

## 《电磁学》作业十一答案

**5.1-1** 一横截面积为  $S=20\text{cm}^2$  的空心螺绕环, 每厘米长度上绕有 50 匝, 环外绕有  $N=5$  匝的副线圈, 副线圈与电流计  $G$  串联, 构成一个电阻为  $R=2.0$  欧的闭合回路。今使螺绕环中的电流每秒减少 20 安培, 求副线圈中的感应电动势  $\varepsilon$  和感应电流。

解: 由安培环路定理求得螺绕环内的磁场为  $B = \mu_0 n I$

通过副线圈的磁通匝链数为:  $\phi_m = N B S = N \mu_0 n I S$  由题意:  $\frac{dI}{dt} = -20(\text{A/s})$

副线圈中的感应电动势:  $\varepsilon = -\frac{d\phi_m}{dt} = -N \mu_0 n S \frac{dI}{dt} = -N \mu_0 n S (-20) = 1.256 \times 10^{-3}(\text{V})$

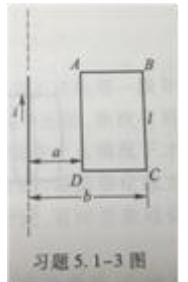
副线圈中的感应电流:  $i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{1.256 \times 10^{-3}}{2} = 6.28 \times 10^{-4}(\text{A})$

**5.1-3** 如附图所示, 一很长的直导线有交变电流, 它旁边有一长方形线圈  $ABCD$ , 长为  $l$ , 宽为  $(b-a)$ , 线圈和导线在同一平面内。求:

- (1) 穿过回路  $ABCD$  的磁通量  $\phi$ ;
- (2) 回路  $ABCD$  中的感应电动势  $\varepsilon$

解: (1)  $\phi_m = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_a^b \frac{\mu_0 i}{2\pi r} l dr = \frac{\mu_0 l i}{2\pi} \ln \frac{b}{a} = \frac{\mu_0 l}{2\pi} (\ln \frac{b}{a}) I_0 \sin \omega t$

(2)  $\varepsilon = -\frac{d\phi_m}{dt} = -\frac{\mu_0 l \omega}{2\pi} (\ln \frac{b}{a}) I_0 \cos \omega t$



习题 5.1-3 图

**5.2-2** 两段导线  $ab=bc=10$  厘米, 在  $b$  处相接而成  $30^\circ$  角。若使导线在匀强磁场中以速率  $v=1.5$  米/秒运动, 方向如图所示, 磁场方向垂直图面向内,  $B=2.5 \times 10^{-2}$  高斯, 问  $ac$  间的电位差是多少, 哪一端高。

解: 由题意可求得动生电动势

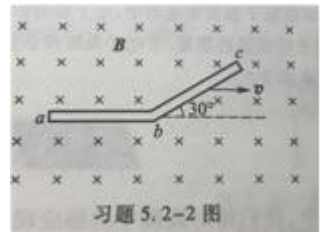
$\varepsilon_{ab} = 0$  设  $b \rightarrow c$  为正方向

$\varepsilon_{bc} = \int (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \int_0^{10\text{cm}} v B \cos 60^\circ dl = \frac{1}{2} B l v = 1.88 \times 10^{-3}(\text{V}) > 0$

$\varepsilon_{bc}$  实际方向与正方向相同, 即:  $b \rightarrow c$   $V_c > V_b$   $V_b = V_a$

$\varepsilon_{ac} = \varepsilon_{ab} + \varepsilon_{bc} = 1.88 \times 10^{-3}(\text{V})$

$V_c > V_a$   $c$  端电势高



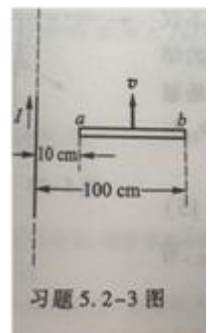
习题 5.2-2 图

**5.2-3** 如图, 金属棒  $ab$  以  $v=2.0$  米/秒的速率平行于直导线运动, 此导线电流  $I=40$  安培。求棒中感应电动势大小, 哪一端的电位高?

解: 设  $a \rightarrow b$  为正方向

$\varepsilon = \int (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \int_a^b (v \frac{\mu_0 I}{2\pi r}) \cos 180^\circ dl = -\frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln 10 = -3.68 \times 10^{-5}(\text{V}) < 0$

电动势实际方向与正方向相反: 即  $b \rightarrow a$ ,  $V_a > V_b$   $a$  端电势高



习题 5.2-3 图

**5.3-2** 一圆形线圈由 50 匝表面绝缘的细导线绕成，圆面积为  $S=4$  厘米<sup>2</sup>，放在另一个半径  $R=20$  厘米  $R$  的大圆形线圈中心，两者同轴，如附和图所示，大圆形线圈由 100 匝表面绝缘的导线绕成。

(1) 求这两个线圈的互感  $M$ 。

(2) 当大线圈导线中的电流每秒减小 50 安培时，求小线圈中的感应电动势；

解：(1) 设大圆线圈通有电流  $I$

$$B_0 = \frac{N_1 \mu_0 I}{2R}$$

$$\text{小圆线圈内的全磁通: } \phi_m = N_2 B_0 S = \frac{N_1 N_2 \mu_0 I S}{2R}$$

$$\text{两线圈互感: } M = \frac{\phi_m}{I} = \frac{N_1 N_2 \mu_0 S}{2R} = 6.28 \times 10^{-6} (H)$$

$$(2) \text{ 由题意, } \frac{dI}{dt} = -50 (A/m)$$

$$\varepsilon = -M \frac{dI}{dt} = -6.28 \times 10^{-6} \times (-50) = 3.14 \times 10^{-4} (V)$$



习题 5.3-2 图

**5.3-5** 在长 60 厘米，直径 5 厘米的空心纸筒上绕多少匝导线，才能得到自感为  $6 \times 10^{-3}$  亨的线圈？

解：设导线内通有电流  $I$

$$B_0 = \mu_0 n I = \frac{\mu_0 N I}{l} \quad \phi_m = N B_0 S = \frac{\mu_0 N^2 I \pi d^2}{4l}$$

$$\text{自感系数: } L = \frac{\phi_m}{I} = \frac{\mu_0 N^2 \pi d^2}{4l}$$

$$N = \sqrt{\frac{4lL}{\mu_0 \pi d^2}} \approx 1209 \text{ (匝)}$$

**5.3-6** 圆形截面螺绕环尺寸如图，总匝数  $N$ ，(1) 求自感系数；

(2)  $N=1000$  时， $D_1=20$  厘米， $D_2=10$  厘米， $h=1$  厘米时，自感是多少？

解：(1) 设螺绕环内通有电流  $I$ ，由安培环路定理得：

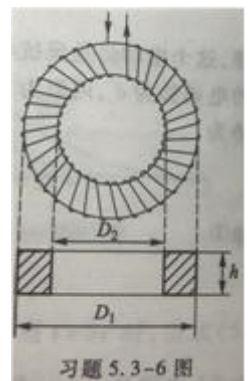
$$B_0 = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$$

$$\phi_m = N \iint \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_{D_2/2}^{D_1/2} \frac{\mu_0 N^2 I}{2\pi r} h dr = \frac{\mu_0 N^2 I h}{2\pi} \ln \frac{D_1}{D_2}$$

$$L = \frac{\phi_m}{I} = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln \frac{D_1}{D_2}$$

(2) 代入数据

$$L = \frac{\phi_m}{I} = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln \frac{D_1}{D_2} \approx 1.39 \times 10^{-3} (H)$$



习题 5.3-6 图