

## 教材习题答案

## 第九章 静电场及其应用

## 1 电荷

## ◆ 练习与应用

1. 答案 在天气干燥的时候,脱掉外衣时,由于摩擦,外衣和身体各自带了等量、异号的电荷,接着用手去摸金属门把手时,身体放电,于是产生电击的感觉。
2. 答案  $A$ 、 $B$  是金属导体,金属内部可移动的电荷是自由电子。由于  $A$  带上的是负电荷,所以是电子由  $B$  转移到  $A$ ,  $A$  得到的电子数为  $n = \frac{1.0 \times 10^{-8} \text{ C}}{1.60 \times 10^{-19} \text{ C}} = 6.25 \times 10^{10}$ , 与  $B$  失去的电子数相等。

3. 答案 (1) 沿任意一条虚线切开,都有  $A$  带正电,  $B$  带负电。

导体原来不带电,当带正电的导体球  $C$  靠近时,由于静电感应,导体中的自由电子向  $B$  部分转移,使  $B$  部分因带了多余的电子而带负电,  $A$  部分因失去了电子而带正电。

$$(2) Q_A = Q_B \quad Q_A' = Q_B'$$

根据电荷守恒定律,  $A$  部分失去电子的数目和  $B$  部分得到电子的数目是相同的,因此无论从哪一条虚线切开,两部分的电荷量总是相等的,但因为电子在导体上分布不均匀,越靠近右端负电荷密度越大,越靠近左端正电荷密度越大,所以从不同位置切开时左右两部分所带电荷量的大小  $Q_A \neq Q_A'$ ,  $Q_B \neq Q_B'$ 。

4. 答案 认识  $A$  是错误的,元电荷是最小的电荷量,不是电荷。认识  $B$  也是错误的,物体所带的电荷量不是任意的,只能是元电荷的整数倍。

## 2 库仑定律

## ◆ 练习与应用

1. 答案  $A$  球与  $B$  球接触,则  $A$  球、 $B$  球带电荷量均为  $\frac{1}{2}q$ 。然后  $B$  球与  $C$  球接触, $B$  球、 $C$  球带电荷量均为  $\frac{1}{4}q$ 。再使  $A$  球与  $B$  球接触, $A$  球、 $B$  球带电荷量均为  $\frac{\frac{1}{2}q + \frac{1}{4}q}{2} = \frac{3}{8}q$ 。

2. 答案 两球之间的静电力不等于  $k \frac{Q^2}{9r^2}$

因为库仑定律适用于真空中点电荷间静电力的计算,两个半径为  $r$  的金属球球心相距  $3r$  时,由于两球距离太近,电荷在两金属球上的分布发生变化,两球不能视为点电荷,因而它们之间作用力的大小已不能直接用库仑定律进行计算,所以  $F \neq k \frac{Q^2}{9r^2}$ 。

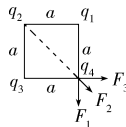
3. 答案 设  $A$ 、 $B$  带的电荷量分别为  $q$ 、 $-q$ ,  $A$ 、 $B$  之间距离为  $r$ , 则  $F = k \frac{q^2}{r^2}$ 。用  $C$  接触  $A$  后,  $A$ 、 $C$  带的电荷量均为  $q_A = \frac{1}{2}q$ ,  $C$  再

接触  $B$  后,  $B$  带的电荷量  $q_B = \frac{-q + \frac{q}{2}}{2} = -\frac{q}{4}$ , 故此时  $A$ 、 $B$  球间的

静电力  $F' = k \frac{\frac{1}{2}q \times \frac{1}{4}q}{r^2} = \frac{1}{8} \times k \frac{q^2}{r^2} = \frac{1}{8}F$ , 在此情况下再使  $A$ 、 $B$

间距离增大为原来的 2 倍,它们间的静电力  $F'' = \frac{1}{2^2}F' = \frac{1}{32}F$ 。

4. 答案 第四个点电荷所受其余三个点电荷的静电力如图所示,  $q_4$  共受三个力的作用,因为  $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q$ , 所以  $q_4$  所受三个力的大小为  $F_1 = F_3 = k \frac{q^2}{a^2}$ ,  $F_2 = k \frac{q^2}{2a^2}$ , 根据平行四边形定则,合力沿正方形的对角线向外,合力的大小是  $F = 2F_1 \cos 45^\circ + F_2 = \frac{2\sqrt{2}+1}{2}k \frac{q^2}{a^2}$ 。



由于对称性,每个电荷受到其他三个电荷的静电力的合力的大小都相等,方向都沿对角线向外。

5. 答案 对右侧小球进行受力分析,如图所示。

由勾股定理知,小球距悬点的竖直距离为

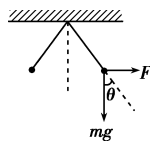
$$s = \sqrt{13^2 - 5^2} \text{ cm} = 12 \text{ cm}$$

设小球质量为  $m$ ,由相似三角形关系知:

$$\frac{F}{5 \text{ cm}} = \frac{mg}{s}$$

$$\text{解得 } F = \frac{5}{12} \times 0.6 \times 10^{-3} \times 10 \text{ N} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$\text{由 } F = \frac{kq^2}{r^2} \text{ 得: } q = \sqrt{\frac{Fr^2}{k}} = \sqrt{\frac{2.5 \times 10^{-3} \times 0.1^2}{9 \times 10^9}} \text{ C} \approx 5.3 \times 10^{-8} \text{ C}$$



## 3 电场 电场强度

## ◆ 练习与应用

1. 答案 认识  $A$  是错误的,电场中某点的电场强度是电场本身的性质,既与试探电荷的电荷量  $q$  无关,也与试探电荷的有无无关;

认识  $B$  是正确的,该公式为点电荷的电场强度的决定式;

认识  $C$  是错误的,电场强度  $E$  的大小与试探电荷的电荷量  $q$  无关,若  $q$  减半,试探电荷受到的静电力  $F$  也会减半,而  $E = \frac{F}{q}$  不变;

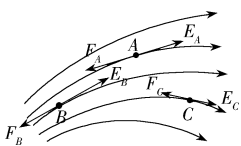
认识  $D$  是错误的,匀强电场中电场强度  $E$  处处相同,放入其中的电荷量为  $q$  的电荷受到的静电力为  $F = Eq$ ,所以,在匀强电场中,电荷的电荷量越大,受到的力也就越大。

2. 答案  $E_A = \frac{F}{q}$ ,  $E_B = \frac{nF}{q}$ ,  $E_C = \frac{F}{nq} = \frac{1}{n}E_A$ ,  $E_D = \frac{F}{nq}$ ,  $E_E = \frac{F}{nq} = \frac{1}{n}E_A$ 。

3. 答案 重力场强度的大小等于物体所受到的重力与物体的质量的比值,即  $g = \frac{G}{m}$ ,单位为牛顿每千克,方向竖直向下。

4. 答案 这种说法是错误的。例如,当带电粒子的初速度  $v$  与匀强电场方向不在一条直线上时,带电粒子在静电力作用下做曲线运动,其轨迹就不是电场线。

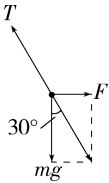
5. 答案 (1) B 点电场强度最强, C 点电场强度最弱  
 (2) A、B、C 三点电场强度的方向如图所示  
 (3) 负点电荷在 A、B、C 三点所受静电力的方向如图所示



6. 答案 小球受重力  $mg$ 、静电力  $F$ 、轻绳的拉力  $T$  的作用而处于平衡状态, 如图所示。  

$$F = mg \tan 30^\circ = qE$$

$$\text{所以 } E = \frac{mg}{q} \tan 30^\circ = \frac{1.0 \times 10^{-3} \times 9.8 \times \frac{\sqrt{3}}{3}}{2.0 \times 10^{-8}} \text{ N/C} = 2.83 \times 10^5 \text{ N/C}.$$



7. 答案 因为电荷量的大小  $Q_1 > Q_2$ , 故在  $Q_1$  左侧的  $x$  轴上,  $Q_1$  产生的电场强度总大于  $Q_2$  产生的电场强度, 合场强方向总是指向  $x$  轴负半轴。在  $x=0$  和  $x=6 \text{ cm}$  之间, 合场强的方向总是沿  $x$  轴的正方向。故只有在  $Q_2$  右侧的  $x$  轴上的某点处, 电场强度才有可能为零。

(1) 设该点与  $x=0$  点的距离为  $x$ , 则

$$k \frac{Q_1}{x^2} - k \frac{Q_2}{(x-6)^2} = 0$$

解得  $x_1 = 4 \text{ cm}$  (不合题意, 舍去),  $x_2 = 12 \text{ cm}$ ;

(2) 在  $x$  轴上  $0 < x < 6 \text{ cm}$  和  $x > 12 \text{ cm}$  的地方, 电场强度的方向是沿  $x$  轴正方向的。

说明: 在距离坐标原点  $+\infty$  和  $-\infty$  的位置, 电场强度也为零。

#### 4 静电的防止与利用

##### ◆ 练习与应用

1. 答案 用导线将生产过程中产生的静电导走, 或使车间保持潮湿, 及时将静电导走。  
 2. 答案 起电机摇动时, 锯条附近电场强度最大。  
 空气被电离后形成的自由电子会附着在烟尘上, 这些被自由电子附着的烟尘最终会到接正极的金属片上。  
 3. 答案 因为超高压输电线周围存在很强的电场, 带电作业的工人直接进入这样的强电场会有生命危险。如果工人穿上包含金属丝的织物制成的工作服, 这身工作服就像一个金属网罩, 可以起到静电屏蔽的作用, 使超高压输电线周围的电场被工作服屏蔽起来, 工人就可以安全作业了。  
 4. 答案 点火器的放电电极做成钉尖形是利用尖端放电现象, 使在电压不高的情况下也容易点火。

验电器的金属杆上端固定一个金属球是为了防止出现尖端放电现象, 使验电器在电压较高时也不会放电(漏电)。

5. 答案 使用金属网状编织层把话筒线包裹起来, 屏蔽周围环境的干扰信号。

##### ◆ 复习与提高

###### A 组

1. 答案 当验电器带电时, 两片金属箔会带上同种电荷, 由于同种电荷互相排斥, 两片金属箔会张开一个角度; 当两片金属箔张开一定的角度, 金属箔片受力平衡时, 张开的角度就不变了。  
 2. 答案 在带电体 C 的右侧有两个相互接触的金属导体 A 和 B, 由于静电感应, A、B 中的自由电子向左移动, 使得 A 端积累

负电荷, B 端积累正电荷, 把 A、B 分开, 因 A、B 之间已经绝缘, 此时即使再移走 C, A、B 上所带电荷量不会变, A 带负电, B 带正电; 如果先移走 C, A、B 上的感应电荷会马上中和, 不再带电, 再把 A、B 分开, A、B 将都不带电。

3. 答案  $\alpha = \beta$

以球 A 为研究对象, 对 A 受力分析如图所示。

由共点力平衡得:

$$F_T \sin \alpha = F_{\text{库}} \quad \text{①}$$

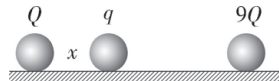
$$F_T \cos \alpha = m_A g \quad \text{②}$$

由 ①/② 得  $\tan \alpha = \frac{F_{\text{库}}}{m_A g}$ , 同理, 对 B 球分析

也有  $\tan \beta = \frac{F_{\text{库}}}{m_B g}$ , 因为不论  $q_1$ 、 $q_2$  大小如何, 两带电小球间的库仑力属于作用力与反作用力, 大小相等, 而两球质量也相等, 所以有  $\tan \alpha = \tan \beta$ , 所以两个偏角相等  $\alpha = \beta$ 。

4. 答案 第三个小球应放在两个带正电小球之间距离  $Q$  小球  $0.1 \text{ m}$  处, 带负电, 电荷量是  $Q$  的  $\frac{9}{16}$ 。

要使  $q$  平衡, 应使  $Q$ 、 $9Q$  对  $q$  的库仑力大小相等、方向相反, 因此  $q$  必须和  $Q$ 、 $9Q$  在同一条直线上。因为  $Q$ 、 $9Q$  带同种电荷, 所以  $q$  不可能在它们同侧, 一定在它们之间。设  $q$  与  $Q$  的距离是  $x$ , 如图所示。



根据库仑定律和平衡条件列式:

$$k \frac{Qq}{x^2} - k \frac{9Qq}{(0.4-x)^2} = 0$$

要使  $Q$  平衡, 应使  $q$ 、 $9Q$  对  $Q$  的库仑力大小相等、方向相反。所以  $q$  一定带负电。

$$k \frac{Qq}{x^2} - k \frac{9Q^2}{0.4^2} = 0$$

$$\text{联立解得 } x = 0.1 \text{ m}, q = \frac{9}{16} Q.$$

5. 答案 设绝缘线与竖直方向的夹角为  $\theta$ ,

$$\tan \theta = \frac{2}{\sqrt{200^2 - 2^2}} = \frac{1}{\sqrt{999}}$$

$$F = Eq$$

$$F = mg \tan \theta$$

$$\text{解得 } q = 2.94 \times 10^{-9} \text{ C}.$$

6. 答案 静电平衡时, 导体棒中点  $O$  处的电场强度为 0, 所以导体棒上感应电荷在  $O$  处产生的电场强度与点电荷  $q$  在棒中点  $O$  处产生的电场强度大小相等, 方向相反。 
$$E_{\text{感}} = k \frac{q}{\left(R + \frac{l}{2}\right)^2},$$

方向向左。

###### B 组

1. 答案 没有违背能量守恒定律。因为把 A、B 分开或把 A、B 在 C 附近相碰需要能量, 小电动机转动的能量就来自于此。

2. 答案 当每个金属球各分得  $\frac{Q}{2}$  时, 它们之间的静电力最大。

设两金属球间距为  $r$ , 其中一个金属球分得的电荷量为  $q$ , 则另一个金属球分得的电荷量为  $Q-q$ ,

它们之间的静电力为  $F = k \frac{q(Q-q)}{r^2} = \frac{k}{r^2} q(Q-q)$ ,

当  $q = \frac{Q}{2}$  时,  $F$  最大。

### 3. 答案 负电荷 $2\sqrt{2}q$

设正方形的边长为  $r$ ,  $A$ 、 $C$  两点的正电荷在  $D$  处产生的合电场强度为  $E = \sqrt{2}k \frac{q}{r^2}$ , 方向由  $B$  指向  $D$ ; 放在  $B$  点的电荷在  $D$  处产生电场强度与  $A$ 、 $C$  两点的正电荷在  $D$  处产生的合电场强度大小相等, 方向相反, 所以放在  $B$  点的电荷为负电荷。由  $k \frac{q_B}{(\sqrt{2}r)^2} = \sqrt{2}k \frac{q}{r^2}$ , 得  $q_B = 2\sqrt{2}q$ 。

### 4. 答案 $k \frac{q}{9d^2}$ , 方向向左

带电薄板不能看成是点电荷, 它在  $B$  点产生的电场要利用对称思想进行分析。

由于  $A$  点的电场强度为 0, 说明点电荷  $q$  在  $A$  点产生的电场强度与带电薄板在  $A$  点产生的电场强度大小相等, 方向相反, 即  $E_{板A} = k \frac{q}{(3d)^2} = k \frac{q}{9d^2}$ , 方向向右。

根据对称性可知, 带电薄板在  $B$  点产生的电场强度跟带电薄板在  $A$  点产生的电场强度大小相等, 方向相反, 所以  $E_{板B} = k \frac{q}{9d^2}$ , 方向向左。

5. 答案 (1)  $F_1 = 2k \frac{Qq}{\frac{l^2}{4} + x^2} \cdot \frac{x}{\sqrt{\frac{l^2}{4} + x^2}} = \frac{2kQqx}{\left(\frac{l^2}{4} + x^2\right)^{\frac{3}{2}}}$   
 (2)  $F_2 = 2k \frac{Qq}{\frac{l^2}{4} + x^2} \cdot \frac{l}{2\sqrt{\frac{l^2}{4} + x^2}} = \frac{kQql}{\left(\frac{l^2}{4} + x^2\right)^{\frac{3}{2}}}$   
 (3)  $l > 2x$

6. 答案 (1)  $E_A = \frac{4}{0.1} \text{ N/C} = 40 \text{ N/C}$ ,  $E_B = \frac{1}{0.4} \text{ N/C} = 2.5 \text{ N/C}$ , 方向都是沿  $x$  轴正方向。

(2) 由于  $E_A > E_B$ , 场源点电荷  $Q$  应在  $A$  点左侧, 设其坐标为  $x$ , 则有:  $E_A = k \frac{Q}{(0.3-x)^2} = 40 \text{ N/C}$

$$E_B = k \frac{Q}{(0.6-x)^2} = 2.5 \text{ N/C}$$

联立解得  $x = 0.2 \text{ m}$ 。

## 第十章 静电场及其应用

### 1 电势能和电势

#### ◆ 练习与应用

1. 答案  $W_{ABC} = W_{AB} + W_{BC} = Eq \cdot l_{AB} + Eq \cdot l_{BC} \cos 60^\circ = 2.64 \times 10^{-7} \text{ J}$   
 静电力所做的功与电荷的起始位置和终止位置有关, 与电荷经过的路径无关。所以

$$W_{AC} = W_{ABC} = 2.64 \times 10^{-7} \text{ J}$$

2. 答案  $\varphi = \frac{E_{p1}}{q_1} = \frac{6 \times 10^{-8}}{4 \times 10^{-9}} \text{ J/C} = 15 \text{ V}$ ,

$$E_{p2} = \varphi \cdot q_2 = 15 \times (-2 \times 10^{-10}) \text{ J} = -3 \times 10^{-9} \text{ J}$$

3. 答案 (1)  $A$  点的电势高; (2)  $D$  点的电势高; (3)  $q$  在  $E$  点的电势能为负值, 所以  $E$  点的电势小于 0,  $-q$  在  $F$  点的电势能为

负值, 所以  $F$  点的电势大于 0, 因此  $F$  点的电势高。

小结: 试探电荷为正电荷时, 电荷在某点电势能越大, 则该点电势越高; 试探电荷为负电荷时, 电荷在某点电势能越大, 则该点电势越低。

4. 答案 (1) 沿电场方向, 电势逐渐降低, 所以  $M$  点的电势高。

(2) 让一带电粒子沿  $AB$  运动到与  $P$  在同一电场线的位置  $C$ , 如图所示,  $C$  点在  $P$  点的左侧, 由于  $AB$  与电场线垂直, 静电力不做功, 所以带电粒子在  $M$  点与在  $C$  点的电势能相同, 因此两点电势相同, 而  $C$  点的电势高于  $P$  点的电势, 所以  $M$  点的电势高于  $P$  点的电势。

小结: 沿电场线方向电势逐渐降低。

5. 答案 将试探电荷从无穷远处移动过来, 静电力对正试探电荷做正功, 对负试探电荷做负功, 所以场源电荷对正试探电荷吸引, 对负试探电荷排斥, 因此场源电荷是负电荷。

由题可知,  $q_1$  在  $A$  点的电势能为  $E_{pA} = -4 \times 10^{-8} \text{ J}$ ,  $A$  点的电势为  $\varphi_A = \frac{E_{pA}}{q_1} = \frac{-4 \times 10^{-8}}{10^{-9}} \text{ V} = -40 \text{ V}$ ;  $q_2$  在  $B$  点的电势能为  $E_{pB} = 6 \times 10^{-8} \text{ J}$ ,  $B$  点的电势为  $\varphi_B = \frac{E_{pB}}{q_2} = \frac{6 \times 10^{-8}}{-2 \times 10^{-9}} \text{ V} = -30 \text{ V}$ , 由于  $\varphi_A < \varphi_B$ , 所以场源负电荷在  $A$ 、 $B$  的左边。

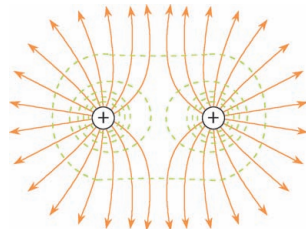
6. 答案  $A$  点的电势为  $\varphi_A = \frac{E_{pA1}}{q_1} = \frac{-4 \times 10^{-8}}{2 \times 10^{-9}} \text{ V} = -20 \text{ V}$ ,

$$B \text{ 点的电势为 } \varphi_B = \frac{E_{pB2}}{q_2} = \frac{9 \times 10^{-8}}{-3 \times 10^{-9}} \text{ V} = -30 \text{ V},$$

$q_3$  在  $A$ 、 $B$  两点的电势能分别为  $E_{pA3} = \varphi_A \cdot q_3 = 1 \times 10^{-7} \text{ J}$ ,  $E_{pB3} = \varphi_B \cdot q_3 = 1.5 \times 10^{-7} \text{ J}$ ,

把  $q_3$  从  $A$  点移动到  $B$  点电势能增加, 所以静电力对  $q_3$  做负功, 数值是  $W = E_{pB3} - E_{pA3} = 5 \times 10^{-8} \text{ J}$ 。

7. 答案 等量同种正电荷的电场线及等势面的分布如图所示:



沿电场方向电势逐渐降低, 而负电荷在电势越低处的电势能越大。所以负电荷自  $A$  点沿直线移动到  $B$  点, 电势降低, 电势能增大; 从  $B$  点沿直线移动到  $C$  点, 电势降低, 电势能增大。

### 2 电势差

#### ◆ 练习与应用

1. 答案  $W_{AB} = qU_{AB} = -2 \times 10^{-9} \times 20 \text{ J} = -4 \times 10^{-8} \text{ J}$ , 静电力做负功  $4 \times 10^{-8} \text{ J}$ , 电势能增加  $4 \times 10^{-8} \text{ J}$ 。

2. 答案  $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1 \text{ V} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ 。

3. 答案 (1)  $B$  点的电势比  $A$  点的电势高, 负电荷在  $A$  点的电势能较大。

(2) 负电荷由  $B$  点移到  $A$  点时, 静电力做负功。

(3)  $U_{AB}$  是负的,  $U_{BA}$  是正的。

4. 答案 不能。假若两个电势不同的等势面相交,相交处的电势就相等,这两个等势面的值就不能不同,所以电场中两个电势不同的等势面不能相交。

5. 答案 电场线大致分布如图所示。

$$\text{因 } \varphi_A = \varphi_B = 10 \text{ V}, \varphi_C = 6 \text{ V}$$

$$W_{AB} = q\varphi_A - q\varphi_B = q(\varphi_A - \varphi_B) = 1 \times (10 - 10) \text{ J} = 0 \text{ J}$$

同一等势面上,任何两点间的电势差为零,所以在同一等势面上的两点间移动电荷,静电力不做功。

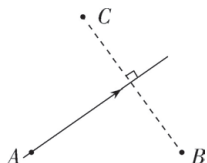
$$W_{AC} = q\varphi_A - q\varphi_C = q(\varphi_A - \varphi_C) = 1 \times (10 - 6) \text{ J} = 4 \text{ J}$$

$$W_{BC} = q\varphi_B - q\varphi_C = q(\varphi_B - \varphi_C) = 1 \times (10 - 6) \text{ J} = 4 \text{ J}$$

$$\text{所以 } W_{AC} = W_{BC}$$

两个等势面的电势差一定,所以从一个等势面上的不同点向另一等势面上的同一点移动同一电荷,静电力做功相同。

6. 答案 B、C 两点电势相同,所以 BC 是一条等势线,电场线与等势线垂直并指向电势降低的方向,如图所示



### 3 电势差与电场强度的关系

#### ◆ 练习与应用

1. 答案  $E = \frac{U}{d} = \frac{4 \times 10^4}{1.3 \times 10^{-2}} \text{ V/m} \approx 3.1 \times 10^6 \text{ V/m}$

2. 答案 (1) D 点的电势比 C 点的电势高。

$$U_{CD} = -Ed_{CD} = -2 \times 10^4 \times 5 \times 10^{-2} \text{ V} = -10^3 \text{ V}$$

$$(2) B \text{ 板接地时, } \varphi_C = Ed_{CB} = 2 \times 10^4 \times 3 \times 10^{-2} \text{ V} = 600 \text{ V}$$

$$\varphi_D = Ed_{DB} = 2 \times 10^4 \times 8 \times 10^{-2} \text{ V} = 1.6 \times 10^3 \text{ V}$$

$$U_{CD} = \varphi_C - \varphi_D = (600 - 1.6 \times 10^3) \text{ V} = -1000 \text{ V}$$

$$A \text{ 板接地时, } \varphi_C = 0 - Ed_{CA} = -2 \times 10^4 \times 7 \times 10^{-2} \text{ V} = -1.4 \times 10^3 \text{ V}$$

$$\varphi_D = 0 - Ed_{DA} = -2 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-2} \text{ V} = -4 \times 10^2 \text{ V}$$

$U_{CD} = \varphi_C - \varphi_D = -1.4 \times 10^3 \text{ V} - (-4 \times 10^2 \text{ V}) = -1000 \text{ V}$ , 在这两种情况下,  $U_{CD}$  都是  $-1000 \text{ V}$ 。

$$(3) W_{CD} = eU_{CD} = -1.6 \times 10^{-19} \times (-1000) \text{ J} = 1.6 \times 10^{-16} \text{ J}$$

如果使电子从 C 点先移到 P 点,再移到 D 点,静电力所做的功不会发生变化,因为静电力做功与路径无关,只与初、末位置有关。

3. 答案 小山坡 b 边比 a 边地势更陡些,小球沿 b 坡滚下加速度更大些。若图为等势线图, b 边电势降落比 a 边电势降落得快, b 边的电场强度比 a 边大。

### 4 电容器的电容

#### ◆ 练习与应用

1. 答案 第一行:减小 2 减小 电能转化为内能 放电  
第二行:减小 1 增大 电能从电池转移到电容器 充电

2. 答案 电容器的电容只跟电容器有关,跟是否带电无关,因此 A 错误, B、D 正确。对于同一个电容器,其电荷量与电压成正比, C 正确。

3. 答案 电容器的电容是  $C = \frac{Q}{U} = \frac{4.5 \times 10^{-4}}{3} \text{ F} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ F}$

将电容器的电压降为 2 V, 电容器的电容不变, 还是  $1.5 \times$

$$10^{-4} \text{ F}$$

$$\text{所带电荷量是 } Q = CU = 1.5 \times 10^{-4} \times 2 \text{ C} = 3 \times 10^{-4} \text{ C}。$$

4. 答案  $Q = CU = 15 \times 10^{-6} \times 4.0 \times 10^3 \text{ C} = 6.0 \times 10^{-2} \text{ C}$

## 5 带电粒子在电场中的运动

### ◆ 练习与应用

1. 答案 解法一:  $E_k = \Delta E_k = qU = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 90 \text{ J} = 2.88 \times 10^{-17} \text{ J}。$

解法二:  $E = \frac{U}{d} = \frac{90}{6.2 \times 10^{-2}} \text{ V/m},$

$$E_k = \Delta E_k = qEd = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times \frac{90}{6.2 \times 10^{-2}} \times 6.2 \times 10^{-2} \text{ J} = 2.88 \times$$

$$10^{-17} \text{ J}。$$

解法三:  $E = \frac{U}{d}, a = \frac{qE}{m}, v = \sqrt{2ad}, E_k = \frac{1}{2}mv^2 = qU = 2.88 \times$

$$10^{-17} \text{ J}。$$

比较以上三种解法,解法一比较简便。

2. 答案  $-eU = 0 - E_{km}, E_{km} = eU = 1.6 \times 10^{-19} \times 12.5 \text{ J} = 2.0 \times 10^{-18} \text{ J}。$

$$\text{所以 } v = \sqrt{\frac{2E_{km}}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.0 \times 10^{-18}}{0.9 \times 10^{-30}}} \text{ m/s} \approx 2.1 \times 10^6 \text{ m/s}。$$

3. 答案 设偏转电压为  $U$ , 带电粒子电荷量为  $q$ , 质量为  $m$ , 进入偏转电场的速度为  $v_0$ , 偏转电场两极板间的距离为  $d$ , 极板长度为  $L$ , 对带电粒子有: 动能  $E_k = \frac{1}{2}mv_0^2$ , 在偏转电场中的加速度

$$a = \frac{qU}{md}, \text{ 在偏转电场中运动的时间 } t = \frac{L}{v_0}, \text{ 离开偏转电场时沿}$$

$$\text{静电力方向的速度 } v_{\perp} = at = \frac{qU}{md} \cdot \frac{L}{v_0}, \text{ 离开偏转电场时的偏转}$$

$$\text{角度 } \theta \text{ 的正切值 } \tan \theta = \frac{v_{\perp}}{v_0} = \frac{qUL}{mdv_0^2}。$$

(1) 电子与氢核的初速度相同, 有  $\frac{\tan \theta_e}{\tan \theta_H} = \frac{m_H}{m_e}。$

(2) 电子与氢核的初动能相同, 有  $\frac{\tan \theta_e}{\tan \theta_H} = 1。$

4. 答案 设加速电压为  $U_0$ , 偏转电压为  $U$ , 带电粒子的电荷量为  $q$ , 质量为  $m$ , 垂直进入偏转电场时的速度为  $v_0$ , 偏转电场极板间的距离为  $d$ , 极板长度为  $L$ , 对带电粒子有: 在加速电场中获得的动能  $\frac{1}{2}mv_0^2 = qU_0$ , 在偏转电场中的加速度和运动时间分别为  $a = \frac{qU}{md}, t = \frac{L}{v_0}$ , 偏转距离  $y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{qUL^2}{2mdv_0^2} = \frac{UL^2}{4U_0d}$ , 即不同的带电粒子(带同种电荷)由静止经过同一加速电场后垂直进入同一偏转电场, 其偏转距离与带电粒子的电荷量和质量无关, 所以三种粒子的混合物不会分离为三股粒子束。

5. 答案 电子在加速电场中获得的动能  $E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 = qU_0$  ①, 在

偏转电场中的加速度  $a = \frac{qE}{m}$  ②, 在偏转电场中运动的时间  $t =$

$$\frac{L}{v_0} \text{ ③, 由 ① 式得 } v_0 = \sqrt{\frac{2qU_0}{m}} \text{ ④, 由 ② ③ 式得 } v_y = at = \frac{qEL}{mv_0} \text{ ⑤, 由}$$

$$\text{④ ⑤ 式得 } v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \sqrt{\frac{2qU_0}{m} + \frac{qE^2L^2}{2mU_0}}, \text{ 电子的比荷可由课本中}$$

$$\text{查出, 代入数值得 } v \approx 1.9 \times 10^7 \text{ m/s}, \tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{EL}{2U_0} =$$

$$\frac{5000 \times 6 \times 10^{-2}}{2 \times 1000} = 0.15, \theta = 8.53^\circ。$$

6. 答案 由动能定理得  $Eq \cdot d = \frac{1}{2}mv^2$ ,

$$\text{所以 } E = \frac{mv^2}{2qd} = \frac{1.67 \times 10^{-27} \times (1.0 \times 10^7)^2}{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 4.0} \text{ N/C} \approx 1.3 \times 10^5 \text{ N/C}.$$

### ◆复习与提高

#### A 组

1. 答案 (1) 把电子从  $b$  等势面移动到  $e$  等势面,

静电力做功是:  $W = U_e = (-15) \times (-1.6 \times 10^{-19}) \text{ J} = 2.4 \times 10^{-18} \text{ J}$

(2) 电场中的  $A$ 、 $B$  两点, 电势相等, 由  $E_p = \varphi q$ , 可知两电荷量相等的试探电荷电势能相等;

由题图可知  $A$  点附近等差等势面较密, 所以  $A$  点的电场强度大于  $B$  点的电场强度, 由  $F = Eq$ , 可知, 在  $A$  点的试探电荷受到的静电力大。

2. 答案 不存在。因为等势线一定与电场线垂直, 如果电场线相互平行, 那么等势线也一定平行, 就会出现与  $U = Ed$  相矛盾的情况。

3. 答案 (1) 负电荷从  $A$  点到  $B$  点速度变大, 静电力做正功, 电势能减小, 所以  $E_{pA} > E_{pB}$ ,

由  $\varphi = \frac{E_p}{q}$ , 可知负电荷的电势能越大, 其所在位置的电势越低, 所以  $\varphi_A < \varphi_B$ 。

(2) 由题图乙可知, 负电荷从  $A$  点到  $B$  点,  $v-t$  图像的斜率变小, 即加速度变小, 负电荷受到的静电力变小, 由  $E = \frac{F}{q}$  可知电场强度  $E$  变小, 所以  $E_A > E_B$ 。

4. 答案 电荷从  $A$  点到  $C$  点, 电势能减少  $1.92 \times 10^{-5} \text{ J}$ , 静电力做功为  $W_{AC} = 1.92 \times 10^{-5} \text{ J}$ ,  $U_{AC} = \frac{W_{AC}}{q} = \frac{1.92 \times 10^{-5}}{1.6 \times 10^{-6}} \text{ V} = 12 \text{ V}$ ,  $\varphi_A = U_{AC} + \varphi_C = (12 + 0) \text{ V} = 12 \text{ V}$ 。

从  $A$  点到  $C$  点, 电场强度变小, 由  $U = Ed$ , 所以  $U_{AB} > U_{BC}$ 。

5. 答案 电容器两极板间的电压为  $U = \frac{Q}{C} = \frac{6 \times 10^{-8}}{1.5 \times 10^{-4} \times 10^{-6}} \text{ V} = 400 \text{ V}$ ,

如果两板间的距离为  $1 \text{ mm}$ , 电容器两极板间的电场强度是  $E = \frac{U}{d} = \frac{400}{1 \times 10^{-3}} \text{ V/m} = 4 \times 10^5 \text{ V/m}$ 。

#### B 组

1. 答案 两等量异种点电荷之间连线的中点是两点电荷之间连线上电场强度最小的点, 是连线中垂线上电场强度最大的点, 所以试探电荷从  $A$  点移动到  $B$  点, 再沿连线从  $B$  点移动到  $C$  点, 试探电荷所受的静电力一直变大。

两等量异种点电荷连线的中垂线是等势线, 中垂线上  $A$ 、 $B$  两点电势相等, 从  $A$  点移动到  $B$  点, 试探电荷的电势能不变;

由于沿电场方向, 电势降低, 所以  $\varphi_B < \varphi_C$ , 由  $E_p = \varphi q$ , 可知负电荷在电势高处, 其电势能小, 所以从  $B$  点移动到  $C$  点, 负试探电荷的电势能变小。

2. 答案 两金属板间的电场强度为  $E = \frac{U}{d}$

$$\text{由动能定理得 } -Ee \cdot h = 0 - \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{两式联立, 得 } v = \sqrt{\frac{2Ueh}{dm}}.$$

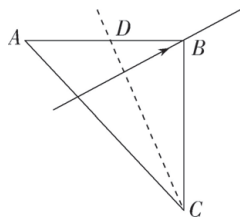
3. 答案 (1)  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{-2.4 \times 10^{-5}}{-6 \times 10^{-6}} \text{ V} = 4 \text{ V}$

$$U_{BC} = \frac{W_{BC}}{q} = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{-6 \times 10^{-6}} \text{ V} = -2 \text{ V}$$

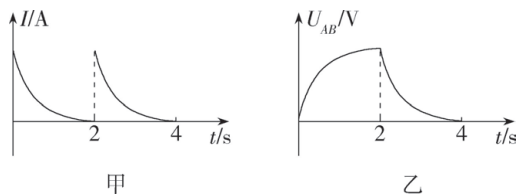
$$(2) \varphi_A = U_{AB} + \varphi_B = 4 \text{ V}, \varphi_C = \varphi_B - U_{BC} = 2 \text{ V}$$

$$(3) \text{取 } AB \text{ 中点 } D, \varphi_D = \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2} = 2 \text{ V} = \varphi_C$$

则  $DC$  是等势线, 过点  $B$  作  $DC$  的垂线就是电场线, 电场线方向指向电势降低的方向, 如图所示:



4. 答案



## 第十一章 电路及其应用

### 1 电源和电流

#### ◆练习与应用

1. 答案  $q = It = 50 \times 10^{-6} \times 3.2 \text{ C} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ C}$

$$\text{通过该横截面的电子数 } n = \frac{q}{e} = \frac{1.6 \times 10^{-4}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1 \times 10^{15}.$$

2. 答案  $I = \frac{q}{t} = \frac{3}{10} \text{ A} = 0.3 \text{ A}$

3. 答案 该手机的待机电流  $I = \frac{4000 \text{ mA} \cdot \text{h}}{22 \times 24 \text{ h}} \approx 7.58 \text{ mA}$

$$\text{用该手机播放视频时的电流 } I' = \frac{4000 \text{ mA} \cdot \text{h}}{17 \text{ h}} \approx$$

235.29 mA

$$\frac{I'}{I} = \frac{235.29}{7.58} \approx 31$$

### 2 导体的电阻

#### ◆练习与应用

1. 答案  $R_A > R_B = R_C > R_D$

2. 答案 小灯泡的电阻为  $R = \frac{U}{I} = \frac{3}{0.25} \Omega = 12 \Omega$ 。

导线是用铜丝制作的, 若铜丝长为  $10 \text{ cm}$ , 横截面积为  $1 \text{ mm}^2$ , 则铜丝的电阻为:

$$R' = \rho \frac{l}{S} = 1.7 \times 10^{-8} \times \frac{0.1}{1 \times 10^{-6}} \Omega = 1.7 \times 10^{-3} \Omega.$$

即  $R'$  比  $R$  小得多, 故可不计导线的电阻。

3. 答案 导线电阻  $R = \rho \frac{l}{S} = 1.7 \times 10^{-8} \times \frac{50}{4 \times 10^{-6}} \Omega = 0.2125 \Omega$ , 空

调正常工作的电流  $I = 7 \text{ A}$ ,

故导线上损失的电压为  $U = IR = 7 \times 0.2125 \text{ V} \approx 1.49 \text{ V}$ 。

4. 答案 鸟两爪间输电线的电阻是  $R = \rho \frac{l}{S} = 1.7 \times 10^{-8} \times \frac{0.04}{120 \times 10^{-6}} \Omega \approx 5.67 \times 10^{-6} \Omega$

鸟两爪之间的电压是  $U = IR = 500 \times 5.67 \times 10^{-6} \text{ V} \approx 2.84 \times 10^{-3} \text{ V}$ 。

5. 答案 盐水柱的体积不变,故横截面积变为原来的  $\frac{3}{4}$ ,因此

$$\frac{R'}{R} = \frac{\rho \frac{l'}{S'}}{\rho \frac{l}{S}} = \frac{l'}{l} \cdot \frac{S}{S'} = \frac{4}{3} \times \frac{4}{3} = \frac{16}{9}, \text{ 所以 } R' = \frac{16}{9} R。$$

6. 答案 由  $R = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{a}{bc}$ , 得  $\rho = \frac{Rbc}{a}$

电流沿  $CD$  方向时,样品的电阻  $R' = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{b}{ac} = \frac{Rbc}{a} \cdot \frac{b}{ac} = \frac{b^2}{a^2} R。$

7. 答案 (1) 肥胖的人脂肪含量多,而脂肪不容易导电,因此肥胖的人电阻大。

(2) 激烈运动之后或沐浴之后,人体的外表会附着容易导电的钠离子、钾离子等离子,使人体的电阻变小,这时使用脂肪测量仪得出的结果自然就不准确。

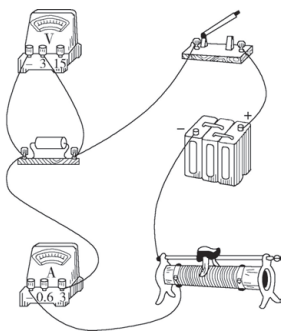
### 3 实验: 导体电阻率的测量

#### ◆ 练习与应用

1. 答案 1.37 cm 3.276 mm

2. 答案 (1) 不合格的纯净水含有较多的离子,电阻率偏小,电导率偏大。

(2) 如图所示:



3. 答案 由题图可知,电压表示数  $U = 1.20 \text{ V}$ , 电流表示数  $I = 0.50 \text{ A}$

$$\text{金属丝的电阻: } R = \frac{U}{I} = \frac{1.20}{0.50} \Omega = 2.4 \Omega,$$

$$\text{金属丝的横截面积: } S = \pi \left( \frac{d}{2} \right)^2 = 3.14 \times \left( \frac{0.635 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 \text{ m}^2 \approx 3.17 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$\text{由 } R = \rho \frac{L}{S}, \text{ 得金属丝的电阻率 } \rho = \frac{RS}{L} = \frac{2.4 \times 3.17 \times 10^{-7}}{60 \times 10^{-2}} \Omega \cdot \text{m} \approx 1.27 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}。$$

### 4 串联电路和并联电路

#### ◆ 练习与应用

1. 答案  $\frac{R}{R+R_1} U \leq U_R \leq U$

滑动变阻器阻值为 0 时,  $R$  两端电压最大,等于  $U$ ;

滑动变阻器阻值最大时,  $R$  两端电压最小,等于  $\frac{R}{R+R_1} U$ ;

所以  $R$  两端电压的变化范围是  $\frac{R}{R+R_1} U \leq U_R \leq U$ 。

2. 答案 (1) 因为  $R_1$  与  $R_2$  串联, 设通过它们的电流为  $I$ , 可知  $U_1 = IR_1, U = I(R_1 + R_2)$ , 所以电压之比  $\frac{U_1}{U} = \frac{IR_1}{I(R_1 + R_2)} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ 。

(2) 设  $C、D$  间负载电阻为  $R_0$ , 滑动变阻器滑片以下部分电阻为  $R_x$ , 电路结构为负载  $R_0$  与  $R_x$  并联后再与  $(R - R_x)$  串联, 可得:

$$\begin{aligned} U_{cd} &= \frac{R_{\text{并}}}{R_{\text{并}} + (R - R_x)} U \\ &= \frac{\frac{R_0 R_x}{R_0 + R_x}}{\frac{R_0 R_x}{R_0 + R_x} + (R - R_x)} U \\ &= \frac{R_0 R_x}{RR_0 + RR_x - R_x^2} U \end{aligned}$$

故当  $R_x = 0$  时,  $U_{cd} = 0$ ; 当  $R_x = R$  时,  $U_{cd} = U$ 。故  $U_{cd}$  可取从 0 至  $U$  的任意电压。

3. 答案 在甲电路中, 电阻  $R$  两端的电压测量值是准确的, 但电流表的读数是电阻  $R$  和电压表的电流之和, 即电流的测量值大于真实值。电阻的测量值为  $R$  与  $R_V$  的并联值, 故  $R_{\text{测}} = \frac{RR_V}{R+R_V} = \frac{87.4 \times 10^3}{87.4 + 10^3} \Omega \approx 80.4 \Omega$ 。在乙电路中, 电流的测量值是准确的, 但电压表的读数是电流表和  $R$  两端的总电压, 电阻的测量值为  $R$  与  $R_A$  的串联值,  $R_{\text{测}} = R + R_A = 87.4 \Omega + 0.1 \Omega = 87.5 \Omega$ 。

结论: 由于电压表和电流表内阻的影响, 使两种接法中均存在系统误差, 甲图中电阻的测量值小于真实值, 乙图中电阻的测量值大于真实值, 当实验中使用题中电表测量此电阻的阻值时, 乙图接法的测量误差较小。

4. 答案 当使用  $A、B$  两个端点时,  $I_g(R_g + R_1) = 10 \text{ V}$ , 故  $R_1 = 9.5 \times 10^3 \Omega$ , 当使用  $A、C$  两个端点时,  $I_g(R_g + R_1 + R_2) = 100 \text{ V}$ , 故  $R_2 = 9.0 \times 10^4 \Omega$ 。

5. 答案 当使用  $A、B$  两个端点时,  $R_2$  与电流表串联后再与  $R_1$  并联, 可得  $I_g(R_g + R_2) = (I_1 - I_g)R_1$ ; 当使用  $A、C$  两个端点时,  $R_1$  与  $R_2$  串联后与电流表并联, 可得  $I_g R_g = (I_2 - I_g)(R_1 + R_2)$ 。联立解得  $R_1 \approx 0.41 \Omega, R_2 = 3.67 \Omega$ 。

### 5 实验: 练习使用多用电表

#### ◆ 练习与应用

1. 答案

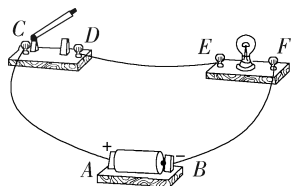
| 序号 | 所测物理量 | 量程或倍率        | 指针 | 读数                       |
|----|-------|--------------|----|--------------------------|
| 1  | 直流电压  | 50 V         | a  | 13.5 V                   |
| 2  | 直流电流  | 10 mA        | b  | 8.3 mA                   |
| 3  | 电阻    | $\times 100$ | a  | $5.5 \times 10^3 \Omega$ |
| 4  | 电阻    | $\times 1$   | b  | 4 $\Omega$               |

2. 答案 DBE

3. 答案 (1) 红表笔 (2) 红表笔

4. 答案 甲的做法符合规范, 因为交流电压最高档内部电阻很大, 万一出现误操作(如不慎将两表笔与电源相连)不会损坏多用电表。

5. 答案 (1) 红表笔接 A, 黑表笔接 B, 如果电压表有示数, 说明电池有电; 电压表没示数, 说明电池没电。  
 (2) 红表笔接 C, 黑表笔接 D, 如果电压表有示数, 说明开关接触不良。  
 (3) 红表笔接 E, 黑表笔接 F, 如果电压表有示数, 说明灯泡和灯泡座接触不良。



◆ 复习与提高

A 组

1. 答案 总电阻接近  $10\ \Omega$ , 所以干路的电流大约是  $1\ \text{A}$ 。  
 2. 答案 设电源两端电压为  $U$ , 滑动变阻器滑动片向右滑动, 变阻器阻值变小, 并联部分的电阻变小, 电路总电阻变小, 所以干路电流  $I = \frac{U}{R_{\text{总}}}$  变大, 所以并联部分的电压  $U_{\text{并}} = U - IR_0$  变小, 灯泡亮度变暗。

3. 答案 实验用铜导线的电阻  $R = \rho \frac{l}{S} = 1.7 \times 10^{-8} \times \frac{0.6}{0.5 \times 10^{-6}}\ \Omega = 2.04 \times 10^{-2}\ \Omega$

输电线路铝导线的电阻  $R = \rho \frac{l}{S} = 2.9 \times 10^{-8} \times \frac{10 \times 10^3}{1 \times 10^{-4}}\ \Omega = 2.9\ \Omega$

做电学实验时导线的电阻很小, 而输电线路导线的电阻较大。

4. 答案 在串联电路中,  $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ , 显然其中一个增大,  $R$  就增大。

在并联电路中,  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$ , 可以设函数  $y = \frac{1}{x}$ , 这是一个反比例函数, 单调递减, 设并联电路中某个支路的电阻值为  $R_i$ ,  $R_i$  增大时,  $\frac{1}{R_i}$  减小, 所以  $\frac{1}{R}$  减小, 所以  $R$  增大。

5. 答案 (1)  $40\ \Omega$  (2)  $80\ \text{V}$

解析 (1) 当 C、D 端短路时, A、B 间电路的结构是: 电阻  $R_2$ 、 $R_3$  并联后与  $R_1$  串联, A、B 间的等效电阻为  $R = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_1 = 40\ \Omega$ 。

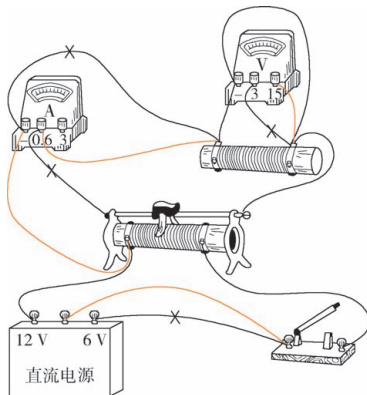
(2) 当 A、B 两端接通测试电源时, C、D 两端的电压等于电阻  $R_3$  两端的电压, 则有:  $U_{CD} = \frac{R_3}{R_1 + R_3} U = 80\ \text{V}$ 。

6. 答案 (1) 表盘左侧 0 刻度 (2)  $\times 1$  (3) 表盘右侧的 0 刻度 (4) 19.0

7. 答案 (1) 让黑表笔接 B, 如果电压表有示数, 说明 AB 导线是断的; 如果没有示数, 说明 AB 导线是完好的。如果 AB 导线是完好的, 则让黑表笔接 D, 如果有示数, 说明 CD 导线是断的, 如果没有示数, 说明 CD 导线是完好的。若 CD 导线完好, 则 EF 导线有断点。也可以让黑表笔接 F, 如果有示数, 说明 EF 导线是断的。

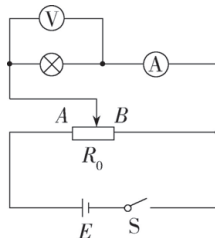
(2) 由于电源电压是  $6\ \text{V}$ , 用直流  $2.5\ \text{V}$  挡会损坏多用电表; 如果用直流  $0.5\ \text{A}$  挡, 黑表笔接 F 时会损坏多用电表; 如果用“ $\times 1$ ”挡, 这时多用电表内接通了电源, 与多用电表外的电源互相影响, 不仅不能准确找出断的导线, 还会损坏多用电表。

8. 答案 错误有: ① 电流表接线接反了; ② 电压表量程选择错误, 应选  $15\ \text{V}$  量程; ③ 电源的接线接错了, 应选用  $12\ \text{V}$ ; ④ 滑动变阻器的接线柱接错了。正确电路如图所示。



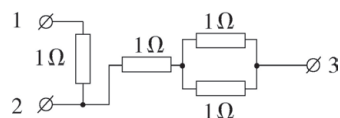
B 组

1. 答案  $I = vq$ , 方向沿轴线向左。  
 2. 答案 由于  $\frac{R_A}{R_x} < \frac{R_x}{R_V}$ , 所以题图甲电路测得的电阻值更接近真实值; 由于题图甲电路电流表的分压, 使得电压测量值偏大, 从而使电阻测量值偏大。  
 3. 答案 (1) 如图所示:



- (2) 闭合开关 S 前, 应把滑动变阻器的滑片置于右端 B 处。  
 (3) 当小灯泡正常工作时, 其两端的电压是  $U = 2.5\ \text{V}$ , 从乙图可知, 对应的电流是  $I = 0.43\ \text{A}$ , 所以小灯泡正常工作时的电阻为:  $R = \frac{U}{I} = \frac{2.5}{0.43}\ \Omega \approx 5.8\ \Omega$ 。

4. 答案 如图所示:



5. 答案 (1) 不管采用哪种电路, 满偏电流  $I_g = 50\ \mu\text{A}$ , 内阻  $R_g = 800\ \Omega$ 。  
 (2) 电路甲更合理, 因为电路甲可以防止测量时电流全部流经表头, 更加安全可靠。  
 6. 答案 (1) 应该用红表笔始终接触 A 点。  
 (2) 用红表笔始终接触 A 点, 用黑表笔依次接触电路中的 B、C、D、E、F 点, 如果某次多用电表示数为 0, 则是黑表笔所接触右侧的元件有断路。

第十二章 电能 能量守恒定律

1 电路中的能量转化

◆ 练习与应用

1. 答案 串联电路各处电流相等, 由  $P = UI = IR \cdot I = I^2 R$ , 则  $P_1 : P_2 : \dots = R_1 : R_2 : \dots$ , 此式说明, 串联电路中各电阻消耗的电功率与其电阻值成正比;

并联电路各电阻两端的电压相同,由  $P=UI=U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$ ,

则  $P_1 : P_2 : \dots = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \dots$ , 此式说明, 并联电路中各电阻消耗的电功率与其电阻值的倒数成正比。

**2. 答案** (1) 在纯电阻电路中, 由电功率  $P = \frac{U^2}{R}$  可以知道, 电压越大, 电功率越大。S 接通时,  $R_1$  被短路, 电阻丝  $R_2$  两端电压最大, 电功率最大, 电饭锅处于加热状态; S 断开时,  $R_1$  与  $R_2$  串联, 总电阻变大, 电阻丝  $R_2$  两端的电压减小, 电功率变小, 电饭锅处于保温状态。

$$(2) \text{加热状态时 } R_2 \text{ 的功率 } P_{\text{加热}} = \frac{U^2}{R_2},$$

$$\text{保温状态时 } R_2 \text{ 的功率 } P_{\text{保温}} = \left( \frac{U}{R_1 + R_2} \right)^2 R_2,$$

$$\text{由于 } P_{\text{加热}} = 2P_{\text{保温}}, \text{ 则 } \frac{U^2}{R_2} = 2 \frac{U^2 R_2}{(R_1 + R_2)^2},$$

$$\text{解得: } \frac{R_1}{R_2} = \frac{\sqrt{2}-1}{1}.$$

**3. 答案** 由  $P = \frac{U^2}{R}$  知  $R = \frac{U^2}{P}$ , 则四个定值电阻大小分别是:

$$R_A = R_C = \frac{10^2}{4} \Omega = 25 \Omega, R_B = R_D = \frac{10^2}{2} \Omega = 50 \Omega$$

将 B、C 并联,  $R_{\text{并}} < 25 \Omega$ , 整个电路相当于三个电阻串联, 电流相等, 由  $P = I^2 R$ , 可知电阻大的功率大,

所以  $P_D > P_A > P_{\text{并}}$

对于并联的 B、C, 电压相同, 由  $P = \frac{U^2}{R}$ , 可知电阻小的功率大, 所以  $P_C > P_B$ , 而  $P_C + P_B = P_{\text{并}}$

所以有  $P_D > P_A > P_C > P_B$ 。

**4. 答案** 当只有电热水器 A 时,  $I = \frac{U}{R_A + 2R} = \frac{220}{30 + 2 \times 5} \text{ A} = 5.5 \text{ A}$

故  $U_A = IR_A = 5.5 \times 30 \text{ V} = 165 \text{ V}$ ,  $P_A = I^2 R_A = 5.5^2 \times 30 \text{ W} = 907.5 \text{ W}$

当再并联电热水壶 B 时, 总电流为  $I' = \frac{U}{\frac{R_A R_B}{R_A + R_B} + 2R} =$

$$\frac{220}{\frac{30 \times 40}{30 + 40} + 2 \times 5} \text{ A} = 8.11 \text{ A}, \text{ 电热器 A、B 上的电压 } U_A' = U_B = U -$$

$$I' \cdot 2R = (220 - 8.11 \times 2 \times 5) \text{ V} = 138.9 \text{ V}$$

$$\text{电热水器 A 消耗的功率 } P_A' = \frac{U_A'^2}{R_A} = \frac{138.9^2}{30} \text{ W} = 643.11 \text{ W}$$

$$\text{电热水壶 B 消耗的功率 } P_B = \frac{U_B^2}{R_B} = \frac{138.9^2}{40} \text{ W} = 482.33 \text{ W}.$$

## 2 闭合电路的欧姆定律

### ◆ 练习与应用

**1. 答案** 单位是瓦(W),  $EI$  表示电源非静电力做功的功率。

**2. 答案** 日常生活中的袖珍手电筒使用两节干电池时, 通常为这两节干电池串联, 每节干电池的电动势为 1.5 V, 两节干电池的电动势为 3.0 V; 设每节干电池的内阻为  $r$ , 两节干电池的总内阻为  $2r$ 。由题意得:  $U_{\text{内}} = E - U_{\text{外}} = 3.0 \text{ V} - 2.2 \text{ V} = 0.8 \text{ V}$ , 又

$$\text{因为 } U_{\text{内}} = 2rI, \text{ 故 } r = \frac{U_{\text{内}}}{2I} = \frac{0.8}{2 \times 0.25} \Omega = 1.6 \Omega.$$

**3. 答案** 不接负载时的电压即电动势, 故  $E = 600 \mu\text{V}$ , 短路时外电阻  $R = 0$ , 由闭合电路的欧姆定律得:  $r = \frac{E}{I} = \frac{600}{30} \Omega = 20 \Omega$ 。

**4. 答案** 当外电阻为  $4.0 \Omega$  时, 设电源内阻为  $r$ , 由欧姆定律得: 电

$$\text{流 } I = \frac{E}{R_1 + r} \text{ ①, 路端电压 } U_1 = IR_1 \text{ ②, 由 ①② 两式得: } U_1 = \frac{R_1}{R_1 + r} E,$$

$$\text{整理得: 内阻 } r = \frac{ER_1}{U_1} - R_1 = \frac{4.5 \times 4.0}{4.0} \Omega - 4.0 \Omega = 0.5 \Omega. \text{ 若在外}$$

$$\text{电路并联一个 } R_2 = 6.0 \Omega \text{ 的电阻时, 外电阻 } R_{\text{外}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} =$$

$$\frac{4.0 \times 6.0}{4.0 + 6.0} \Omega = 2.4 \Omega, \text{ 路端电压 } U_2 = \frac{E}{R_{\text{外}} + r} \cdot R_{\text{外}} = \frac{4.5}{2.4 + 0.5} \times 2.4 \text{ V} \approx$$

$$3.72 \text{ V}. \text{ 若在外电路中串联 } R_2 = 6.0 \Omega \text{ 的电阻, 则 } R_{\text{外}}' = R_1 +$$

$$R_2 = 4.0 \Omega + 6.0 \Omega = 10.0 \Omega, \text{ 则路端电压 } U_3 = \frac{E}{R_{\text{外}}' + r} \cdot R_{\text{外}}' =$$

$$\frac{4.5}{10.0 + 0.5} \times 10.0 \text{ V} \approx 4.29 \text{ V}.$$

**5. 答案** 设至少需要  $n$  节电池, 串联的分压电阻为  $R_0$ 。因为路端电压必须大于(或等于)用电器的额定电压, 即  $nE - Inr \geq U$ ,

$$\text{得到 } n \geq \frac{U}{E - Ir} = \frac{6}{E - 1.4} = 4.3. \text{ 可见, } n \text{ 取整数的最小值为 } 5. \text{ 这时}$$

$$\text{路端电压 } U' = 5E - I \times 5r = 7 \text{ V}, \text{ 需要串联的分压电阻为 } R_0 =$$

$$\frac{U' - U}{I} = \frac{7 - 6}{0.1} \Omega = 10 \Omega.$$

**6. 答案** 将电阻  $r$  等效入电源的内阻, 则在车灯通电且汽车启动前, 车灯两端的电压为路端电压。

当汽车启动时, 启动开关闭合, 电路中的总电阻减小, 总电流增大, 电源内电压增大, 则路端电压减小; 车灯两端的电压仍为路端电压, 所以它们会变暗。

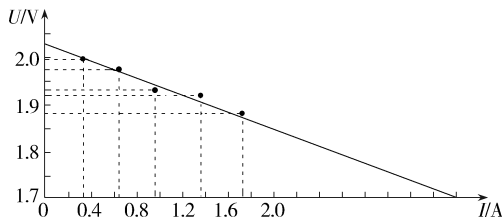
汽车发动之后, 启动开关断开, 电动机停止工作, 电路中的总电阻增大, 总电流减小, 电源内电压减小, 则路端电压增大到启动前的值, 车灯恢复正常亮度。

**7. 答案**  $10\ 000 \text{ mA} \cdot \text{h} \times 3.7 \text{ V} = 10 \text{ A} \times 3.7 \text{ V} = 3.7 \text{ W} \cdot \text{h} < 160 \text{ W} \cdot \text{h}$  能把它带上飞机。

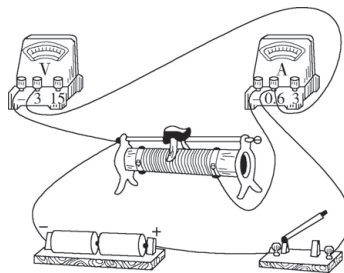
## 3 实验: 电池电动势和内阻的测量

### ◆ 练习与应用

**1. 答案**  $U-I$  图像如图所示。由图可得:  $E = 2.03 \text{ V}$ ,  $r = 0.08 \Omega$ 。

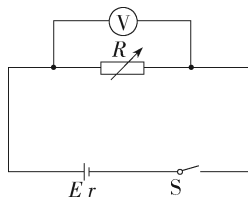


**2. 答案** (1) 如图所示:



(2) 电路图如图所示: 电流数据由  $I = \frac{U}{R}$  得到。

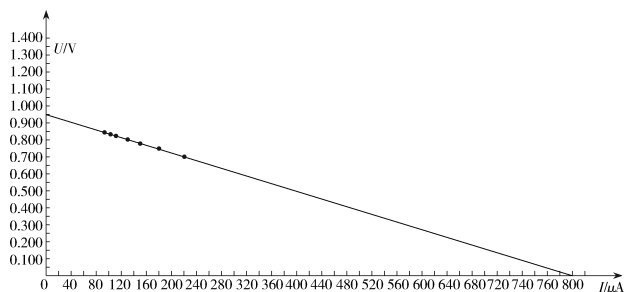




3. 答案 设电流表内阻为  $r_g$ , 则此闭合电路的路端电压  $U = I(R + r_g)$ , 代入数据, 将表格添加电压数据如下:

|             |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $R/k\Omega$ | 9     | 8     | 7     | 6     | 5     | 4     | 3     |
| $I/\mu A$   | 92    | 102   | 115   | 131   | 152   | 180   | 220   |
| $U/V$       | 0.837 | 0.826 | 0.817 | 0.799 | 0.775 | 0.738 | 0.682 |

以  $U$  为纵坐标,  $I$  为横坐标, 建立平面直角坐标系, 取合适的标度, 用表格中  $U$  与  $I$  的数据描点, 作出一条直线, 得  $U-I$  图像如图所示



图像中纵轴上的截距为橙汁电池的电动势  $E$ , 图像斜率的绝对值为电池的内阻  $r$ . 可得橙汁电池的电动势  $E = 0.95$  V, 内阻  $r = 1.19$  k $\Omega$ .

## 4 能源与可持续发展

### ◆ 练习与应用

1. 答案 由于能量的耗散的存在, 说明能量的转化和转移过程具有方向性. 能源的利用受这种方向性的制约, 能源的利用是有条件的, 也是有代价的. 因此要节约能源.
2. 答案 家用电饭锅是把电能转化为内能; 洗衣机是把电能转化为机械能等.
3. 答案 (1) 根据题意, 切断电机电源的列车在运动中机械能守恒, 要使列车能冲上站台, 列车的动能  $E_k$  至少要等于列车在站台上的重力势能  $E_p = mgh$

$$\text{列车在进站前的动能 } E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{E_p}{E_k} = \frac{mgh}{\frac{1}{2}mv^2} = \frac{2gh}{v^2} = \frac{2 \times 10 \times 2}{(29.2/3.6)^2} = \frac{40}{65.8} < 1$$

可见  $E_k > E_p$ , 所以列车能冲上站台.

设列车冲上站台后的速度为  $v_1$ , 根据机械能守恒定律, 有

$$E_k = E_p + \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = E_k - E_p = \frac{1}{2}mv^2 - mgh$$

可得  $v_1 = 5.08$  m/s

(2) 工程师这样设计可以节约能源.

4. 答案 经过时间  $t$ , 通过截面的空气的质量为  $m = \rho Svt$

$$\text{风能: } E_{\text{风}} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{\rho S v^3 t}{2}$$

$$\text{转化为的电能: } E_{\text{电}} = 20\% E_{\text{风}} = \frac{\rho S v^3 t}{10}$$

$$\text{发电功率: } P = \frac{E_{\text{电}}}{t} = \frac{\rho S v^3}{10} = \frac{1.3 \times 400 \times 14^3}{10} \text{ W} \approx 1.43 \times 10^5 \text{ W}$$

5. 答案 根据题意可知, 这个热水器一天内最多能利用的太阳能能为  $Q = \eta E_0 S t = 20\% \times 7 \times 10^3 \times 2 \times 4 \times 3600 \text{ J} = 4.032 \times 10^7 \text{ J}$ .

6. 答案 (1) 依题意可知, 三峡水库蓄水后, 1 s 内用于发电的水的体积为  $V = 1.0 \times 10^4 \text{ m}^3$

发电功率是

$$P = \frac{mgh \times 90\%}{t} = \frac{\rho V gh \times 90\%}{t}$$

$$= 1.0 \times 10^3 \times 1.0 \times 10^4 \times 10 \times 100 \times 90\% \text{ W}$$

$$= 9 \times 10^9 \text{ W}$$

- (2) 设三口之家每户的家庭生活用电功率为 1 kW, 考虑到不是每家同时用 1 kW 的电, 我们取平均每每家同时用电功率为 0.5 kW, 则三峡发电站能供给  $\frac{9 \times 10^6}{0.5} = 1.8 \times 10^7$  户用电, 人口数为  $3 \times 1.8 \times 10^7 = 5.4 \times 10^7$ , 即可供约 54 个百万人口城市的生活用电.

### ◆ 复习与提高

#### A 组

1. 答案 关闭液晶屏, 拍摄一张照片消耗的电能是

$$\frac{3.7 \text{ V} \times 1 \text{ A} \times 3600 \text{ s}}{400} = 33.3 \text{ J};$$

打开液晶屏, 拍摄一张照片消耗的电能是

$$\frac{3.7 \text{ V} \times 1 \text{ A} \times 3600 \text{ s}}{150} = 88.8 \text{ J}.$$

2. 答案  $\eta = \frac{Q_{\text{水}}}{Q_{\text{电}}} = \frac{cm\Delta t}{Pt} = \frac{4.2 \times 10^3 \times 2 \times (100 - 20)}{2000 \times 10 \times 60} = \frac{0.672 \times 10^6}{1.2 \times 10^6} = 56\%$

3. 答案 (1) LED 灯发黄光时消耗的电功率  $P_{\text{黄}} = UI = 1.8 \times 20 \times 10^{-3} \text{ W} = 0.036 \text{ W}$

- (2) 1 个 LED 灯发红光时消耗的电功率  $P_{\text{红}} = UI = 1.4 \times 20 \times 10^{-3} \text{ W} = 0.028 \text{ W}$

广告牌的电功率  $P = 8 \times 10000 \times 0.028 \text{ W} = 2.24 \times 10^3 \text{ W}$ .

4. 答案 由题图可知, 电源的电动势  $E = 6$  V, 内阻  $r = \frac{6}{3} \Omega = 2 \Omega$ , 接入电路的外电阻  $R = \frac{4}{1} \Omega = 4 \Omega$ .

电源的输出功率  $P_{\text{出}} = UI = 4 \times 1 \text{ W} = 4 \text{ W}$

内、外电路消耗的电功率之比为  $\frac{P_{\text{内}}}{P_{\text{外}}} = \frac{I^2 r}{I^2 R} = \frac{r}{R} = \frac{1}{2}$ .

5. 答案 电动机正常工作时电压是  $U = 6$  V

所以干路电流为  $I_{\text{总}} = \frac{E - U}{r + R_1} = \frac{12 - 6}{1 + 1} \text{ A} = 3 \text{ A}$

通过电阻  $R_2$  的电流  $I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{6}{6} \text{ A} = 1 \text{ A}$ ,

通过电动机的电流  $I = I_{\text{总}} - I_2 = 2 \text{ A}$

电动机消耗的电功率  $P = UI = 6 \times 2 \text{ W} = 12 \text{ W}$

电动机线圈  $R_M$  的热功率:  $P_{\text{热}} = I^2 R_M = 2^2 \times 0.5 \text{ W} = 2 \text{ W}$

电动机正常工作的机械功率  $P_{\text{机械}} = P - P_{\text{热}} = 12 \text{ W} - 2 \text{ W} = 10 \text{ W}$ .

6. 答案 只开 10 盏灯时, 并联部分的电阻  $R_{\text{并}} = \frac{807}{10} \Omega = 80.7 \Omega$

干路电流  $I = \frac{U}{2r + R_{\text{并}}} = \frac{220}{2 \times 1.0 + 80.7} \text{ A} \approx 2.66 \text{ A}$

整个电路消耗的电功率  $P = UI = 220 \times 2.66 \text{ W} = 585.2 \text{ W}$

输电线上损失的电压  $U_{损} = I \cdot 2r = 2.66 \times 2 \times 1.0 \text{ V} = 5.32 \text{ V}$   
 输电线上损失的电功率  $P_{损} = I^2 \cdot 2r = 2.66^2 \times 2 \times 1.0 \text{ W} \approx 14.15 \text{ W}$ ;

20 盏灯都打开时,并联部分的电阻  $R'_{并} = \frac{807}{20} \Omega = 40.35 \Omega$

干路电流  $I' = \frac{U}{2r + R'_{并}} = \frac{220}{2 \times 1.0 + 40.35} \text{ A} \approx 5.19 \text{ A}$

整个电路消耗的电功率  $P' = UI' = 220 \times 5.19 \text{ W} = 1141.8 \text{ W}$   
 输电线上损失的电压  $U'_{损} = I' \cdot 2r = 5.19 \times 2 \times 1.0 \text{ V} = 10.38 \text{ V}$

输电线上损失的电功率  $P'_{损} = I'^2 \cdot 2r = 5.19^2 \times 2 \times 1.0 \text{ W} \approx 53.87 \text{ W}$ 。

7. 答案 (1)  $a$  的斜率  $k_a = \frac{2}{0.1} \Omega = 20 \Omega$ ;  $b$  的斜率  $k_b = \frac{1}{0.3} \Omega \approx$

$3.33 \Omega$ ;  $AB$  的斜率  $k_{AB} = \frac{2-1}{0.1-0.3} \Omega = -5 \Omega$

(2)  $a$  的斜率和  $b$  的斜率表示可调电阻  $R_1$  接入电路的不同电阻值。 $AB$  的斜率的绝对值表示  $R_2$  的电阻值。

### B 组

1. 答案 (1) 增大; (2)  $I_1$  减小,  $I_2$  增大; (3) 增大

2. 答案 电动机未启动时,车灯的功率  $P_1 = (E - Ir) \cdot I = (12.5 - 10 \times 0.05) \times 10 \text{ W} = 120 \text{ W}$

车灯的电阻  $R = \frac{E - Ir}{I} = \frac{12.5 - 10 \times 0.05}{10} \Omega = 1.2 \Omega$

电动机启动时,并联部分的电压  $U = E - I'r = (12.5 - 60 \times 0.05) \text{ V} = 9.5 \text{ V}$

车灯的功率  $P_2 = \frac{U^2}{R} = \frac{9.5^2}{1.2} \text{ W} \approx 75.2 \text{ W}$

车灯的功率减少了  $P_1 - P_2 = 44.8 \text{ W}$ 。

3. 答案 5 000 个起电斑串成一行,

电动势是  $E_0 = 5\ 000 \times 0.15 \text{ V} = 750 \text{ V}$ ,

内阻是  $r_0 = 5\ 000 \times 0.25 \Omega = 1\ 250 \Omega$ ,

140 行的总电动势是  $E = E_0$ , 内阻  $r = \frac{r_0}{140} \approx 8.93 \Omega$

电鳗放电时,其首尾间的输出电压是  $U = \frac{E}{R_{水} + r} \cdot R_{水} =$

$\frac{750}{800 + 8.93} \times 800 \text{ V} = 741.7 \text{ V}$

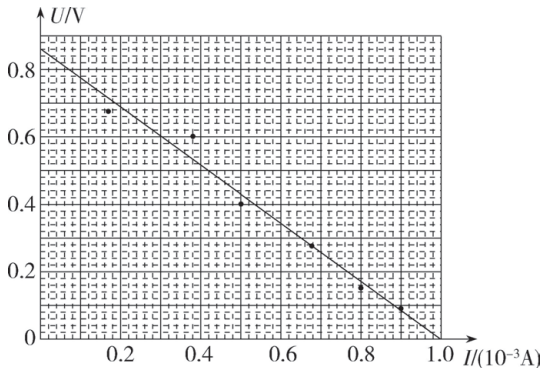
4. 答案 (1) 当滑动变阻器的阻值为 0 时,电阻  $R_1$  消耗的功率最大。

(2) 当滑动变阻器的阻值为  $2.5 \Omega$  时,滑动变阻器  $R_2$  消耗的功率最大。

(3) 当滑动变阻器的阻值为  $1.5 \Omega$  时,电源的输出功率最大。

5. 答案 (1) 0.9 0.8 0.675 0.5 0.375 0.167 5

(2) 如图所示:



(3) 根据描出的  $U-I$  图像,水果电池的电动势  $E = 0.86 \text{ V}$ , 内阻  $r = 8.6 \times 10^2 \Omega$ 。

## 第十三章 电磁感应与电磁波初步

### 1 磁场 磁感线

#### ◆ 练习与应用

1. 答案 扬声器是通过给磁体附近的线圈通电,磁体产生的磁场对线圈产生力的作用,从而使线圈振动,同时带动扬声器的纸盆振动,发出声音。耳机和电话的听筒也是这个道理。

2. 答案 如果有铁质的物体(如小刀等)落入深水中无法取回,可以用一根足够长的细绳拴一磁体,放入水中将物体吸住,然后拉上来。如果有许多大头针(或小铁屑等)散落在地上,可以用一块磁铁迅速地将它们拾起来。(图略)

3. 答案 磁的应用分类:(1)利用磁体对铁、钴、镍的吸引力,如门吸、带磁性的螺丝刀、皮带扣、女式的手提包扣等。

(2)利用磁体对通电导线的作用力,如扬声器、耳机、电话、电动机等。

(3)利用磁化现象记录信息,如磁卡、磁带、磁盘等。

4. 答案 电流方向由上向下,图略。

5. 答案 小磁针静止时 N 极的指向是垂直纸面向外,即指向读者。

6. 答案 通电螺线管内部的磁场比较强,理由是磁感线越密处,磁场越强。

7. 答案 地磁的北极在地理的南极附近,故在用安培定则判定环形电流的方向时右手的拇指必须指向南方,根据安培定则可知,B 正确。

### 2 磁感应强度 磁通量

#### ◆ 练习与应用

1. 答案 这种说法不对。磁场中某点的磁感应强度由磁场本身决定,与通电导线的长度、导线中电流的大小以及导线受到的安培力的大小均无关。 $B = \frac{F}{Il}$  是一个比值定义式。

2. 答案 由  $B = \frac{F}{Il}$ , 代入数据可得  $B = 1.875 \times 10^{-3} \text{ T}$ 。

3. 答案  $\Phi_1 = 0.024 \text{ Wb}$   $\Phi_2 = 0$   $\Phi_3 = 0.024 \text{ Wb}$

因为磁感应强度的方向沿  $x$  轴正方向,与面积  $S_{MNCD}$  垂直,

所以  $\Phi_1 = BS_{MNCD} = 0.2 \times 0.4 \times 0.3 \text{ Wb} = 0.024 \text{ Wb}$ 。

面积  $S_{NEFC}$  与磁感应强度方向平行,所以  $\Phi_2 = 0$ 。

面积  $S_{MEFD}$  在垂直磁感应强度方向的投影面积为与  $S_{MNCD}$  相等,

所以  $\Phi_3 = \Phi_1 = BS_{MNCD} = 0.024 \text{ Wb}$ 。

4. 答案 正确的是乙图和丙图。由定义式  $B = \frac{F}{Il}$  可知,当  $l$  一定

且导线位置不变时,  $\frac{F}{l}$  是定值,故  $F$  与  $l$  成正比。

### 3 电磁感应现象及应用

#### ◆ 练习与应用

1. 答案 (1) 不产生感应电流;

(2) 不产生感应电流;

(3)产生感应电流。

2.答案 有,由于弹簧线圈收缩时,线圈围成的面积减小,穿过线圈的磁通量减小,所以产生感应电流。

3.答案 线圈在进入磁场的过程中,由于穿过线圈的磁通量增大,所以线圈中产生感应电流;

线圈在离开磁场的过程中,由于穿过线圈的磁通量减小,所以线圈中产生感应电流;

整个线圈都在磁场中运动时,由于穿过线圈的磁通量不变,所以线圈中不产生感应电流。

4.答案 当线圈远离导线移动时,由于线圈所在位置的磁场不断减小,所以穿过线圈的磁通量不断减小,线圈中产生感应电流。

当导线中的电流逐渐增大或减小时,线圈所在位置的磁场随着增大或减小,穿过线圈的磁通量也逐渐增大或减小,所以线圈中产生感应电流。

5.答案 如果使铜环沿着匀强磁场的方向移动,由于穿过铜环的磁通量不发生变化,所以铜环中没有感应电流;

如果使铜环沿着不均匀磁场的方向移动,由于穿过铜环的磁通量发生变化,所以铜环中有感应电流。

6.答案 乙、丙、丁三种情况下,可以观察到线圈  $B$  中有感应电流。

因为甲所表示的电流是恒定电流,那么由这个电流产生的磁场就是不变的,穿过线圈  $B$  的磁通量不变,不产生感应电流。乙、丙、丁三种情况所表示的电流是变化的电流,那么由这个电流产生的磁场也是变化的,穿过线圈  $B$  的磁通量发生变化,产生感应电流。

#### 4 电磁波的发现及应用

##### ◆练习与应用

1.答案  $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2.450 \times 10^6} \text{ m} \approx 0.122 \text{ m}$

2.答案 它的传播不需要介质。它传播的速度就是光速,  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

3.答案  $t = \frac{x}{c} = \frac{(6\,740 - 6\,400) \times 10^3}{3 \times 10^8} \text{ s} \approx 1.13 \times 10^{-3} \text{ s}$

4.答案  $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{1.0 \times 10^{15}} \text{ m} = 3 \times 10^{-7} \text{ m} = 300 \text{ nm}$ , 它属于紫外线。

电焊工人作业时,需要佩戴专业的防护头盔,可以保护电焊工人,防止受到紫外线的伤害。

#### 5 能量量子化

##### ◆练习与应用

1.答案 由  $\varepsilon = h\nu$  得:电磁辐射的频率是  $\nu = \frac{\varepsilon}{h} = \frac{7.4 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} \text{ Hz} \approx 1.12 \times 10^{15} \text{ Hz}$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{hc}{\varepsilon} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{7.4 \times 10^{-19}} \text{ m} \approx 2.69 \times 10^{-7} \text{ m}$$

2.答案 光子能量  $\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{632.8 \times 10^{-9}} \text{ J} \approx 3.14 \times 10^{-19} \text{ J}$

$$\text{每秒发射的光子个数为 } n = \frac{E}{\varepsilon} = \frac{Pt}{\varepsilon} = \frac{18 \times 10^{-3} \times 1}{3.14 \times 10^{-19}} \approx 5.73 \times 10^{16}$$

3.答案 “蓝星”的表面温度更高。因为温度越高,向外辐射的波长较短的电磁波越多。

##### ◆复习与提高

###### A 组

1.答案 导线没通电时,小磁针受地磁场的影响指向南北方向。沿南北方向的导线通电后,电流在导线下方小磁针位置产生的磁场是东西方向,因此小磁针会转动。

2.答案  $A$  点的磁感应强度方向垂直纸面向里,图略。

3.答案  $A$  点的磁感应强度的方向由  $A$  指向  $D$ 。

4.答案 (1)磁感应强度是用来表示磁场强弱和方向的物理量;  
(2)磁感应强度只跟磁场本身的性质有关,而跟磁场中的通电导体是否受力无关;

(3)只有当通电导线与磁场方向垂直时,该处磁感应强度的大小才是  $B = \frac{F}{Il}$ 。

5.答案 (1)这个位置的磁感应强度大小为  $B = \frac{F}{Il} = \frac{5.0 \times 10^{-2}}{2.5 \times 0.01} \text{ T} = 2 \text{ T}$ ;

(2)这一位置的磁感应强度不变。

6.答案 线圈平面与磁场方向垂直时,穿过线圈的磁通量是  $\Phi = BS$ ;线圈绕  $OO'$  转过  $60^\circ$  角,穿过线圈的磁通量是  $\Phi = BS \cos 60^\circ = \frac{1}{2}BS$ ;从初始位置转过  $90^\circ$  角,穿过线圈的磁通量是  $0$ 。

7.答案  $\Phi = BS = B \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}Bl^2$

###### B 组

1.答案 (1)S N (2)用软磁性材料

2.答案 在水平圆环运动过程中,从  $M$  到  $N$ ,穿过圆环的磁通量变大;从  $N$  到  $P$ ,磁通量变大;从  $P$  到  $Q$ ,磁通量变小;从  $Q$  到  $L$ ,磁通量变小。

3.答案 (1)当合上开关  $S$  的一瞬间,线圈  $P$  的磁通量变大,有感应电流;

(2)当断开开关  $S$  的一瞬间,线圈  $P$  的磁通量减小,有感应电流。

4.答案 由安培定则,左、右两边的通电线圈的上端都是  $N$  极,下端都是  $S$  极,所以,  $O$  点的磁场在纸面内,方向向下。

5.答案  $B = \frac{B_0 l}{l + vt}$

为了使  $MN$  中不产生感应电流,必须使穿过  $MDEN$  构成的闭合回路的磁通量不变,即  $BS = B_0 l^2$ , 而  $S = l^2 + vtl$ , 所以从  $t =$

$$0 \text{ 开始, } B = \frac{B_0 l^2}{l^2 + vtl} = \frac{B_0 l}{l + vt}。$$