

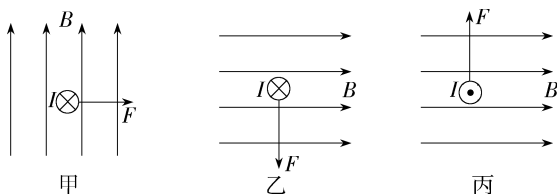
教材习题答案

第一章 安培力与洛伦兹力

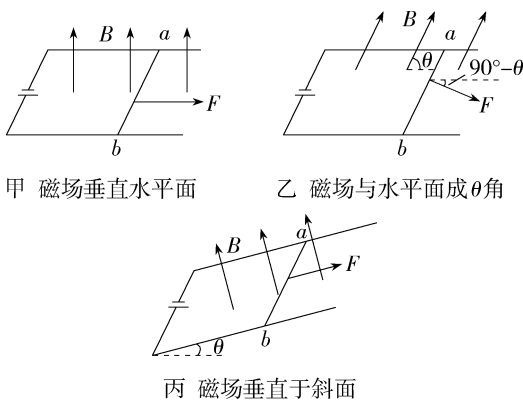
1 磁场对通电导线的作用力

◆练习与应用

1. 答案 如图所示



2. 答案 如图所示



甲 磁场垂直水平面

乙 磁场与水平面成 θ 角

丙 磁场垂直于斜面

3. 答案 (1) 设电流方向未改变时, 电流天平的左盘内砝码质量为 m_1 , 右盘内砝码的质量为 m_2 , 则由平衡条件有

$$m_1 g = m_2 g - n B I l$$

电流方向改变后, 同理可得

$$(m + m_1) g = m_2 g + n B I l$$

$$\text{两式联立, 得 } B = \frac{m g}{2 n I l}.$$

(2) 将 $n = 9$ 、 $l = 10.0 \text{ cm}$ 、 $I = 0.10 \text{ A}$ 、 $m = 8.78 \text{ g}$ 代入 $B = \frac{m g}{2 n I l}$, 得 $B = 0.48 \text{ T}$.**说明:** 把安培力的知识与天平结合, 可以“称出”磁感应强度。

4. 答案 通电后, 弹簧上下振动, 电路交替通断。产生这种现象的原因是: 通入电流时, 弹簧各相邻线圈中的电流方向相同, 线圈之间相互吸引, 使得弹簧收缩, 与水银分离, 电路断开; 电路断开后, 线圈中电流消失, 线圈之间的相互作用力消失, 因而弹簧恢复原长, 电路又被接通。这个过程反复出现, 使得弹簧上下振动, 电路交替通断。

2 磁场对运动电荷的作用力

◆练习与应用

1. 答案 由 $F = q v B$ 得 $F = 4.8 \times 10^{-14} \text{ N}$ 。

2. 答案 从图甲至图丁, 带电粒子刚进入磁场时所受洛伦兹力方向依次为平行于纸面向上、平行于纸面向下、垂直于纸面向外和垂直于纸面向里。

3. 答案 带电粒子沿图示虚线路径通过速度选择器时受力平

衡, 有 $q E = q v B$, 所以 $v = \frac{E}{B}$ 。4. 答案 (1) B 板是电源的正极。(2) 当外电路断开时, 在洛伦兹力的作用下, 带正、负电的粒子分别向 B 板和 A 板运动, 在 A 、 B 之间形成竖直向上的电场, 电荷堆积越多, 两板间电压越大, 场强也越大, 直到带电粒子受到的电场力与洛伦兹力平衡, 即 $q E = q v B$ 时, 带电粒子做匀速直线运动, 此时 $E = v B$, 两极板间的电压为 $U = E d = B d v$, 这就是该发电机的电动势大小。5. 答案 由 $F = q v B$, 可得磁感应强度 $B = \frac{F}{q v}$ 。公式 $E = \frac{F}{q}$ 中, q 是静止的试探电荷所带电荷量, 公式 $B = \frac{F}{q v}$ 中, q 是运动的电荷所带电荷量。 $E = \frac{F}{q}$ 、 $B = \frac{F}{q v}$ 均是比值定义式, E 、 B 均是由场本身的性质决定的。

3 带电粒子在匀强磁场中的运动

◆练习与应用

1. 答案 由 $q v B = m \frac{v^2}{r}$, 得 $r = \frac{m v}{q B} = 4.55 \times 10^{-2} \text{ m}$, $T = \frac{2 \pi r}{v} = \frac{2 \pi m}{q B} = 1.8 \times 10^{-7} \text{ s}$ 。2. 答案 (1) 由于 $r = \frac{m v}{q B}$, 在同一匀强磁场中, 速度大小相同时,

$$r \propto \frac{m}{q}, \text{ 可知 } r_{\text{质子}} : r_{\text{氦核}} : r_{\alpha \text{ 粒子}} = \frac{1}{1} : \frac{3}{1} : \frac{4}{2} = 1 : 3 : 2.$$

(2) 由 $q U = \frac{1}{2} m v^2$ 和 $r = \frac{m v}{q B}$ 得 $r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2 m U}{q}}$, 可知由静止经过相同的加速电场加速后进入同一匀强磁场时, $r \propto \sqrt{\frac{m}{q}}$, 所

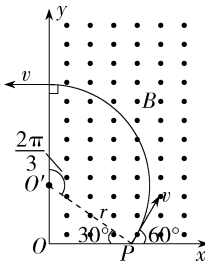
$$\text{以 } r_{\text{质子}} : r_{\text{氦核}} : r_{\alpha \text{ 粒子}} = \sqrt{\frac{1}{1}} : \sqrt{\frac{3}{1}} : \sqrt{\frac{4}{2}} = 1 : \sqrt{3} : \sqrt{2}.$$

3. 答案 (1) 设匀强磁场的磁感应强度为 B , 粒子在磁场中做匀速圆周运动的半径为 r 。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

$$q v B = m \frac{v^2}{r} \quad (1)$$

粒子运动轨迹如图所示, 由几何知识得 $r = \frac{a}{\cos 30^\circ}$ (2)

$$\text{由①②联立解得 } B = \frac{\sqrt{3} m v}{2 a q} \quad (3)$$

(2) 设粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的周期为 T , 则

$$T = \frac{2\pi r}{v} \quad (4)$$

由图知,粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的轨迹对应的圆心角为

$$\theta = \frac{2\pi}{3} \quad (5)$$

$$\text{粒子在磁场中运动的时间为 } t = \frac{\theta}{2\pi} T \quad (6)$$

$$\text{联立②④⑤⑥解得 } t = \frac{4\sqrt{3}\pi a}{9v}.$$

4 质谱仪与回旋加速器

◆练习与应用

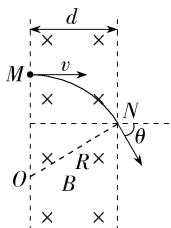
1. 答案 由 $qU = \frac{1}{2}mv^2$ 和 $r = \frac{mv}{qB}$, 得 $r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}} \propto \sqrt{m}$, 所以 $m_A : m_B = r_A^2 : r_B^2 = d_A^2 : d_B^2 = 1.08^2 : 1^2 = 1.17 : 1$.

2. 答案 带电粒子离开回旋加速器时, 做匀速圆周运动的半径等于 D 形盒的半径, 由 $qvB = m \frac{v^2}{r}$ 得 $v = \frac{qBr}{m}$. 所以, 粒子离开回旋加速器时的动能为 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2 B^2 r^2}{2m}$.

说明: 上述结果告诉我们, 对于确定的粒子, D 形盒的半径越大、盒内磁感应强度越大, 粒子离开回旋加速器时的动能越大.

3. 答案 粒子的运动轨迹如图所示, 根据几何关系有

$$R = \frac{d}{\sin \theta} = \frac{2\sqrt{3}}{3}d$$



根据洛伦兹力提供向心力, 有 $evB = m \frac{v^2}{R}$

$$\text{得电子的比荷 } \frac{e}{m} = \frac{v}{BR} = \frac{\sqrt{3}v}{2Bd}$$

$$\text{电子做匀速圆周运动的周期 } T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{4\sqrt{3}\pi d}{3v}$$

电子在磁场中运动轨迹对应的圆心角 $\alpha = \theta = 60^\circ$

$$\text{所以电子穿越磁场的时间 } t = \frac{\alpha}{360^\circ} T = \frac{1}{6} T = \frac{2\sqrt{3}\pi d}{9v}$$

4. 答案 (1) 粒子在盒内磁场中只受洛伦兹力作用, 洛伦兹力始终与粒子速度方向垂直, 粒子做匀速圆周运动.

(2) 所加交流电源周期等于粒子在磁场中做匀速圆周运动的周期, 根据 $qvB = m \frac{v^2}{r}$ 和 $T = \frac{2\pi r}{v}$ 得 $T = \frac{2\pi m}{qB}$, 故交流电源频率 $f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$.

(3) 粒子速度增加, 则轨道半径增大, 当轨道半径达到 R 时速度最大, 最大速度 $v_{\max} = \frac{qBR}{m}$, 则最大动能 $E_{k\max} =$

$$\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}.$$

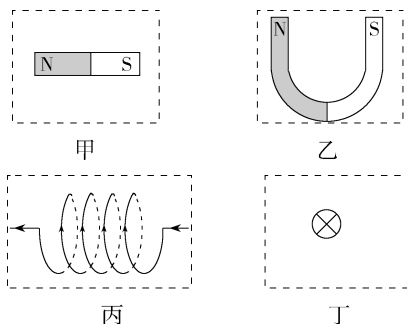
◆复习与提高

A 组

1. 答案 不对. 通电导线放在磁感应强度为零的位置, 受到的安培力一定为零. 当通电导线与磁场方向平行时不受安培力作用, 可知通电导线在某处不受安培力作用, 该处的磁感应强度可能不为零.

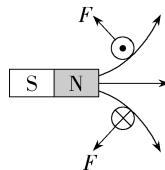
2. 答案 (1) 由左手定则可知, 在图示位置通电导线的 a 端和 b 端受到的安培力方向分别垂直纸面向外和垂直纸面向里, 所以导线会沿逆时针方向转动 (俯视). 当转过一个很小的角度后, 在向右的磁场分量的作用下, 通电导线还会受到向下的安培力, 所以通电导线先沿逆时针方向转动, 然后边转动边下移.

(2) 如图所示的甲、乙、丙、丁分别表示虚线框内的磁场源是条形磁体、蹄形磁体、通电螺线管和直线电流及其大致位置.



3. 答案 (1) 把整个线圈看成一个通电螺线管, 根据安培定则可知, 螺线管右侧为 N 极, 左侧为 S 极, 根据异名磁极相吸, 知线圈向左运动.

(2) 把线圈分成许多小段, 每小段都可以看成一段直导线. 取其中的上、下两小段分析, 根据对称性可知, 线圈所受安培力的合力水平向左, 故线圈向左运动.



4. 答案 通电导线在匀强磁场内有效长度为 $2l \sin 30^\circ = l$, 故该 V 形通电导线受到的安培力大小为 $F = BIl$.

5. 答案 因带电粒子在电场中受电场力作用, 且正、负粒子所受的电场力方向相反; 带电粒子沿垂直磁场方向运动时受洛伦兹力作用, 且正、负粒子所受的洛伦兹力方向相反, 故可采用以下两种方法将粒子分开: 方法一是使粒子束垂直进入电场, 方法二是使粒子束垂直通过磁场.

6. 答案 质子和 α 粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的半径公式为 $r = \frac{mv}{Bq}$, 解得 $v = \frac{Bqr}{m}$, 动能为 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2 B^2 r^2}{2m}$. 由题知

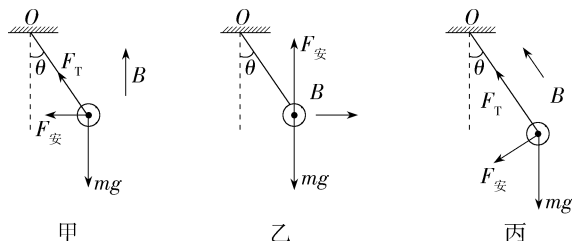
质子和 α 粒子的轨迹半径 r 相同, 则可得 $E_{k1} : E_{k2} = \frac{q_p^2}{m_p} : \frac{q_\alpha^2}{m_\alpha}$, 而 $q_p : q_\alpha = 1 : 2$, $m_p : m_\alpha = 1 : 4$, 解得 $E_{k1} : E_{k2} = 1 : 1$.

7. 答案 (1) 磁感应强度沿 z 轴正方向, 则从 O 向 O' 看, 通电导线受到的安培力 $F_{\text{安}} = ILB$, 方向水平向左, 如图甲所示, 导线无

法平衡;

(2) 磁感应强度沿 y 轴正方向, 通电导线受到的安培力竖直向上, 如图乙所示, 当 $F_T = 0$ 且满足 $ILB = mg$, 即 $B = \frac{mg}{IL}$ 时, 导线可以平衡;

(3) 磁感应强度沿悬线向上, 通电导线受到的安培力垂直于悬线指向左下方, 如图丙所示, 导线不能平衡。

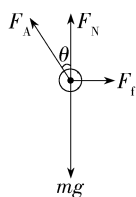


B 组

1. 答案 作出金属杆的受力示意图, 如图所示 (从 b 向 a 看)。根据平衡条件得

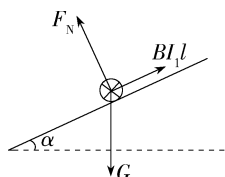
$$\begin{aligned} F_f &= F_A \sin \theta \\ mg &= F_N + F_A \cos \theta \\ \text{又 } F_A &= BIl \end{aligned}$$

联立解得 $F_f = BIl \sin \theta$, 方向水平向右。



$F_N = mg - BIl \cos \theta$, 根据牛顿第三定律可知, 金属杆对导轨的压力大小为 $mg - BIl \cos \theta$, 方向竖直向下。

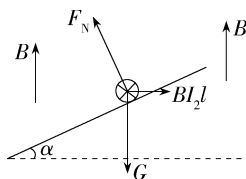
2. 答案 (1) 对金属杆受力分析, 可知当安培力方向沿导轨平面向上时最小, 此时 B 最小, 方向垂直导轨平面向上。



由平衡条件可得 $F_N = mg \cos \alpha$, $BI_1 l = mg \sin \alpha$

$$\text{解得 } B = \frac{mg \sin \alpha}{I_1 l}$$

(2) 磁场方向竖直向上时, 金属杆受力如图所示。



由平衡条件可得 $BI_2 l = mg \tan \alpha$

$$\text{将 } B = \frac{mg \sin \alpha}{I_1 l} \text{ 代入可得 } I_2 = \frac{I_1}{\cos \alpha}$$

3. 答案 a. 速度不同的电子, 可以用电场和磁场分开。速度不同的电子垂直匀强电场方向射入电场中, 沿电场方向受力情况相同, 运动情况也相同, 垂直电场方向, 由于初速度不同, 所以偏转程度不同, 通过偏转电场可以把速度不同的电子分开; 速

度不同的电子进入匀强磁场时, 轨迹半径 $r = \frac{mv}{eB}$, 因为速度不同, 其他量相同, 所以运动的半径不同, 即可以把速度不同的电子分开。

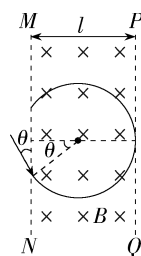
b. 具有相同动能的质子和 α 粒子可以用电场分开。

将质子和 α 粒子沿垂直匀强电场方向射入电场。设带电粒子

离开电场时速度方向与入射方向间的夹角为 θ , 则 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} =$

$\frac{EqL}{mv_0^2} = \frac{EqL}{2E_k}$, 质子和 α 粒子动能相同, 电荷量不相等, $\tan \theta$ 不同, 即可以把相同动能的质子和 α 粒子分开。

4. 答案 (1) 若粒子带正电, 画出粒子做匀速圆周运动的轨迹, 如图所示:



由几何关系有 $l = r \cos \theta + r$

洛伦兹力提供向心力, 有 $qvB = m \frac{v^2}{r}$

$$\text{联立可得 } v = \frac{2(2-\sqrt{3})Bql}{m}$$

$$\text{运动时间 } t = \frac{360^\circ - 2 \times 30^\circ}{360^\circ} T = \frac{5}{6} \times \frac{2\pi m}{Bq} = \frac{5\pi m}{3Bq}$$

(2) 若粒子带负电, 粒子的偏转方向发生变化。

由几何关系有 $l = r' - r' \cos \theta$

洛伦兹力提供向心力, 有 $qv'B = m \frac{v'^2}{r'}$

$$\text{联立可得 } v' = \frac{2(2+\sqrt{3})Bql}{m}$$

$$\text{运动时间 } t' = \frac{2 \times 30^\circ}{360^\circ} T = \frac{1}{6} \times \frac{2\pi m}{Bq} = \frac{\pi m}{3Bq}$$

5. 答案 (1) 粒子经加速电场加速, 获得速度 v ,

$$\text{由动能定理得 } eU_1 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{解得 } v = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$$

(2) 粒子在速度选择器中做匀速直线运动, 电场力与洛伦兹力平衡, 由平衡条件得 $eE = evB_1$

$$\text{即 } e \frac{U_2}{d} = evB_1$$

$$\text{解得 } U_2 = B_1 dv = B_1 d \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$$

(3) 粒子在 B_2 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 $evB_2 = m \frac{v^2}{R}$

$$\text{解得 } R = \frac{mv}{eB_2} = \frac{1}{B_2} \sqrt{\frac{2mU_1}{e}}$$

第二章 电磁感应

1 楞次定律

◆练习与应用

1. 答案 (1) 当闭合开关 S 的一瞬间, 穿过线圈 P 向右的磁通量增加, 根据楞次定律结合安培定则可知, 从左往右看, 线圈 P 中感应电流沿逆时针方向。

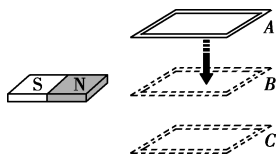
(2) 当断开开关 S 的一瞬间, 穿过线圈 P 向右的磁通量减少, 根据楞次定律结合安培定则可知, 从左往右看, 线圈 P 中感应电流沿顺时针方向。

2. 答案 当导体 MN 向右移动时, 电路 MNCD 中垂直于纸面向里的磁通量减少, 根据楞次定律可知, 产生的感应电流的磁场要阻碍磁通量的减少, 即感应电流的磁场与原磁场方向相同, 垂直于纸面向里, 由安培定则判断可知感应电流的方向是 $M \rightarrow N \rightarrow C \rightarrow D$ 。此时, 电路 MNFE 中垂直于纸面向里的磁通量增加, 根据楞次定律可知, 产生的感应电流的磁场要阻碍磁通量的增加, 即感应电流的磁场与原磁场方向相反, 垂直于纸面向外, 由安培定则判断可知感应电流的方向是 $M \rightarrow N \rightarrow F \rightarrow E$ 。

3. 答案 当闭合开关时, 上面的闭合线框中垂直于纸面向外的磁通量增加; 根据楞次定律可知, 闭合线框中产生的感应电流的磁场要阻碍磁通量的增加, 所以感应电流的磁场在闭合线框中的方向垂直纸面向里, 再根据安培定则可知导线 CD 中的感应电流的方向为由 D 到 C。

当断开开关时, 上面的闭合线框中垂直于纸面向外的磁通量减少, 根据楞次定律可知, 闭合线框中感应电流的磁场要阻碍磁通量的减少, 所以感应电流的磁场在闭合线框中的方向垂直纸面向外, 由安培定则可知导线 CD 中的感应电流的方向为由 C 到 D。

4. 答案 由于线圈在条形磁铁的 N 极附近, 可以认为从 A 到 B 的过程中, 线圈中向上的磁通量减少, 根据楞次定律可知, 线圈中产生的感应电流的磁场要阻碍磁通量的减少, 即感应电流的磁场方向向上, 再根据安培定则可知感应电流的方向为从上向下看沿逆时针方向。



从 B 到 C 的过程中, 线圈中向下的磁通量增加, 根据楞次定律可知, 线圈中产生的感应电流的磁场要阻碍磁通量的增加, 即感应电流的磁场方向向上, 再根据安培定则可知感应电流的方向从上向下看也为逆时针方向。

5. 答案 用磁铁的任意一极 (如 N 极) 接近 A 环时, 通过 A 环的磁通量增加, 根据楞次定律可知 A 环中将产生感应电流, 感应电流的磁场对磁铁产生斥力, 故 A 环也受到磁铁的斥力, 使该端横梁向里转动, 阻碍磁铁与 A 环接近; 同理, 当磁极远离 A 环时, A 环中产生感应电流, A 环受到磁铁的引力, 使该端横梁向外转动, 阻碍 A 环与磁铁远离。

由于 B 环是断开的, 无论磁极移近还是远离 B 环, 在 B 环中都不会产生感应电流, 所以 B 环与磁铁之间没有相互作用力, 横梁不发生转动。

2 法拉第电磁感应定律

◆练习与应用

1. 答案 根据法拉第电磁感应定律可得, 线圈中感应电动势为

$$E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = 1\,000 \times \frac{0.09 - 0.02}{0.4} \text{ V} = 175 \text{ V}$$

根据闭合电路欧姆定律可得, 通过电热器的电流为

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{175}{990+10} \text{ A} = 0.175 \text{ A}.$$

2. 答案 根据导线切割磁感线产生感应电动势的公式 $E = Blv$ 得 缆绳中的感应电动势为

$$E = 4.6 \times 10^{-5} \times 2.05 \times 10^4 \times 7.6 \times 10^3 \text{ V} = 7.2 \times 10^3 \text{ V}.$$

3. 答案 我们对纸盆说话时, 声音使纸盆振动, 带动线圈随之振动, 线圈切割磁感线, 产生感应电流。

4. 答案 当线圈绕 OO' 轴匀速转动时, 长为 l_2 的边切割磁感线的速度发生变化, 线圈中的感应电动势发生变化。

根据公式 $E = Blv \sin \theta$ 和 $v = \omega r$, 可得

$$E = Bl_2 l_1 \omega \sin \theta$$

在图示位置时, $S = l_1 l_2$, $\theta = 90^\circ$

可得 $E = BS\omega$

5. 答案 导电液体在磁场中流动时, 其所带电荷将受到洛伦兹力作用, 正电荷偏向 N, 负电荷偏向 M, 这样在 M、N 之间就产生电势差, M、N 之间将有电场, 对电荷产生一个与洛伦兹力方向相反的电场力。当电荷不再偏转时, 电荷受到的洛伦兹力与电场力大小相等, M、N 之间的电势差恒定, 则有

$$q \frac{U}{d} = qBv$$

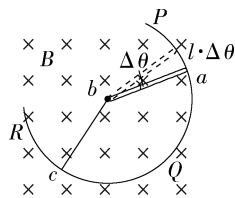
其中 q 为导电液体所带电荷量

$$\text{液体的流量 } Q = v \cdot \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2$$

液体的流量 Q 与电势差 U 的关系为 $Q = \frac{\pi d}{4B} U$ 。

6. 答案 方法 1

设想有一环形导轨 PQR, 导体棒的一端 a 搁于导轨上, 另一端 b 在圆心处, 并通过导线 bc 与导轨相连, 由导体棒、导轨、导线构成一闭合电路, 如图所示:



设在极短时间 Δt 内导体棒转过微小角度 $\Delta \theta$, 则 $\Delta \theta = \omega \Delta t$

$$\text{则回路面积变化 } \Delta S = \frac{1}{2} l^2 \Delta \theta$$

穿过回路的磁通量变化为

$$\Delta \Phi = B \Delta S = \frac{1}{2} B l^2 \Delta \theta = \frac{1}{2} B l^2 \omega \Delta t$$

回路中的感应电动势为 $E = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B \Delta S}{\Delta t} = \frac{1}{2} B l^2 \omega$, 即 ab 两

端产生的感应电动势为 $E = \frac{1}{2} B l^2 \omega$ 。

方法 2: 导体棒 ab 匀速转动, 产生的感应电动势 $E = Bl \bar{v} =$

$$Bl \frac{0+\omega l}{2} = \frac{1}{2} Bl^2 \omega.$$

3 涡流、电磁阻尼和电磁驱动

◆练习与应用

1. 答案 当铜盘在磁极间运动时,由于发生电磁感应现象,在铜盘中产生感应电流,使铜盘受到安培力作用,安培力阻碍铜盘的运动,所以铜盘很快就停了下来。

2. 答案 当条形磁铁的N极靠近线圈时,线圈中向下的磁通量增加,根据楞次定律可得,线圈中感应电流的磁场方向应该向上,再根据安培定则,判断出线圈中的感应电流方向为逆时针方向(自上向下看)。感应电流的磁场对条形磁铁N极的作用力向上,阻碍条形磁铁向下运动。

当条形磁铁的N极远离线圈时,线圈中向下的磁通量减少,根据楞次定律可得,线圈中感应电流的磁场方向应该向下,再根据安培定则,判断出线圈中的感应电流方向为顺时针方向(自上向下看)。感应电流的磁场对条形磁铁N极的作用力向下,阻碍条形磁铁向上运动。

因此,无论条形磁铁怎样运动,都将受到线圈中感应电流磁场的阻碍作用,所以条形磁铁很快停了下来。

整个过程中,弹簧和磁铁的机械能转化为线圈的电能。

说明:做这个实验时,为了现象明显,闭合线圈应当使用较宽、较厚且内径较小的铜环或铝环,这样可以产生较强的感应电流,从而对磁铁产生较大的作用力。

3. 答案 在磁性很强的小圆柱形永磁体下落的过程中,没有缺口的铝管中的磁通量发生变化(小圆柱形永磁体上方铝管中的磁通量减小,下方铝管中的磁通量增大),所以铝管中将产生较大的感应电流,感应电流的磁场将对下落的小圆柱形永磁体产生阻碍作用,所以小圆柱形永磁体在铝管中缓慢下落;如果小圆柱形永磁体在有裂缝的铝管中下落,铝管中产生的感应电流较小,所以小圆柱在铝管中下落得比较快。

4. 答案 这些微弱的感应电流,将使卫星在地磁场中受到安培力作用。为了克服安培力作用,卫星的一部分动能转化为电能。这样卫星的动能减小,运动轨道距离地面的高度会逐渐降低。

5. 答案 当条形磁铁向右移动时,金属圆环中的磁通量减少,圆环中将产生感应电流,感应电流的磁场阻碍磁通量的减少,故金属圆环将受到条形磁铁向右的作用力。这个力实际上就是条形磁铁的磁场对感应电流的安培力。这个安培力将驱使金属圆环向右运动。

4 互感和自感

◆练习与应用

1. 答案 (1)当断开开关S时线圈A中电流很快消失,穿过线圈B的磁通量减少,从而在线圈B中产生感应电流。根据楞次定律可知,感应电流的磁场要阻碍原磁场的变化,这样就使铁芯中磁场减弱得慢些,即在断开开关S后一段时间内,铁芯中还有逐渐减弱的磁场,这个磁场对衔铁D依然有力的作用,因此,弹簧K不能立即将衔铁拉起。

(2)如果线圈B不闭合,会对延时效果产生影响。在断开开关S时,线圈A中电流很快消失,线圈B中只有感应电动势

而无感应电流,铁芯中的磁场很快消失,磁场对衔铁D的作用力也很快消失,弹簧K很快将衔铁拉起。

2. 答案 当李辉把多用电表的表笔与被测线圈脱离时,线圈中的电流减小,线圈发生自感现象,会产生较大的自感电动势,线圈两端有较高电压,“电”了刘伟一下。

当李辉再摸线圈两端和多用电表的表笔时,没什么感觉,是由于经历了较长时间,自感现象基本“消失”。

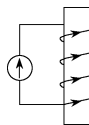
3. 答案 (1)当开关由断开变为闭合时,两灯两端立即有电压,同时发光;由于线圈的电阻很小,当电路稳定时,B灯被线圈短路,故B灯由亮变暗,直到不亮,A灯由亮变为更亮。

(2)当开关由闭合变为断开时,A灯两端电压变为0,立即熄灭。由于L是自感系数很大的线圈,自身电阻几乎为零,当电流减小时,线圈产生的自感电动势很大,相当于电源,给B灯提供短暂的电流,此时电流很大,B灯由暗变亮然后又逐渐变暗,过一会儿熄灭。

◆复习与提高

A组

1. 答案 磁铁向左运动,导致穿过螺线管的向下的磁通量增大,感应电流产生的磁场阻碍磁通量的变化,根据右手螺旋定则可知,螺线管产生的感应电流方向如图。



2. 答案 金属棒ab做平抛运动,平抛运动可分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动。竖直方向的分速度与磁感线平行,不产生感应电动势;水平方向的分速度切割磁感线,产生感应电动势,感应电动势大小为 $E = Blv_0$, B 、 l 、 v_0 均不变,则感应电动势大小保持不变。根据右手定则可知金属棒ab产生的感应电动势方向为从a到b,保持不变。

3. 答案 从下边ab进入匀强磁场到上边cd刚刚开始穿出匀强磁场过程中,正方形导线框一直匀速运动,重力势能转化为电能,根据能量守恒定律可得线框在穿越匀强磁场过程中产生的焦耳热为 $Q = 2mgl = 2 \times 0.01 \times 10 \times 0.1 \text{ J} = 0.02 \text{ J}$ 。

4. 答案 (1)根据右手定则可以判断出,线圈不论以 P_1 还是 P_2 为轴沿逆时针方向(从上向下看)转动时,BC边均切割磁感线产生感应电流,感应电流的方向均沿 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 。

(2)由于两种情况下线圈转动的角速度相同,线圈面积相同,则产生的感应电动势相同,因此感应电流大小相等。

(3)图示时刻线圈产生的感应电动势最大,为 $E_m = BS\omega$,当磁感应强度 B 、线圈转动的角速度 ω 不变时,感应电动势大小跟线圈面积 S 成正比。

(4)线圈以 P_1 和 P_2 为转轴产生的感应电动势最大值为 $E_m = BS\omega = 0.15 \times 0.1 \times 0.04 \times 120 \text{ V} = 0.072 \text{ V}$ 。

5. 答案 (1)根据法拉第电磁感应定律,线圈中产生的感应电动势为 $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = n \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \pi r^2$, 所以 $\frac{E_a}{E_b} = \frac{r_a^2}{r_b^2} = \frac{4}{1}$ 。

(2)根据闭合电路欧姆定律,可得通过线圈的感应电流为

$$I = \frac{E}{R} = n \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \pi r^2 \cdot \frac{1}{2\pi r} = n \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \frac{S}{2\rho}$$

$$\text{所以 } \frac{I_a}{I_b} = \frac{r_a}{r_b} = \frac{2}{1}.$$

6. 答案 (1) 电路 $abcd$ 中, 导体棒 ab 切割磁感线, 产生感应电动势, 相当于电源。

$$\text{电动势 } E = Blv = 0.1 \times 0.4 \times 5 \text{ V} = 0.2 \text{ V}$$

$$\text{内阻 } r = R_{ab} = 0.1 \Omega$$

由右手定则判断可知导体棒 ab 的 a 端相当于电源的正极, R 相当于闭合电路的外电路。

$$(2) \text{ 感应电流为 } I = \frac{E}{R+r} = \frac{0.2}{0.1+0.4} \text{ A} = 0.4 \text{ A}$$

$$ab \text{ 棒所受的安培力 } F = BIl = 0.1 \times 0.4 \times 0.4 \text{ N} = 0.016 \text{ N}$$

$$(3) ab \text{ 棒所受的安培力的功率 } P = Fv = 0.016 \times 5 \text{ W} = 0.08 \text{ W}$$

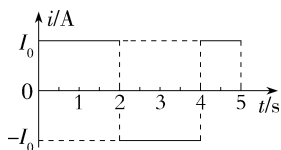
$$\text{电阻 } R \text{ 的发热功率 } P_R = I^2 R = 0.4^2 \times 0.4 \text{ W} = 0.064 \text{ W}$$

$$\text{电阻 } R_{ab} \text{ 发热功率 } P_{Rab} = I^2 R_{ab} = 0.4^2 \times 0.1 \text{ W} = 0.016 \text{ W}$$

因导体棒 ab 做匀速运动, 其受力平衡, 安培力等于外力。因 $P = P_R + P_{Rab}$, 可得外力做正功, 提供的能量转化为电路中的电能, 电能转化为回路中的内能, 转化过程中能量是守恒的。

7. 答案 根据法拉第电磁感应定律有 $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = nS \frac{\Delta B}{\Delta t}$, 可知在

面积、匝数不变的情况下, 感应电动势大小与磁感应强度的变化率成正比, 即与 $B-t$ 图像中的斜率成正比。由图像可知, $0 \sim 2 \text{ s}$ 内 $B-t$ 图线的斜率不变, 故产生的感应电流不变, 根据楞次定律结合安培定则可知感应电流方向沿顺时针, 为正值; $2 \sim 4 \text{ s}$ 内 $B-t$ 图线斜率不变, 感应电流方向沿逆时针, 且整个过程中 $B-t$ 图线斜率的大小不变, 所以感应电流大小不变。导体环中感应电流随时间变化的图像如图所示。



B 组

1. 答案 根据导线切割磁感线产生感应电动势的公式 $E = Blv$ 可得飞机两翼端的电势差为 $E = 4.7 \times 10^{-5} \times 12.7 \times 0.7 \times 340 \text{ V} = 0.142 \text{ V}$

根据右手定则可知, 北端机翼尖电势高。

2. 答案 (1) 线圈以速度 v 匀速进入匀强磁场时, 线圈中产生的感应电动势 $E_1 = BLv$, 其中 L 为 CD 边的长度。

线圈中的感应电流为 $I_1 = \frac{E_1}{R} = \frac{BLv}{R}$, 其中 R 为线圈的总电阻。

同理, 线圈以速度 $2v$ 匀速进入匀强磁场时, 线圈中的感应电流为 $I_2 = \frac{E_2}{R} = \frac{2BLv}{R}$ 。

所以第二次进入与第一次进入时线圈中的感应电流之比为 $2:1$ 。

(2) 线圈以速度 v 匀速进入匀强磁场时, 受到的安培力为 $F_1 = BI_1 L = \frac{B^2 L^2 v}{R}$; 由于线圈做匀速运动, 所以外力大小等于安培力大小, 此时外力的功率为 $P_1 = F_1 v = \frac{B^2 L^2 v^2}{R}$ 。

同理, 线圈以速度 $2v$ 匀速进入匀强磁场时, 外力的功率为 $P_2 = \frac{4B^2 L^2 v^2}{R}$ 。

所以第二次进入与第一次进入时外力做功的功率之比为 $4:1$ 。

(3) 线圈以速度 v 匀速进入匀强磁场时,

线圈经过时间 $t = \frac{L}{v}$ 完全进入磁场, 此后线圈中不再有感应电流, 所以线圈第一次进入磁场过程中产生的热量为 $Q_1 = I_1^2 R t = \frac{B^2 L^3 v}{R}$ 。

同理, 线圈以速度 $2v$ 匀速进入匀强磁场时, 线圈进入磁场过程中产生的热量为 $Q_2 = \frac{2B^2 L^3 v}{R}$ 。

所以第二次进入与第一次进入过程中线圈产生的热量之比为 $2:1$ 。

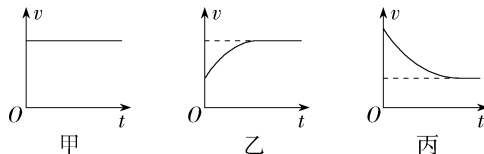
3. 答案 当 PQ 滑过 $\frac{l}{3}$ 的距离时, PQ 产生的感应电动势的大小为 $E = Blv$

$$\text{整个电路的总电阻为 } R_{\text{总}} = R + \frac{\frac{R}{3} \cdot \frac{2R}{3}}{\frac{R}{3} + \frac{2R}{3}} = \frac{11}{9} R$$

$$\text{则通过 } PQ \text{ 的电流为 } I = \frac{E}{R_{\text{总}}} = \frac{9Blv}{11R}$$

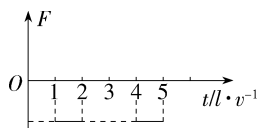
aP 段、 bP 段电阻丝的电阻之比为 $1:2$, 则电流之比为 $2:1$, 故通过 aP 段电阻丝的电流大小为 $I_{aP} = \frac{2}{3} I = \frac{6Blv}{11R}$

4. 答案 闭合开关时, 金属杆在下滑过程中, 受到重力和安培力作用, 若重力与安培力大小相等, 金属杆做匀速直线运动, 如甲图; 若安培力小于重力, 则金属杆所受的合力方向向下, 加速度方向向下, 做加速运动, 在加速运动的过程中, 产生的感应电流增大, 安培力增大, 则合力减小, 加速度减小, 做加速度逐渐减小的加速运动, 当重力与安培力相等时, 做匀速直线运动, 如乙图; 若安培力大于重力, 则加速度的方向向上, 做减速运动, 在减速运动的过程中, 安培力减小, 做加速度逐渐减小的减速运动, 当重力与安培力相等时, 做匀速直线运动, 如丙图。

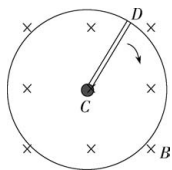


5. 答案 $0 \sim \frac{l}{v}$ 时间内, 线框在磁场外, 感应电流为 0 , 安培力为 0 ; $\frac{l}{v} \sim 2 \frac{l}{v}$ 时间内, 由右手定则可得出感应电流沿逆时针方向, 线框以恒定速度 v 沿 x 轴正方向运动, 所以感应电动势和感应电流不变, 根据左手定则可得出安培力的方向沿 x 轴负方向; $2 \frac{l}{v} \sim 4 \frac{l}{v}$ 时间内, 线框全部在磁场内, 感应电流为 0 , 安培力为 0 ; $4 \frac{l}{v} \sim 5 \frac{l}{v}$ 时间内, 线框左边切割磁感线, 由右手定则可得出感应电流沿顺时针方向, 线框以恒定速度 v 沿 x 轴正

方向运动,所以感应电动势和感应电流不变,根据左手定则得出安培力的方向沿 x 轴的负方向。线框所受安培力随时间变化的图像如图所示:



6. 答案 (1) 如图所示,圆盘中任意一半径都在切割磁感线,它可以看成一个电源,在 C 、 D 之间接上电器,转动的圆盘就可以为用电器供电。



(2) 根据右手定则判断, D 点的电势比 C 点高,所以流过电阻 R 的电流方向为自下向上。

(3) 铜盘转动产生的感应电动势相当于长度为 r 的金属杆绕其中一个端点匀速转动产生的电动势,可得 $E = \frac{1}{2}Br^2\omega =$

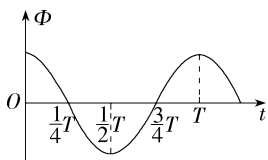
$$\frac{1}{2}Br^2 \cdot \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi Br^2}{T}.$$

第三章 交变电流

1 交变电流

◆ 练习与应用

1. 答案 这种说法不对。根据法拉第电磁感应定律可知,感应电动势的大小与磁通量的变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 成正比,而与磁通量 Φ 没有必然联系。假定线圈的面积为 S ,所在匀强磁场的磁感应强度为 B ,线圈以角速度 ω 绕垂直于磁感线的轴匀速转动,线圈在中性面时开始计时,则磁通量 Φ 随时间变化的关系为: $\Phi = BS \cos \omega t$,其图像如图所示。线圈平面转到中性面的瞬间 ($t=0, \frac{T}{2}$ 或 T),穿过线圈的磁通量 Φ 虽然最大,但是曲线切线的斜率为 0,即磁通量的变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0$,感应电动势为 0;而线圈平面跟中性面垂直时 ($t = \frac{1}{4}T$ 或 $\frac{3}{4}T$),穿过线圈的磁通量 Φ 为 0,但是曲线切线的斜率最大,即磁通量的变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 最大,感应电动势最大。



2. 答案 单匝线圈转到线圈平面与磁场方向平行的位置时,感应电动势最大, $E_m = 2Bl_{AB}v = 2Bl_{AB}\omega \frac{l_{BC}}{2} = Bl_{AB}l_{BC}\omega = Bl_{AB}l_{BC} \cdot 2\pi n = 0.01 \times 0.20 \times 0.10 \times 2\pi \times 50 \text{ V} = 6.28 \times 10^{-2} \text{ V}$ 。
3. 答案 由题可知,发电机线圈平面位于中性面时开始计时,感

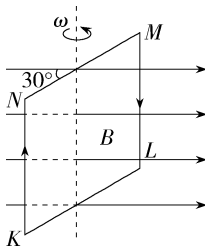
应电动势瞬时值表达式为

$$e = E_m \sin \omega t = 400 \sin 314t \text{ V}$$

$$\text{电路中电流的峰值为 } I_m = \frac{E_m}{R} = \frac{400}{2000} \text{ A} = 0.2 \text{ A}$$

$$\text{电流的瞬时值表达式为 } i = I_m \sin \omega t = 0.2 \sin 314t \text{ A}$$

4. 答案 MN 边与磁场方向成 30° 角时,导线框平面与中性面的夹角为 60° ,此时感应电动势大小为 $e = E_m \sin \omega t = BS\omega \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}BS\omega}{2}$,感应电流方向为 $KNMLK$,如图所示。



2 交变电流的描述

◆ 练习与应用

1. 答案 一个周期内,交变电流的方向变化 2 次,所以 1 s 内电流方向变化的次数为 $\frac{1}{0.02} \times 2 = 100$ (次)。
2. 答案 不能把这个电容器接在正弦式交流电压是 9 V 的电路两端。因为 9 V 是指交流电压的有效值,在电压变化过程中的最大值为 $9\sqrt{2} \text{ V}$,大于 10 V,超过了电容器的耐压值,电容器会被击穿。
3. 答案 灯泡正常工作时,通过灯丝电流的有效值为 $I = \frac{P}{U} = \frac{40}{220} \text{ A} = \frac{2}{11} \text{ A}$,电流的峰值为 $I_m = \sqrt{2}I = \frac{2\sqrt{2}}{11} \text{ A} \approx 0.257 \text{ A}$ 。
4. 答案 根据图像可读出正弦式交变电流的周期 $T = 0.2 \text{ s}$,电流的峰值 $I_m = 10 \text{ A}$
- $$\text{频率为 } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.2} \text{ Hz} = 5 \text{ Hz}$$
- $$\text{电流的有效值为 } I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 5\sqrt{2} \text{ A} \approx 7.07 \text{ A}.$$
5. 答案 电热器消耗的功率为 $P = \frac{U^2}{R}$,其中 U 为电压的有效值, $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$,所以 $P = \frac{\left(\frac{U_m}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} = \frac{U_m^2}{2R} = \frac{311^2}{2 \times 50} \text{ W} \approx 967 \text{ W}$ 。
6. 答案 A 与 B 的峰值相同, C 的峰值大于 A 、 B 的峰值。 A 、 B 、 C 的周期相同。
7. 答案 交流电流表测的是有效值。在一个周期内,根据有效值的定义可得 $(4\sqrt{2})^2 R \cdot \frac{T}{2} + (3\sqrt{2})^2 R \cdot \frac{T}{2} = I^2 RT$,解得 $I = 5 \text{ A}$ 。

3 变压器

◆ 练习与应用

1. 答案 恒定电流的电压加在变压器的原线圈上时,通过原线圈的电流是恒定电流,即电流的大小和方向不变,通过副线圈

的磁通量不变。因此,在副线圈中不会产生感应电动势,副线圈两端也没有电压,所以变压器不能改变恒定电流的电压。

2. 答案 根据理想变压器原、副线圈的电压关系 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, 可得

$$n_2 = \frac{U_2}{U_1} \times n_1 = \frac{36 \times 1\,440}{380} = 136 \text{ (匝)}。某次实际工作时输入电压$$

为 220 V, 有 $\frac{380}{36} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{220}{U_2'}$, 则输出电压为 $U_2' = 21 \text{ V}$ 。

3. 答案 因为 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, 所以 $n_1 = \frac{U_1}{U_2} \times n_2 = \frac{220 \times 400}{55} = 1\,600 \text{ (匝)}$ 。

4. 答案 降压变压器的副线圈应当用较粗的导线。根据理想变压器的输入功率等于输出功率, 即 $I_1 U_1 = I_2 U_2$, 降压变压器的 $U_2 < U_1$, 因而 $I_2 > I_1$, 即副线圈的电流大于原线圈的电流, 所以相比之下, 副线圈应用较粗的导线。

5. 答案 原线圈输入的电压 U_1 一定, V_1 示数不变; 副线圈的电压 $U_2 = \frac{n_2 U_1}{n_1}$ 不变, V_2 示数不变。当用户的用电器增加时, 相当于 R 减小, 副线圈中的电流 I_2 增大, A_2 示数增大; 因为理想变压器输入功率等于输出功率, 即 $P_1 = I_1 U_1 = P_2 = I_2 U_2$, U_1 、 U_2 的值不变, I_2 增大, 则 I_1 增大, A_1 示数增大; 由于 I_2 增大, 则 $I_2 R_0$ 增大, 故 R 两端的电压减小, V_3 示数减小。

4 电能的输送

◆ 练习与应用

1. 答案 电功率 $P = IU$, 电流 $I = \frac{P}{U}$ 。

$$\text{当 } U_1 = 110 \text{ kV 时, 输电导线中的电流 } I_1 = \frac{4\,800 \times 10^3}{110 \times 10^3} \text{ A} \approx$$

43.6 A

$$\text{当 } U_2 = 110 \text{ V 时, 输电导线中的电流 } I_2 = \frac{4\,800 \times 10^3}{110} \text{ A} \approx$$

$4.36 \times 10^4 \text{ A}$

公式 $U = IR$ 中的 U 、 I 、 R 对应于同一段电路, 同理, 公式 $P = UI$ 中的 P 、 U 、 I 也是对应于同一段电路的物理量。在此题中的功率 P 并不是输电线上消耗的功率, 而是发电机(电源)、输电线以及用户构成的闭合电路的总功率, U 是此电路的总电压, 而 I 是回路的总电流(也是流经输电线的电流), 如果输电线的电阻为 R , 则 $U \neq IR$, 原因是 U 并非输电线上的电压降, 而 $P = IU$, 原因是这三个量对应于同一段电路, 即回路总电压 U 、总电流 I 、总功率 P 。

2. 答案 公式(1) $P_{\text{损}} = UI$ 和(2) $U = IR$ 都是错误的, 因为题中的 U 是输电电压, 而非输电线上的电压降。

正确的推导应该是: 设输电电压为 U , 输送的电功率为 P 。

$$P_{\text{损}} = I^2 R \quad \text{①}$$

$$I = \frac{P}{U} \quad \text{②}$$

$$\text{将②式代入①式, 得到: } P_{\text{损}} = \frac{P^2}{U^2} R \quad \text{③}$$

由③式可知, 要减小功率损失 $P_{\text{损}}$, 就应当用高压送电和减小输电线的电阻 R 。

3. 答案 用 1 100 V 的电压输电, 输电线上的电流 $I_1 = \frac{P}{U_1} =$

$$\frac{200 \times 10^3}{1\,100} \text{ A} = 1.8 \times 10^2 \text{ A}, \text{ 输电线上由电阻造成的电压损失}$$

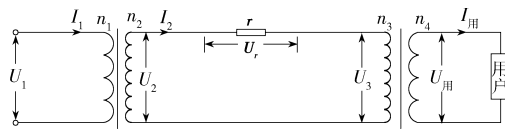
$$\Delta U_1 = I_1 R = 1.8 \times 10^2 \times 0.05 \text{ V} = 9 \text{ V}。$$

$$\text{用 } 11 \text{ kV 的电压输电, 输电线上的电流 } I_2 = \frac{P}{U_2} = \frac{200 \times 10^3}{11 \times 10^3} \text{ A} =$$

$$18 \text{ A}, \text{ 输电线上由电阻造成的电压损失 } \Delta U_2 = I_2 R = 18 \times 0.05 \text{ V} = 0.9 \text{ V}。$$

4. 答案 设输送的电功率为 P , 输电电压为 U , 输电线上的功率损失为 ΔP , 导线的长度为 L , 导线的电阻率为 ρ , 导线的横截面积为 S , 则有 $\Delta P = I^2 R = \left(\frac{P}{U}\right)^2 \cdot \rho \frac{L}{S}$, 因为 P 、 ΔP 、 L 、 ρ 各量都是相同的, 所以横截面积 S 与输电电压 U 的二次方成反比, 有 $S_1 : S_2 = U_2^2 : U_1^2 = (11 \times 10^3)^2 : 220^2 = 2\,500 : 1$ 。

5. 答案 远距离输电原理如图所示。



(1) 降压变压器输出的电流也就是用户得到的电流,

$$I_{\text{用}} = \frac{P_{\text{用}}}{U_{\text{用}}} = \frac{95 \times 10^3}{220} \text{ A} \approx 4.32 \times 10^2 \text{ A}$$

$$\text{因为 } \Delta P = I_2^2 r, \text{ 所以 } I_2 = \sqrt{\frac{\Delta P}{r}} = \sqrt{\frac{5 \times 10^3}{8}} \text{ A} = 25 \text{ A}。$$

(2) 输电线上损失的电压 $U_r = I_2 r = 25 \times 8 \text{ V} = 200 \text{ V}$; 因为

$$P_2 = I_2 U_2, P_1 = P_2, \text{ 所以 } U_2 = \frac{P_1}{I_2} = \frac{100 \times 10^3}{25} \text{ V} = 4 \times 10^3 \text{ V}。$$

$$(3) \text{ 升压变压器的匝数比 } \frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{250}{4\,000} = \frac{1}{16}$$

$$\text{降压变压器的匝数比 } \frac{n_3}{n_4} = \frac{U_3}{U_{\text{用}}} = \frac{U_2 - U_r}{U_{\text{用}}} = \frac{4\,000 - 200}{220} = \frac{190}{11}。$$

◆ 复习与提高

A 组

1. 答案 当线圈绕着垂直于磁场方向的转轴转动时, 会产生交变电流, 绕平行于磁场方向的轴转动时不会产生交变电流。第一个图不能产生感应电流, 其余均可以。

2. 答案 由题给条件及理想变压器的变压规律 $\frac{U_1}{n_1} = \frac{U_2}{n_2} = \frac{U_3}{n_3}$ 知, 若 U_1 、 U_2 、 U_3 、 n_3 已知, 则可求得 n_1 、 n_2 。利用长绝缘导线制成一匝线圈, 绕过铁芯, 并用交流电压表分别测出原线圈两端电压 U_1 、副线圈两端电压 U_2 、一匝线圈两端电压 U_3 , 便可由变压公式求出原线圈、副线圈的匝数。由此可知还需要的器材是交流电压表。

$$\text{3. 答案} \text{ 电流的有效值 } I = \frac{U}{R} = \frac{220}{50} \text{ A} = 4.4 \text{ A}$$

$$\text{电流的最大值 } I_m = \sqrt{2} I = 4.4 \sqrt{2} \text{ A} = 6.22 \text{ A}$$

$$\text{电阻消耗的功率 } P = UI = 220 \times 4.4 \text{ W} = 968 \text{ W}$$

$$\text{4. 答案} \text{ 120 个小彩灯正常工作时的总电功率为 } P = 120 UI = 120 \times 4 \times 0.1 \text{ W} = 48 \text{ W}$$

对于理想变压器, 输入功率等于输出功率, 故

$$P_{\text{入}} = I_{\text{原}} U_{\text{原}} = P$$

$$\text{故通过原线圈的电流 } I_{\text{原}} = \frac{P}{U_{\text{原}}} = \frac{48}{220} \text{ A} \approx 0.218 \text{ A}$$

5. 答案 变压器的原、副线圈都绕在铁芯上,线圈中的磁通量变化会在铁芯中产生涡流,导线上也会有热损失,所以能量在传输过程中仍会有损失,变压器也会发热。由“靠线圈中磁通量的变化传输功率”,并不能得出“能量在传输过程中不会有损失”的结论。

6. 答案 根据有效值的定义,对 A 电热器,有 $I_0^2 R \cdot \frac{T}{2} +$

$$\left(\frac{1}{2}I_0\right)^2 R \cdot \frac{T}{2} = I_A^2 RT$$

$$\text{解得有效值 } I_A = \sqrt{\frac{5}{8}}I_0$$

$$\text{对 B 电热器,电流的有效值 } I_B = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

$$\text{根据电功率公式 } P = I^2 R \text{ 可得 } P_A : P_B = I_A^2 : I_B^2 = 5 : 4$$

B 组

1. 答案 (1) 甲图中穿过线圈的磁通量为 $\Phi_{\text{甲}} = B_0 S \cos \frac{2\pi}{T}t$, 乙图

中穿过线圈的磁通量为 $\Phi_{\text{乙}} = B_0 S \cos \frac{2\pi}{T}t$, 所以穿过两线圈的磁通量变化规律相同。

(2) 由于穿过两线圈的磁通量变化规律相同,则两线圈中产生的感应电动势的变化规律相同。

2. 答案 (1) 由图乙知,原线圈所加电压的有效值为 $U_1 = \frac{\sqrt{2}}{2}U_{\text{im}} =$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \times 5 \text{ V} = 3.54 \text{ V}$$

即电压表的示数为 3.54 V

(2) 欲实现点火,要求变压器副线圈输出电压的最大值大于 5 000 V

$$\text{由 } \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \text{ 得 } \frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} < \frac{5 \text{ V}}{5000 \text{ V}} = \frac{1}{1000}$$

所以,当变压器原、副线圈的匝数比 $n_1 : n_2 < 1 : 1000$ 时,可实现正常点火。

3. 答案 (1) 设副线圈回路中电阻两端的电压为 U ,由题意知,副线圈中的电流为 $I_2 = \frac{U}{R}$

$$\text{则原线圈中的电流为 } I_1 = \frac{1}{3}I_2 = \frac{U}{3R}$$

$$\text{与原线圈串联的电阻两端的电压为 } U_R = I_1 R = \frac{U}{3}$$

由理想变压器的变压规律可知,原线圈两端的电压为 $3U$

$$\text{所以有 } \frac{U}{3} + 3U = 220 \text{ V}$$

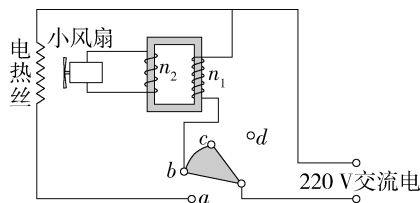
$$\text{解得 } U = 66 \text{ V}$$

$$(2) \text{原线圈回路中电阻消耗的功率为 } P_1 = I_1^2 R = \frac{U^2}{9R}$$

$$\text{副线圈回路中电阻消耗的功率为 } P_2 = \frac{U^2}{R}$$

所以原、副线圈回路中电阻消耗的功率之比为 $P_1 : P_2 = 1 : 9$ 。

4. 答案 (1) 当电吹风送出来的是冷风时,电路中只有小风扇工作,触片 P 与触点 b、c 接触。



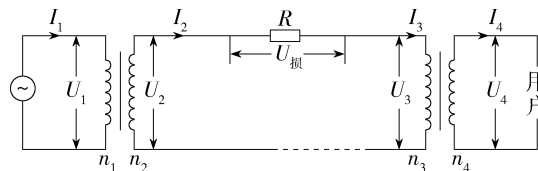
(2) 根据表中数据,利用正常工作时小风扇的输出功率和冷风时的输入功率可以得出小风扇的热功率,为 $P_{\text{热}} = 60 \text{ W} - 52 \text{ W} = 8 \text{ W}$,此时流过小风扇的电流 $I = \frac{P}{U} = \frac{60}{60} \text{ A} = 1 \text{ A}$,则由

$$P_{\text{热}} = I^2 r \text{ 解得 } r = 8 \Omega。$$

(3) 根据理想变压器的原、副线圈的匝数与电压的关系可

$$\text{知 } \frac{n_1}{n_2} = \frac{U}{U_0} = \frac{220}{60} = \frac{11}{3}。$$

5. 答案 画出远距离输电原理如图



$$\text{发电机的输出功率 } P = \frac{50\% mgh}{t} = \frac{50\% \rho Q t gh}{t} = 50\% \times 1 \times$$

$$10^3 \times 4 \times 10 \times 5 \text{ W} = 1 \times 10^5 \text{ W}$$

$$P_{\text{损}} = 5\% P = I_2^2 R$$

$$\text{代入数据得输电线上的电流 } I_2 = 25\sqrt{2} \text{ A}$$

$$\text{则升压变压器的输出电压 } U_2 = \frac{P}{I_2} = \frac{1 \times 10^5}{25\sqrt{2}} \text{ V} = 2000\sqrt{2} \text{ V}$$

则升压变压器原、副线圈的匝数比

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{350 \text{ V}}{2000\sqrt{2} \text{ V}} \approx \frac{1}{8}$$

$$\text{输电线上的电压损失 } U_{\text{损}} = I_2 R = 100\sqrt{2} \text{ V}$$

$$\text{则降压变压器的输入电压 } U_3 = U_2 - U_{\text{损}} = 2000\sqrt{2} \text{ V} - 100\sqrt{2} \text{ V} = 1900\sqrt{2} \text{ V}$$

$$\text{降压变压器原、副线圈的匝数比 } \frac{n_3}{n_4} = \frac{U_3}{U_4} = \frac{1900\sqrt{2} \text{ V}}{220 \text{ V}} \approx \frac{12}{1}$$

6. 答案 (1) 线圈由图示位置转过 90° 过程,磁通量的变化量 $\Delta\Phi = BS$

$$\text{线圈转过 } 90^\circ \text{ 所用的时间为 } \Delta t = \frac{T}{4} = \frac{2\pi}{4\omega} = \frac{\pi}{2\omega}$$

$$\text{平均感应电动势为 } \bar{E} = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{2NBS\omega}{\pi}$$

$$\text{平均感应电流为 } \bar{I} = \frac{\bar{E}}{R+r} = \frac{2NBS\omega}{\pi(R+r)}$$

$$\text{通过电阻 } R \text{ 的电荷量为 } q = \bar{I} \cdot \Delta t = \frac{NBS}{R+r}$$

$$(2) \text{线圈中感应电动势的有效值为 } E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{NBS\omega}{\sqrt{2}}$$

$$\text{电流的有效值为 } I = \frac{E}{R+r} = \frac{NBS\omega}{\sqrt{2}(R+r)}$$

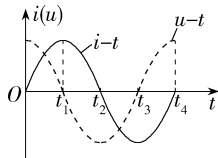
$$\text{电阻 } R \text{ 上产生的热量为 } Q = I^2 R \Delta t = \frac{\pi N^2 B^2 S^2 \omega R}{4(R+r)^2}$$

第四章 电磁振荡与电磁波

1 电磁振荡

◆练习与应用

1. 答案 振荡电路的电压、电路中的电流发生周期性变化。刚开始放电时,电容器两极板所带电荷量、板间电压最大,电路中电流为零。



2. 答案 电容器充电时,板间电压增大,电场能增大;电容器放电时,电路中电流增大,磁场能增大。如上图, $t_1 \sim t_2$ 、 $t_3 \sim t_4$ 时间内,电场能在增大,电场能最大时,电压最大,电流为零。在 $0 \sim t_1$ 、 $t_2 \sim t_3$ 时间内,磁场能在增大,磁场能最大时,电流最大,电压为零。

3. 答案 根据 LC 振荡电路的频率公式 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 可知,当 L 一定时, C 取最大值时 f 最小, C 取最小值时 f 最大。

$$535 \text{ kHz} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{\max}}}$$

$$1\,605 \text{ kHz} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{\min}}}$$

$$\text{联立解得 } C_{\max} : C_{\min} = 9 : 1$$

4. 答案 电容器两极板间的液体就是一种电介质,当液面的高度降低时,电容器的电容减小。根据 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 可知,电容 C 减小时, LC 振荡电路的振荡频率增大。

2 电磁场与电磁波

◆练习与应用

1. 答案 麦克斯韦在法拉第电磁感应现象的基础上提出“变化的磁场产生电场”的假设。“变化的电场产生磁场”是他相信自然规律的统一性与和谐性而假设的,他相信磁场和电场有对称之美。他认为:既然变化的磁场能够在空间产生电场,那么变化的电场也能够产生磁场。后来包括赫兹实验在内的一系列实验都证实了麦克斯韦的假设的正确性。

2. 答案 观察到的现象:当感应圈两个金属球间有火花跳过时,导线环两端小球间也跳过电火花。

当与感应圈相连的两个金属球间产生电火花时,周围空间出现了迅速变化的电磁场,这种变化的电磁场以电磁波的形式在空间传播。当电磁波到达导线环时,它在导线环中激发出感应电动势,使得导线环两端小球间也产生电火花,说明这个导线环接收到了电磁波。

3. 答案 夏天打雷时,正在播放节目的收音机会发出“咯、咯”的声音;用手机拨打电话时会影响附近的收音机、电视等。这些现象能说明电磁波的存在。

4. 答案 (1) 声波与电磁波的相同点:声波、电磁波均可以发生干涉、衍射现象,均能传递信息和能量。

(2) 声波与电磁波的不同点

	声波	电磁波
研究对象	力学现象	电磁现象
周期性变化的物理量	位移随时间和空间做周期性变化	电场强度 E 和磁感应强度 B 随时间和空间做周期性变化
传播	传播需要介质,波速与介质有关,与频率无关	传播无需介质,在真空中波速总是 c ,在介质中传播时,波速与介质及频率都有关系
产生	由质点(波源)振动产生	由周期性变化的电流(电磁振荡)激发

3 无线电波的发射和接收

◆练习与应用

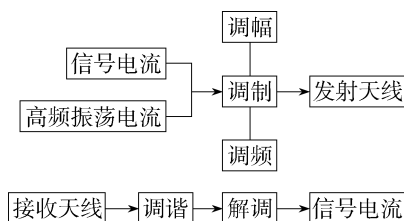
1. 答案 调制:在电磁波发射技术中,使载波随各种信号而改变的技术叫作调制。

调幅:使高频电磁波的振幅随信号的强弱而改变,这种调制叫作调幅。

调频:使高频电磁波的频率随信号的强弱而改变,这种调制叫作调频。

调谐:使接收电路产生电谐振的过程叫作调谐。

解调:把声音或图像信号从高频电流中还原出来的过程叫作解调。



2. 答案 调幅波是在载波的基础上叠加了音频信号,调幅波的图像是上下对称的。以低频的音频信号作为包络,载波的高频信号被包含在低频信号的包络中。

3. 答案 根据公式 $\lambda = \frac{c}{f}$ 可得

$$\lambda_1 = \frac{c}{f_1} = \frac{3.0 \times 10^8}{20.009 \times 10^6} \text{ m} = 14.993 \text{ m}$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{f_2} = \frac{3.0 \times 10^8}{19.995 \times 10^6} \text{ m} = 15.004 \text{ m}$$

4. 答案 为了收到频率最高的中波电台,需要增大接收电路的固有频率,由 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 可知,要增大 f ,则应减小 L ,故应减少线圈匝数。

4 电磁波谱

◆练习与应用

1. 答案 从电磁波具有能量可以看出,电磁波和实物粒子一样,是一种物质。

2. 答案 需要的时间 $t = \frac{s}{c} = \frac{10}{3.0 \times 10^8} \text{ s} \approx 3.3 \times 10^{-8} \text{ s}$

$$n = \frac{s}{\lambda} = \frac{10 \text{ m}}{6.0 \times 10^{-7} \text{ m}} \approx 1.7 \times 10^7$$

这个距离为波长的 1.7×10^7 倍。

3. 答案 由于 $c \gg v$, 故不考虑电磁波传播过程中飞机的位移, 则

$$2s_1 = ct_1, 2s_2 = ct_2$$

$$\Delta s = s_1 - s_2 = \frac{1}{2}c(t_1 - t_2) = \frac{1}{2} \times 3.0 \times 10^8 \times 2 \times 10^{-6} \text{ m} = 300 \text{ m}$$

$$\text{所以 } v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{300}{0.8} \text{ m/s} = 375 \text{ m/s}$$

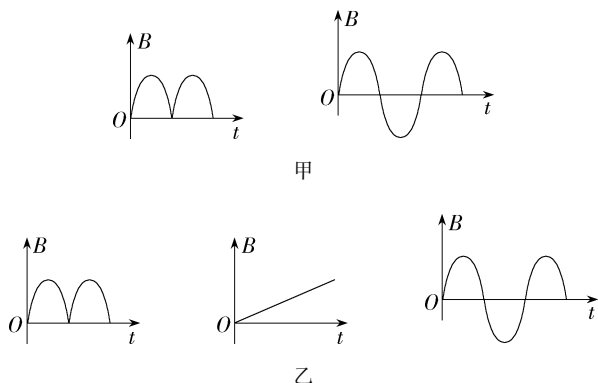
4. 答案 电视机接收的无线电波, 遥控器发出的红外线, 医院用于灭菌消毒的紫外线, 医用透视的 X 射线, 用于金属探伤的 γ 射线。

5. 答案 根据适者生存的原则, 只有适应这种环境(对这部分电磁波敏感——能引起视觉效果)的动物才能生存下来, 这是自然选择的结果。

◆复习与提高

A 组

1. 答案 根据麦克斯韦的电磁场理论, 变化的磁场在周围空间产生电场, 周期性变化的磁场在周围空间产生周期性变化的电场, 从而产生电磁波。可以产生电磁波的见甲图, 产生电场的见乙图。



2. 答案 电磁波按频率从小到大的顺序排列为: 无线电波、微波、红外线、可见光、紫外线、X 射线、 γ 射线, 所以 $f_1 < f_2 < f_3 < f_4$ 。

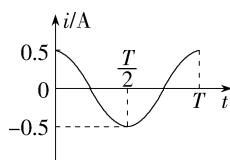
3. 答案 Oa 段电容器放电, 电路中电流沿逆时针方向, 磁场能增大; ab 段电容器充电, 磁场能减弱; bc 段电容器放电, 电路中电流沿顺时针方向, 磁场能增大; cd 段电容器充电, 磁场能减弱, M 板带正电。

4. 答案 根据 $c = \lambda f$ 可知, $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.0 \times 10^8}{8.00 \times 10^8} \text{ m} = \frac{3}{8} \text{ m}$

$$\text{手机天线的长度应为 } l = \frac{1}{4}\lambda = \frac{1}{4} \times \frac{3}{8} \text{ m} = 0.09375 \text{ m}$$

B 组

1. 答案 电路接通达到稳定时, 线圈中有电流, 而电容器中没有电流, 流过线圈的电流方向为从 $a \rightarrow b$ 。断开开关的瞬间, 电流要减小, 线圈产生感应电动势阻碍电流的减小, 则电流方向不变, 大小慢慢减小, 同时对电容器充电, 当电容器充电完毕时, 电流为零; 接着电容器放电, 电流方向与之前相反, 大小不断增大, 当电容器放电完毕时, 电流最大; 之后电容器与线圈组成的 LC 回路重复以上的过程, 在 LC 回路中形成电磁振荡, 回路中出现余弦式电流。如图所示:



2. 答案 带电粒子在回旋加速器中旋转一周, 两次通过狭缝, 即被加速两次, 所以应使粒子在磁场中做匀速圆周运动的周期与高频电源的周期相等。

带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的周期

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

回旋加速器两个 D 形盒所接高频电源是一个 LC 振荡器, 其振荡周期 $T' = 2\pi \sqrt{LC}$

$$\text{则应有 } T' = T, \text{ 即 } 2\pi \sqrt{LC} = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$\text{得到 } LC = \frac{m^2}{q^2 B^2}$$

3. 答案 (1) 根据公式 $f = \frac{c}{\lambda}$, 得 $f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3.0 \times 10^8}{290} \text{ Hz} \approx 1034 \text{ kHz}$

$$f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{3.0 \times 10^8}{397} \text{ Hz} \approx 756 \text{ kHz}$$

$$f_3 = \frac{c}{\lambda_3} = \frac{3.0 \times 10^8}{566} \text{ Hz} \approx 530 \text{ kHz}$$

当把收音机的调谐电路的频率调到 756 kHz 时, 波长为 397 m 的无线电波在收音机中产生的振荡电流最强。

(2) 由上可知, 要接收波长为 290 m 的无线电波, 应增大调谐电路的固有频率, 依据公式 $f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$, 可知应把调谐电路中可调电容器的电容调小一些。

4. 答案 (1) 开关 S 断开时, 极板间带电灰尘处于静止状态, 则有 $mg = q \frac{Q}{Cd}$, 式中 m 为灰尘质量, Q 为电容器所带的电荷量, d 为板间距离。

$$\text{由 } T = 2\pi \sqrt{LC}, \text{ 得 } T = 2\pi \times \sqrt{1 \times 10^{-3} \times 0.4 \times 10^{-6}} \text{ s} = 4\pi \times 10^{-5} \text{ s}$$

当 $t = 2\pi \times 10^{-5} \text{ s}$ 时, 即 $t = \frac{T}{2}$, 振荡电路中电流为零, 电容器极板间场强方向与 $t=0$ 时刻相反

$$\text{则此时灰尘所受的合外力为 } F_{\text{合}} = mg + q \frac{Q}{Cd} = 2mg$$

又因为 $F_{\text{合}} = ma$, 所以 $a = 2g$

则经 $2\pi \times 10^{-5} \text{ s}$ 时, 电容器内灰尘的加速度大小为 $2g$ 。

(2) 当线圈中电流最大时, 电容器所带的电荷量为零, 此时灰尘仅受重力, 灰尘的加速度大小为 g , 方向竖直向下。

5. 答案 第 1 次发射电磁波时汽车与雷达间距离: $s_1 = \frac{ct_1}{2}$

$$\text{第 2 次发射电磁波时汽车与雷达间距离: } s_2 = \frac{ct_2}{2}$$

$$\text{两次发射时间间隔为 } t, \text{ 则汽车车速: } v = \frac{\Delta s}{t} = \frac{s_1 - s_2}{t} = \frac{c(t_1 - t_2)}{2t}$$

第 5 章 传感器

1 认识传感器

◆练习与应用

1. 答案 传感器(sensor)是指这样一类器件或装置: 它能够感受诸如力、温度、光、声、化学成分等被测量, 并能把它们按照一

定的规律转换为便于传送和处理的可用信号输出。通常转换成的可用信号是电压、电流等电学量,或转换为电路的通断。传感器的作用是能把非电学量转换为电学量,可以很方便地进行测量、传输、处理和控制。

2. 答案 智能垃圾桶由先进的微电脑控制芯片、红外传感探测装置、机械传动装置组成,当人的手靠近垃圾桶时,红外传感探测装置探测到人体发出的红外线,垃圾桶盖自动打开,待垃圾投入 3~4 秒后桶盖又会自动关闭。

3. 答案 (1) 恒温孵化器要保持禽蛋的温度在一定范围内,温度高了,孵化器所在电路自动断开停止加热,温度低了,孵化器所在电路自动接通加热。要保持恒温,要用到温度传感器。

(2) 电梯超载自动报警系统电路由工作电路和控制电路组成:在工作电路中,当电梯没有超载时,电动机正常工作;当电梯超载时,电铃发出报警铃声。因此需要用到压力传感器。

(3) 汽车尾气(含有 CO 、 NO 、 SO_2 等有毒气体)是空气的污染源之一,治理的方法之一是在汽车的排气管上安装一个气敏传感器。

2 常见传感器的工作原理及应用

◆ 练习与应用

1. 答案 同一种名称的传感器可能有不同的结构和工作原理,下面仅列出一种答案供参考。

传感器名称	输入的物理量	输出的物理量
光敏电阻	光照强度	电阻
热敏电阻	温度	电阻
金属热电阻	温度	电阻
电阻应变片	力	电阻
电容式位移传感器	位移	电容

说明:(1) 光敏电阻可能的工作原理:半导体受光照,电阻变化。

(2) 热敏电阻可能的工作原理:半导体受热,电阻变化。

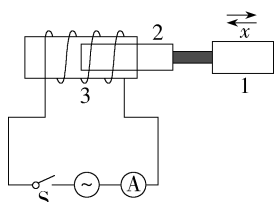
(3) 金属热电阻可能的工作原理:金属受热,电阻变化。

(4) 电阻应变片可能的工作原理:金属导体在外力作用下发生机械形变,电阻变化。

(5) 电容式位移传感器可能的工作原理:被测物体发生位移时,电介质板随之在电容器两极板之间移动,导致电容变化。

2. 答案 物体 1 左右移动时,铁芯 2 插入线圈 3 中的长度发生变化,线圈 3 的自感系数就发生变化,这种装置将位移这个力学量转换成自感系数这个电学量。

设计电路如图所示



3. 答案 (1) 开始煮饭时,用手压下开关按钮,永磁体与感温铁氧体相吸,手松开后,按钮不会恢复到图示状态,这样触点接通,电热板通电加热。

(2) 水沸腾后,水温不再升高,锅内温度保持 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 不变,

故感温铁氧体仍与永磁体相吸,继续加热一直到饭煮熟,温度大致不变。

(3) 饭熟后,水分被大米吸收,锅底温度会升高,当温度升高到“居里点” $103\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,感温铁氧体失去铁磁性,在弹簧作用下,永磁体被弹开,触点分离,从而停止加热。

(4) 如果用电饭锅烧水,因为水沸腾后水温保持在 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$,故不能自动断电。

3 利用传感器制作简单的自动控制装置

◆ 练习与应用

1. 答案 当物体具有图示方向的加速度 a 时,滑块 2 将向左移动,带动变阻器的滑动片 4 左移;滑动片右侧电阻变大,该部分电阻上电势降落变大,故 Q 点电势高于 P 点,则电压表指针向零点左侧偏转。

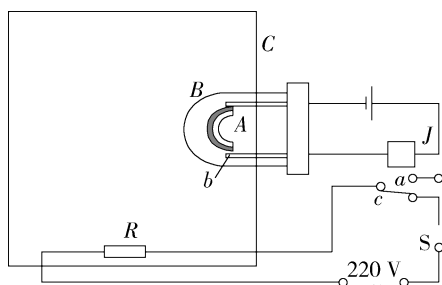
设滑块向左偏移 x ,由牛顿第二定律有 $2kx = ma$

在电流大小不变时, $U_{QP} \propto x$

则 $U_{QP} \propto a$

物体加速度越大,指针偏转角度越大。

2. 答案 电热水器可以有不同的设计方案,如图是其中的一种。图中 A 为双金属片,一端固定上面的金属杆上,另一自由端与下面的金属杆 b 构成一对触点。将它密封在玻璃罩 B 内,成为温度传感器,浸入热水器 C 的水中。 J 为电磁继电器的线圈, a 为该继电器的常开触点, R 为大功率电热元件。常温下,双金属片 A 的自由端与触点 b 是分离的,继电器不工作;闭合开关 S ,电热元件通电发热。当水温升至 60°C 时,双金属片 A 因温度升高发生形变而与触点 b 接通,则继电器开始工作,动触点 c 与常开触点 a 接通,就停止对水加热了。水温下降到 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下时, A 与 b 又分离,再给水加热。



3. 答案 当工人不慎将手伸入危险区时,手遮住了光线,二极管截止,电磁继电器放开衔铁,机床停止工作。

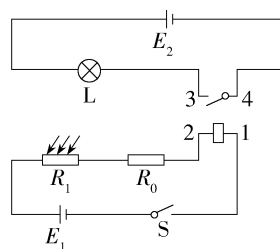
◆ 复习与提高

A 组

1. 答案 手靠近自动干手机能使机内的传感器工作,是因为改变了机内电容式传感器的电容,发送启动信号给控制芯片,控制芯片再驱动电热器工作。

2. 答案 洗衣机设有多段式水位自动感应装置,是通过将不同的压力转换成电学量工作的,运用的是压力传感器。

3. 答案 如图所示



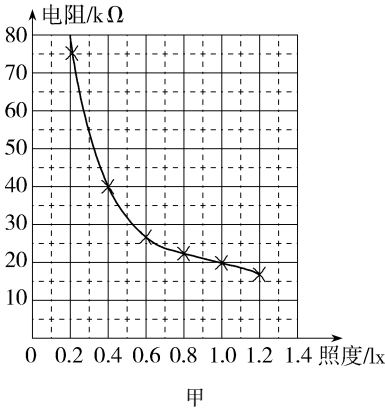
- 4.答案 (1)常温下,上、下触点应当接触。当温度过高时,由于双金属片上、下层金属的热膨胀系数不同,双金属片向下弯曲,从而使上、下触点分离。
- (2)通过调温旋钮调节升降螺钉来实现不同温度的设定。如需设定的温度较高,则应使升降螺钉下降,反之升高。

B 组

1.答案

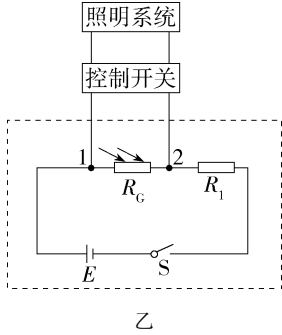
	电视	冰箱	洗衣机	热水器	微波炉	煤气用具	空气净化器
温度传感器		√		√	√		
光传感器	√						
压力传感器			√				
湿度传感器							
气体传感器						√	√

- 2.答案 (1)根据表中实验数据在坐标系内描出对应点,然后根据描出的点作出图像,如图甲所示。



阻值随照度变化的特点是:光敏电阻的阻值随光照强度的增大而非线性减小。

- (2)当天色渐暗,照度降低至 1.0 lx 时启动照明系统,此时光敏电阻阻值为 20 kΩ,两端电压为 2 V,电源电动势为 3 V,所以应加上一个阻值为 10 kΩ 的分压电阻,即选用 R_1 。电路原理图如图乙所示。



- 3.答案 这种光电式传感器还可以用在火车车厢、厨房、楼梯口、车库、医院等场合。

- 4.答案 当托盘中没有放物体时,电压表示数为零,当托盘内物体质量为 m 时,设托盘下降 x_1 ,根据平衡条件有 $mg=kx$ ①

$$\text{根据闭合电路欧姆定律得 } I = \frac{E}{r+R_0+R_x} \quad \text{②}$$

$$\text{故电压表读数为 } U = I \cdot R_x \quad \text{③}$$

$$\text{根据电阻定律有 } R_x = \frac{x}{l} R \quad \text{④}$$

$$\text{联立①②③④解得 } U = \frac{mgRE}{mgR + kl(R_0 + r)}$$

- 5.答案 (1)导体中电子定向移动形成电流,电子的运动方向与电流方向相反,电流方向向右,则电子向左运动。由左手定则判断,电子会偏向上侧面,下侧面出现等量的正电荷,电场方向向上,所以上侧面的电势低于下侧面的电势。

$$(2) \text{当电场力与洛伦兹力平衡时,有 } e \frac{U_H}{h} = evB$$

$$\text{解得 } U_H = hvB$$

$$\text{导体中通过的电流为 } I = nev \cdot d \cdot h$$

$$\text{所以 } U_H = \frac{BI}{ned}$$

- (3)磁敏元件的摆放方向对 U_H 有影响。在 I 、 n 、 e 、 d 都确定的情况下, U_H 与 B 成正比,因此把这种导体板上、下侧面间的电压 U_H 进行线性放大显示,用它做成的磁传感器的示数跟被测磁感应强度也成线性关系。

- 6.答案 (1)设计方案如图 1 所示。在 C 形软铁芯 1 上绕制线圈 2,霍尔传感器 3 置于铁芯的间隙中,并与数字毫伏表 4 相连,线圈中通入的待测电流 I 越强,铁芯间隙中的磁感应强度就越大,则传感器输出的电压越大。

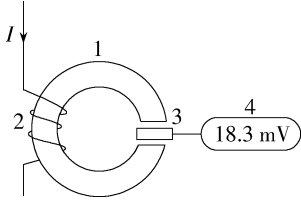


图 1

- (2)设计方案如图 2 所示。可转动物体 1 的边缘嵌入一个小永磁体 2,霍尔传感器 3 固定在旁边,并与计数电路和显示屏 4 相连,物体每转动一周,传感器就输出一个电压脉冲,显示屏显示的数字就增加 1。配合秒表测出在时间 t 内转动的周数 n ,就可以计算出转速。

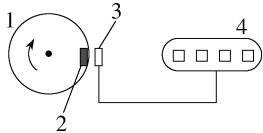


图 2