}$ ，所以测量时电流表应采用外接法；

(2) 被测电阻  $R_x$  两端的电压变化范围尽可能的大，则变阻器选用分压式接法，实验电路图如下



(3) 金属丝电阻的表达式 
$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}} = \frac{UR_V}{IR_V - U}$$

【知识补给】

电学实验

一、螺旋测微器的使用和读数

- 螺旋测微器常用来测量较小物体的长度，由于读数需估读到 0.001 mm，即千分之一毫米位，所以螺旋测微器也叫千分尺。
- 读数时要分三步：一找整数毫米，二看半毫米，三读螺旋刻度。
- 读数规则：

测量值=固定刻度整数毫米（半毫米刻度露出，需读 0.5 mm）+0.01 mm×可动刻度（估读）

螺旋测微器有 50 个可动刻度，转一周平移 0.5 mm，即可动刻度最小刻度对应

$$\frac{0.5}{50} \text{ mm} = 0.01 \text{ mm}.$$

二、测定金属的电阻率

- 实验原理：电阻定律  $R = \rho \frac{L}{S}$ ，  $\rho = \frac{RS}{L}$

2. 实验器材：

待测材料（规则柱形元器件或提供可塑形装置）、刻度尺（测量  $L$ ）、螺旋测微器（测量并计算  $S$ ）、直流电源、电流表、电压表、滑动变阻器（测量多次电阻）、开关、导线若干。

3. 主要实验步骤：

- 测量材料器件的尺寸参数，包括横截面积和长度，需多次测量取平均值；
- 测量材料器件的电阻（根据提供器材和器件的性质选定测量方法）；

(3) 根据电阻定律计算材料电阻率。

#### 4. 误差分析:

刻度尺、螺旋测微器、电流表、电压表读数时的偶然误差,电阻测量方法存在的系统误差等。

### 三、测定电源的电动势和内阻

#### 1. 基本实验要求

(1) 实验原理: 闭合电路的欧姆定律。

(2) 实验器材: 待测电源、电压表、电流表、滑动变阻器、开关、导线等。

(3) 实验操作:

①选择电表, 设计电路, 连接电路;

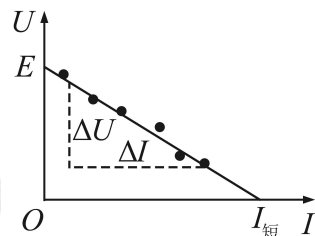
②把滑动变阻器的滑片调到最大阻值处;

③闭合开关, 调节变阻器, 使表有明显的示数, 记下多组数据。

(4) 实验数据处理

①读出两组数据, 列方程组求解  $E$ 、 $r$ 。

②图象法: 以路端电压  $U$  为纵轴、干路电流  $I$  为横轴, 建立坐标系, 并根据实验数据描点作图, 纵轴截距为电动势  $E$ 、斜率  $k$  的绝对值为内阻  $r$ 。



#### 2. 系统误差

(1) 电流表接在电压表所在支路外侧。将电流表内阻等效为电源内阻的一部分, 则电压表和电流表的测量均准确。电源电动势的测量值无系统误差, 内阻的测量值偏大, 等于电源内阻和电流表内阻的和。

(2) 电流表接在电压表所在支路内侧。即使考虑电表内阻的影响, 当路端电压为零时的短路电流仍然是准确的, 即  $U-I$  图线的横截距是准确的, 由于电压表的分流, 电流的测量值偏小, 可见实际的  $U-I$  图线向下偏, 纵轴截距偏小, 斜率的绝对值偏小, 即电源电动势和内阻的测量值都偏小。

#### 3. 测定电源电动势和内阻的其他方法

深圳小学家长群: 254317299

深圳初中家长群: 90482695


深圳高中家长群: 175743089

更多资料详见: <http://sz.jiajiaoban.com/>


咨询电话: 4000-121-121

在缺少电表或电表量程不合适时，不限于使用伏安法测电源电动势和内阻，只要满足每次实验能测一组数据，根据闭合电路欧姆定律能写出这两个数据或其相关物理量的线性关系，就可以进一步列方程组或作图求电源的电动势和内阻。


## 知新

 “测定电源的电动势和内阻”的实验中，下列注意事项中错误的是


- A. 应选用旧的干电池作为被测电源，以使电压表示数的变化比较明显
- B. 应选用内阻较小的电压表和电流表
- C. 移动变阻器的触头时，不能使滑动变阻器短路造成电流表过载
- D. 根据实验记录的数据作  $U-I$  图象时，应通过尽可能多的点画一条直线，并使不在直线上的点大致均匀分布在直线两侧

 关于欧姆表及其使用中的问题，下列说法正确的是

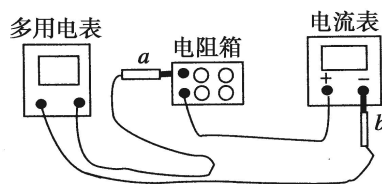
- A. 接表内电源负极的应是黑表笔
- B. 换挡后，都要重新调零，使指针指到满刻度
- C. 表盘刻度是均匀的
- D. 表盘刻度最左边表示电阻阻值为 0

 使用多用电表测电阻时，下列说法中不符合实际的有

- A. 测量电阻时，两手碰着表笔的金属杆，测量值会偏小
- B. 测量电路的电阻时，如果该电路不和电源断开，可能烧坏表头
- C. 使用其他的欧姆挡时，不论电阻值多大，均不需拨动转换开关，都可测得较准确的电阻值
- D. 测灯泡电阻时，测量值比  $R=U^2/P$  算出的值小得多

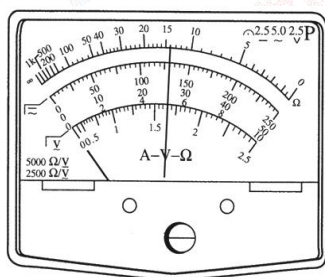
 使用多用电表测量电阻时，多用电表内部的电路可以等效为一个直流电源（一般为电池）、一个电阻和一表头相串联，两个表笔分别位于此串联电路的两端。现需要测量多用电表内电池的电动势，给定的器材有：待测多用电表，量程为 60 mA 的电流表，电阻箱，导线若干。实验时，将多用电表调至  $\times 1 \Omega$  挡，调好零点；电阻箱置于适当数值。完成下列填空：

(1) 仪器连线如图甲所示 ( $a$  和  $b$  是多用电表的两个表笔)。若两电表均正常工作, 则表笔  $a$  为\_\_\_\_\_ (填“红”或“黑”) 色;

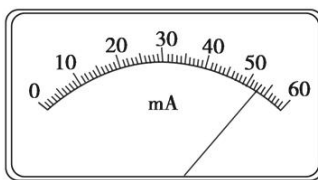


图甲

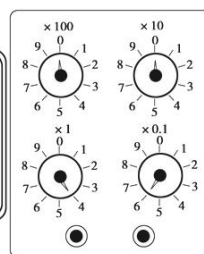
(2) 若适当调节电阻箱后, 图甲中多用电表、电流表与电阻箱的示数分别如图乙 (a)、(b)、(c) 所示, 则多用电表的读数为\_\_\_\_\_  $\Omega$ , 电流表的读数为\_\_\_\_\_ mA, 电阻箱的读数为\_\_\_\_\_  $\Omega$ ;



(a)



(b)



(c)

图乙

(3) 将图甲中多用电表的两表笔短接, 此时流过多用电表的电流为\_\_\_\_\_ mA; (保留 3 位有效数字)。

(4) 计算得到多用电表内电池的电动势为\_\_\_\_\_ V (保留 3 位有效数字)。

**15** 在研究性课题的研究中, 某课题小组收集了手机的电池以及从废旧收音机上拆下的电阻、电容、电感线圈等电子器件。现从这些材料中选取两个待测元件来进行研究, 一是电阻  $R_x$  (约为  $2k \Omega$ ), 二是手机中常用的锂电池 (电动势  $E$  标称值为  $3.4V$ , 允许最大放电电流为  $100mA$ )。在操作台上还准备了如下实验器材:

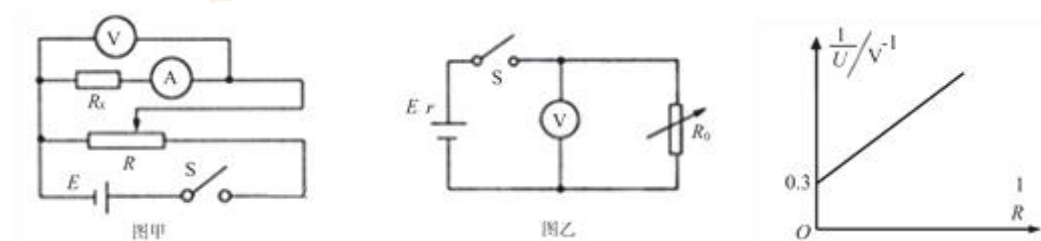
- A. 电压表  $V$  (量程  $4V$ , 内阻  $R_V$  约为  $10k \Omega$ )
- B. 电流表  $A_1$  (量程  $100mA$ , 内阻  $R_{A1}$  约为  $5 \Omega$ )
- C. 电流表  $A_2$  (量程  $2mA$ , 内阻  $R_{A2}$  约为  $50 \Omega$ )
- D. 滑动变阻器  $R$  ( $0\sim 40 \Omega$ , 额定电流  $1A$ )

E. 电阻箱  $R_0$  ( $0\sim 9999\ \Omega$ )

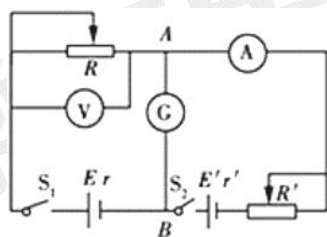
F. 开关  $S$  一只、导线若干

(1) 为了测定电阻  $R_x$  的阻值，小组的一位成员，设计了如图甲所示的电路原理图，电源用待测的锂电池，则电流表应该选用\_\_\_\_\_（选填“ $A_1$ ”或“ $A_2$ ”）；他用电压表的读数除以电流表的读数作为  $R_x$  的测量值，则测量值\_\_\_\_\_真实值（填“大于”或“小于”）。

(2) 小组的另一位成员，设计了如图乙的电路原理图来测量锂电池的电动势  $E$  和内阻  $r$ 。在实验中，他多次改变电阻箱阻值，取得多组数据，画出  $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$  图象为一条直线，则该图像的函数表达式为：\_\_\_\_\_，由图可知该电池的电动势  $E =$  \_\_\_\_\_ V。



**6** 采用伏安法测量电源电动势  $E$  和内阻  $r$  时，由于电表因素带来了实验的系统误差。某研究性学习小组对此实验进行改进，设计出如图所示的测量电源电动势  $E$  和内阻  $r$  的电路， $E'$  是辅助电源， $A$ 、 $B$  两点间有一灵敏电流计  $G$ 。




(1) 请你补充实验步骤：①闭合开关  $S_1$ 、 $S_2$ ，调节  $R$  和  $R'$  使得灵敏电流计  $G$  的示数为零，这时， $A$ 、 $B$  两点的电势  $\varphi_A$ 、 $\varphi_B$  的关系是  $\varphi_A$  \_\_\_\_\_  $\varphi_B$ （选填“大于”、“小于”或“等于”），读出电流表和电压表的示数  $I_1$  和  $U_1$ ，其中  $I_1$  \_\_\_\_\_（选填“大于”、“小于”或“等于”）通过电源  $E$  的电流。

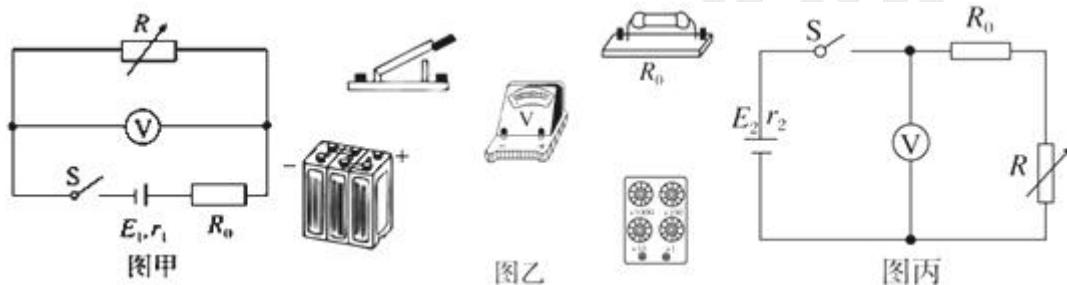
②改变滑动变阻器  $R$ 、 $R'$  的阻值，重新使得 \_\_\_\_\_，读出 \_\_\_\_\_。

(2) 由上述步骤中测出的物理量，可以得出电动势  $E$  表达式为 \_\_\_\_\_、内阻  $r$  的表达式为 \_\_\_\_\_。

(3) 该实验中  $E_{测}$  \_\_\_\_\_  $E_{真}$  (选填“大于”、“小于”或“等于”)。

 小王和小李两同学分别用电阻箱、电压表测量不同电源的电动势和内阻。

(1) 小王所测电源的内电阻  $r_1$  较小，因此他在电路中接入了一个阻值为  $2.0 \Omega$  的定值电阻  $R_0$ ，所用电路如图甲所示。



① 请用笔画线代替导线将图乙所示器材连接成完整的实验电路。

② 闭合开关 S，调整电阻箱的阻值  $R$ ，读出电压表相应的示数  $U$ ，得到了一组  $U$ 、 $R$  数据。为了比较准确地得出实验结论，小王同学准备用直线图象来处理实验数据，图象的纵坐标表示电压表读数  $U$ ，则图象的横坐标表示的物理量应该是 \_\_\_\_\_。

(2) 小李同学所测电源的电动势  $E_2$  约为  $9 \text{ V}$ ，内阻  $r_2$  为  $35 \sim 55 \Omega$ ，允许通过的最大电流为  $50 \text{ mA}$ 。小李同学所用电路如图丙所示，图中电阻箱  $R$  的阻值范围为  $0 \sim 9\,999 \Omega$ 。

① 电路中  $R_0$  为保护电阻。实验室中备有以下几种规格的定值电阻，本实验中应选用 \_\_\_\_\_。

- A.  $20 \Omega$ ， $125 \text{ mA}$
- B.  $50 \Omega$ ， $20 \text{ mA}$
- C.  $150 \Omega$ ， $60 \text{ mA}$
- D.  $1\,500 \Omega$ ， $5 \text{ mA}$

② 实验中通过调节电阻箱的阻值，记录电阻箱的阻值  $R$  及相应的电压表的示数  $U$ ，根据测得的多组数据，作出  $\frac{1}{U} - \frac{1}{R + R_0}$  图线，图线的纵轴截距为  $a$ ，图线的斜率为  $b$ ，则电源的电动势  $E_2 =$  \_\_\_\_\_，内阻  $r_2 =$  \_\_\_\_\_。

题后反思

---

---

---

---

---

---

---

---

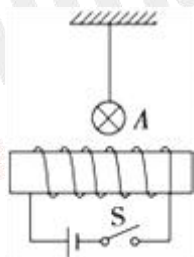
训练 08 安培力和洛伦兹力

考纲要求： II

难易程度： ★★☆☆☆

温故

如图所示，均匀绕制的螺线管水平放置，在其正中心的上方附近用绝缘绳水平吊起通电直导线  $A$ ， $A$  与螺线管垂直， $A$  导线中的电流方向垂直纸面向里。开关  $S$  闭合， $A$  受到通电螺线管磁场的作用力方向是



- A. 水平向左
- B. 水平向右
- C. 竖直向上
- D. 竖直向下

【参考答案】 C

**【试题解析】**首先根据安培定则判断通电螺线管中心产生的磁场方向向右，所以在  $A$  处产生的磁场方向水平向左，根据左手定则判断可知， $A$  受到的安培力方向竖直向上，故选 C。

**【知识补给】**

**安培力与洛伦兹力**


1. 洛伦兹力与电场力的比较

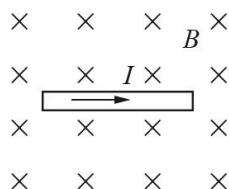
	洛伦兹力	电场力
性质	磁场对在运动中运动的电荷的作用力	电场对放入其中电荷的作用力
产生条件	$v \neq 0$ 且 $v$ 不与 $B$ 平行	电场中的电荷一定受到电场力作用
大小	$F = qvB$ ( $v \perp B$ )	$F = qE$
力方向与场方向的关系	一定是 $F \perp B$ , $F \perp v$ , 与电荷电性无关	正电荷受力与电场方向相同, 负电荷受力与电场方向相反
做功情况	任何情况下都不做功	可能做正功、负功, 也可能不做功
力为零时场的情况	$F$ 为零, $B$ 不一定为零	$F$ 为零, $E$ 一定为零
作用效果	只改变电荷运动的速度方向, 不改变速度大小	既可以改变电荷运动的速度大小, 也可以改变电荷运动的方向

2. 洛伦兹力与安培力的联系及区别


- (1) 安培力是洛伦兹力的宏观表现，二者是相同性质的力，都是磁场力。
- (2) 洛伦兹力对电荷不做功；安培力对通电导线可做正功，可做负功，也可不做功。

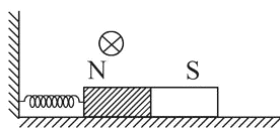


 如图所示，一通电直导线位于匀强磁场中，导线与磁场方向垂直。磁场的磁感应强度  $B=0.1\text{ T}$ ，导线长度  $L=0.2\text{ m}$ 。当导线中的电流  $I=1\text{ A}$  时，该导线所受安培力的大小为




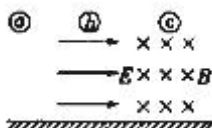
- A.  $0.02\text{ N}$
- B.  $0.03\text{ N}$
- C.  $0.04\text{ N}$
- D.  $0.05\text{ N}$

 如图所示，在光滑水平面上一轻质弹簧将挡板和一个条形磁铁连接起来，此时磁铁对水平面的压力为  $F_1$ ，现在磁铁左上方位置固定一根导体棒，当导体棒中通以垂直纸面向里的电流后，磁铁对水平面的压力为  $F_2$ ，则以下说法正确的是



- A. 弹簧长度将变长
- B. 弹簧长度将不变
- C.  $F_1 > F_2$
- D.  $F_1 < F_2$

 如图，三个完全相同的带负电的小球，从一高度开始自由落下，其中  $a$  直接落地， $b$  下落过程中经过一个水平方向的匀强电场区， $c$  下落时经过一个水平方向的匀强磁场区，不计空气阻力，设它们落地的速度大小分别为  $v_a$ 、 $v_b$ 、 $v_c$ ，则

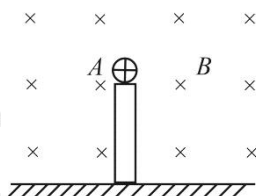


- A.  $v_a = v_b = v_c$
- B.  $v_a > v_b > v_c$

C.  $v_a < v_b = v_c$

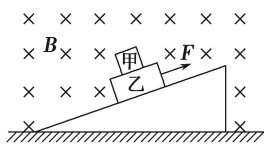
D.  $v_a = v_c < v_b$

4 如图所示，带正电的小球通过绝缘柄固定在  $A$  处，匀强磁场方向垂直纸面向里。则有关洛伦兹力的分析，正确的是



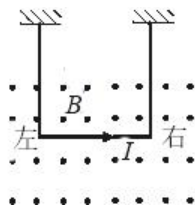
- A. 若将匀强磁场向右水平平移，由于带电小球静止，所以它不受洛伦兹力作用
- B. 若将匀强磁场向右水平平移，小球会受到洛伦兹力作用，其方向向上
- C. 若将匀强磁场向右水平平移，小球会受到洛伦兹力作用，其方向向下
- D. 若磁场沿垂直纸面的方向平移，则小球不受洛伦兹力作用

5 如图所示，甲带正电，乙是不带电的绝缘物块，甲、乙叠放在一起，置于粗糙的固定斜面上，地面上方空间有垂直纸面向里的匀强磁场，现用平行于斜面的力  $F$  拉乙物块，使甲、乙一起无相对滑动沿斜面向上作匀加速运动的阶段中



- A. 甲、乙两物块间的摩擦力不断增大
- B. 甲、乙两物块间的摩擦力保持不变
- C. 甲、乙两物块间的摩擦力不断减小
- D. 乙物块与斜面之间的摩擦力不断增大

6 如图所示，用细棉线悬挂一水平放置的导线，已知匀强磁场的方向垂直纸面向外，磁感应强度大小为  $B$ ，电流从左往右，大小为  $I$ ，通电导线长为  $L$ ，导线处于静止。则通电导线受到安培力大小为  $F = \underline{\hspace{2cm}}$ 。如果只减小电流，导线受到的安培力将  $\underline{\hspace{2cm}}$ ，细棉线受到的拉力将  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。（填“增大”、“减小”或“不变”）



如图所示，电源电动势  $E=2\text{ V}$ ， $r=0.5\ \Omega$ ，竖直导轨宽  $L=0.2\text{ m}$ ，导轨电阻不计。另有一金属棒  $ab$ ，质量  $m=0.1\text{ kg}$ ，电阻  $R=0.5\ \Omega$ ，它与轨道间的动摩擦因数  $\mu=0.4$ ，金属棒靠在导轨的外面。为使金属棒静止不下滑，施加一个与纸面夹角为  $30^\circ$  且方向向里的匀强磁场， $g$  取  $10\text{ m/s}^2$ 。求：

- (1) 磁场的方向；
- (2) 磁感应强度  $B$  的取值范围。

### 题后反思

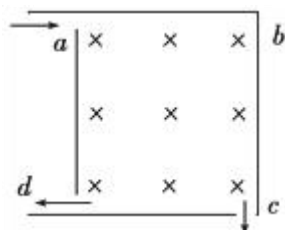
## 训练 09 带电粒子在匀强磁场中的运动

考纲要求：II

难易程度：★★★★☆

### 温故

如图所示，截面为正方形的容器在匀强磁场中，一束电子从  $a$  孔垂直于磁场射入容器中，其中一部分从  $c$  孔射出，一部分从  $d$  孔射出，忽略电子间的作用，下列说法不正确的是

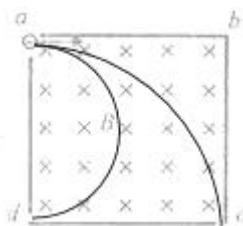


A. 从  $cd$  两孔射出的电子速度之比为  $v_1:v_2=2:1$

- B. 从  $cd$  两孔射出的电子在容器中运动所用的时间之比为  $t_1:t_2=1:2$   
 C. 从  $cd$  两孔射出的电子在容器中运动时的加速度大小之比为  $a_1:a_2=2:1$   
 D. 从  $cd$  两孔射出电子在容器中运动时的加速度大小之比为  $a_1:a_2=\sqrt{2}:1$

【参考答案】 D

【试题解析】 设磁场边长为  $a$ ，如图所示，粒子从  $c$  点离开，其半径为  $r_c$ ，粒子从  $d$  点离开，其半径为  $r_d$ ；由  $qvB = m\frac{v^2}{r}$ ，得出半径公式  $r = \frac{mv}{qB}$ ，又由运动轨迹知  $r_c = 2r_d$ ，则  $v_c:v_d=2:1$ ，故 A 正确。由  $T = \frac{2\pi m}{qB}$ ，根据圆心角求出运行时间  $t = \frac{\theta}{2\pi}T$ ；运行时间  $t_d = \frac{T}{2}$ ， $t_c = \frac{T}{4}$ ，则  $t_c:t_d=1:2$ ，故 B 正确。向心加速度： $a = \frac{v^2}{r}$ ，则  $a_c:a_d=2:1$ ，故 C 正确，D 错误。



【知识补给】

### 带电粒子在匀强磁场中的运动

#### 1. 处理带电粒子在电场中运动的常用技巧

(1) 微观粒子（如电子、质子、 $\alpha$ 粒子等）在电场中的运动，通常不必考虑其重力及运动中重力势能的变化。

(2) 普通的带电体（如油滴、尘埃、小球等）在电场中的运动，除题中说明外，必须考虑其重力及运动中重力势能的变化。

#### 2. 带电粒子在匀强电场中的偏转问题小结

(1) 分析带电粒子在匀强电场中的偏转问题的关键

① 条件分析：不计重力，且带电粒子的初速度  $v_0$  与电场方向垂直，则带电粒子将在电场中只受电场力作用做类平抛运动。

②运动分析：一般用分解的思想来处理，即将带电粒子的运动分解为沿电场力方向上的匀加速直线运动和垂直电场力方向上的匀速直线运动。

(2) 粒子在匀强电场中偏转时的两个结论

①以初速度  $v_0$  进入偏转电场

$$y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{qU_1}{ms} \cdot \left(\frac{L}{v_0}\right)^2$$

作粒子速度的反向延长线，设交于  $O$  点， $O$  点与电场右边缘的距离为  $x$ ，则

$$x = \frac{y}{\tan \theta} = \frac{L}{2}$$

结论：粒子从偏转电场中射出时，就像是极板间的  $\frac{L}{2}$  处沿直线射出。

②经加速电场加速再进入偏转电场：若不同的带电粒子都是从静止经同一加速电

压  $U_0$  加速后进入偏转电场的，则由②和④得：偏移量  $y = \frac{U_1 L^2}{4U_0 d}$

$$\text{偏转角正切为：} \tan \theta = \frac{U_1 L}{2U_0 d}$$

结论：无论带电粒子的  $m$ 、 $q$  如何，只要经过同一加速电场加速，再垂直进入同一偏转电场，它们飞出的偏移量  $y$  和偏转角  $\theta$  都是相同的，也就是运动轨迹完全重合。

(3) 计算粒子打到屏上的位置离屏中心的距离  $Y$  的几种方法：

①  $Y = y + D \tan \theta$  ( $D$  为屏到偏转电场的水平距离)

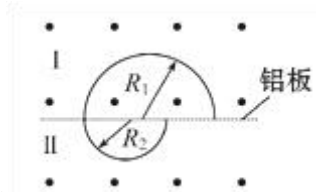
②  $Y = \left(\frac{L}{2} + D\right) \tan \theta$  ( $L$  为电场宽度)

③  $Y = y + v_y \cdot \frac{D}{v_0}$

④根据三角形相似：
$$\frac{Y}{y} = \frac{\frac{L}{2} + D}{\frac{L}{2}}$$

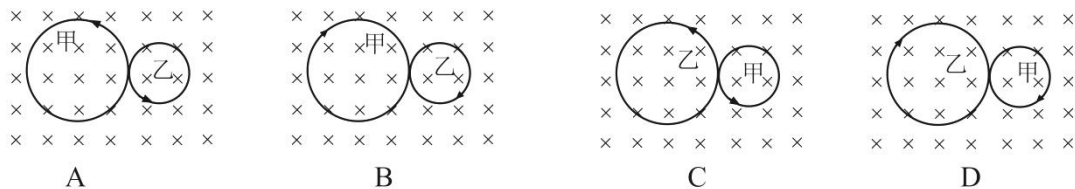


**1** 薄铝板将同一匀强磁场分成 I、II 两个区域，高速带电粒子可穿过铝板一次，在两个区域内运动的轨迹如图所示，半径  $R_1 > R_2$ 。假定穿过铝板前后粒子电荷量保持不变，则该粒子

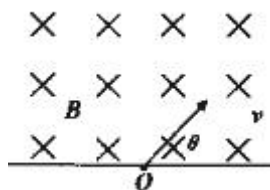


- A. 带正电
- B. 在 I、II 区域的运动速度大小相同
- C. 在 I、II 区域的运动时间相同
- D. 从 II 区域穿过铝板运动到 I 区域

**2** 粒子甲的质量与电荷量分别是粒子乙的 4 倍与 2 倍，两粒子均带正电。让它们在匀强磁场中同一点以大小相等、方向相反的速度开始运动。已知磁场方向垂直纸面向里，以下四个图中，能正确表示两粒子运动轨迹的是



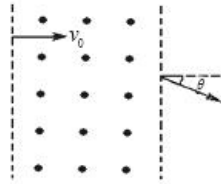
**3** 如图所示，在垂直纸面向里的匀强磁场的边界上，有两个质量和电荷量均相同的正、负离子（不计重力），从点 O 以相同的速度先后射入磁场中，入射方向与边界成  $\theta$  角，则正、负离子在磁场中



- A. 运动时间相同
- B. 运动轨迹的半径相同
- C. 重新回到边界时速度的大小和方向相同

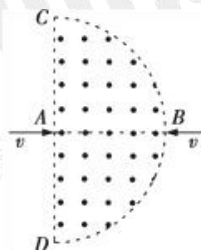
D. 重新回到边界的位置与  $O$  点距离相等

44 如图所示，在虚线宽度范围内，存在方向垂直纸面向外磁感应强度为  $B$  的匀强磁场，某种正离子以初速度  $v_0$  垂直于左边界射入，离开右边界时偏转角度为  $\theta$ 。在该宽度范围内，若只存在竖直向下的匀强电场，该离子仍以原来的初速度穿过该区域，偏角角度仍为  $\theta$ （不计离子的重力），则下列判断正确的是



- A. 匀强电场的电场强度大小为  $E = \frac{Bv_0}{\cos \theta}$
- B. 匀强电场的电场强度大小为  $E = \frac{Bv_0}{\sin \theta}$
- C. 离子穿过电场和磁场的的时间之比为  $\frac{\sin \theta}{\theta}$
- D. 离子穿过电场和磁场的的时间之比为  $\frac{\sin \theta}{\theta v_0}$

45 图中虚线为半圆形，其中存在垂直纸面向外的匀强磁场， $AB$  为过圆心且与竖直直径  $CD$  垂直的半径，现有两完全相同的带正电粒子（重力不计）分别从  $A$  点和  $B$  点以大小相同的速度沿水平半径  $AB$  和  $BA$  方向射入磁场。已知磁场的磁感应强度大小为  $B$ 、磁场区域的半径为  $R$ ，粒子的质量和电荷量分别用  $m$ 、 $q$  表示。则

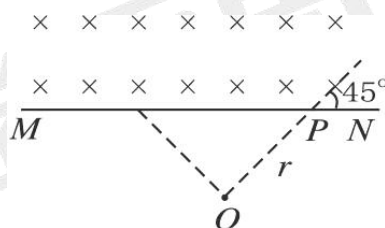


- A. 两粒子均向上偏转
- B. 两粒子在磁场中运动的时间相等
- C. 若两粒子的速度  $v < \frac{qBR}{2m}$ ，则由  $A$  点进入的粒子在磁场中运动的时间一定为

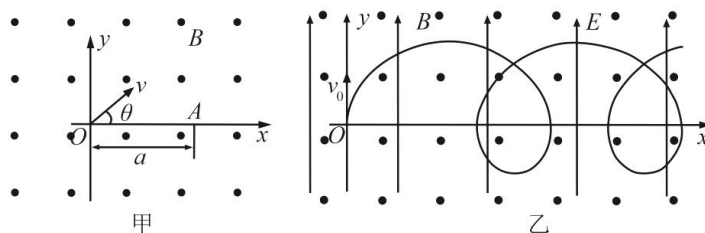
$$\frac{\pi m}{qB}$$

D. 若两粒子的速度  $v = \frac{qBR}{2m}$ , 则由  $A$  点进入的粒子在磁场中运动的时间长

6 如图所示, 在直线  $MN$  上方有垂直纸面向里的匀强磁场, 一质量为  $m$ 、带电荷量为  $q$  的粒子, 沿与  $MN$  成  $45^\circ$  角的方向由  $O$  点垂直于磁场方向飞入磁场,  $t$  s 后达到  $MN$  直线上的某一点  $P$ ,  $OP=r$ , 则该带电粒子带\_\_\_\_\_ , 匀强磁场的磁感应强度为\_\_\_\_\_ , 粒子的速度为\_\_\_\_\_。



7 如图甲所示, 空间存在一个范围足够大的垂直于  $xOy$  平面向外的匀强磁场, 磁感应强度大小为  $B$ 。让质量为  $m$ , 电荷量为  $q$  ( $q > 0$ ) 的粒子从坐标原点  $O$  沿  $xOy$  平面以不同的初速度大小和方向射入到磁场中。不计重力和粒子间的相互作用力。



- (1) 若粒子以初速度  $v_1$  沿  $y$  轴正向射入, 恰好能经过  $x$  轴上的  $A(a, 0)$  点, 求  $v_1$  的大小;
- (2) 已知一个粒子的初速度大小为  $v$  ( $v > v_1$ ), 为使该粒子能经过  $A(a, 0)$  点, 其入射角  $\theta$  (粒子的初速度与  $x$  轴正方向的夹角) 有几个? 并求出对应的  $\sin \theta$  值;
- (3) 如图乙所示, 若在此空间再加入沿  $y$  轴正方向、大小为  $E$  的匀强电场, 一个粒子从  $O$  点以初速度  $v_0$  沿  $y$  轴正方向射入。研究表明: 粒子在  $xOy$  平面内做周期性运动, 且在任一时刻, 粒子速度的  $x$  分量  $v_x$  与其所在位置的  $y$  坐标成正比, 比例系数与场强大小  $E$  无关。求该粒子运动过程中的最大速度值  $v_m$ 。

题后反思

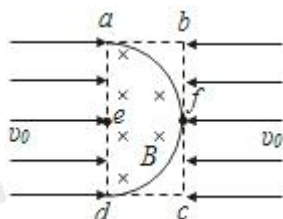
训练 10 带电粒子在有界磁场中的运动

考纲要求：II

难易程度：★★★★☆

温故

如图所示，长方形  $abcd$  长  $ad=0.6\text{ m}$ ，宽  $ab=0.3\text{ m}$ ， $e$ 、 $f$  分别是  $ad$ 、 $bc$  的中点，以  $ad$  为直径的半圆内有垂直纸面向里的匀强磁场，磁感应强度  $B=0.25\text{ T}$ 。一群不计重力、质量  $m=3\times 10^{-7}\text{ kg}$ 、电荷量  $q=+2\times 10^{-3}\text{ C}$  的带电粒子以速度  $v_0=5\times 10^2\text{ m/s}$  从左右两侧沿垂直  $ad$  和  $bc$  方向射入磁场区域（不考虑边界粒子），则



- A. 从  $ae$  边射入的粒子，出射点分布在  $ab$  边和  $bf$  边
- B. 从  $ed$  边射入的粒子，出射点全部分布在  $bf$  边
- C. 从  $bf$  边射入的粒子，出射点全部分布在  $ae$  边
- D. 从  $fc$  边射入的粒子，全部从  $d$  点射出

【参考答案】ABD

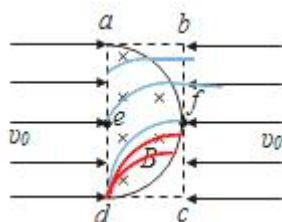
【试题解析】粒子进入磁场后做匀速圆周运动，根据洛伦兹力提供向心力，先得到轨道半径，再找出圆心，确定半径并分析可能的轨迹。粒子进入磁场后做匀速

圆周运动，根据洛伦兹力提供向心力，由牛顿第二定律得  $qv_0B = m\frac{v_0^2}{r}$ ，解得

$$r = \frac{mv_0}{qB} = \frac{3 \times 10^{-7} \times 5 \times 10^2}{2 \times 10^{-3} \times 0.25} \text{ m} = 0.3 \text{ m};$$

从  $ae$  边射入的粒子，粒子进入磁场后受到

向上的洛伦兹力，将向上偏转而做匀速圆周运动，由于轨道半径  $r = 0.3 \text{ m} = ab$ ，由几何关系知粒子将从圆弧  $af$  射出磁场，射出磁场后做匀速直线运动，最后  $ab$  边和  $bf$  边射出，A 正确；由上知粒子轨道半径  $r = ab$ ，从  $d$  点射入的粒子恰好从  $f$  点射出磁场，从  $ed$  边射入的粒子，从  $ed$  射入磁场的粒子向上偏转，最终从  $bf$  边射出，B 正确；从  $bf$  边射入的粒子将向下偏转，画出粒子的运动轨迹，如图蓝线所示，则知粒子的出射点分布在  $ae$  边与  $ed$  边，C 错误；从  $fc$  边射入的粒子，在洛伦兹力作用下向下偏转，画出粒子的运动轨迹，如图红线所示，则粒子全部从  $d$  点射出，D 正确。



**【知识补给】**

**带电粒子在有界磁场中的运动**

1. 带电粒子在有界匀强磁场中运动时的常见情形

<p>直线边界（粒子进出磁场具有对称性）</p>	
<p>平行边界（粒子运动存在临界条件）</p>	
<p>圆形边界（粒子沿径向射入，再沿径向射出）</p>	

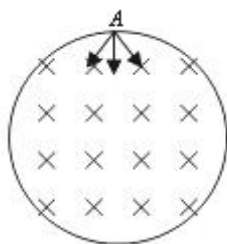
2. 带电粒子在有界磁场中的常用几何关系

(1) 四个点：分别是入射点、出射点、轨迹圆心和入射速度直线与出射速度直线的交点。

(2) 三个角：速度偏转角、圆心角、弦切角，其中偏转角等于圆心角，也等于弦切角的2倍。

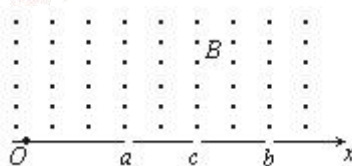


如图所示，半径为  $r$  的圆形区域内有垂直纸面向里的匀强磁场，磁感应强度大小为  $B$ ，磁场边界上  $A$  点一粒子源，源源不断地向磁场发射各种方向（均平行于纸面）且速度大小相等的带正电的粒子（重力不计），已知粒子的比荷为  $k$ ，速度大小为  $2kBr$ 。则粒子在磁场中运动的最长时间为



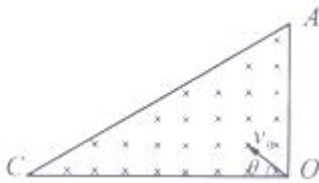
- A.  $\frac{\pi}{kB}$       B.  $\frac{\pi}{2kB}$       C.  $\frac{\pi}{3kB}$       D.  $\frac{\pi}{4kB}$

在  $x$  轴上方有垂直于纸面的匀强磁场，同一种带电粒子从  $O$  点射入磁场。当入射方向与  $x$  轴正方向的夹角  $\alpha=45^\circ$  时，速度为  $v_1$ 、 $v_2$  的两个粒子分别从  $a$ 、 $b$  两点射出磁场，如图所示，当  $\alpha=60^\circ$  时，为了使速度为  $v_3$  的粒子从  $a$ 、 $b$  的中点  $c$  射出磁场，则速度  $v_3$  应为



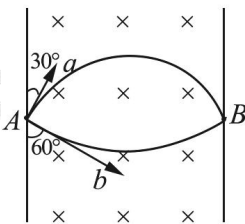
- A.  $\frac{1}{2}(v_1+v_2)$       B.  $\frac{\sqrt{2}}{2}(v_1+v_2)$   
 C.  $\frac{\sqrt{3}}{3}(v_1+v_2)$       D.  $\frac{\sqrt{6}}{6}(v_1+v_2)$

3 如图所示，以直角三角形  $AOC$  为边界的有界匀强磁场区域，磁感应强度为  $B$ ， $\angle A = 60^\circ$ ， $AO=L$ ，在  $O$  点放置一个粒子源，可以向各个方向发射某种带负电粒子。已知粒子的比荷为  $\frac{q}{m}$ ，发射速度大小都为  $v_0 = \frac{qBL}{m}$ 。设粒子发射方向与  $OC$  边的夹角为  $\theta$ ，不计粒子间相互作用及重力。对于粒子进入磁场后的运动，下列说法正确的是



- A. 当  $\theta=45^\circ$  时，粒子将从  $AC$  边射出
- B. 所有从  $OA$  边射出的粒子在磁场中运动时间相等
- C. 随着  $\theta$  角的增大，粒子在磁场中运动的时间先变大后变小
- D. 在  $AC$  边界上只有一半区域有粒子射出

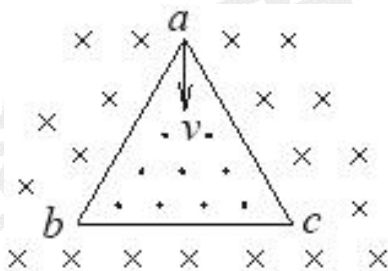
4 如图所示，两个质量相等的带电粒子  $a$  和  $b$  在同一位置  $A$  以大小相同的速度射入同一匀强磁场中，两粒子的入射方向与磁场边界的夹角分别为  $30^\circ$  和  $60^\circ$ ，经磁场偏转后两粒子都经过  $B$  点， $AB$  连线与磁场边界垂直，则



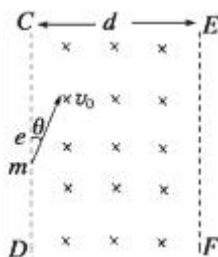
- A.  $a$  粒子带正电， $b$  粒子带负电
- B. 两粒子的轨道半径之比  $R_a : R_b = \sqrt{3} : 1$
- C. 两粒子所带的电荷量之比  $q_a : q_b = \sqrt{3} : 1$
- D. 两粒子的运动时间之比  $t_a : t_b = 2 : \sqrt{3}$

5 如图所示，边长为  $L$  的等边三角形  $abc$  为两个匀强磁场的理想边界，三角形内的磁场方向垂直纸面向外，磁感应强度大小为  $B$ ，三角形外的磁场范围足够大，

方向垂直纸面向里，磁感应强度大小也为  $B$ 。把一粒子源放在顶点  $a$  处，它将沿  $\angle a$  的角平分线发射质量为  $m$ ，电荷量为  $q$ ，初速度为  $v_0 = \frac{qBL}{m}$  的带负电粒子（粒子重力不计），带电粒子第一次到达  $b$  点的时间是\_\_\_\_\_，第一次到达  $c$  点的时间是\_\_\_\_\_。



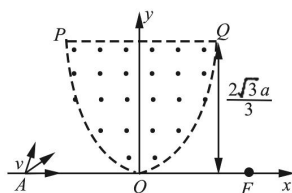
6 如图所示，匀强磁场的磁感应强度为  $B$ ，宽度为  $d$ ，边界为  $CD$  和  $EF$ 。一电子从  $CD$  边界外侧以速率  $v_0$  垂直匀强磁场射入，入射方向与  $CD$  边界间夹角为  $\theta$ 。已知电子的质量为  $m$ ，电荷量为  $e$ ，不计重力的影响，求：



- (1) 为使电子能从磁场的另一侧  $EF$  射出，电子的速率  $v_0$  满足什么条件？
- (2) 电子在磁场中运动的最长时间是多少？

7 磁聚焦被广泛地应用在电真空器件中，如图所示，在坐标  $xOy$  中存在有界的匀强聚焦磁场，方向垂直坐标平面向外，磁场边界  $PQ$  直线与  $x$  轴平行，距  $x$  轴的距离为  $\frac{2\sqrt{3}a}{3}$ ，边界  $POQ$  的曲线方程为  $y = \frac{x(a-x)}{\sqrt{\frac{a^2}{3} - x^2}}$ ，且方程对称  $y$  轴，在

坐标  $x$  轴上  $A$  处有一粒子源，向着不同方向射出大量质量均为  $m$ 、电荷量均为  $q$  的带正电粒子，所有粒子的初速度大小相同均为  $v$ ，粒子通过有界的匀强磁场后都会聚焦在  $x$  轴上的  $F$  点。已知  $A$  点坐标为  $(-a, 0)$ ， $F$  点坐标为  $(a, 0)$ 。不计粒子所受重力和相互作用。求：



- (1) 匀强磁场的磁感应强度;
- (2) 粒子射入磁场时的速度方向与  $x$  轴的夹角为多大时, 粒子在磁场中运动时间最长, 最长时间为多少?

**题后反思**

---



---



---



---



---

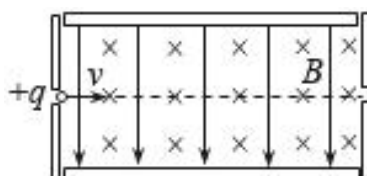
**训练 11 带电粒子在组合场和叠加场中的运动**

考纲要求: II

难易程度: ★★★★★

**温故**

在如图所示的平行板电容器中, 电场强度  $E$  和磁感应强度  $B$  相互垂直, 一带正电的粒子  $q$  以速度  $v$  沿着图中所示的虚线穿过两板间的空间而不偏转 (忽略重力影响)。以下说法正确的是



- A. 带电粒子在电磁场中受到的电场力、洛伦兹力相互垂直

- B. 若粒子带负电，其他条件不变，则带电粒子向上偏转
- C. 若粒子所带电荷量加倍，其他条件不变，则粒子仍沿直线穿过两板
- D. 若粒子从右侧沿虚线飞入，其他条件不变，则粒子仍沿直线穿过两板

**【参考答案】** C

**【试题解析】** 带正电的粒子受向下的电场力，向上的洛伦兹力，方向共线，选项 A 错误；因粒子做直线运动，故  $Eq=Bqv$ ，则  $E=Bv$ ，则若粒子带负电，其他条件不变，则带电粒子仍沿直线运动，选项 B 错误；根据  $E=Bv$ ，若粒子所带电荷量加倍，其他条件不变，则粒子仍沿直线穿过两板，选项 C 正确；若粒子从右侧沿虚线飞入，其他条件不变，则受电场力向下，洛伦兹力也向下，故则粒子将向下偏转，选项 D 错误。

**【知识补给】**

### 带电体在复合场中的运动模型

#### 1. 模型概述

各种性质的场与实物(分子和原子的构成物质)的根本区别之一是场具有叠加性，即几个场可以同时占据同一空间，从而形成复合场。对于复合场中的力学问题，可以根据力的独立作用原理分别研究每种场力对物体的作用效果，也可以同时研究几种场力共同作用的效果，将复合场等效为一个简单场，然后与重力场中的力学问题进行类比，利用力学的规律和方法进行分析与解答。

#### 2. 解题方法

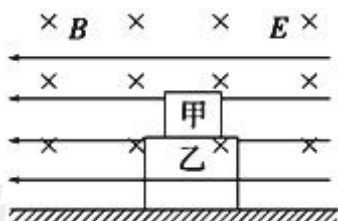
(1) 正交分解法：由于带电粒子在匀强电场中所受电场力和重力都是恒力，不受约束的粒子做的都是匀变速运动，因此可以采用正交分解法处理。将复杂的运动分解为两个互相垂直的直线运动，再根据运动合成的方法去求复杂运动的有关物理量。

(2) 等效“重力”法：将重力与电场力进行合成，合力  $F_{\text{合}}$  等效为“重力”， $a = \frac{F_{\text{合}}}{m}$

等效为“重力加速度”， $F_{\text{合}}$  的方向等效为“重力”的方向。

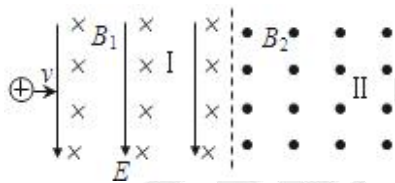


1 如图所示，甲带负电，乙是不带电的绝缘物块，甲乙叠放在一起，置于粗糙的水平地板上，地板上方空间有垂直纸面向里的匀强磁场，现加一水平向左的匀强电场，发现甲、乙间无相对滑动，并一起向右加速运动。在加速运动阶段



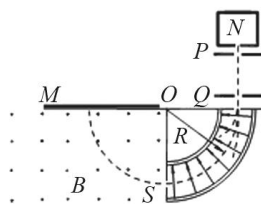
- A. 甲、乙两物块间的摩擦力不变
- B. 甲、乙两物块做加速度减小的加速运动
- C. 乙物块与地面之间的摩擦力不断变大
- D. 甲、乙两物体可能做匀加速直线运动

2 如图所示，有一混合正离子束先后通过正交电磁场区域 I 和匀强磁场区域 II，如果这束正离子束在区域 I 中不偏转，进入区域 II 后偏转半径  $R$  相同，则它们具有相同的



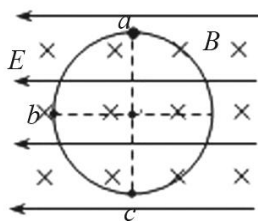
- A. 电荷量
- B. 质量
- C. 速度
- D. 比荷

3 如图所示为某种质谱仪的工作原理示意图。此质谱仪由以下几部分构成：粒子源  $N$ ； $P$ 、 $Q$  间的加速电场；静电分析器；磁感应强度为  $B$  的有界匀强磁场，方向垂直纸面向外；胶片  $M$ 。若静电分析器通道中心线的半径为  $R$ ，通道内均匀辐射电场在中心线处的电场强度大小为  $E$ 。由离子源发出一质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的正离子（初速度为零，重力不计），经加速电场加速后，垂直场强方向进入静电分析器，在静电分析器中，离子沿中心线做匀速圆周运动，而后由  $S$  点沿着既垂直于磁分析器的左边界，又垂直于磁场方向射入磁分析器中，最终打到胶片上的某点。下列说法中正确的是



- A.  $P$ 、 $Q$  间加速电压为  $\frac{1}{2}ER$
- B. 离子在磁场中运动的半径为  $\frac{1}{B}\sqrt{\frac{mER}{q}}$
- C. 若一质量为  $4m$ 、电荷量为  $q$  的正离子加速后进入静电分析器，离子不能从  $S$  射出
- D. 若一群离子经过上述过程打在胶片上同一点则这些离子具有相同的比荷

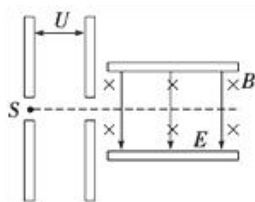
**4** 如图，空间存在水平向左的匀强电场和垂直纸面向里的匀强磁场，电场和磁场相互垂直。在电磁场区域中，有一个竖直放置的光滑绝缘圆环，环上套有一个带正电的小球，小球可沿圆环自由运动。 $O$  点为圆环的圆心， $a$ 、 $b$ 、 $c$  为圆环上的三个点， $a$  点为最高点， $c$  点为最低点， $Ob$  沿水平方向。已知小球所受电场力与重力大小相等。现将小球从环的顶端  $a$  点由静止释放。下列判断正确的是



- A. 当小球运动的弧长为圆周长的  $\frac{1}{2}$  时，洛伦兹力最大
- B. 当小球运动的弧长为圆周长的  $\frac{3}{8}$  时，洛伦兹力最大
- C. 小球从  $a$  点到  $b$  点，重力势能减小，电势能增大
- D. 小球从  $b$  点运动到  $c$  点，电势能增大，动能先增大后减小

**5** 如图所示，从  $S$  处发出的热电子经加速电压  $U$  加速后垂直进入相互垂直的匀强电场和匀强磁场中，发现电子流向上极板偏转。设两极板间电场强度为  $E$ ，磁

感应强度为  $B$ 。欲使电子沿直线从电场和磁场区域通过，只采取下列措施，其中可行的是

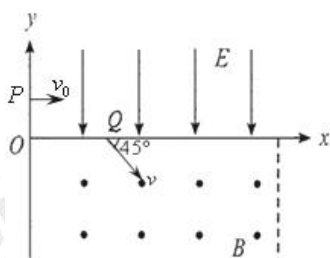


- A. 适当减小加速电压  $U$
- B. 适当减小电场强度  $E$
- C. 适当增大加速电场极板之间的距离
- D. 适当减小磁感应强度  $B$

**6** 如图，在  $xOy$  平面第一象限整个区域分布匀强电场，电场方向平行于  $y$  轴向下，在第四象限内存在有界匀强磁场，左边界为  $y$  轴，右边界为  $x = \frac{5}{2}d$  的直线，

磁场方向垂直纸面向外。质量为  $m$ ，带电荷量为  $+q$  的粒子从  $y$  轴上  $P$  点以初速度  $v_0$  垂直  $y$  轴射入匀强电场，在电场力作用下从  $x$  轴上  $Q$  点以与  $x$  轴正方向成  $45^\circ$  角进入匀强磁场，已知  $OQ=d$ ，不计粒子重力，求：

磁场方向垂直纸面向外。质量为  $m$ ，带电荷量为  $+q$  的粒子从  $y$  轴上  $P$  点以初速度  $v_0$  垂直  $y$  轴射入匀强电场，在电场力作用下从  $x$  轴上  $Q$  点以与  $x$  轴正方向成  $45^\circ$  角进入匀强磁场，已知  $OQ=d$ ，不计粒子重力，求：



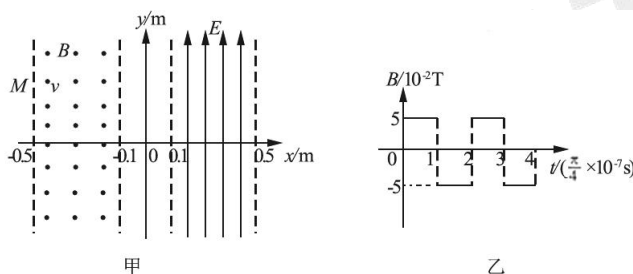
- (1)  $P$  点坐标；
- (2) 要使粒子能再进入电场，磁感应强度  $B$  的取值范围；
- (3) 要使粒子能第二次进入磁场，磁感应强度  $B$  的取值范围。

**7** 如图甲所示，在直角坐标系  $y$  轴右侧虚线区域内，分布着场强

$E = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 10^5 \text{ N/C}$  的匀强电场，方向竖直向上；在  $y$  轴左侧虚线区域内，分布着

$B = 5.0 \text{ T}$ 、方向垂直纸面且随时间作周期性变化的磁场，如图乙所示（以垂直纸面向外为正）。虚线所在位置的横坐标在图中已标出。 $T=0$  时刻，一质量

$m=1.6 \times 10^{-27} \text{kg}$ , 电荷量  $q = +3.2 \times 10^{-19} \text{C}$  的带电粒子 (不计重力), 从点  $M(-0.5 \text{m}, 0.2\sqrt{2} \text{m})$  处以  $v = 2\sqrt{2} \times 10^6 \text{m/s}$  的速度平行于  $x$  轴向右射入磁场。(磁场改变方向的瞬间, 粒子速度不变)



- (1) 求磁场方向第一次改变时, 粒子所处位置的坐标;
- (2) 在图甲中画出粒子从射入磁场到射出电场过程中运动的轨迹;
- (3) 求粒子射出电场时的动能。

### 题后反思

---



---



---



---

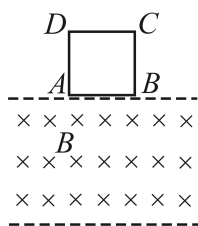
## 训练 12 楞次定律及应用

考纲要求: II

难易程度: ★☆☆☆☆

### 温故

如图所示的竖直平面内, 一个电阻均匀的正方形金属导线框  $ABCD$  从图示位置由静止开始下落, 进入一匀强磁场区域, 磁场方向垂直于线框平面向里, 在线框进入磁场区域的整个过程中



- A. 线框中会产生感应电流，感应电流的方向为逆时针
- B. 线框速度的大小一直增大
- C. 线框中  $A$ 、 $B$  两点间的电势差一定不断增加
- D. 线框受到的磁场力的方向总是竖直向上

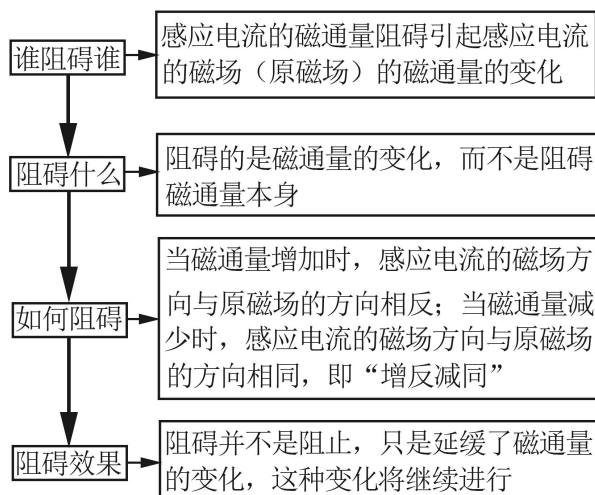
【参考答案】AD

【试题解析】线框中会产生感应电流，根据楞次定律（或右手定则）可知感应电流的方向为逆时针，A 正确；线框进入磁场区域的整个过程中，安培力逐渐增大，合外力（加速度）逐渐减小，有可能达到匀速，B 错误；线框中  $A$ 、 $B$  两点间的电势差在线圈达到匀速时，不再变化，C 错误；根据左手定则，线框受到的磁场力的方向总是竖直向上 D 正确。

【知识补给】

### 楞次定律

#### 一、理解楞次定律中“阻碍”的含义：



#### 二、运用楞次定律判定感应电流方向的步骤：

1. 明确穿过闭合电路的原磁场方向；
2. 明确穿过闭合电路的原磁通量是如何变化的；

深圳小学家长群:254317299

深圳初中家长群:90482695

深圳高中家长群:175743089

更多资料详见: <http://sz.jiajiaoban.com/>

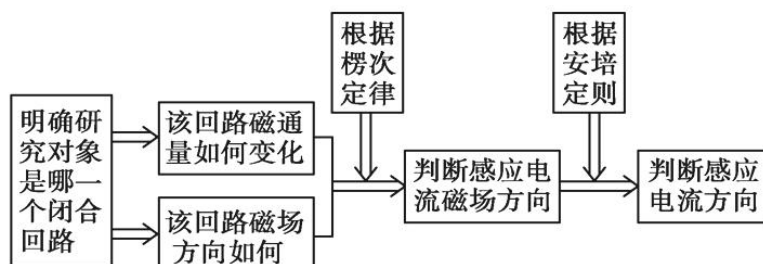
咨询电话: 4000-121-121

3. 根据楞次定律确定感应电流的磁场方向；

4. 利用安培定则判定感应电流的方向。

注意：导体切割磁感线产生感应电流的方向用右手定则较简便；变化的磁场产生感应电流只能用楞次定律判断。

具体流程如图：



### 三、楞次定律应用的推广

楞次定律描述的是感应电流与磁通量变化之间的关系，常用于判断感应电流的方向或其所受安培力的方向，一般有以下四种呈现方式：

1. 阻碍原磁通量的变化——“增反减同”；
2. 阻碍相对运动——“来拒去留”；
3. 使线圈面积有扩大或缩小的趋势——“增缩减扩”；
4. 阻碍原电流的变化（自感现象）——“增反减同”。

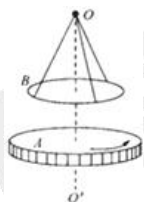


如图所示， $a$ 、 $b$  两个圆形导线环处于同一平面，当  $a$  环上的电键  $S$  闭合的瞬间， $b$  环中的感应电流方向及  $b$  环受到的安培力方向分别为



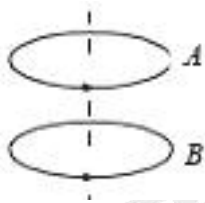
- A. 顺时针，沿半径向外
- B. 顺时针，沿半径向里
- C. 逆时针，垂直纸面向外
- D. 逆时针，垂直纸面向里

2 如图所示， $A$  为水平放置的胶木圆盘，在其侧面均匀分布着负电荷 $-Q$ ，在  $A$  的正上方用绝缘丝线悬挂一个金属圆环  $B$ ，使  $B$  的环面水平且与圆盘面平行，其轴线与胶木盘  $A$  的轴线  $OO'$  重合。现使胶木盘  $A$  由静止开始绕其轴线  $OO'$  按箭头所示方向加速转动，则



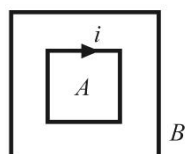
- A. 金属环  $B$  的面积有缩小的趋势，丝线受到的拉力减小
- B. 金属环  $B$  的面积有扩大的趋势，丝线受到的拉力增大
- C. 金属环  $B$  的面积有扩大的趋势，丝线受到的拉力减小
- D. 金属环  $B$  的面积有缩小的趋势，丝线受到的拉力增大

3 如图所示，两个线圈  $A$  和  $B$  分别通以电流  $I_1$ 、 $I_2$ ，为使线圈  $B$  中的电流增大，下列措施有效的是



- A. 保持线圈的相对位置不变，增大  $A$  中的电流
- B. 保持线圈的相对位置不变，减小  $A$  中的电流
- C. 保持  $A$  中的电流不变，将线圈  $A$  向右平移
- D. 保持  $A$  中的电流不变，将线圈  $A$  向左平移

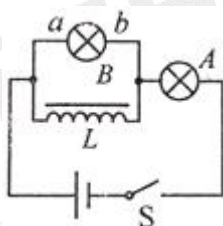
4 如图所示，两个闭合正方形线框  $A$ 、 $B$  的中心重合，放在同一水平面内。当小线框  $A$  中通有不断增大的顺时针方向的电流时，对于线框  $B$ ，下列说法中正确的是



- A. 有顺时针方向的电流且有收缩的趋势

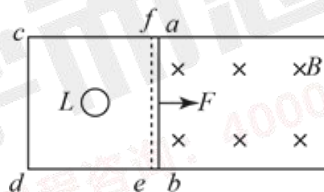
- B. 有顺时针方向的电流且有扩张的趋势
- C. 有逆时针方向的电流且有收缩的趋势
- D. 有逆时针方向的电流且有扩张的趋势

5 如图所示， $L$  是自感系数很大的线圈，其电阻几乎为零。 $A$  和  $B$  是两个完全相同的灯泡，下列说法中正确的是



- A. 当开关  $S$  闭合瞬间， $A$  灯先亮  $B$  灯后亮
- B. 当开关  $S$  闭合瞬间， $A$  灯比  $B$  灯亮
- C. 当开关  $S$  断开瞬间，流经灯泡  $B$  的电流是由  $b$  到  $a$
- D. 当开关  $S$  断开瞬间，流经灯泡  $B$  的电流是由  $a$  到  $b$

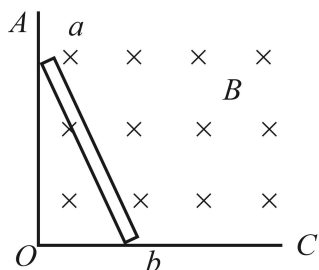
6 如图，金属棒  $ab$  置于水平放置的  $U$  形光滑导轨上，在  $ef$  右侧存在有界匀强磁场  $B$ ，磁场方向垂直导轨平面向下，在  $ef$  左侧的无磁场区域  $cdef$  内有一半径很小的金属圆环  $L$ ，圆环与导轨在同一平面内。当金属棒  $ab$  在水平恒力  $F$  作用下从磁场左边界  $ef$  处由静止开始向右运动后，则



- A. 圆环  $L$  有收缩的趋势
- B. 圆环  $L$  有扩张的趋势
- C. 圆环内产生的感应电流变大
- D. 圆环内产生的感应电流变小

7 如图所示， $AOC$  是光滑的金属导轨， $AO$  沿竖直方向， $OC$  沿水平方向， $ab$  是一根金属棒，立在导轨上，它从静止开始在重力作用下运动，运动过程中  $b$

端始终在  $OC$  上,  $a$  端始终在  $OA$  上, 直到完全落在  $OC$  上, 空间存在着匀强磁场, 磁场方向垂直于纸面向里, 则  $ab$  棒在上述过程中



- A. 感应电流方向是  $b \rightarrow a$
- B. 感应电流方向是  $a \rightarrow b$
- C. 感应电流方向先是  $b \rightarrow a$ , 后是  $a \rightarrow b$
- D. 感应电流方向先是  $a \rightarrow b$ , 后是  $b \rightarrow a$

**题后反思**

---



---



---



---



---



---

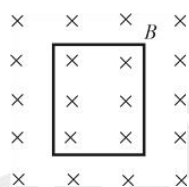
**训练 13 法拉第电磁感应定律**

考纲要求: II

难易程度: ★★☆☆☆



如图所示，匝数为 200 的线框垂直放在匀强磁场中，线框面积为  $20 \text{ cm}^2$ 。若磁场的磁感应强度在  $0.04 \text{ s}$  时间内由  $0.1 \text{ T}$  增加到  $0.6 \text{ T}$ ，则穿过线框的磁通量变化量和线框中产生的感应电动势分别为



- A.  $10^{-3} \text{ Wb}$ ,  $5 \text{ V}$                       B.  $10^{-4} \text{ Wb}$ ,  $4 \text{ V}$   
 C.  $10^{-3} \text{ Wb}$ ,  $4 \text{ V}$                       D.  $10^{-4} \text{ Wb}$ ,  $5 \text{ V}$

**【参考答案】** A

**【试题解析】** 磁通量的变化量  $\Delta\Phi = S \cdot \Delta B = 10^{-3} \text{ Wb}$ ，根据法拉第电磁感应定律

知线框中产生的感应电动势  $\varepsilon = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 200 \times \frac{10^{-3}}{0.04} \text{ V} = 5 \text{ V}$ ，选 A。

**【知识补给】**

### 法拉第电磁感应定律

#### 一、法拉第电磁感应定律

- 公式： $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$
- 感应电动势的大小由穿过电路的磁通量的变化率  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  和线圈的匝数共同决定，与磁通量  $\Phi$ 、磁通量的变化量  $\Delta\Phi$  的大小没有必然联系。
- 法拉第发现了电磁感应现象的规律，但法拉第电磁感应定律的数学形式是由纽曼和韦伯给出的。
- 法拉第电磁感应定律的应用

(1) 磁通量的变化由磁场变化引起时， $E = nB \frac{\Delta S}{\Delta t}$

当  $\Delta S = L\Delta x$ ，且  $n=1$  时，公式为导体切割磁感线产生的感应电动势  $E = BLv$

(2) 磁通量的变化由面积变化引起时， $E = n \frac{\Delta B}{\Delta t} S$

(3) 磁通量的变化由磁场和面积变化共同引起时， $E = n(B \frac{\Delta S}{\Delta t} + \frac{\Delta B}{\Delta t} S)$

(4) 平均感应电动势 
$$\bar{E} = n \frac{B_2 S_2 - B_1 S_1}{t_2 - t_1}$$

## 二、导体切割磁感线产生感应电动势

1. 公式  $E=BLv$  的使用条件:

- (1) 匀强磁场;
- (2)  $L$  为切割磁场的有效长度;
- (3)  $B$ 、 $L$ 、 $v$  三者相互垂直; 如不垂直, 用  $E=BLv\sin\theta$  求解,  $\theta$  为  $B$  与  $v$  方向间的夹角。

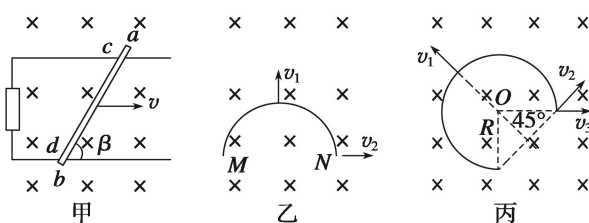
2. 瞬时性:

- (1) 若  $v$  为瞬时速度, 则  $E$  为瞬时感应电动势;
- (2) 若  $v$  为平均速度, 则  $E$  为平均感应电动势, 即  $\bar{E} = BL\bar{v}$ 。

3. 有效长度: 导体与  $v$  垂直方向上的投影长度。图中有效长度分别为:

甲,  $cd \cdot \sin\beta$ ; 乙, 沿  $v_1$  方向运动时为  $\overline{MN}$ , 沿  $v_2$  方向运动时为 0;

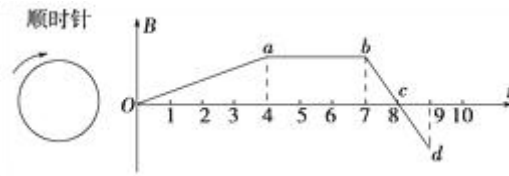
丙, 沿  $v_1$  方向运动时为  $\sqrt{2}R$ , 沿  $v_2$  方向运动时为 0, 沿  $v_3$  方向运动时为  $R$ 。



4. 相对性: 速度  $v$  是导体相对于磁场的速度, 若磁场也运动, 应注意速度间的相对关系。

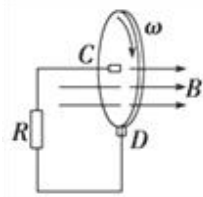


如图所示, 匀强磁场的方向垂直纸面, 规定向里的方向为正, 在磁场中有一细金属圆环, 线圈平面位于纸面内, 现令磁感应强度  $B$  随时间  $t$  变化, 先按图所示的  $Oa$  图线变化, 后来又按  $bc$  和  $cd$  变化, 令  $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$  分别表示这三段变化过程中感应电动势的大小,  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  分别表示对应的感应电流, 则下列说法正确的是



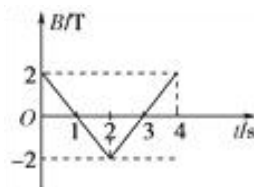
- A.  $E_1 < E_2$ ,  $I_1$  沿逆时针方向,  $I_2$  沿顺时针方向
- B.  $E_1 < E_2$ ,  $I_1$  沿顺时针方向,  $I_2$  沿逆时针方向
- C.  $E_2 < E_3$ ,  $I_2$  沿逆时针方向,  $I_3$  沿顺时针方向
- D.  $E_2 = E_3$ ,  $I_2$  沿逆时针方向,  $I_3$  沿顺时针方向

**2** 如图所示是圆盘发电机的示意图；铜盘安装在水平的铜轴上，它的边缘正好在两磁极之间，两块铜片  $C$ 、 $D$  分别与转动轴和铜盘的边缘接触。若铜盘半径为  $L$ ，匀强磁场的磁感应强度为  $B$ ，回路的总电阻为  $R$ ，从左往右看，铜盘以角速度  $\omega$  沿顺时针方向匀速转动。则



- A. 由于穿过铜盘的磁通量不变，故回路中无感应电流
- B. 回路中感应电流大小不变，为  $\frac{BL^2\omega}{2R}$
- C. 回路中有方向不断变化的感应电流
- D. 回路中感应电流方向不变，为  $D \rightarrow C \rightarrow R \rightarrow D$

**3** 一个面积  $S = 4 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ 、匝数  $n = 100$  的线圈放在匀强磁场中，磁场方向垂直于线圈平面，磁感应强度  $B$  随时间  $t$  变化的规律如图所示，则下列判断正确的是

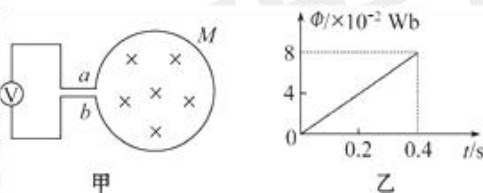


- A. 在开始的 2 s 内穿过线圈的磁通量变化率等于  $0.08 \text{ Wb/s}$
- B. 在开始的 2 s 内穿过线圈的磁通量的变化量等于零

C. 在开始的 2 s 内线圈中产生的感应电动势等于 8 V

D. 在第 3 s 末线圈中的感应电动势等于零

4 如图甲所示，圆形线圈  $M$  的匝数为 100 匝，它的两个端点  $a$ 、 $b$  与理想电压表相连，线圈中磁场方向如图，线圈中磁通量的变化规律如图乙所示，则  $ab$  两点的电势高低与电压表读数为



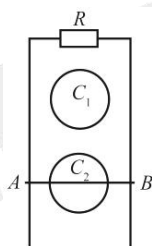
A.  $\varphi_a > \varphi_b$ , 40 V

B.  $\varphi_a > \varphi_b$ , 20 V

C.  $\varphi_a < \varphi_b$ , 40 V

D.  $\varphi_a < \varphi_b$ , 20 V

5 如图所示，竖直光滑导轨上端接入一定值电阻  $R$ ， $C_1$  和  $C_2$  是半径都为  $a$  的两圆形磁场区域，其区域内的磁场方向都垂直于导轨平面向外，区域  $C_1$  中磁场的磁感强度随时间按  $B_1 = b + kt$  ( $k > 0$ ) 变化， $C_2$  中磁场的磁感强度恒为  $B_2$ ，一质量为  $m$ 、电阻为  $r$ 、长度为  $L$  的金属杆  $AB$  穿过区域  $C_2$  的圆心  $C_2$  垂直地跨放在两导轨上，且与导轨接触良好，并恰能保持静止。（轨道电阻不计，重力加速度大小为  $g$ 。）则



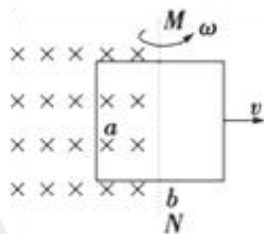
A. 通过金属杆的电流方向为从  $A$  到  $B$

B. 通过金属杆的电流大小为  $\frac{mg}{2B_2 a}$

C. 定值电阻的阻值为  $R = \frac{2k\pi B_2 a^3}{mg}$

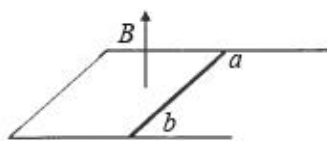
D. 整个电路中产生的热功率  $P = \frac{k\pi a m g}{2B_2}$

6 长为  $a$ 、宽为  $b$  的矩形线框有  $n$  匝，每匝线圈电阻为  $R$ 。如图所示，对称轴  $MN$  的左侧有磁感应强度为  $B$  的匀强磁场，第一次将线框从磁场中以速度  $v$  匀速拉出，第二次让线框以  $\omega=2v/b$  的角速度转过  $90^\circ$  角。那么



- A. 通过导线横截面的电荷量  $q_1:q_2=1:n$
- B. 通过导线横截面的电荷量  $q_1:q_2=1:1$
- C. 线框发热功率  $P_1:P_2=2n:1$
- D. 线框发热功率  $P_1:P_2=1:2$

7 如图所示，金属杆  $ab$  静放在水平固定的“U”形金属框上，整个装置处于竖直向上的磁场中。当磁感应强度均匀减小时，杆  $ab$  总保持静止，则



- A. 杆中感应电流方向是从  $b$  到  $a$
- B. 杆中感应电流大小减小
- C. 金属杆所受安培力逐渐增大
- D. 金属杆所受安培力大小不变

题后反思

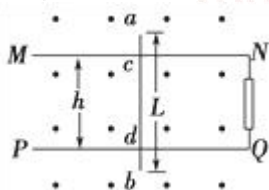
训练 14 电磁感应中的电路和图象问题

考纲要求： II

难易程度：★★★★☆



如图所示，在一磁感应强度  $B=0.5\text{ T}$  的匀强磁场中，垂直于磁场方向水平放着两根相距为  $h=0.1\text{ m}$  的平行金属导轨  $MN$  和  $PQ$ ，导轨电阻忽略不计，在两根导轨的端点  $N$ 、 $Q$  之间连接一阻值  $R=0.3\ \Omega$  的电阻，导轨上跨放着一根长为  $L=0.2\text{ m}$ ，每米阻值  $r=2.0\ \Omega$  的金属棒  $ab$ ，金属棒与导轨正交放置，交点为  $c$ 、 $d$ ，当金属棒在水平拉力作用下以速度  $v=4.0\text{ m/s}$  向左做匀速运动时，则下列说法正确的是



- A. 金属棒  $a$ 、 $b$  两端点间的电势差为  $0.2\text{ V}$
- B. 水平拉金属棒的力的大小为  $0.02\text{ N}$
- C. 金属棒  $a$ 、 $b$  两端点间的电势差为  $0.32\text{ V}$
- D. 回路中的发热功率为  $0.06\text{ W}$

【参考答案】 BC

【试题解析】金属棒  $cd$  段产生的感应电动势为  $E_{cd}=Bhv=0.5\times 0.1\times 4\text{ V}=0.2\text{ V}$ ； $cdQN$  中产生的感应电流为  $I=\frac{E_{cd}}{R+hr}=\frac{0.2}{0.3+0.2}\text{ A}=0.4\text{ A}$ ；金属棒  $ab$  两端的电势差等于  $U_{ac}$ 、 $U_{cd}$ 、 $U_{db}$  三者之和，由于  $U_{cd}=E_{cd}-Ir_{cd}$ ，所以  $U_{ab}=E_{ab}-Ir_{cd}=BLv-Ir_{cd}=0.32\text{ V}$ ，故 A 错误，C 正确；使金属棒匀速运动的外力与安培力是一对平衡力，方向向左，大小为  $F=F_{安}=BIh=0.5\times 0.4\times 0.1\text{ N}=0.02\text{ N}$ ，选项 B 正确；回路中的热功率  $P_{热}=I^2(R+hr)=0.08\text{ W}$ ，D 错误。

【名师点睛】本题是电磁感应与电路知识的综合，要区分清楚哪部分电路是电源，哪部分是外部分，以及  $ab$  两端点间的电势差与感应电动势的关系。

【知识补给】

### 电磁感应中图象类选择题的两个常见解法

1. 排除法：定性地分析电磁感应过程中物理量的变化趋势（增大还是减小）、变化快慢（均匀变化还是非均匀变化），特别是物理量的正负，排除错误的选项。

深圳小学家长群:254317299

深圳初中家长群:90482695

深圳高中家长群:175743089

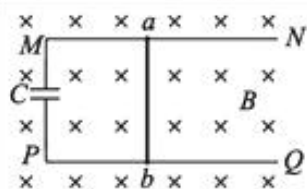
更多资料详见: <http://sz.jiajiaoban.com/>

咨询电话: 4000-121-121

2. 函数法：根据题目所给条件定量地写出两个物理量之间的函数关系，然后由函数关系对图象作出分析和判断，这未必是最简捷的方法，但却是最有效的方法。

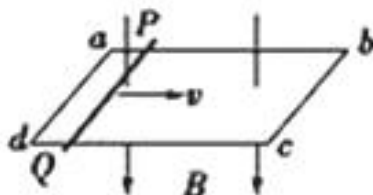
**知新**

如图所示，足够长光滑平行金属导轨  $MN$ 、 $PQ$  水平放置，导轨间距为  $L$ ，一个磁感应强度为  $B$  的匀强磁场向下垂直穿过导轨平面，导轨上端  $M$  与  $P$  间接有电容为  $C$  的电容器，金属棒开始静止。现对金属棒施加一水平向右、大小为  $F$  的恒力作用，不计一切摩擦和电阻，则经过时间  $t$  的过程中



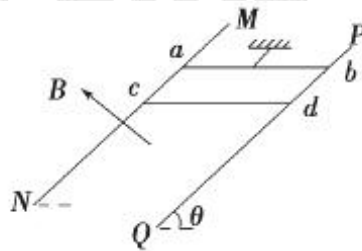
- A. 金属棒可能做变加速运动
- B. 金属棒中的电流恒定
- C. 电容器所带电荷量  $\frac{BLCft}{m + B^2L^2C}$
- D. 电容器储存的电场能为  $\frac{(BLft)^2C}{2(m + B^2L^2C)}$

如图，由某种粗细均匀的总电阻为  $3R$  的金属条制成的矩形线框  $abcd$ ，固定在水平面内且处于方向竖直向下的匀强磁场  $B$  中。一接入电路电阻为  $R$  的导体棒  $PQ$ ，在水平拉力作用下沿  $ab$ 、 $dc$  以速度  $v$  匀速滑动，滑动过程  $PQ$  始终与  $ab$  垂直，且与线框接触良好，不计摩擦。在  $PQ$  从靠近  $ad$  处向  $bc$  滑动的过程中



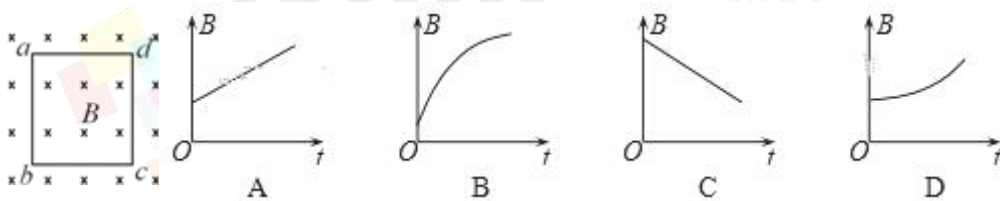
- A.  $PQ$  中电流一直增大
- B.  $PQ$  中电流一直减小
- C. 线框消耗的电功率先增大后减小
- D. 线框消耗的电功率先减小后增大

3 如图所示， $MN$ 、 $PQ$  是倾角为  $\theta$  的两平行光滑且足够长的金属轨道，其电阻忽略不计。空间存在着垂直于轨道平面向上的匀强磁场，磁感应强度大小为  $B$ 。导体棒  $ab$ 、 $cd$  垂直于轨道放置，且与轨道接触良好，每根导体棒的质量均为  $m$ ，电阻均为  $r$ ，轨道宽度为  $L$ ，与轨道平行的绝缘细线一端固定，另一端与  $ab$  棒中点连接，细线承受的最大拉力  $T_m=2mgsin\theta$ 。今将  $cd$  棒由静止释放，则细线被拉断时， $cd$  棒的

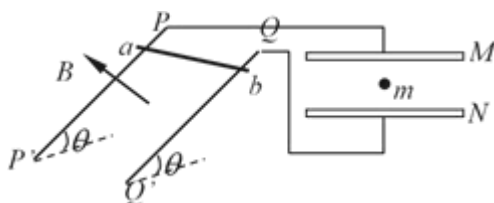


- A. 速度大小是  $\frac{2mgr\sin\theta}{B^2L^2}$
- B. 速度大小是  $\frac{mgr\sin\theta}{B^2L^2}$
- C. 加速度大小是  $2g\sin\theta$
- D. 加速度大小是 0

4 如图，线圈  $abcd$  固定于分布均匀的磁场中，磁场方向垂直线圈平面。当磁场的磁感应强度  $B$  随时间  $t$  变化时，该磁场对  $ab$  边的安培力大小恒定。下列描述  $B$  随  $t$  变化的图象中，可能正确的

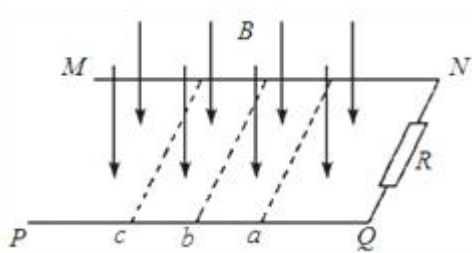


5 如图，两根足够长光滑平行金属导轨  $PP'$ 、 $QQ'$  倾斜放置，匀强磁场垂直于导轨平面，导轨的上端与水平放置的两金属板  $M$ 、 $N$  相连，板间距离足够大，板间有一带负电的尘埃，金属棒  $ab$  水平跨放在导轨上，下滑过程中与导轨接触良好。现同时由静止释放带电尘埃和金属棒  $ab$ ，则



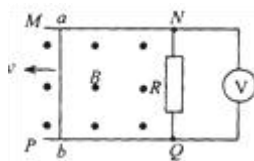
- A. 金属棒  $ab$  最终沿金属导轨匀速下滑
- B. 金属棒  $ab$  一直沿金属导轨加速下滑
- C. 金属棒  $ab$  下滑过程中  $M$  板电势高于  $N$  板电势
- D. 带电尘埃一直向着  $N$  板运动，最终做匀速直线运动

**6** 如图所示，水平放置的光滑平行金属导轨  $MN$ 、 $PQ$  处于竖直向下的足够大的匀强磁场中，导轨间距为  $L$ ，导轨右端接有阻值为  $R$  的电阻。一根质量为  $m$ ，电阻为  $r$  的金属棒垂直导轨放置，并与导轨接触良好。现使金属棒以某初速度向左运动，它先后经过位置  $a$ 、 $b$  后，到达位置  $c$  处刚好静止。已知磁场的磁感应强度为  $B$ ，金属棒经过  $a$ 、 $b$  处的速度分别为  $v_1$ 、 $v_2$ ， $a$ 、 $b$  间距离等于  $b$ 、 $c$  间距离，导轨电阻忽略不计。下列说法中正确的是



- A. 金属棒运动到  $a$  处时的加速度大小为  $\frac{B^2 L^2 v_1}{mR}$
- B. 金属棒运动到  $b$  处时通过电阻  $R$  的电流方向由  $Q$  指向  $N$
- C. 金属棒在  $a \rightarrow b$  与  $b \rightarrow c$  过程中通过电阻  $R$  的电荷量相等
- D. 金属棒在  $a$  处的速度  $v_1$  是其在  $b$  处速度  $v_2$  的  $\sqrt{2}$  倍

**7** U形导线框  $MNQP$  水平放置在磁感应强度  $B=0.2\text{ T}$  的匀强磁场中，磁场方向与导线框所在平面垂直，导线  $MN$  和  $PQ$  足够长，间距为  $0.5\text{ m}$ ，横跨在导线框上的导体棒  $ab$  的电阻  $r=1.0\ \Omega$ ，接在  $NQ$  间的电阻  $R=4.0\ \Omega$ ，电压表为理想电表，其余电阻不计。导体棒在水平外力作用下以速度  $v=2.0\text{ m/s}$  向左做匀速直线运动，不计导体棒与导线框间的摩擦。求：



- (1) 通过电阻及  $ab$  的电流方向如何?
- (2) 电压表的示数为多少?
- (3) 若某一时刻撤去水平外力, 则从该时刻起, 在导体棒运动  $1.0\text{ m}$  的过程中, 通过导体棒的电荷量为多少?

**题后反思**

课程咨询: 4000-121-121

---



---



---

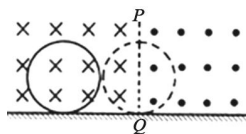
## 训练 15 电磁感应中的力学和能量问题

考纲要求: II

难易程度: ★★★★★

**温故**

如图所示, 在光滑的水平地面上方, 有两个磁感应强度大小均为  $B$ , 方向相反的水平匀强磁场,  $PQ$  为两个磁场的边界, 磁场范围足够大。一个半径为  $a$ 、质量为  $m$ 、电阻为  $R$  的金属圆环垂直磁场方向, 以速度  $v$  从如图所示位置向右运动。当圆环运动到直径刚好与边界线  $PQ$  重合时, 圆环的速度为  $\frac{v}{2}$ , 下列说法中正确的是



A. 此时圆环中的电功率为  $\frac{4B^2a^2v^2}{R}$

B. 此时圆环的加速度为  $\frac{4B^2a^2v}{mR}$

C. 此过程中通过圆环某一横截面的电荷量为  $\frac{\pi Ba^2}{R}$

D. 此过程中回路产生的电能为  $0.75mv^2$

**【参考答案】** AC

**【试题解析】** 当圆环直径与边界线重合时，圆环左、右两半环均产生感应电动势，

故感应电动势  $\varepsilon = 2B \cdot 2a \cdot \frac{v}{2} = 2Bav$ ，圆环中的电功率  $P = \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{4B^2a^2v^2}{R}$ ，A 正确；

此时圆环受到的安培力  $F = 2BI \cdot 2a = \frac{8B^2a^2v}{R}$ ，由牛顿第二定律可得加速度

$a_{PQ} = \frac{8B^2a^2v}{mR}$ ，B 错误；此过程中通过的电荷量  $q = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{\pi Ba^2}{R}$ ，C 正确；此过

程中产生的电能等于克服安培力做的功，等于动能的减少量，故产生的电能

$E = \frac{mv^2}{2} - \frac{m}{2} \left(\frac{v}{2}\right)^2 = 0.375mv^2$ ，D 错误。

**【知识补给】**

### 电磁感应中的力学和能量问题

#### 一、电磁感应中的动力学问题

##### 1. 解题方法：

- (1) 选择研究对象，即哪一根导体棒或几根导体棒组成的系统；
- (2) 用法拉第电磁感应定律和楞次定律求感应电动势的大小和方向；
- (3) 求回路中的电流大小；

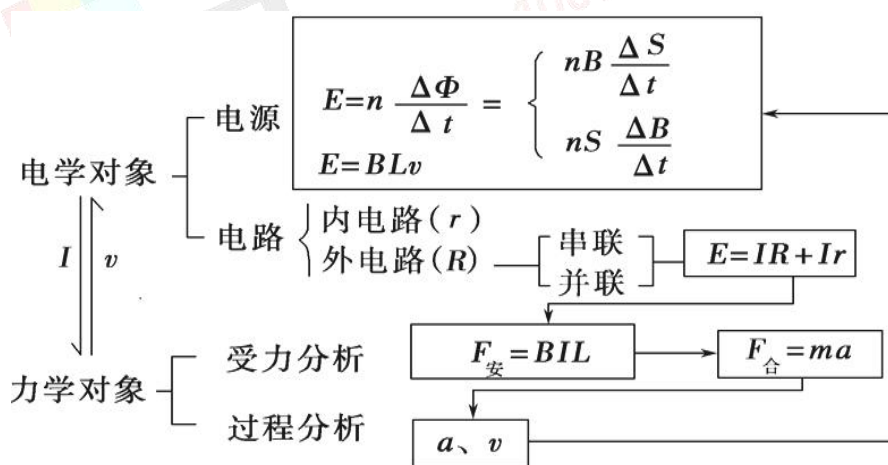
- (4) 分析其受到的安培力和其他力的作用情况;
- (5) 运用牛顿第二定律或平衡条件等列方程求解。

2. 解电磁感应中的动力学问题, 关键是进行正确的受力分析和运动分析:

导体受力运动切割磁感线产生感应电动势→感应电流→安培力→合外力变化→加速度变化→速度变化

一般在恒定磁场及无主动施加的外力情况下, 加速度会趋于零, 导体最终做匀速运动。

3. 电磁感应问题中两大研究对象及其相互制约关系:



二、电磁感应中的能量问题:

1. 求解思路:

(1) 若回路中电流恒定, 可以利用电路结构及  $W=UIt$  或  $Q=I^2Rt$  直接进行计算;

(2) 若电流变化, 则

① 可利用电磁感应中产生的电能等于克服安培力做的功求解;

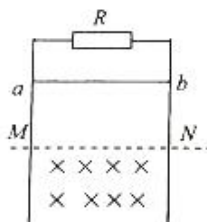
② 可利用能量守恒求解。

2. 解决电磁感应中综合问题的一般思路是: 先电后力再能量。



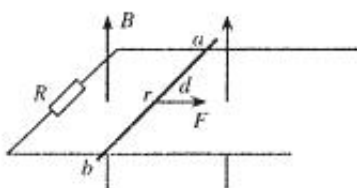
如图所示, 平行金属导轨竖直放置, 仅在虚线  $MN$  下面的空间存在着匀强磁场, 磁场方向垂直纸面向里, 导轨上端跨接一定值电阻  $R$ , 质量为  $m$ 、电阻  $r$  的

金属棒两端各套在导轨上并可在导轨上无摩擦滑动，导轨的电阻不计，将金属棒从图示位置由静止释放，则进入磁场后



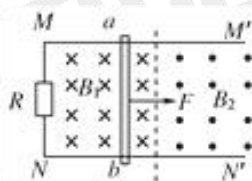
- A.  $a$  点的电势高于  $b$  点的电势
- B. 金属棒中产生的焦耳热小于金属棒机械能的减少量
- C. 金属棒受到的安培力大小为  $2mg$
- D. 金属棒刚进入磁场过程中可能做匀减速运动

如图所示，两根平行长直金属导轨，固定在同一水平面内，间距为  $d$ ，其左端接有阻值为  $R$  的电阻，整个装置处在竖直向上。磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中，一质量为  $m$  的导体棒  $ab$  垂直于轨道放置，且与两轨道接触良好，导体棒与轨道之间的动摩擦因数为  $\mu$ ，导体棒在水平向右。垂直于棒的恒力  $F$  作用下，从静止开始沿轨道运动距离  $l$  时，速度恰好达到最大（运动过程中导体棒始终与轨道保持垂直），设导体棒接入电路的电阻为  $r$ ，轨道电阻不计，重力加速度大小为  $g$ ，在这一过程中



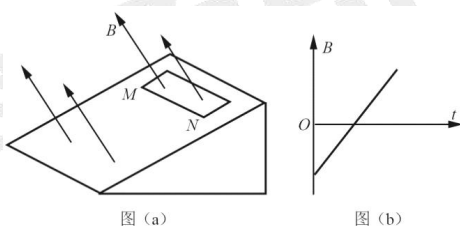
- A. 导体棒运动的平均速度为  $\frac{(F - \mu mg)(R + r)}{2B^2 d^2}$
- B. 流过电阻  $R$  的电荷量为  $\frac{Bdl}{R + r}$
- C.  $ab$  两端的最大电压为  $\frac{(F - \mu mg)R}{Bd}$
- D.  $ab$  两端的最大电压为  $\frac{(F - \mu mg)(R + r)}{Bd}$

3 如图所示，水平放置的光滑金属长导轨  $MM'$  和  $NN'$  之间接有电阻  $R$ ，导轨左、右两区域分别存在方向相反且与导轨平面垂直的匀强磁场，设左、右区域磁场的磁感应强度大小分别为  $B_1$  和  $B_2$ ，虚线为两区域的分界线。一根阻值也为  $R$  的金属棒  $ab$  放在导轨上并与其垂直，导轨电阻不计。若金属棒  $ab$  在外力  $F$  的作用下从左边的磁场区域距离磁场边界  $x$  处匀速运动到右边的磁场区域距离磁场边界  $x$  处，下列说法中正确的是



- A. 当金属棒通过磁场边界时，通过电阻  $R$  的电流反向
- B. 当金属棒通过磁场边界时，金属棒受到的安培力反向
- C. 金属棒在题设的运动过程中，通过电阻  $R$  的电荷量等于零
- D. 金属棒在题设的运动过程中，回路中产生的热量等于  $Fx$

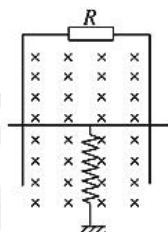
4 如图 (a) 所示，在足够长的光滑的斜面上放置着金属线框，垂直于斜面方向的匀强磁场的磁感应强度  $B$  随时间的变化规律如图 (b) 所示 (规定垂直斜面向上为正方向)。  $t=0$  时刻将线框由静止释放，在线框下滑的过程中，下列说法正确的是



- A. 线框中产生大小、方向周期性变化的电流
- B.  $MN$  边受到的安培力先减小后增大
- C. 线框做匀加速直线运动
- D. 线框中产生的焦耳热等于其机械能的损失

5 如图所示，固定的竖直光滑 U 形金属导轨，间距为  $L$ ，上端接有阻值为  $R$  的电阻，处在方向水平且垂直于导轨平面、磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中，质量

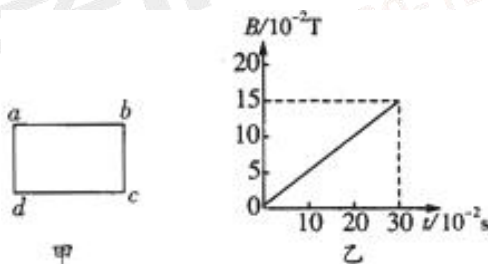
为  $m$ 、电阻为  $r$  的导体棒与劲度系数为  $k$  的固定轻弹簧相连放在导轨上，导轨的电阻忽略不计。初始时刻，弹簧处于伸长状态，其伸长量  $x_1 = \frac{mg}{k}$ ，此时导体棒具有竖直向上的初速度  $v_0$ 。在沿导轨往复运动的过程中，导体棒始终与导轨垂直并保持良好接触。则下列说法正确的是



- A. 初始时刻导体棒受到的安培力大小为  $\frac{B^2 L^2 v_0}{R}$
- B. 初始时刻导体棒的加速度大小为  $2g + \frac{B^2 L^2 v_0}{m(R+r)}$
- C. 导体棒往复运动，最终静止时弹簧处于压缩状态
- D. 导体棒开始运动直到最终静止的过程中，电阻  $R$  上产生的焦耳热为

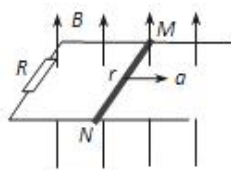
$$\frac{mv_0^2}{2} + \frac{2m^2 g^2}{k}$$

矩形单匝线圈  $abcd$  如甲图所示，长  $ab=20\text{ cm}$ ，宽  $bc=10\text{ cm}$ ，线圈回路总电阻  $R=10\ \Omega$ ，整个线圈平面内均有垂直于线圈平面的匀强磁场穿过。图乙所示该磁场的磁感强度  $B$  随时间  $t$  的变化规律，求：



- (1) 线圈回路中产生的感应电动势和感应电流的大小；
- (2) 当  $t=30\text{ s}$  时，线圈的  $ab$  边所受的安培力大小；
- (3) 在  $1\text{ min}$  内线圈回路产生的焦耳热。

7 如图所示，一对光滑的平行金属导轨固定在同一水平面内，导轨间距  $l=0.5$  m，左端接有阻值  $R=0.3\ \Omega$  的电阻。一质量  $m=0.1$  kg，电阻  $r=0.1\ \Omega$  的金属棒  $MN$  放置在导轨上，整个装置置于竖直向上的匀强磁场中，磁场的磁感应强度  $B=0.4$  T。棒在水平向右的外力作用下，由静止开始以  $a=2\ \text{m/s}^2$  的加速度做匀加速运动，当棒的位移  $x=9$  m 时撤去外力，棒继续运动一段距离后停下来，已知撤去外力前后回路中产生的焦耳热之比  $Q_1:Q_2=2:1$ 。导轨足够长且电阻不计，棒在运动过程中始终与导轨垂直且两端与导轨保持良好接触。求：



- (1) 棒在匀加速运动过程中，通过电阻  $R$  的电荷量  $q$ ；
- (2) 撤去外力后回路中产生的焦耳热  $Q_2$ ；
- (3) 外力做的功  $W_F$ 。

### 题后反思

---



---



---



---



---



---



---

## 答案及解析

### 训练 01 电荷及其守恒定律 库仑定律



#### 【参考答案】

**1** C 任何物体内部总有正负电荷，不带电是因为它呈现了电中性，故 A 错误；物体带电可有是有多余的电子或失去电子，故 B 错误；物体带电是因为失去电子或得到电子，故带电过程就是电荷移动的过程，故 C 正确；电荷是不能被创生的，故 D 错误。

**2** D 两个带电体之间存在着排斥力，故两球带同号电荷，可能都带正电，也可能都带负电，故选项 AB 错误；静电力遵从牛顿第三定律，两球受到的静电力大小相等，故 C 错误，D 正确。

**3** AD 由等量异种电荷电场分布可知， $a$ 、 $b$  两点电场强度相同， $a$  点电势等于  $b$  点电势，且都等于零，选项 A 正确，B 错误；因  $c$  点电势高于  $d$  点，故把点电荷  $+Q$  从  $c$  移到  $d$ ，电势能减小，选项 C 错误； $M$  点的电荷受到的库仑力大小为  $F = k \frac{q^2}{(\sqrt{2}L)^2} = \frac{kq^2}{2L^2}$ ，选项 D 正确。

**4** AC 由于静电感应，使得金属球处于静电平衡，所以选项 D 错。金属球内部电场处处为零，即感应电场和点电荷  $Q$  激发的电场等大反向，相互抵消，选项 A 对。点电荷  $Q$  在金属球球心处激发的电场强度  $E = k \frac{Q}{(2r)^2} = k \frac{Q}{4r^2}$ ，方向向

左。感应电荷在球心的电场强度也是  $E = k \frac{Q}{(2r)^2} = k \frac{Q}{4r^2}$ ，方向向右。选项 B 错。

静电平衡状态的导体电荷分布在导体表面，选项 C 对。

**5** B 运用整体法研究两个质量相等的小球  $A$  和  $B$ ，不管  $A$ 、 $B$  是否带电，整体都受重力和向上的丝线的拉力，则由平衡条件得：上丝线的拉力  $F=2mg$ 。所以  $F_A=F'_A$ 。再隔离  $B$  研究，不带电时受重力和下丝线的拉力，由平衡条件得： $F_B=mg$ 。带电时受重力、下丝线的拉力和  $A$  对  $B$  的向下的排斥力。由平衡条件得： $F'_B=F+mg$ 。即  $F'_B>mg$ 。所以  $F_B<F'_B$ ，故 B 正确，ACD 错误。

【名师点睛】本题采用隔离法和整体法，由平衡条件分析物体的状态，考查灵活选择研究对象的能力。

**6** C 由于  $Oc$  沿竖直方向，而  $c$  受重力及绳拉力也在竖直方向，所以  $a$  对  $c$  的库仑力与  $b$  对  $c$  的库仑力一定等大，所以  $q_a=q_b$ ；又因  $ab$  连线处于水平，则  $m_a=m_b$ ；因  $c$  对  $a$ 、 $b$  的库仑力大小相等，由受力分析知  $Oa$ 、 $Ob$  所受拉力大小相等，C 正确；而  $c$  的电荷量与  $a$ 、 $b$  电荷量不一定相等，所以  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三球所受库仑力大小不一定相等，故 ABD 错，应选 C。

**7** C 若  $C$  带正电，①若  $C$  放在  $A$  左边， $B$  所受库仑力均向左， $B$  不可能平衡。则不可能；②若  $C$  放在  $AB$  连线上， $C$  受力均向右， $C$  不可能平衡。则不可能；③若  $C$  放在  $B$  的右边， $A$  的电荷量小于  $B$  且  $AC$  距离大于  $BC$  距离，据  $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$  可得  $A$  对  $C$  的力小于  $B$  对  $C$  的力， $C$  不可能平衡。则不可能。综上，AB 两项均不正确。若  $C$  带负电，①若  $C$  放在  $B$  的右边， $A$  受力均向右， $A$  不可能平衡。则不可能；②若  $C$  放在  $AB$  连线上， $C$  受力均向左， $C$  不可能平衡。则不可能；③若  $C$  放在  $A$  左边，设  $AC$  间距为  $x$ ，

$AB$  间距为  $r$ ，则要使三者均平衡，对  $C$  分析可得： $k\frac{Q_BQ_C}{(x+r)^2}=k\frac{Q_AQ_C}{x^2}$ ，解得：

$x=\frac{1}{2}r=0.2\text{ m}$ ，综上 C 项正确，D 项错误。

【名师点睛】三个点电荷的自平衡可总结为：两同夹异（从力的方向角度分析），两大夹小（从力的大小角度分析）。

## 训练 02 电场的性质和电容器的电容

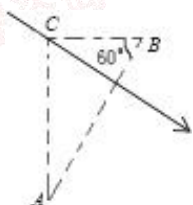
知新

【参考答案】

**1** D 把正电荷从  $A$  移到  $B$ ，电场力做功为零，可知  $A$ 、 $B$  两点电势相等，那么  $AB$  应为等势面；因电场线与等势面相互垂直，故过  $C$  做  $AB$  的垂线，一定是电场线；从  $B$  到  $C$  由  $W=Uq$  可知， $BC$  两点的电势差

$U_{BC} = \frac{W_{BC}}{q} = -173 \text{ V}$ ，即  $C$  点电势高于  $B$  点的电势，故电场线垂直于  $AB$  斜向下； $BC$  间沿电场线的距离

$d = BC \sin 60^\circ = 0.173 \text{ m}$ ；电场强度  $E = \frac{U}{d} = \frac{173}{0.173} \text{ V/m} = 1000 \text{ V/m}$ ，故 D 正确。



**2** D S 先触 1，电容器充电，扳到 2 后，电容器电荷量不变。板间距拉大时，

电容减小，根据电容的定义式  $C = \frac{Q}{U}$  可知，两板的电势差增大，板间电场强度

$E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{C} d = \frac{4\pi kQ}{\epsilon S}$ ， $Q$ 、 $S$ 、 $\epsilon$  均不变，则  $E$  不变，故平行板电容器两板间的电场强度不变，故 ABC 错误，D 正确。

**3** AD 由题意可知，带电荷量为  $q$  的微粒静止不动，则微粒受到向上的电场力，平行板电容器板间场强方向竖直向下，则微粒带负电，故 A 正确；由平衡

条件得： $mg = \frac{qE}{g}$  得，电源电动势的大小为  $E = \frac{mgd}{q}$ ，故 B 错误；断开电键 S，

电容器所带电荷量不变，场强不变，微粒所受的电场力不变，则微粒仍静止不动，故 C 错误；保持电键 S 闭合，把电容器两极板距离  $s$  增大，板间场强减小，微粒所受电场力减小，则微粒将向下做加速运动，故 D 正确。

**4** B 根据曲线运动的合力指向曲线的内侧，可知电场力竖直向上，所以电场强度竖直向下，又因为沿电场线方向电势降低，所以  $Q$  点的电势比  $P$  点高，选项 A 错误；油滴从  $Q$  点运动到  $P$  点的过程电场力做负功，电势能增大，合力向

上,所以合外力也做负功,因此动能减小,选项B正确,C错误;重力和电场力均为恒力,所以加速度相等,选项D错误。

**5** AC 根据电势能与电势的关系:  $E_p = q\varphi$ , 场强与电势的关系:  $E = \frac{\Delta\varphi}{\Delta x}$ , 得:

$E = \frac{\Delta E_p}{\Delta x} \frac{1}{q}$ , 由数学知识可知  $E_p - x$  图象切线的斜率等于  $\frac{\Delta E_p}{\Delta x}$ ,  $0 \sim x_1$  段的斜率逐渐

减小,电场强度逐渐减小,故A正确;由图看出在  $0 \sim x_1$  段图象切线的斜率不断减小,由上式知场强减小,粒子所受的电场力减小,加速度减小,做非匀变速运动,  $x_1 \sim x_2$  段图象切线的斜率不断增大,场强增大,粒子所受的电场力增大,做非匀变速运动,  $x_2 \sim x_3$  段斜率不变,场强不变,即电场强度大小和方向均不变,是匀强电场,粒子所受的电场力不变,做匀变速直线运动,故B错误;根据电势能与电势的关系:  $E_p = q\varphi$ , 粒子带负电,  $q < 0$ , 可知:电势能越大,粒子所在处的电势越低,所以有:  $\varphi_1 > \varphi_2 > \varphi_3$ , 故C正确;  $x_1$  与  $x_2$  两点间距与  $x_2$  与  $x_3$  两点间距相等,但是线的斜率不一样,故而电场强度不一样,由  $U = Ed$ , 可知  $x_1$  与  $x_2$  两点间的电势差  $U_{12}$  不等于  $x_2$  与  $x_3$  两点间的电势差  $U_{23}$ , 故D错误。

**6** B 根据电容的定义式  $C = \frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$ , 保持  $S$  不变, 减小  $d$ , 电容  $C$  增大, 根据  $U = \frac{Q}{C}$ , 知  $U$  减小, 所以  $\theta$  变小, 故A错误, B正确; 根据电容的定义式  $C = \frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$ , 保持  $d$  不变, 减小  $S$ , 电容  $C$  减小, 根据  $U = \frac{Q}{C}$ , 知  $U$  增大, 所以  $\theta$  变大, 故C错误; 根据电容的定义式  $C = \frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$ , 保持  $S$ 、 $d$  不变, 在两板间插入电介质, 电容  $C$  增大, 根据  $U = \frac{Q}{C}$ , 知  $U$  减小, 则  $\theta$  变小, 故D错误。

**【名师点睛】** 静电计指针偏角大小表示极板间电势差的大小, 抓住电荷量不变, 根据  $C = \frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$  判断电容  $C$  的变化, 根据  $U = \frac{Q}{C}$  判断电压变化, 从而分析夹角的变化。

**7** (1) 带负电  $-0.2 \text{ J}$  (2)  $10^4 \text{ V}$  (3)  $10^6 \text{ V/m}$

(1) 带负电

电势能增加  $0.2 \text{ J}$ , 即电场力做功为  $W = -0.2 \text{ J}$

(2) 由  $A \rightarrow B$  电场力做负功,  $q = -2 \times 10^{-5} \text{ C}$

则  $U_{AB} = \frac{W}{q} = 10^4 \text{ V}$

(3) 根据匀强电场中的关系式有  $U=Ed$

由几何关系可知  $d = \overline{AB}\cos 60^\circ = 0.01 \text{ m}$

则  $E = 10^6 \text{ V/m}$

### 训练 03 带电粒子在匀强电场中的运动



#### 【参考答案】

**1** B 该两板间的电压为  $U$ ，由动能定理得： $\frac{U}{2}q = E_{k\text{末}} - E_{k\text{初}} = 2E_k - E_k = E_k$ ，故  $U = 2E_k/q$ ，B 正确。

**2** A 设平行金属板板间距离为  $d$ ，板长为  $l$ 。电子在加速电场中运动时，由动能定理得：

$eU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$ ，垂直进入平行金属板间的电场做类平抛运动，水平方向有： $l = v_0t$ ，竖起方向有：

$y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \frac{eU_2}{md} t^2$ ，联立以上四式得偏转距离为： $y = \frac{U_2 L^2}{4dU_1}$ ，要使  $U_1$  加倍，要使电子的运动轨迹不发

生变化时， $y$  不变，则必须使  $U_2$  加倍，故选 A。

【名师点睛】本题考查了带电粒子在电场中的运动，可以根据动能定理和牛顿第

二定律、运动学公式结合推导出  $y = \frac{U_2 L^2}{4dU_1}$ 。

**3** D 当粒子向右运动时电场力做负功电势能增加，当粒子向左运动时电场力做正功电势能减小，故 A 错误；粒子做曲线运动，受电场力指向曲线弯曲的内侧，故可知，粒子所受电场力沿电场的反方向，故 B 错误；粒子在匀强电场中只受到恒定的电场力作用，故粒子在电场中的加速度不变，故 C 错误；粒子受到的电场力向左，在向右运动的过程中，电场力对粒子做负功，粒子的速度减小，运动到 M 点时，粒子的速度最小，所以 D 正确。

**4** CD 粒子在水平方向上做匀速直线运动，故有  $t = \frac{L}{v_0}$ ，由于初速度相同，粒

子  $b$  的水平位移大于粒子  $a$  的水平位移，所以  $t_b > t_a$ ，A 错误；粒子在竖直方向

上的位移相同，并且都做初速度为零的匀加速直线运动，故  $y = \frac{1}{2}at^2$ ，因为  $t_b > t_a$ ，

所以  $a_a > a_b$ ，根据牛顿第二定律可得  $a = E \cdot \frac{q}{m}$ ，故加速度越大，粒子的比荷越大，

故  $a$  的比荷一定大于  $b$  的比荷，CD 正确；因为初速度相同，而打在极板上的速

率  $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2}$ ，所以竖直方向上的速率越大，则打在极板上的速率就越大，因

为  $v_y = \frac{EqL}{m v_0}$ ，又知道  $a$  的比荷一定大于  $b$  的比荷，所以  $a$  打到极板上的速率大

于  $b$  打到极板上的速率，B 错误。

**5** BD 物块恰好静止在光滑斜面顶端，物体带负电，受电场力与重力平衡。将电场方向改为水平向右，

物体受电场力水平向左，大小等于重力。根据力的合成定则，合力大小为  $\sqrt{2}mg$ ，方向与竖直方向成  $45^\circ$ 。

根据牛顿第二定律， $\sqrt{2}mg = ma$ ， $a = \sqrt{2}g$ ，落地时物体的位移  $x = \frac{H}{\sin 45^\circ} = \sqrt{2}H$ ，根据匀变速运动位移时

间关系  $x = \frac{1}{2}at^2$ ，联立解得： $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ ，故 A 错误，B 正确；到着地过程合外力做的功：

$W = \sqrt{2}mg \times \sqrt{2}H = 2mgH$ ，根据动能定理，动能增加  $2mgH$ ，重力势能减小  $mgH$ ，

故机械能增加  $mgH$ ，故 C 错误，D 正确。

**6** (1)  $x = 2.5R$  (2)  $N_p = 8mg$ ，方向由  $O$  指向  $P$

(1) 在  $A$  点，由牛顿第二定律： $mg = m \frac{v_A^2}{R}$

从静止开始运动至  $A$  点，由动能定理： $qEx - \mu mgx - mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_A^2 - 0$

得： $x = \frac{2.5mgR}{qE - \mu mg} = 2.5R$  xk-w

(2) 由等效场的理论, 假设电场力和重力的合力与竖直向下成 $\theta$ 角, 则速度最大的位置 $P$ 点与圆心 $O$ 的连线与竖直方向也成 $\theta$ 角, 且 $\tan\theta = \frac{qE}{mg} = \frac{4}{3}$

$$\text{从 } B \text{ 点到 } A \text{ 点: } -mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$\text{从 } B \text{ 点到 } P \text{ 点: } qER \sin\theta - mgR(1 - \cos\theta) = \frac{1}{2}mv_P^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$\text{在 } P \text{ 点: } N_P - \frac{5}{3}mg = m \frac{v_P^2}{R}$$

解得:  $N_P = 8mg$  方向由 $O$ 指向 $P$

$$\star (1) \frac{1}{8}L \quad (2) \frac{\sqrt{17}}{4}v_0 \quad (3) \frac{\sqrt{2}}{2}v_0$$

(1) 设经过时间 $t_1$ 粒子射出电场, 沿电场方向位移 $y$ , 沿电场方向速度为 $v_{y1}$

$$\text{由类平抛运动知, } L = v_0 t_1, \quad y = \frac{1}{2}at_1^2, \quad v_{y1} = at_1$$

$$\text{射出电场的速度分解到水平方向和竖直方向 } \frac{\sqrt{17}}{4}v_0 = \sqrt{v_0^2 + v_{y1}^2}$$

$$\text{联立, 得: } a = \frac{v_0^2}{4L}, \quad y = \frac{1}{8}L$$

(2) 粒子在水平方向做匀速运动, 设经过时间 $t_2$ 粒子射出电场 $L = \frac{1}{4}v_0 t_2$

设粒子沿场强方向加速度为 $a$ , 沿场强方向匀加速直线运动 $v_{y2} = at_2$

$$\text{粒子射出电场速度 } v = \sqrt{\left(\frac{1}{4}v_0\right)^2 + (v_{y2})^2}$$

$$\text{联立知 } v = \frac{\sqrt{17}}{4}v_0$$

(3) 设粒子以 $v_x$ 射入电场, 沿电场方向速度为 $v_y$

$$\text{粒子射出电场的速度为 } v', \quad \text{可得 } v' = \sqrt{(v_x)^2 + \left(a \frac{L}{v_x}\right)^2}$$

可知 $(v_x)^2 = \left(a \frac{L}{v_x}\right)^2$ 相等时,  $v'$ 取最小值, 即 $v_x = \frac{v_0}{2}$

$$\text{代入知最小速度 } v' = \frac{\sqrt{2}}{2}v_0$$

## 训练 04 串、并联电路的规律



### 【参考答案】

**1** C 把  $R_1$  和  $R_2$  并联在电路中，并联的总电阻  $R$  比  $R_1$  和  $R_2$  都小， $I-U$  图象中斜率越大，电阻越小，则  $R$  的伏安特性曲线的斜率大于  $R_1$  和  $R_2$  的伏安特性曲线的斜率，则  $R$  的伏安特性曲线应该在 I 区。 $R_1$  和  $R_2$  并联在电路中，电压相等，由图读出流过电阻  $R_1$  的电流较大，根据  $P = I^2 R$  可知，则功率  $P_1 > P_2$ ，C 正确。

**2** A 由电路图可知，电压表与待测电阻并联，测待测电阻两端电压，电压表的示数等于  $R_x$  两端的电压，故 CD 错误；由电路图可知，实验采用电流表外接法，电流表所测电流等于通过电阻的电流与通过电压表的电流之和，电流表的示数大于通过  $R_x$  的电流，故 B 错误，A 正确。

【名师点睛】考查电流表，电压表的测量原理，明确电压表所测为与其并联部分电压，电流表为其串联电路的电流。

**3** B 因为当外电路的电阻等于电源内阻时，电源的输出功率最大，将  $R_1 + r$  归为电源的内阻，故当  $R_2 = R_1 + r$  时， $R_2$  上获得最大功率，选项 A 正确；因为  $R_1$  为固定电阻，故当外电阻最小时，即  $R_2 = 0$  时，电阻的电流最大，此时  $R_1$  上获得最大功率，选项 B 错误，C 正确；若  $R_1 = r$ ，当  $R_2 = 0$  时，电源的输出功率最大，选项 D 正确。

**4** B 由  $R = \frac{U}{I}$  可知，图象的斜率表示电阻的倒数，则由图象可知电阻  $R = \frac{10}{5} \Omega = 2 \Omega$ ，故 A 错误，B 正确； $I-U$  图线的斜率可定性表示电阻的倒数，但  $R$  不等于  $\cot 45^\circ$ ，只能根据  $\frac{\Delta U}{\Delta I}$  求解，故 C 错误；在  $R$  两端加 6 V 的电压时，电路中电流  $I = \frac{U}{R} = \frac{6}{2} \text{ A} = 3 \text{ A}$ ，则每秒通过电阻的电荷量为  $q = It = 3 \times 1 \text{ C} = 3.0 \text{ C}$ ，故 D 错误。

**5** C 根据电源  $U-I$  图线， $r_1 = \frac{10}{7} \Omega$ ， $r_2 = \frac{10}{11} \Omega$ ，则  $r_1 : r_2 = 11 : 7$ ，故 A 错误； $E_1 = E_2 = 10 \text{ V}$ ，故 B 错误；灯泡伏安特性曲线与电源的路端电压随电流的变化的

特性图线的交点即为灯泡与电源连接时的工作状态, 则  $U_1=3\text{ V}$ ,  $I_1=5\text{ A}$ ,  $P_1=15\text{ W}$ ,  $R_1=\frac{3}{5}\Omega$ ;  $U_2=5\text{ V}$ ,  $I_2=6\text{ A}$ ,  $P_2=30\text{ W}$ ,  $R_2=\frac{5}{6}\Omega$ ,  $P_1:P_2=1:2$ ,  $R_1:R_2=18:25$ , 故 C 正确, D 错误。

**6 B** 由:  $P=\frac{U^2}{R}$  得:  $R=\frac{U^2}{P}$ , 故四灯电阻:  $R_1=R_2>R_3=R_4$ , 由图知,  $L_1$  和  $L_4$  串联, 由于  $P=I^2R$ ,  $R_1>R_4$ ,

$I_1=I_4$ , 故  $P_1>P_4$ ,  $L_2$  和  $L_3$  并联,  $R_2>R_3$ , 由于  $P=\frac{U^2}{R}$ , 故  $I_2<I_3$ ,  $P_2<P_3$ , 故  $P=I^2R$ ,  $R_1=R_2$ ,  $I_1>I_2$ ,  $R_3=R_4$ ,

$I_3<I_4$ , 故  $P_1>P_2$ ,  $P_3<P_4$ , 由以上分析可得:  $P_1>P_4>P_3>P_2$ , 故  $L_1$  的电功率最大、最亮;  $L_2$  的电功率最小、最暗, 故选 B。

**7 D** 当滑片左移时, 滑动变阻器接入电阻减小, 则电路中总电阻减小, 由闭合电路欧姆定律可知, 电路中电流增大, 而  $R_1$  两端的电压增大, 故乙表示是  $V_1$  示数的变化, 甲表示  $V_2$  示数的变化, 故 A 错误; 由图 (b) 可知, 当只有  $R_1$  接入电路时, 电路中电流为  $0.6\text{ A}$ , 电压为  $3\text{ V}$ , 则由  $E=U+Ir$  可得:  $E=3+0.6r$ ; 当滑动变阻器全部接入时, 两电压表示数之比为  $\frac{1}{4}$ , 故  $\frac{R_1}{R_2}=\frac{1}{4}$ , 由闭合电路欧姆定律可得  $E=5+0.2r$ , 解得  $r=5\Omega$ ,  $E=6\text{ V}$ , 故 BC 错误; 因当内电阻等于外电阻时, 电源的输出功率最大, 故当外电阻等于  $5\Omega$  时, 电源的输出功率最大, 故此时电流  $I=\frac{E}{2\times r}=0.6\text{ A}$ , 故电源的最大输出功率  $P=UI=1.8\text{ W}$ ,  $R_1$  的阻值为  $5\Omega$ ,  $R_2$  电阻为  $20\Omega$ ; 当  $R_1$  等效为内阻, 则当滑动变阻器的阻值等于  $R_1+r$  时, 滑动变阻器消耗的功率最大, 故当滑动变阻器阻值为  $10\Omega$  时, 滑动变阻器消耗的功率最大, 由闭合电路欧姆定律可得, 电路中的电流  $I'=\frac{6}{20}\text{ A}=0.3\text{ A}$ , 则滑动变阻器消耗的总功率  $P'=I'^2R'=0.9\text{ W}$ , 故 D 正确。

**【名师点睛】** 在求定值电阻的最大功率时, 应是电流最大的时候; 而求变值电阻的最大功率时, 应根据电源的最大输出功率求, 必要时可将与电源串联的定值电阻等效为内阻处理。

## 训练 05 电路的动态分析



### 【参考答案】

**1** C 当滑动变阻器的滑片  $P$  向左滑动时, 总电阻增大, 则总电流减小, 所以  $B$  灯变暗; 内电压减小, 则外电压增大, 灯泡  $B$  的电压减小, 则并联部分的电压增大, 则灯泡  $A$  变亮, 故  $AB$  错误; 电源的输出功率与内电阻和外电阻的关系有关, 当内电阻小于外电阻, 外电阻增大时, 输出功率减小, 当内电阻大于外电阻, 外电阻增大时, 输出功率增大, 外电阻等于内电阻时, 电源的输出功率最大, 故  $C$  正确; 根据  $P = EI$  知, 电源的总功率减小, 故  $D$  错误。

**2** A 电路稳定时电容器相当于开路, 当光照强度增大时光敏电阻  $R_1$  的阻值减小, 电路的总电阻减小, 根据欧姆定律可知电流增大。由于电源内阻不变外电阻变大, 根据分压定律可知  $R_1$  两端的电压减小, 即电容器两端的电压减小, 电容器所带电荷量减少。当外电阻大于内电阻时输出功率随着外电阻的增加而减小, 而当外电阻小于内电阻时输出功率随着外电阻的增加而增加, 题中无法判断内电阻和外电阻的关系。由于外电压减小电源电压不变, 根据电源效率  $\eta = \frac{P_{\text{外}}}{P_{\text{总}}} = \frac{U_{\text{外}}}{\varepsilon}$

可知电源效率减小, 故只有  $A$  正确。

**3** A 当滑动变阻器的滑动头向上移动时, 变阻器接入电路的电阻增大, 外电路总电阻  $R$  增大, 由闭合电路欧姆定律得知: 干路电流  $I$  减小, 路端电压  $U = E - Ir$  增大, 即电压表的示数增大。电路中并联部分的电压  $U_{\#} = E - I(r + R_1)$  增大, 电阻  $R_2$  的电流增大, 电流表的示数  $I_A = I - I_2$ , 减小, 故选  $A$ 。

**【名师点睛】** 本题是电路动态变化分析问题, 难点是确定电流表的示数的变化。对于电流表这一路, 电压、电阻和电流都变化, 不好判断电流如何变化, 采用总量法, 即由干路总电流和另一路电流的变化, 来确定电流表示数的变化。

**4** AD 当滑动变阻器的滑片向下端移动时, 变阻器接入电路的电阻减小, 变阻器与电阻  $R_2$  并联的总电阻减小, 外电路总电阻减小, 根据闭合电路欧姆定律分析可知总电流  $I$  变大, 电源的内电压变大, 路端电压  $U$  变小, 即  $V_1$  减小, 电

源的输出功率的变化无法确定；电阻  $R_1$  的电压变大，其消耗的功率增大，则并联部分的电压减小，可知电压表  $V_2$  示数减小，所以电阻  $R_2$  的电流减小，因总电流变大，所以 A 示数增大。故 AD 正确，BC 错误。

**5** B 若  $R_3$  断路，则总电阻增大，总电流减小，路端电压变大，A、B 灯都变亮，选项 A 错误；若  $R_2$  断路，总电阻变大，总电流  $I$  变小，路端电压  $U_{外}$  增大， $I_3$  变大， $I_A = I - I_3$ ， $I_A$  变小，A 灯变暗， $U_B = U_{外} - U_A - U_1$ ， $U_B$  变大，B 灯变亮，选项 B 正确；若  $R_1$  短路，使总电阻减小，总电流增大， $U_{外}$  减小，流过  $R_3$  的电流减小，流过 A 灯电流增大，A 灯变亮，选项 C 错误；若  $R_1$ 、 $R_2$  同时短路，则 B 灯熄灭，选项 D 错误。

**6** ACD  $\frac{\Delta U_1}{\Delta I} = \frac{U_1}{I} = R_1$ ， $R_1$  为定值电阻，所以  $\frac{U_1}{I}$  不变， $\frac{\Delta U_1}{\Delta I}$  不变，故 A 正确； $\frac{U_2}{I} = R_2$ ，滑片下

移，滑动变阻器有效阻值增大， $R_2$  增大，所以  $\frac{U_2}{I}$  变大， $\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = R_1 + r$ ， $R_1 + r$  不变，所以  $\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$  不变，故 B

错误，C 正确； $\frac{U_3}{I} = R_1 + R_2$ ， $R_1$  为定值电阻， $R_2$  增大，所以  $\frac{U_3}{I}$  变大， $\frac{\Delta U_3}{\Delta I} = r$ ， $r$  不变，所以  $\frac{\Delta U_3}{\Delta I}$  不

变，故 D 正确。

**7** AD 由题图可知，电压表与  $R_1$  并联，电流表与  $R_3$  串联后再与  $R_2$  并联，两部分串联。在滑动变阻器的滑片  $P$  向下移动的过程中，滑动变阻器接入电路的电阻变小，电路的总电阻变小，总电流变大， $R_1$  两端的电压变大，电压表的示数变大，A 正确；并联部分的电压变小，即  $R_2$  两端的电压变小， $R_2$  消耗的功率变小，D 正确；电容器两端的电压变小，电容器放电，所带电荷量减少，C 错误；通过  $R_2$  的电流变小，总电流变大，所以通过电流表的电流变大，B 错误。

## 训练 06 电功、电功率及电路中的能量转化



【参考答案】

**1** B 设发电机的电动势为  $E$ ，电流  $I=0.5\text{ A}$ ，时间  $t=60\text{ s}$ ，产生的电能  $W=3\ 600\text{ J}$ ，则由电功公式  $W=Et$  得发电机的电动势为： $E = \frac{W}{It} = \frac{3\ 600}{0.5 \times 60}\text{ V} = 120\text{ V}$ ，故 B 正确，ACD 错误。

**2** B 电动机消耗的总功率为： $P=IU=20\text{ W}$ ，选项 AD 错误；电阻  $R$  消耗的电功率为  $P_R=I^2 \times 5\text{ W}=5\text{ W}$ ，选项 B 正确；电动机不是纯电阻电路，故不适用欧姆定律，故电动机线圈的电阻  $r \neq \frac{U}{I} = 20\ \Omega$ ，选项 C 错误。

**【名师点睛】**此题是关于电动机问题的计算；要知道电动机不是纯电阻电路，不满足欧姆定律，故电动机线圈内阻  $r_{\text{线}} \neq \frac{U}{I}$ ；电动机的总功率  $IU$  一部分转化为内阻上的发热功率  $I^2r$ ，另一部分输出变为机械功率，要弄清这种能量转化。

**3** B 电吹风机消耗的电功率  $P$  是总的功率，总功率的大小应该用  $P=IU$  来计算，所以总功率  $P=IU$ ，所以 AC 错误；电吹风机中发热的功率要用  $I^2R$  来计算，所以总的发热功率为  $I^2(R_1+R_2)$ ，吹风机的总功率  $P=IU$  要大于发热部分的功率，所以 D 错误，B 正确。

**4** C 电动机两端的电压为  $U_M=E-I(r+R_0)=6\text{ V}-1 \times (1.5+1)\text{ V}=3.5\text{ V}$ ，故 A 错误；电动机产生的热功率为  $P_M=I^2R_M=1^2 \times 0.5\text{ W}=0.5\text{ W}$ ，电动机的输出功率为  $P_{M\text{输出}}=U_M I - I^2R_M=1 \times 3.5\text{ W}-1^2 \times 0.5\text{ W}=3\text{ W}$ ，故 B 错误，C 正确；电源的输出功率为  $P_{M\text{输出}}=EI - I^2r=6 \times 1\text{ W}-1^2 \times 1\text{ W}=5\text{ W}$ ，故 D 错误。

**【名师点睛】**在计算电功率的公式中，总功率用  $P=UI$  来计算，发热的功率用  $P=I^2R$  来计算，如果是计算纯电阻的功率，这两个公式的计算结果是一样的，但对于电动机等非纯电阻，第一个计算的是总功率，第二个只是计算发热的功率，这两个的计算结果是不一样的。

**5** AD 电动机和电阻并联，当吹热风时，电阻消耗的功率为

$$P = P_{\text{热}} - P_{\text{冷}} = 1\ 000\text{ W} - 120\text{ W} = 880\text{ W}，由 P = \frac{U^2}{R} 可知 R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{880}\ \Omega = 55\ \Omega，$$

故 A 正确，C 错误；电动机为非纯电阻电路，故不能用  $P = \frac{U^2}{R}$  求，故 B 错误；

当电吹风吹热风时，电动机每秒钟消耗的电能为  $120\text{ J}$ ，故 D 正确。

**6** ABD 由图可知, 当电压为 220 V 时,  $L_2$  的电流为 0.45 A, 故  $L_1$  的额定功率  $P = UI_1 = 220 \text{ V} \times 0.45 \text{ A} = 99 \text{ W}$ , 故 A 正确; 两灯泡串联时, 流过两电阻的电流相等, 而总电压应为 220 V, 由  $U-I$  图象可知, 串联时电流应为 0.25 A, 此时  $L_1$  的电压为 150 V, 故此时  $L_1$  的功率  $P = U_1 I_1' = 150 \times 0.25 \text{ W} \approx 37 \text{ W}$ , 而  $L_2$  的电压为 70 V, 那么  $L_2$  的功率  $P = U_2 I_2' = 70 \times 0.25 \text{ W} \approx 17 \text{ W}$ , 故 B 正确; 当电压为 220 V 时,  $L_3$  的电流为 0.45 A, 故  $L_3$  的时间功率  $P = UI_3 = 220 \text{ V} \times 0.45 \text{ A} = 99 \text{ W}$ ,  $L_2$  的实际功率比  $L_3$  的实际功率小:  $99 \text{ W} - 17 \text{ W} = 82 \text{ W}$ , 故 C 错误, 故 D 正确。

**7** (1) 0.3 A (2) 64.2 W 1.8 W 97.3% (3) 11 A 2 420 W

$$(1) \text{ 正常工作时通过电动机的电流大小 } I = \frac{P}{U} = \frac{66}{220} \text{ A} = 0.3 \text{ A}$$

$$(2) \text{ 转化为内能的功率 } P_{\text{热}} = I^2 r = 0.3^2 \times 20 \text{ W} = 1.8 \text{ W}$$

$$\text{转化为机械能的功率 } P_{\text{机}} = P - P_{\text{热}} = (66 - 1.8) \text{ W} = 64.2 \text{ W}$$

$$\text{电动机的效率 } \eta = \frac{P_{\text{机}}}{P} \times 100\% = \frac{64.2}{66} \times 100\% \approx 97.3\%$$

(3) 当电风扇不转动时, 电能全部转化为内能, 电动机相当于纯电阻用电器。

$$I' = \frac{U}{r} = \frac{220}{20} \text{ A} = 11 \text{ A}$$

电动机消耗的功率  $P'$  等于其发热功率  $P_{\text{热}}'$

$$\text{所以 } P' = P_{\text{热}}' = \frac{U^2}{r} = \frac{220^2}{20} \text{ W} = 2\,420 \text{ W}$$

此时电动机可能会被烧毁

**【名师点睛】** 对于电功率的计算, 一定要分析清楚是不是纯电阻电路, 对于非纯电阻电路, 总功率和发热功率的计算公式是不一样的。

## 训练 07 电学实验

知新

【参考答案】

**1** B 该实验电流表的内阻对实验没有影响，电压表的内阻对实验有影响，电压表的内阻越大，实验的误差越小，故应选内阻较大的电压表。故选 B。

**2** B 欧姆表内部有电源，与被测电阻组成了闭合回路，为使指针从左向右移动，则电源负极的应是红表笔相连，故 A 错误；每次换挡后都必须重新进行短接调零，故 B 正确；根据闭合电路欧姆定律可知电流  $I = \frac{E}{R+r}$  与  $R$  不成反比，所以刻度盘上的刻度是不均匀的，故 C 错误；表盘刻度最左边表示电流为零，而电阻阻值则为无穷大，故 D 错误。

**3** C 测电阻时，两手碰着表笔的金属杆，手与待测电阻并联，测的是电阻与手的并联阻值，测量值偏小，故 A 符合实际；欧姆表有内置电源，测量电路的电阻，应把电阻与电源断开，如果该电路不和电源断开，可能烧坏表头，故 B 符合实际；使用多用电表测电阻时，应选择合适的挡位，使指针指在表盘中央刻度线附近，如果所选挡位不合适，测量值误差较大，故 C 不符合实际；灯泡电阻受温度影响，随温度升高而增大，灯泡在常温下的阻值远小于灯泡正常发光时的电阻，因此用多用电表测一个白炽灯泡电阻时，测量值比用  $R = \frac{U^2}{P}$  算出的值小得多， $U$  为灯泡的额定电压， $P$  为灯泡的额定功率，故 D 符合实际。

**4** (1) 黑 (2) 14.0 53.0 4.6 (3) 103 (4) 1.54

(1) 因在多用电表内部，黑表笔接电源的正极，故若两电表均正常工作，则表笔  $a$  为黑色；

(2) 多用电表的读数为  $14.0 \Omega$ ，电流表的读数为  $53.0 \text{ mA}$ ，电阻箱的读数为  $4.6 \Omega$ ；

(3) (4) 由 (2) 可知： $I = \frac{E}{r+R}$ ，其中  $I=53.0 \text{ mA}$ ， $R=14.0 \Omega$ ，欧姆表的中值电阻等于欧姆表的内阻  $r=15 \Omega$ ，则  $E = I(r+R) = 53 \times 10^{-3} \times (15+14) \text{ V} = 1.54 \text{ V}$ ，将图甲中多用电表的两表笔短接，此时流过多用电表的电流为

$$I' = \frac{E}{r} = \frac{1.54}{15} \text{ A} = 103 \text{ mA}。$$

【名师点睛】此题是多用表的使用及欧姆定律的应用问题；关键是要弄清多用表内部结构，弄清整个电路的结构，通过欧姆定律列方程解答；注意多用表的中值电阻等于其内阻；黑表笔接内部电源的正极，这些都是解题时必须知道的。

5 (1)  $A_2$  大于 (2)  $\frac{1}{U} = \frac{r}{ER} + \frac{1}{E}$  0.33

(1) 根据所测量的未知电阻的阻值约为 2 千欧，电压表的量程为 4 V，所以电阻中电流最大约为 2 mA，因此表应选  $A_2$ ，由于电流表的分压，可知被测电压偏大，根据欧姆定律可知，电阻的测量值大于真实值；

(2) 根据闭合电路欧姆定律，结合实验电路有： $E = U + \frac{U}{R}r \Rightarrow \frac{1}{U} = \frac{r}{ER} + \frac{1}{E}$ ，根据图像可知，纵截距表示电动势的倒数，所以电源电动势为 0.33 V。

【名师点睛】本题考查了求电源电动势与内阻实验，应用图象法求电源电动势与内阻时，要先求出图象对应的函数表达式，然后根据图象与函数表达式即可求出电源电动势与内阻。

6 (1) 等于 等于 灵敏电流计 G 的示数为零 电流表和电压表的示数  $I_2$  和  $U_2$

(2)  $\frac{U_1 I_2 - U_2 I_1}{I_2 - I_1}$   $\frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2}$  (3) 等于

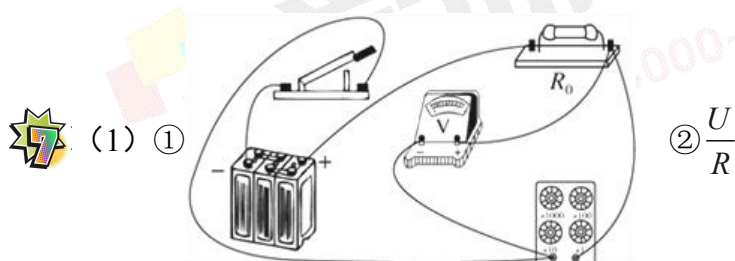
(1) ① 闭合开关  $S_1$ 、 $S_2$ ，调节  $R$  和  $R'$  使得灵敏电流计 G 的示数为零，这时，A、B 两点的电势  $\varphi_A$ 、 $\varphi_B$  的关系是  $\varphi_A$  等于  $\varphi_B$ ，读出电流表和电压表的示数  $I_1$  和  $U_1$ ，电流表测量的是干路上的电流，其中  $I_1$  等于通过电源  $E$  的电流。② 改变滑动变阻器  $R$ 、 $R'$  的阻值，重新使得灵敏电流计示数为零，读出电流表和电压表的示数  $I_2$  和  $U_2$ 。

(2) 根据闭合电路欧姆定律得： $E=I_1r+U_1$ ， $E=I_2r+U_2$ ，解得：

$$E = U_1 + \frac{I_1(U_2 - U_1)}{I_1 - I_2} = \frac{U_1 I_2 - U_2 I_1}{I_2 - I_1},$$

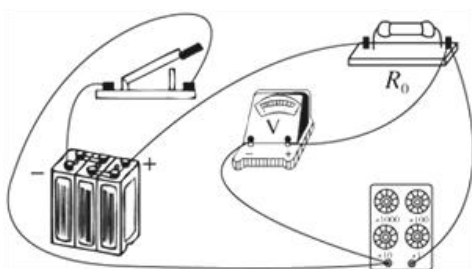
$$r = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2}.$$

(3) 两次测量，调节  $R$  和  $R'$  使得灵敏电流计  $G$  的示数为零，使得  $AB$  之间的等效电阻为零，利用消元法消除了电表内阻造成的系统误差，所以  $E_0$  等于  $E_2$ 。



(2) ①C ②  $\frac{1}{a}$   $\frac{b}{a}$

(1) ①根据电路图，实物图连接如图所示：



②根据欧姆定律可知： $E_1 = U + \frac{U}{R}(R_0 + r_1)$ ，可得  $U = E_1 - \frac{U}{R}(R_0 + r_1)$ ，故横坐标为  $\frac{U}{R}$ 。

(2) 电路最小总电阻约为  $R_{\min} = \frac{9}{0.05} \Omega = 180 \Omega$ ，内阻约为  $50 \Omega$ ，为保护电路安全，保护电阻应选 C；

(3) 在闭合电路中, 电源电动势为  $E_2=U+Ir_2=U+\frac{U}{R_0+R}r_2$ , 则

$\frac{1}{U}=\frac{r_2}{E_2}\cdot\frac{1}{R+R_0}+\frac{1}{E_2}$ , 则  $\frac{1}{U}-\frac{1}{R+R_0}$  图象是直线, 截距  $a=\frac{1}{E_2}$ , 得  $E_2=\frac{1}{a}$ , 斜率

$b=\frac{r_2}{E_2}$ , 得  $r_2=\frac{b}{a}$ 。

## 训练 08 安培力和洛伦兹力



### 【参考答案】

**1** A 导线与磁场垂直, 导线受到的安培力为:  $F=BIL=0.1\times 1\times 0.2\text{ N}=0.02\text{ N}$ , 故 BCD 错误, A 正确。

**2** C 在磁铁左上方位置固定一根导体棒, 当导体棒中通以垂直纸面向里的电流后, 根据左手定则可知, 导线受到右下方的安培力作用, 根据牛顿第三定律可知, 磁铁受到左上方的磁场力作用, 故在水平向左的分力作用下, 弹簧的长度将变短, 在竖直向上的分力作用下, 磁铁对地面的压力减小, 即  $F_1>F_2$ , 故选 C。

**3** D 根据题意可知,  $a$  球做自由落体运动, 下落过程中只有重力做功; 而  $b$  除竖直方向做自由落体运动外, 水平方向受到电场力作用做初速度为零的匀加速运动, 由于  $b$  在下落的过程中电场力对小球做正功, 故根据动能定理知  $b$  球的落地速度大于  $a$  球的落地速度;  $c$  球在下落过程中经过磁场,  $c$  受到洛伦兹力作用, 因洛伦兹力始终与速度垂直且对小球始终不做功,  $c$  球下落过程中只有重力对小球做功, 根据动能定理知  $c$  球下落的末动能与  $a$  球的末动能相等, 即速度大小大小相等, 由此分析知, ABC 错误, D 正确。

【名师点睛】考查球受到重力, 或加之电场力, 或洛伦兹力作用下的运动, 掌握运动的合成与分解的方法, 注意电场力做功与洛伦兹力不做功的区别。

**4** CD 匀强磁场向右水平移动, 相当于带点小球水平向左移动, 因此小球会受到洛伦兹力作用, 方向向下, AB 错误, C 正确; 若匀强磁场沿垂直纸面的方

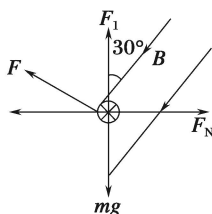
向平移，则相当于小球沿垂直纸面的方向移动，因此小球的运动方向平行磁场的方向，故不受洛伦兹力的作用，D正确。

**5** B 对整体，分析受力情况：重力、斜面的支持力和摩擦力、拉力  $F$  和洛伦兹力，洛伦兹力方向垂直于斜面向上，则由牛顿第二定律得： $F - m_{\text{总}} g \sin \alpha - \mu F_N = m_{\text{总}} a$  ①； $F_N = m_{\text{总}} g \cos \alpha - F_{\text{洛}}$  ②，随着速度的增大，洛伦兹力增大，则由②知： $F_N$  减小，乙所受的滑动摩擦力  $f = \mu F_N$  减小；以甲为研究对象，有： $m_{\text{甲}} g \sin \theta - f = m_{\text{甲}} a$  ③；由①知， $f$  减小，加速度不变，因此根据③可知，甲乙两物块之间的摩擦力保持不变，故 B 正确，ACD 错误。

**6**  $BIL$  减小 减小

由安培力定义式  $F = BIL$  可得，导线受到的安培力为  $BIL$ ，如果只减小电流，导线受到的安培力将减小；导体棒受到安培力  $F$ ，由左手定则可知安培力竖直向下，两条棉线拉力总和为  $T$ ，大小等于重力和安培力之和： $T = F + mg$ ，故若拉力减小则棉线的拉力减小。

**7** (1) 斜向下 (2)  $3.0 \text{ T} \leq B \leq 16.3 \text{ T}$



(1) 通电导线  $ab$  的截面受力分析如图所示（从  $a$  端着），由图可知磁场方向斜向下

(2) 当  $ab$  棒有下滑的趋势时，受向上的静摩擦力为  $F_1$ ，则有

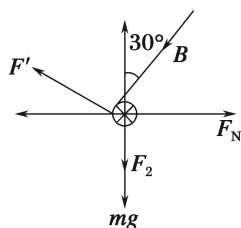
$$F \sin 30^\circ + F_1 - mg = 0$$

$$\text{又 } F = B_1 I L$$

$$F_1 = \mu F \cos 30^\circ$$

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

由以上四式，解得  $B_1 \approx 3.0 \text{ T}$



当  $ab$  棒有上滑的趋势时，受向下的静摩擦力为  $F_2$ ，如图所示，则有

$$F' \sin 30^\circ - F_2 - mg = 0$$

$$F' = B_2 IL$$

$$F_2 = \mu F' \cos 30^\circ$$

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

由以上各式，解得  $B_2 \approx 16.3 \text{ T}$

所以  $B$  的取值范围是  $3.0 \text{ T} \leq B \leq 16.3 \text{ T}$

## 训练 09 带电粒子在匀强磁场中的运动



### 【参考答案】

**C** 粒子在磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，由牛顿第二定律得： $qvB = m \frac{v^2}{r}$ ，解得：

$r = \frac{mv}{qB}$ ，粒子穿过铝板后，速度减小，电荷量不变，知轨道半径减小，所以粒子是从区域 I 穿过铝板运动

到区域 II。根据左手定则知，粒子带负电，故 AD 错误；高速带电粒子穿过铝板后速度减小，知在 I、II 区域的运动速度大小不同，故 B 错误；粒子在磁场中做圆周运动的周期：

$T = \frac{2\pi m}{qB}$ ，周期大小与粒子的速度无关，粒子在两区域的运动时间都是半个周

期，则粒子在 I、II 区域的运动时间相同，故 C 正确。

【名师点睛】解决本题的关键掌握带电粒子在磁场中运动的轨道半径公式以及周期公式，知道带电粒子在磁场中运动的周期与速度无关。

**2** A 两粒子均带正电，以大小相等的速度在磁场中向相反的方向运动，都是

由洛伦兹力提供粒子做圆周运动的向心力。所以有  $qvB = m \frac{v^2}{R}$ ，得到  $R = \frac{mv}{qB}$ ，

因为粒子甲的质量与电荷量分别是粒子乙的4倍与2倍，所以粒子甲的半径为粒子乙的半径的2倍。根据左手定则可知，粒子甲做圆周运动的洛伦兹力指向圆心，运动方向一定为逆时针，故选 A。

**3** BCD 根据左手定则分析可知，正离子逆时针偏转，负离子顺时针偏转，重新回到边界时正离子的速度偏向角为  $2\pi - 2\theta$ ，轨迹的圆心角也为  $2\pi - 2\theta$ ，运动时间  $t = \frac{2\pi - 2\theta}{2\pi} T$ ，同理，负离子运动时间  $t = \frac{2\theta}{2\pi} T$ ，

显然时间不等，故 A 错误；根据牛顿第二定律得： $qvB = m \frac{v^2}{r}$  得： $r = \frac{mv}{qB}$ ，由题  $q$ 、 $v$ 、 $B$  大小均相同，

则  $r$  相同，故 B 正确；正负离子在磁场中均做匀速圆周运动，速度沿轨迹的切线方向，根据圆的对称性可知，重新回到边界时速度大小与方向相同，故 C 正确；根据几何知识得重新回到边界的位置与 A 点距离  $s = 2r \sin \theta$ ， $r$ 、 $\theta$  相同，则  $s$  相同，故 D 正确。

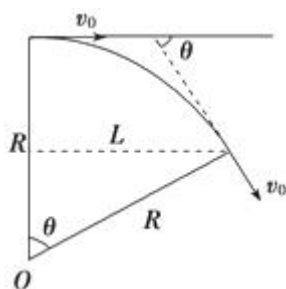
**4** AC 设宽度为  $L$ ，当只有磁场存在时，带电粒子做匀速圆周运动： $\sin \theta = \frac{L}{R}$ ，

$R = \frac{mv_0}{qB}$ ，解得  $B = \frac{mv_0}{qR} = \frac{mv_0 \sin \theta}{qL}$ ，只有电场时做类平抛运动， $L = v_0 t$ ，

$v_y = at = \frac{qE}{m} \cdot \frac{L}{v_0}$ ， $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{qEL}{mv_0^2}$ ，解得  $E = \frac{mv_0^2 \tan \theta}{qL}$ ，联立解得  $E = \frac{Bv_0}{\cos \theta}$ ，选

项 A 正确，B 错误；粒子在电场中运动时间  $t_1 = \frac{L}{v_0} = \frac{R \sin \theta}{v_0}$ ；在磁场中运动时间

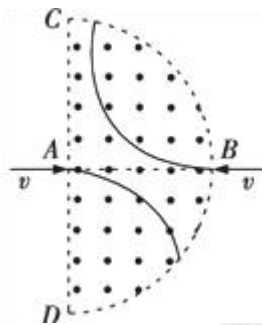
$t_2 = \frac{\theta}{2\pi} \cdot T = \frac{\theta}{2\pi} \cdot \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\theta m}{qB}$  所以  $\frac{t_1}{t_2} = \frac{\sin \theta}{\theta}$ ，选项 C 正确，D 错误。



5 CD 由左手定则可知, 从  $A$  点射入的粒子最初受到向下的洛伦兹力, 向下偏转, 从  $B$  点射入的粒子最初受到向上的洛伦兹力, 向上偏转, A 错误; 由两粒子的偏转方向作出轨迹如图所示。显然两粒子轨迹对应的圆心角不同, 则两粒子在磁场中的运动时间不同, B 错误; 如果从  $A$  点射入的粒子刚好从  $D$  点离开磁场, 则  $\frac{R}{2} = \frac{mv}{qB}$ , 解得  $v = \frac{qBR}{2m}$ , 则当  $v < \frac{qBR}{2m}$  时, 带电粒子一定从  $A$  点的正下方

离开磁场, 带电粒子在磁场中的运动时间为半个周期, 即  $t = \frac{T}{2} = \frac{\pi m}{qB}$ , C 正确;

若两带电粒子的速度  $v = \frac{qBR}{2m}$ , 从  $A$  点进入磁场的粒子在磁场中偏转的角度为  $180^\circ$ , 由  $B$  点进入磁场的粒子在磁场中偏转的角度小于  $180^\circ$ , 因此由  $A$  点进入的粒子在磁场中运动的时间长, D 正确。



6 负电荷  $\frac{3\pi m}{2tq}$   $\frac{3r\pi}{2t}$

粒子沿与  $MN$  成  $45^\circ$  角的方向由  $O$  点垂直于磁场方向飞入磁场, 根据对称性和数学几何知识可得粒子在  $P$  点射出磁场时与  $MN$  的夹角为  $45^\circ$ , 粒子在磁场中的轨迹对应的圆心角为  $270^\circ$ , 再由左手定则可得粒子带负电, 即粒子在磁场中的运动时间为  $t = \frac{3}{4}T$ , 又因为  $T = \frac{2\pi m}{Bq}$ , 联立两式可得  $B = \frac{3\pi m}{2tq}$ , 根据  $r = \frac{mv}{Bq}$ , 可

得  $v = \frac{qBr}{m} = \frac{3\pi m}{2tq} \cdot \frac{qr}{m} = \frac{3r\pi}{2t}$ .

7 (1)  $\frac{qBa}{2m}$  (2) 两个  $\frac{qBa}{2mv}$  (3)  $\frac{E}{B} + \sqrt{\frac{E^2}{B^2} + v_0^2}$

(1) 带电粒子以初速度  $v_1$  沿  $y$  轴正方向射入后, 在磁场中做匀速圆周运动, 刚好转过半周到达  $x$  轴上的  $A$  点, 设此时的轨迹半径为  $R_1$ , 有  $R_1 = a/2$  ①

(1) 带电粒子以初速度  $v_1$  沿  $y$  轴正方向射入后, 在磁场中做匀速圆周运动, 刚好转过半周到达  $x$  轴上的  $A$  点, 设此时的轨迹半径为  $R_1$ , 有  $R_1 = a/2$  ①

由洛伦兹力提供粒子做圆周运动的向心力，根据牛顿第二定律有  $qBv_1 = \frac{mv_1^2}{R_1}$  ②

由①②式联立解得：  $v_1 = \frac{qBa}{2m}$

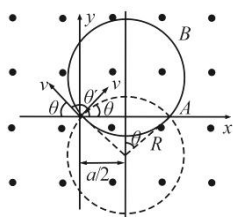
(2) 带电粒子以初速度  $v$  射入时，在磁场中仍然做匀速圆周运动，设此时轨迹

半径为  $R$ ，对照②式可知：  $R = \frac{mv}{Bq}$  ③

由于  $v > v_1$ ，则  $R > R_1 = a/2$ ，要使其圆轨迹能经过  $A$  点，则  $\theta \neq 90^\circ$ ，画出粒子的轨迹图如图所示，轨迹圆有两个，但圆心都落在  $OA$  的中垂线上，设沿两个圆做圆周运动的粒子的速度方向与  $x$  轴正方向的夹角分别为  $\theta$  和  $\theta'$ ，根据图中几何关系有：

$\sin \theta' = \sin \theta = \frac{a}{2R}$  ④

由③④式联立解得：  $\sin \theta = \frac{Bqa}{2mv}$



(3) 粒子在磁场中仅受洛伦兹力和电场力作用，又洛伦兹力始终与速度方向垂直，不做功，因此只有电场力做功，根据题意可知，当粒子运动至  $+y$  方向最远处时，速度最大为  $v_m$ ，且沿  $+x$  方向，设  $+y$  方向最远处的  $y$  坐标为  $y_m$ ，由于  $v_x$  与  $y$  成正比，设比例系数为  $k$ ，有：  $v_m = ky_m$  ⑤

根据动能定理有：  $qEy_m = \frac{1}{2}mv_m^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$  ⑥

又因比例系数与电场强度  $E$  无关，因此若无电场，粒子将以速度  $v_0$  做匀速圆周运动，设轨迹半径为  $R_0$ ，此时在  $+y$  方向最远处的  $y$  坐标为  $R_0$ ，有：  $v_0 = kR_0$  ⑦

对照②式可知：  $R_0 = \frac{mv_0^2}{Bq}$  ⑧

由⑤⑥⑦⑧式联立解得：  $v_m = \frac{E}{B} + \sqrt{\frac{E^2}{B^2} + v_0^2}$

## 训练 10 带电粒子在有界磁场中的运动

深圳小学家长群:254317299

深圳初中家长群:90482695

深圳高中家长群:175743089

更多资料详见: <http://sz.jiajiaoban.com/>

咨询电话: 4000-121-121

知新

【参考答案】

1 C 粒子在磁场中运动的半径为： $R = \frac{mv}{qB} = \frac{2kBr}{Bk} = 2r$ ，当粒子在磁场中运动时间最长时，其轨迹对

应的圆心角最大，此时弦长最大，其最大值为磁场圆的直径  $2r$ ，故  $t = \frac{T}{6} = \frac{\pi m}{3qB} = \frac{\pi}{3kB}$ ，故选 C。

2 D 当带电粒子入射方向与  $x$  轴正方向的夹角为  $\alpha=45^\circ$  时，速度为  $v_1$ 、 $v_2$  的两个粒子分别从  $a$ 、 $b$  两点射出磁场，作出运动轨迹图（图略），则有  $2r_1 \cos 45^\circ = Oa$ ， $2r_2 \cos 45^\circ = Ob$ ；当  $\alpha$  为  $60^\circ$  时，为使速度为  $v_3$  的粒子从  $c$  点射出磁场，有  $2r_3 \cos 30^\circ = Oc$ ，而  $Oc = Oa + \frac{Ob + Oa}{2}$ ，联立解得

$$\sqrt{3} r_3 = \frac{\sqrt{2}}{2} (r_1 + r_2), \text{ 由 } r = \frac{mv}{qB}, \text{ 得 } \sqrt{3} v_3 = \frac{\sqrt{2}}{2} (v_1 + v_2), \text{ 则 } v_3 = \frac{\sqrt{6}}{6} (v_1 + v_2), \text{ 故 D 正}$$

确。

3 AD 粒子在磁场中运动的半径为  $R = \frac{mv_0}{qB} = L$ ，若当  $\theta=45^\circ$  时，由几何关系可

知，粒子将从  $AC$  边射出，选项 A 正确；所有从  $OA$  边射出的粒子在磁场中运动时所对应的弧长不相等，故时间不相等，选项 B 错误；当  $\theta=0^\circ$  飞入的粒子在磁场中，粒子恰好从  $AC$  中点飞出，在磁场中运动时间也恰好是  $\frac{T}{6}$ ，当  $\theta=60^\circ$  飞入的粒子在磁场中运动时间恰好也是  $\frac{T}{6}$ ，是在磁场中运动时间最长，故  $\theta$  从  $0^\circ$  到  $60^\circ$  在磁场中运动时间先减小后增大，当  $\theta$  从  $60^\circ$  到  $90^\circ$  过程中，粒子从  $OA$  边射出，此时在磁场中运动的时间逐渐减小，故 C 错误；当  $\theta=0^\circ$  飞入的粒子在磁场中，粒子恰好从  $AC$  中点飞出，因此在  $AC$  边界上只有一半区域有粒子射出，故 D 正确。

4 CD  $a$  粒子是  $30^\circ$  入射的，而  $b$  粒子是  $60^\circ$  入射的，由于从  $B$  点射出，则  $a$  粒子受到的洛伦兹力方向沿  $b$  粒子速度方向，而  $b$  粒子受到的洛伦兹力方向沿  $a$  粒子速度方向，由磁场方向，得  $a$  粒子带负电，而  $b$  粒子带正电，故 A 错误；如图连接  $AB$ ， $AB$  连线是两粒子的运动圆弧对应的弦，则弦的中垂线（红线）与

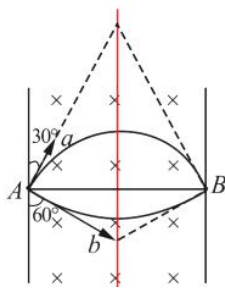
各自速度方向的垂线（虚线）的交点即为各自圆心。两圆心的连线与两个半径构成一个角为  $30^\circ$ ，另一个为  $60^\circ$  的直角三角形，根据几何关系，则有两半径相

比为  $R_a : R_b = 1 : \sqrt{3}$ ，故 B 错误；根据  $qvB = m \frac{v^2}{R}$  可知  $q = \frac{mv}{BR} \propto \frac{1}{R}$ ，则两粒子所

带的电荷量之比  $q_a : q_b = \sqrt{3} : 1$ ，故 C 正确；根据  $T = \frac{2\pi m}{qB} \propto \frac{1}{q}$  可知  $\frac{T_a}{T_b} = \frac{q_b}{q_a} = \frac{1}{\sqrt{3}}$ ，

$a$  粒子圆弧对应的圆心角为  $120^\circ$ ，而  $b$  粒子圆弧对应的圆心角为  $60^\circ$ ，则

$$\frac{t_a}{t_b} = \frac{\frac{120}{360} T_a}{\frac{60}{360} T_b} = \frac{2T_a}{T_b} = \frac{2}{\sqrt{3}}$$
，故 D 正确。



5  $\frac{2\pi m}{qB} \quad \frac{\pi m}{3qB}$

根据  $R = \frac{mv_0}{qB}$ ，可知粒子在磁场中运动的半径为  $L$ ，据左手定则可知在三角形区域内粒子转动的圆心角为

$\frac{\pi}{3}$ ，第一次经过  $c$  点，运动时间  $t_1 = \frac{\theta m}{qB} = \frac{\pi m}{3qB}$ ，三角形外部区域经过  $\frac{5\pi}{3}$ ，粒子到达  $b$  点，运动时间

$t_2 = \frac{\theta m}{qB} = \frac{5\pi m}{3qB}$ ，则第一次到达  $b$  点，所用时间  $t = t_1 + t_2 = \frac{2\pi m}{qB}$ 。

6 (1)  $v_0 > \frac{Bed}{m(1+\cos\theta)}$  (2)  $t = \frac{(2\pi - 2\theta)m}{Be}$

(1) 作出电子的运动轨迹图，如图所示



可得  $\frac{y}{x} = \frac{a-x}{\sqrt{r^2-x^2}}$

且  $POQ$  的曲线方程为  $y = \frac{x(a-x)}{\sqrt{\frac{a^2}{3}-x^2}}$

解得  $r = \frac{\sqrt{3}}{3}a$

因  $r = \frac{mv}{qB}$

解得  $B = \frac{\sqrt{3}mv}{aq}$

(2) 设粒子射入磁场时的速度方向与  $x$  轴夹角为  $\theta$  时, 粒子在磁场中运动的轨迹与  $PQ$  相切, 则运动的时

间最长, 最长时间为  $t$ , 由几何知识得  $\frac{2\sqrt{3}a}{3} = r + y - r \cos \theta$

$x = r \sin \theta$

解得  $\sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{2}$ ,  $\theta = 60^\circ = \frac{\pi}{3}$

且  $t = \frac{\alpha m}{qB}$

解得  $t = \frac{2\theta m}{qB} = \frac{2\sqrt{3}\pi a}{9v}$

## 训练 11 带电粒子在组合场和叠加场中的运动



【参考答案】

**1** BC 甲带负电，向右运动的过程中根据左手定则可知洛伦兹力的方向向下，对整体分析，速度增大，洛伦兹力增大，则正压力增大，地面对乙的滑动摩擦力  $f$  增大，电场力  $F$  一定，根据牛顿第二定律得，加速度  $a$  减小，对甲研究得到，乙对甲的摩擦力  $f_*=m_1 a$ ，则得到  $f_*$  减小，甲、乙两物块间的静摩擦力不断减小，故 AD 错误，BC 正确。

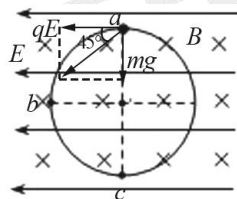
**2** CD 在正交的电磁场区域中，正离子不偏转，说明离子受力平衡，在区域 I 中，离子受电场力和洛伦兹力，由  $qvB=qE$ ，得  $v=\frac{E}{B}$ ，可知这些正离子具有相同的速度，进入只有匀强磁场的区域 II 时，偏转半径相同，由  $R=\frac{mv}{qB}$  和  $v=\frac{E}{B}$  可知，这些正离子具有相同的质量，由题意可知电荷量相同，所有这些离子具有相同的比荷，选项 CD 正确，选项 AB 错误。

**【名师点拨】**带电粒子在正交的匀强电场和匀强磁场中运动，要注意对其进行运动状态的分析 and 受力分析，此种情况往往会出现电场力和磁场力平衡，从而可得到带电粒子能匀速直线通过正交的匀强电场和匀强磁场的条件，即为  $v=\frac{E}{B}$ 。这种问题的本质还是力学问题，往往要按力学的基本思路，运用力学的基本规律研究和解决此类问题。

**3** ABD 直线加速过程，根据动能定理，有  $qU=\frac{1}{2}mv^2$  ①，电场中偏转过程，根据牛顿第二定律，有  $qE=m\frac{v^2}{R}$  ②，磁场中偏转过程，根据牛顿第二定律，有  $qvB=m\frac{v^2}{r}$  ③。由①②解得： $U=\frac{1}{2}ER$  ④，故 A 正确；由上解得  $r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{mER}{q}}$  ⑤，故 B 正确；由④式，只要满足  $R=\frac{2U}{E}$ ，所有粒子都可以在弧形电场区通过，由⑤式，比荷不同的粒子从小孔 S 进入磁场的粒子速度大小一定不同，故 C 错误；由①③④解得： $r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{mER}{q}}$ ，打到胶片上同一点的粒子的比荷一定相等，由③式，比荷相同，故粒子的速度相同，故 D 正确。

**4** BD 小球受到水平向左的电场力和竖直向下的重力，二力大小相等，故二力的合力方向与水平方向成  $45^\circ$  向左下，如图，故小球运动到圆弧  $bc$  的中点时，速度最大，此时的洛伦兹力最大，故 A 错误；由 A 的分析可知，小球运动的弧

长为圆周长的 $\frac{3}{8}$ 时，洛伦兹力最大，故 B 正确；小球由  $a$  到  $b$  的过程中，电场力和重力均做正功，重力势能和电势能都减小，故 C 错误；小球从  $b$  点运动到  $c$  点，电场力做负功，电势能增加，因力的合力方向与水平方向成  $45^\circ$  向左下，当小球运动到圆弧  $bc$  的中点时速度最大，所以小球从  $b$  点运动到  $c$  点过程中，动能先增大，后减小，故 D 正确。



**45 B** 要使粒子在复合场中做匀速直线运动，故  $Eq=qvB$ 。根据左手定则可知电子所受的洛伦兹力的方向竖直向下，故电子向上极板偏转的原因是电场力大于洛伦兹力，所以要么减小电场力，要么增大洛伦兹力。根据  $eU=\frac{1}{2}mv^2$  可得

$v=\sqrt{\frac{2eU}{m}}$ ，适当减小加速电压  $U$ ，可以减小电子在复合场中运动的速度  $v$ ，从而减小洛伦兹力，故 A 错误；适当减小电场强度  $E$ ，即可以减小电场力，故 B

正确。适当增大加速电场极板之间的距离，根据  $eU=\frac{1}{2}mv^2$  可得  $v=\sqrt{\frac{2eU}{m}}$ ，由

于粒子两者间的电压没有变化，所以电子进入磁场的速率没有变化，因此没有改变电场力和洛伦兹力的大小，故 C 错误。适当减小磁感强度  $B$ ，可以减小洛伦兹力，故 D 错误。

**【名师点睛】** 本题是综合性较强的题目，物体的运动分成两个阶段：在电场中的加速和在复合场中的匀速直线运动。在解题时要注意运动过程分析和受力分析。

(1)  $(0, \frac{d}{2})$     (2)  $B \geq \frac{(\sqrt{2}+1)mv_0}{qd}$     (3)  $\frac{(\sqrt{2}+1)mv_0}{qd} \leq B \leq \frac{4mv_0}{qd}$

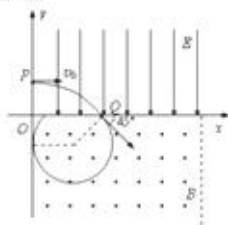
(1) 设粒子进入电场时沿  $y$  方向的速度为  $v_y$ , 则  $v_y = v_0$

设粒子在电场中运动时间为  $t$ , 则  $d = v_0 t$ ,  $\overline{OP} = \frac{v_y}{2} t$

由以上各式, 解得  $\overline{OP} = \frac{d}{2}$

$P$  点坐标为  $(0, \frac{d}{2})$

(2) 粒子刚好能再进入电场的轨迹如图所示, 设此时的轨迹半径为  $r_1$ , 则



$$r_1 + r_1 \sin 45^\circ = d$$

解得:  $r_1 = (2 - \sqrt{2})d$

令粒子在磁场中的速度为  $v$ , 则  $v = \frac{v_0}{\cos 45^\circ}$

根据牛顿第二定律  $qvB_1 = \frac{mv^2}{r_1}$

解得  $B_1 = \frac{(\sqrt{2}+1)mv_0}{qd}$

要使粒子能再进入电场, 磁感应强度  $B$  的范围  $B \geq \frac{(\sqrt{2}+1)mv_0}{qd}$

(3) 如图所示假设粒子刚好从  $x = \frac{5}{2}d$  处磁场边界与电场的交界  $D$  处第二次进入磁场, 设粒子从  $P$  到  $Q$  的时间为  $t$ , 则由粒子在电场中运动对称性可知粒子从第一次出磁场的  $C$  点到  $D$  的时间为  $2t$

由水平方向的匀速直线运动可得:  $\overline{CD} = 2d$ ,  $\overline{CQ} = \overline{CD} - \overline{QD} = 2d - (2.5d - d) = \frac{d}{2}$

设此时粒子在磁场中的轨道半径为  $r_2$

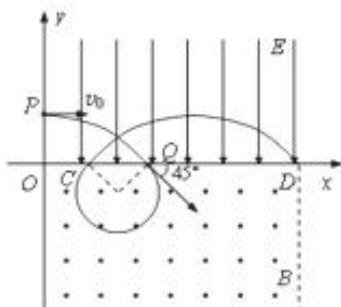
由几何关系知:  $2r_2 \sin 45^\circ = CQ$

解得:  $r_2 = \frac{\sqrt{2}}{4}d$

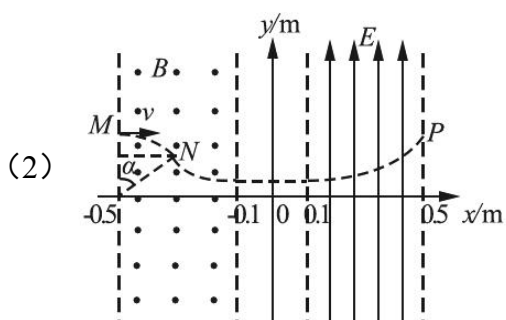
根据牛顿第二定律得:  $qvB_2 = \frac{mv^2}{r_2}$

解得:  $B_2 = \frac{4mv_0}{qd}$

综上所述要使粒子能第二次进磁场,磁感应强度  $B$  要满足  $\frac{(\sqrt{2}+1)mv_0}{qd} \leq B \leq \frac{4mv_0}{qd}$



(1)  $y_N = 0.2 \text{ m}$



(3)  $9.6 \times 10^{-15} \text{ J}$

(1) 带电粒子在磁场中运动的轨道半径为  $r$

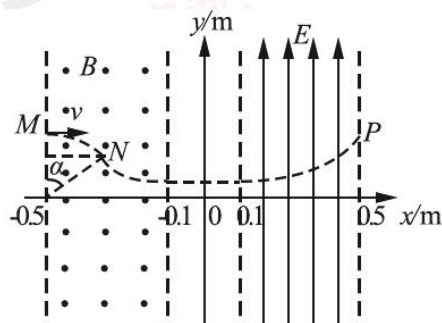
由牛顿运动定律  $qBv = m \frac{v^2}{r}$  ①

得  $r = \frac{mv}{Bq} = \frac{1.6 \times 10^{-27} \times 2\sqrt{2} \times 10^6}{3.2 \times 10^{-19} \times 5.0 \times 10^{-2}} \text{m} = 0.2\sqrt{2} \text{m}$  ②

粒子运动的周期  $T = \frac{2\pi m}{qB} = \frac{2\pi \times 1.6 \times 10^{-27}}{3.2 \times 10^{-19} \times 5.0} \text{s} = 2\pi \times 10^{-7} \text{s}$  ③

设磁场方向第一次改变时，粒子运动到  $N(x_N, y_N)$  点

如图所示，运动的时间  $t = \frac{\pi}{4} \times 10^{-7} \text{s}$  ④



解得  $\alpha = \frac{t}{T} \cdot 2\pi = \frac{\pi}{4}$  ⑤

$x_N = -(0.5 - r \sin \alpha) \text{m} = -0.3 \text{m}$  ⑥

$y_N = r \cos \alpha = 0.2 \text{m}$  ⑦

(2) 粒子运动轨迹如图所示

(3) 粒子离开磁场后以速度  $v$  水平向右射入匀强电场。粒子在电场中沿电场方向运动的位移

$\Delta y = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} \left(\frac{L}{v}\right)^2 = \frac{3.2 \times 10^{-19} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 10^5}{2 \times 1.6 \times 10^{-27}} \cdot \left(\frac{0.4}{2\sqrt{2} \times 10^6}\right)^2 = 0.1\sqrt{2} \text{m}$  ⑧

由动能定理得  $Eq\Delta y = E_k - \frac{1}{2}mv^2$  ⑨

粒子射出电场时的动能

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2}mv^2 + Eq\Delta y \\ &= \frac{1}{2} \times 1.6 \times 10^{-27} \times (2\sqrt{2} \times 10^6)^2 \text{ J} + \frac{\sqrt{2}}{2} \times 10^5 \times 3.2 \times 10^{-19} \times 0.1\sqrt{2} \text{ J} \\ &= 9.6 \times 10^{-15} \text{ J} \end{aligned}$$

## 训练 12 楞次定律及应用



### 【参考答案】

**1** A 由图可知，当  $a$  环上的电键  $S$  闭合的瞬间， $a$  环中电流的方向为逆时针，因为  $a$  环电流增大，由楞次定律判断出  $b$  环的感生电流方向为顺时针方向；根据异向电流相互排斥，可知， $b$  环受到的安培力方向沿半径向外，即环  $b$  有扩张趋势，故 A 正确，BCD 错误。

**2** A 胶木盘  $A$  由静止开始绕其轴线  $OO'$  按箭头所示方向加速转动，形成环形电流，环形电流的大小增大，根据右手螺旋定则知，通过  $B$  线圈的磁通量向下，且增大，根据楞次定律的另一种表述，引起的机械效果阻碍磁通量的增大，可知金属环的面积有缩小的趋势，且有向上的运动趋势，所以丝线的拉力减小，A 正确。

**【名师点睛】** 胶木盘  $A$  由静止开始绕其轴线  $OO'$  按箭头所示方向加速转动，形成环形电流，环形电流的大小增大，穿过线圈  $B$  的磁通量变化，根据楞次定律的另一种表述，感应电流引起的机械效果阻碍磁通量的变化进行判断。

**3** BCD 由楞次定律可知，线圈  $B$  中电流要增大，也就是说线圈  $B$  中感应电流磁场向上，为产生这样的效果，必须要做到使线圈  $B$  中向上的磁场减弱，选项 A 使线圈  $B$  中向上的磁场增加，而选项 B 使线圈  $B$  中向上的磁场减弱，故 A 错误，B 正确；将线圈  $A$  向右平移，线圈  $B$  中的磁场减弱， $B$  中产生的感应电流的方向与原电流的方向相同，所以  $B$  中的电流增大，故 C 正确；将线圈  $A$  向上

平移，线圈  $B$  中向上的磁场减弱， $B$  中产生的感应电流的方向与原电流的方向相同，所以  $B$  中的电流增大，故  $D$  正确。

**4**  $D$  根据右手螺旋定则可得， $A$  中电流的磁场向里且逐渐增大，根据楞次定律可得，磁场增大，感应电流的磁场的方向向外，感应电流的方向为逆时针方向， $B$  环外的磁场的方向与  $B$  环内的磁场的方向相反，当  $B$  环内的磁场增强时， $A$  环具有面积扩展的趋势，故  $D$  正确。

**5**  $C$  电键  $S$  闭合瞬间，线圈  $L$  对电流有阻碍作用，则相当于灯泡  $A$  与  $B$  串联，因此同时亮，且亮度相同，稳定后  $B$  被短路熄灭，故  $AB$  错误；稳定后当电键  $S$  断开后， $A$  马上熄灭，由于自感，线圈中的电流只能慢慢减小，其相当于电源左端为高电势，与灯泡  $B$  构成闭合回路放电，流经灯泡  $B$  的电流是由  $b$  到  $a$ ， $B$  闪一下再熄灭，故  $C$  正确， $D$  错误。

**【名师点睛】** 对于自感现象，是特殊的电磁感应现象，应用楞次定律和法拉第电磁感应定律进行理解，注意线圈的电阻不计是解题的关键。

**6**  $AD$  由于金属棒  $ab$  在恒力  $F$  的作用下向右运动，则  $abcd$  回路中产生逆时针方向的感应电流，则在圆环处产生垂直于纸面向外的磁场，随着金属棒向右加速运动，圆环的磁通量将增大，依据楞次定律可知，圆环将有收缩的趋势以阻碍圆环的磁通量将增大；又由于金属棒向右运动的加速度减小，速度增大变慢，单位时间内磁通量的变化减小，即磁通量变化率减小，所以在圆环中产生的感应电动势减小，感应电流也不断减小，故  $AD$  正确， $BC$  错误。

**7**  $C$  在  $ab$  杆滑动的过程中， $\Delta aOb$  的面积先增大，后减小，穿过  $\Delta aOb$  磁通量先增大，后减小，根据楞次定律可知：感应电流的方向先是由  $b \rightarrow a$ ，后是由  $a \rightarrow b$ ，故  $ABD$  错误， $C$  正确。

## 训练 13 法拉第电磁感应定律



### 【参考答案】

**1** A 由法拉第电磁感应定律可知  $E=n\frac{\Delta BS}{\Delta t}$ ，由图知应有第1段中磁通量的变化率较小，而  $bc$ 、 $cd$  两段中磁通量的变化率相同，故有  $E_1 < E_2 = E_3$ 。由楞次定律可判断出  $I_1$  沿逆时针方向， $I_2$  与  $I_3$  均沿顺时针方向。故 BCD 均错误；A 正确。

【名师点睛】本题考查法拉第电磁感应定律及楞次定律的应用，注意在  $B-t$  图中同一条直线磁通量的变化率是相同的。

**2** B 圆盘在外力作用下切割磁感线，从而产生感应电动势，出现感应电流，故 A 错误；根据法拉第电磁感应定律，则有  $E = BLv = \frac{1}{2}BL^2\omega$ ，所以产生的电动势大小不变，感应电流大小不变，即为  $I = \frac{E}{R} = \frac{BL^2\omega}{2R}$ ，故 B 正确；根据右手定则可知，电流从  $D$  点流出，流向  $C$  点，因此电流方向为从  $D$  向  $R$  再到  $C$ ，即为  $D \rightarrow R \rightarrow C \rightarrow D$ ，故 CD 错误。

【名师点睛】本题是右手定则和法拉第电磁感应定律的综合应用，注意切割磁感线相当于电源，内部电流方向是从负极到正极，所以  $C$  处的电势比  $D$  处低。

**3** AC 由图象的斜率求得： $\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{-2-2}{2} \text{ T/s} = -2 \text{ T/s}$ ，因此  $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} S = -2 \times 4 \times 10^{-2} \text{ Wb/s} = -8 \times 10^{-2} \text{ Wb/s}$ ，故 A 正确；开始的 2 s 内穿过线圈的磁通量的变化量不等于零，故 B 错误；根据法拉第电磁感应定律得： $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = n \frac{\Delta B}{\Delta t} S = 100 \times 2 \times 4 \times 10^{-2} \text{ Wb/s} = 8 \text{ V}$ ，可知它们的感应电动势大小为 8 V，故 C 正确；由图看出，第 3 s 末线圈中的磁通量为零，但磁通量的变化率不为零，感应电动势也不等于零，故 D 错误。

【名师点睛】本题中磁感应强度均匀增大，穿过线圈的磁通量均匀增加，线圈中产生恒定的电动势，由法拉第电磁感应定律求出感应电动势，是经常采用的方法和思路。

**4** B 从图中发现：线圈的磁通量是增大的，根据楞次定律，感应电流产生的磁场跟原磁场方向相反，即感应电流产生的磁场方向为垂直纸面向外，根据安培定则，我们可以判断出线圈中感应电流的方向为：逆时针方向。在回路中，线圈

相当于电源，由于电流是逆时针方向，所以  $a$  相当于电源的正极， $b$  相当于电源的负极，所以  $a$  点的电势大于  $b$  点的电势。根据法拉第电磁感应定律得：

$$E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = 100 \times \frac{0.08}{0.4} \text{ V} = 20 \text{ V}; \text{ 电压表读数为 } 10 \text{ V}, \text{ 故选 B.}$$

**5** BD 区域  $C_1$  中磁场的磁感强度随时间按  $B_1 = b + kt (k > 0)$  变化，可知磁感强度均匀增大，穿过整个回路的磁通量增大，由楞次定律分析知，通过金属杆的电流方向为从  $B$  到  $A$ ，故 A 错误；对金属杆，根据平衡方程得： $mg = B_2 I \cdot 2a$ ，解得：

$$I = \frac{mg}{2B_2 a}, \text{ 故 B 正确；由法拉第电磁感应定律，则有：回路中产生的感应电动势}$$

$$E = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B_1}{\Delta t} \cdot \pi a^2 = k \pi a^2; \text{ 且闭合电路欧姆定律有：} I = \frac{E}{R+r}, \text{ 又 } I = \frac{mg}{2B_2 a}, \text{ 解得：}$$

$$R = \frac{2\pi k B_2 a^3}{mg} - r. \text{ 故 C 错误；整个电路中产生的热功率 } P = EI = \frac{\pi k a m g}{2B_2}, \text{ 故 D 正确.}$$

**6** B 根据法拉第电磁感应定律，得出感应电动势  $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ，结合闭合电路欧姆定律  $I = \frac{E}{nR}$ ，与电荷

量表达式  $Q = It$ ，即可解得电荷量  $q = \frac{\Delta \Phi}{R}$ ，虽然两次的运动方式不同，但它们的磁通量的变化量相同，因

此它们的电荷量之比为 1:1，故 A 错误，B 正确；由平均感应电动势  $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ，瞬时感应电动势  $E = BLv$ 。

则感应电流的大小之比即为感应电动势大小之比，则为  $Bav: \frac{B \frac{ab}{2}}{\frac{\pi}{2\omega}} = \sqrt{2}:1$ ，再根据线框的发热功率

$P = I^2 nR$ ，可知，线框发热功率  $P_1:P_2=2:1$ ，故 CD 错误。

**7** A 根据楞次定律可得感应电流产生的磁场方向应竖直向上，所以方向为从

$b$  到  $a$ ，A 正确；因为磁场是均匀减小的，故  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$  恒定，根据法拉第电磁感应定

律可得  $E = \frac{\Delta B}{\Delta t} S$  可知感应电动势恒定，即感应电流恒定，B 错误；因为电流恒定，

而磁感强度减小，所以安培力减小，CD 错误。

## 训练 14 电磁感应中的电路和图象问题



### 【参考答案】

**1** BCD 设经过时间  $\Delta t$ , 金属棒速度为  $\Delta v$ , 金属棒切割磁感线产生的感应电动势变化量为  $\Delta \varepsilon = BL\Delta v$ ,

通过电容器的电流  $i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{C\Delta \varepsilon}{\Delta t}$ , 又加速度  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ , 可得  $i = BLCa$ , 由牛顿第二定律有  $F - BiL = ma$ ,

解得  $a = \frac{F}{m + B^2L^2C}$ , 即金属棒做匀加速运动, 电流恒定, A 错误, B 正确; 经过时间  $t$  流过电容器所带电荷量  $q = it = \frac{BLCft}{m + B^2L^2C}$ , C 正确; 电容器储存的电场能等于克服安培力做的功, 则电场能

$E = BiL \cdot \frac{1}{2}at^2 = \frac{(BLft)^2C}{2(m + B^2L^2C)}$ , D 正确。

**2** C 设导体棒的长度为  $L$ , 磁感应强度为  $B$ , 导体棒的速度  $v$  保持不变, 根据法拉第电磁感应定律, 感应的电动势  $E = BLv$  不变, 设线框左边的电阻为  $r$ ,

则左右两边线框的电阻为  $R_{\text{并}}$ ,  $\frac{1}{R_{\text{并}}} = \frac{1}{r} + \frac{1}{3R - r}$  流过  $PQ$  的电流

$I = \frac{E}{R + R_{\text{并}}} = \frac{3RE}{r(3R - r) + 3R^2}$ , 可以看出当  $PQ$  从靠近  $ad$  向  $bc$  靠近过程中,  $r$  从

零增大到  $3R$ , 从而可以判断电流先减小后增大, 故 AB 项错误; 电源的内阻为  $R$ ,  $PQ$  从靠近  $ad$  向  $bc$  靠近过程中, 外电路的并联等效电阻从零增大到  $0.75R$  又减小到零, 外电路的电阻等于电源内阻的时候消耗的功率最大, 所以外电路的功率应该先增大后减小, 故 C 正确, D 项错误。

**3** AD 细线被拉断时, 拉力达到  $T_m = 2mg \sin \theta$ , 根据平衡条件有

$T_m = F_A + mg \sin \theta$ , 可得  $ab$  棒所受安培力  $F_A = mg \sin \theta$ , 由于两棒的电流相等,

所受安培力大小相等, 由  $F_A = BIL$ ,  $I = \frac{E}{2r}$ ,  $E = BLv$ , 可得  $cd$  棒的速度

$v = \frac{2mgr \sin \theta}{B^2L^2}$ , A 正确, B 错误; 对  $cd$  棒, 根据牛顿第二定律有  $mg \sin \theta - F_A = ma$ ,

得  $a=0$ , C 错误, D 正确。

**4** B 当磁感应强度发生变化时, 线框内产生感应电动势为:

$E = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} S = \frac{\Delta B}{\Delta t} L^2$ , 感应电流为:  $I = \frac{E}{R}$ , 安培力为:  $F = BIL$ , 联立得:

$F = B \frac{\Delta B}{\Delta t} L^3$ , 由公式可知, 安培力恒定, 若磁场  $B$  增大, 则  $\Delta B$  减小, 若  $B$  减小, 则  $\Delta B$  增大, 所以四个图象中只有 B 正确。

【名师点睛】当磁感应强度发生变化时, 线框内产生感应电流, 由法拉第电磁感应定律即可表达出感应电动势, 再由欧姆定律和安培力的表达式即可求出  $B$  的变化。

**5 BC** 金属棒沿光滑导轨加速下滑, 棒中有感应电动势而对电容器充电, 充电电流通过金属棒时受安培力作用, 只有金属棒速度增大时才有充电电流, 因此总有  $mgsin\theta - BIl > 0$ , 所以金属棒将一直加速, A 错误, B 正确; 由右手定则可知, 金属棒  $a$  端 (即  $M$  板) 电势高, C 项正确; 若微粒带负电, 则静电力向上与重力反向, 开始时静电力为 0, 微粒向下加速, 当静电力增大到大于重力时, 微粒的加速度向上, 可以向下减速到零后再向上运动, 故 D 错误。

【名师点睛】金属棒沿光滑导轨加速下滑, 棒中有感应电动势而对电容器充电, 充电电流通过金属棒时受安培力作用, 只有金属棒速度增大时才有充电电流, 因此总有  $mgsin\theta - BIl > 0$ , 由右手定则判断电势高低。

**6 BC** 金属棒运动到  $a$  处时, 有  $E = BLv_1$ ,  $I = \frac{E}{R+r}$ , 安培力  $F = BIL = \frac{B^2 L^2 v_a}{R+r}$ ,

由牛顿第二定律得加速度  $a = \frac{F}{m} = \frac{B^2 L^2 v_1}{m(R+r)}$ , A 错误; 金属棒运动到  $b$  处时, 由

右手定则判断知, 通过电阻的电流方向由  $Q$  指向  $N$ , B 正确; 金属棒在  $a \rightarrow b$  过程中, 通过电阻的电荷量  $q_1 = \bar{I}t = \frac{\Delta\Phi_1}{R+r}$ , 同理, 在  $b \rightarrow c$  的过程中, 通过电阻的

电荷量  $q_2 = \frac{\Delta\Phi_2}{R+r}$ , 由于  $\Delta\Phi_1 = \Delta\Phi_2$ , 可得  $q_1 = q_2$ , C 正确; 在  $b \rightarrow c$  的过程中,

对金属棒运用动量定理得:  $-\sum \frac{B^2 L^2 v}{R+r} = 0 - mv_2$ , 而  $\sum v\Delta t = l_{bc}$ , 解得  $v_2 = \frac{B^2 L^2 l_{bc}}{m(R+r)}$ ,

同理, 在  $a \rightarrow c$  的过程中, 对金属棒运用动量定理得:  $\sum \frac{B^2 L^2 v'}{R+r} = 0 - mv_1$ , 而

$\sum v'\Delta t = l_{ac}$ , 解得  $v_1 = \frac{B^2 L^2 l_{ac}}{m(R+r)}$ , 因  $l_{ac} = 2l_{bc}$ , 因此  $v_1 = 2v_2$ , D 错误。



(1)  $N \rightarrow Q$   $b \rightarrow a$  (2) 0.16 V (3) 0.02 C

(1) 根据右手定则判断得知,  $ab$  中产生的感应电流方向是:  $b \rightarrow a$

则通过电阻  $R$  的电流方向  $N \rightarrow Q$

(2) 导体棒产生的感应电动势  $E = BLv = 0.2 \times 0.5 \times 2 \text{ V} = 0.2 \text{ V}$

$$\text{通过 } R \text{ 的电流大小为 } I = \frac{E}{R+r} = \frac{0.2}{4+1} \text{ A} = 0.04 \text{ A}$$

则电阻  $R$  两端的电压为  $U = IR = 0.04 \times 4 \text{ V} = 0.16 \text{ V}$

则电压表的示数为 0.16 V

(3) 由  $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ,  $I = \frac{E}{R+r}$ ,  $q = I\Delta t$  得, 通过导体棒的电荷量为:

$$q = \frac{\Delta\Phi}{R+r} = \frac{BLS}{R+r} = \frac{0.2 \times 0.5 \times 1}{4+1} \text{ C} = 0.02 \text{ C}$$

【名师点睛】本题是电磁感应与电路知识的综合, 要掌握电磁感应和电路的基本规律, 对于电磁感应中复杂的电路问题常常要画等效电路研究。

## 训练 15 电磁感应中的力学和能量问题



### 【参考答案】



**B** 根据右手定则判断可知:  $ab$  中产生的感应电流方向从  $a$  到  $b$ ,  $a$  点相当于电源的负极,  $b$  点相当于电源的正极, 则  $a$  点的电势低于  $b$  点的电势, 故 A 错误; 金属棒进入磁场时回路中产生电能转化为电阻  $R$  和金属棒的内能, 根据能量转化和守恒定律得知: 金属棒中产生的焦耳热小于金属棒机械能的减少量, 故 B 正确; 若棒做减速运动, 最终做匀速运动, 此时安培力最小为  $mg$ , 若棒做加速运动, 最终做匀速运动, 此时安培力最大为  $mg$ , 若匀速运动, 安培力不变, 大小为  $mg$ , 故 C 错误; 金属棒刚进入磁场的过程中, 若

安培力大于重力, 棒做减速运动, 随着速度的减小, 根据安培力公式  $F = \frac{B^2 L^2 v}{R+r}$  可

知, 安培力不断减小, 合力减小, 加速度减小, 所以棒做加速度减小的变减速运动, 不可能做匀减速运动, 故 D 错误。

**2** BC 导体棒匀速运动时速度最大。设导体棒的速度最大值为  $v$ ，此时导体棒

所受的安培力为  $F_A = BId = \frac{B^2 d^2 v}{R+r}$ ，而且导体棒受力平衡，则有  $F = F_A + \mu mg$ ，解

得  $v = \frac{(F - \mu mg)(R+r)}{B^2 d^2}$ ，由于导体棒做加速度逐渐减小的加速运动，故平均速

度大于  $\frac{(F - \mu mg)(R+r)}{2B^2 d^2}$ ，故 A 错误；流过电阻  $R$  的电荷量为  $q = \frac{\Delta \Phi}{r+R} = \frac{Bdl}{R+r}$ ，

故 B 正确；速度最大时， $ab$  两端的电压最大，

$U = \frac{ER}{R+r} = \frac{BdvR}{R+r} = \frac{BdR}{R+r} \times \frac{(F - \mu mg)(R+r)}{B^2 d^2} = \frac{(F - \mu mg)R}{Bd}$ ，C 正确，D 错误。

**3** AC 当金属棒通过磁场边界时，切割速度方向不变，而磁场反向，根据右手定则判断可知通过电阻  $R$  的电流方向反向，故 A 正确；当金属棒通过磁场边界时，根据楞次定律可知安培力总要阻碍导体棒与磁场间的相对运动，可知安培力方向一直向左，方向不变，故 B 错误；金属棒在题设的运动过程中，回路的磁通量变化量为 0，由  $q = \frac{\Delta \Phi}{R}$  知通过电阻  $R$  的电荷量为零，故 C 正确；由于金属棒匀速运动，动能不变，根据功能关系可知回路中产生的热量等于  $2Fx$ ，故 D 错误。

**4** BC 穿过线圈的磁通量先向下减小，后向上增加，则根据楞次定律可知，感应电流方向不变，选项 A 错误；因  $B$  的变化率不变，则感应电动势不变，感应电流不变，而  $B$  的大小先减后增加，根据  $F = BIL$  可知， $MN$  边受到的安培力先减小后增大，选项 B 正确；因线圈平行的两边电流等大反向，则整个线圈受的安培力为零，则线圈下滑的加速度为  $g \sin \theta$  不变，则线框做匀加速直线运动，选项 C 正确；因安培力对线圈不做功，斜面光滑，则线框的机械能守恒，选项 D 错误。

BC 初始时刻导体棒产生的感应电动势  $E=BLv_0$ , 感应电流  $I=\frac{E}{R+r}$ , 安培力  $F=BIL=\frac{B^2L^2v_0}{R+r}$ ,

A 错误: 初始时刻, 由牛顿第二定律有  $ma=mg+kx_1+F$ , 解得  $a=2g+\frac{B^2L^2v_0}{m(R+r)}$ , B 正确: 当导体棒静

止时, 安培力为零, 棒受到重力和弹簧的弹力而平衡, 弹力的方向向上, 弹簧处于压缩状态, C 正确:

导体棒最终静止时, 弹簧被压缩  $x_2=\frac{mg}{k}=x_1$ , 故棒从开始运动到最终静止, 弹簧的弹性势能不变, 由

能量守恒有  $\frac{mv_0^2}{2}+mg(x_1+x_2)=Q$ , 解得系统产生的总热量  $Q=\frac{mv_0^2}{2}+\frac{2m^2g^2}{k}$ ,

则  $R$  上产生的热量要小于  $Q$ , D 错误。

【名师点睛】电磁感应中的能量问题常会求焦耳热, 此时要注意是求总电路的焦耳热, 还是部分电路的焦耳热。当电阻成串联关系时, 焦耳热与电阻成正比; 当电阻成并联关系时, 焦耳热与电阻成反比。

6 (1) 0.01 V 0.001 A (2)  $F=0.003$  N (3)  $Q=0.0006$  J

(1) 由法拉第电磁感应定律可得

$$E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=n\frac{\Delta BS}{\Delta t}=1\times\frac{15}{30}\times 0.02\text{ V}=0.01\text{ V}$$

由闭合电路欧姆定律可得

$$I=\frac{E}{R}=\frac{0.01}{10}\text{ A}=0.001\text{ A}$$

(2) 通电导线受到的安培力为

$$F=BIL=15\times 0.001\times 0.2\text{ N}=0.003\text{ N}$$

(3) 在 1 min 内线圈回路产生的焦耳热

$$Q=I^2Rt=0.001^2\times 10\times 60\text{ J}=0.0006\text{ J}$$

7 (1) 4.5 C (2) 1.8 J (3) 5.4 J

(1) 设棒匀加速运动的时间为  $\Delta t$ , 回路的磁通量变化量为:  $\Delta\Phi=BLx$

由法拉第电磁感应定律得, 回路中的平均感应电动势为:  $E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

由闭合电路欧姆定律得, 回路中的平均电流为:  $I=\frac{E}{R+r}$

通过电阻  $R$  的电荷量为:  $q=I\Delta t$

联立以上各式, 代入数据解得:  $q=4.5\text{ C}$

(2) 设撤去外力时棒的速度为  $v$ , 棒做匀加速运动过程中  
由运动学公式得:  $v^2=2ax$

设撤去外力后的运动过程中安培力做功为  $W$ , 由动能定理得:  $W=0-\frac{1}{2}mv^2$

撤去外力后回路中产生的焦耳热:  $Q_2=-W$

联立以上各式, 代入数据解得:  $Q_2=1.8\text{ J}$

(3) 由题意各, 撤去外力前后回路中产生的焦耳热之比  $Q_1:Q_2=2:1$

可得:  $Q_1=3.6\text{ J}$

在棒运动的整个过程中, 由功能关系可得:  $W_F=Q_1+Q_2$

联立以上各式, 代入数据解得:  $W_F=5.4\text{ J}$

