工科物理大作业参考答案

【第 7 章】电磁感应与电磁场答案

一、选择题：

1. D　2. C　3. B　4. A　5. D　6. C　7. D　8. D　9. C　10. D
11. B　12. A

二、填空题：

13．$\varepsilon = -NbB\dfrac{dx}{dt} = NbB\omega A\sin\omega t$

14．相同（或$\dfrac{1}{2}B\omega R^2$）；沿曲线由中心向外

15．减小

16．0

17．0

18．⑴②；⑵③；⑶①；（4）④

三、综合应用题：

19. 解：由电磁感应定律　$\varepsilon = -\dfrac{d\Phi}{dt}$

电动势的大小　$\varepsilon = \left|-\dfrac{d\Phi}{dt}\right| = \left|-\dfrac{d(\vec{B}\cdot\vec{S})}{dt}\right| = S\dfrac{dB}{dt}$　（均匀磁场）

$$\varepsilon = S\frac{dB}{dt} = \left(\frac{1}{2}R^2\theta - \frac{1}{2}\overline{ab}\cdot\overline{Ol}\right)\frac{dB}{dt} = 3.68mV$$

ε 方向：沿 $adcb$ 绕向。

20. 当长直导线中有电流 I 时，矩形线框中的磁通量为

$$\Phi = \iint \vec{B}\cdot d\vec{S} = \int_a^b \frac{\mu_0 I}{2\pi r}c\,dr = \frac{\mu_0 Ic}{2\pi}\ln\frac{b}{a}$$

所以它们之间互感系数为

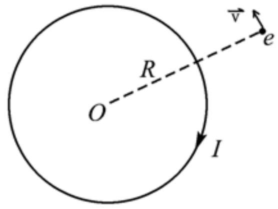
$$M = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 c}{2\pi}\ln\frac{b}{a}$$

当矩形线框中有电流 $i = I_0\sin\omega t$ 时，便在长直导线中引起感应电动势

$$\varepsilon_i = -M\frac{di}{dt} = -\frac{\mu_0 c I_0\omega}{2\pi}\left(\ln\frac{b}{a}\right)\cos\omega t$$

$\varepsilon_i > 0$ 时，电动势方向向下。

21. 解：电子运动方向如图所示。



由 $-d\Phi/dt=\oint_{(L)}\vec{E}\cdot d\vec{l}$ 可知

当电流减小时，变化磁场激发的涡旋电场方向是顺时针的，又考虑到电子带负点，电子开始运动的方向如图中 $\vec{v}$ 的方向。

22. 解 ：(1) 此时在 ab 或回路 $abcda$ 中产生的感应电动势为动生电动势，回路 $abcda$ 中的总感应电动势即为 ab 中的动生电动势。可只求 ab 中的动生电动势，也可用法拉第电磁感应定律求回路 $abcda$ 的总感应电动势。

方法一

设任意时刻 t, ab 运动至距离 dc 为 l_2 处，此时穿过回路 $abcda$ 的磁通量

$$\Phi=\iint_{(S)}\vec{B}\cdot d\vec{S}=\int_{l_0}^{l_0+l_1}\frac{\mu_0 I_0}{2\pi x}l_2 dx=\frac{\mu_0 I_0 l_2}{2\pi}\ln\frac{l_0+l_1}{l_0}$$

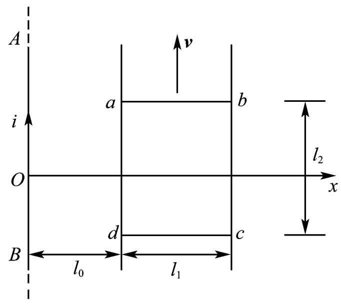
由法拉第电磁感应定律，$abcda$ 回路的感应电动势

$$\varepsilon_i=-\frac{d\Phi}{dt}=-\frac{d}{dt}\left[\frac{\mu_0 I_0 l_2}{2\pi}\ln\frac{l_0+l_1}{l_0}\right]=-\frac{\mu_0 I_0}{2\pi}\ln\frac{l_0+l_1}{l_0}\frac{dl_2}{dt}=-\frac{\mu_0 I_0 v}{2\pi}\ln\frac{l_0+l_1}{l_0}$$

所以 $\varepsilon_{ab}=\varepsilon_i=-\dfrac{\mu_0 v I_0}{2\pi}\ln\dfrac{l_0+l_1}{l_0}$

方法二

建立坐标 Ox, x 沿 ab 方向，原点在长直导线处,



则 x 处的磁场为 $B=\dfrac{\mu_0 i}{2\pi x}$, $i=I_0$ (注意 $\overline{ab}$ 所处的磁场不均匀)

沿 a→b 方向

动生电动势 $\varepsilon_{ab}=\int_a^b(\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{l}=-\int_a^b vBdl=-\int_{l_0}^{l_0+l_1}v\frac{\mu_0 I_0}{2\pi x}dx=-\frac{\mu_0 v I_0}{2\pi}\ln\frac{l_0+l_1}{l_0}$

故 $U_a > U_b$ (注意：此时电动势的方向是经由源内部由负极指向正极)

(2) 此时矩形回路中的感应电动势既有动生电动势又有感生电动势,此时宜用法拉第电磁感应定律求解。

当 $i = I_0 \cos\omega t$，选 $abcda$ 作为回路正方向

$$\Phi = \iint\limits_{(S)} \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int\limits_{(L)} B l_2 dx = \int_{l_0}^{l_0+l_1} \frac{\mu_0 i l_2}{2\pi x} dx = \frac{\mu_0 i l_2}{2\pi} \ln \frac{l_0 + l_1}{l_0}$$

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}\left(\frac{\mu_0 i l_2}{2\pi} \ln \frac{l_0 + l_1}{l_0}\right) = -\frac{d}{dt}\left(\frac{\mu_0 I_0 \cos\omega t l_2}{2\pi} \ln \frac{l_0 + l_1}{l_0}\right)$$

$$= \frac{\mu_0 I_0}{2\pi} \ln \frac{l_0 + l_1}{l_0} \left(l_2 \omega \sin\omega t - v \cos\omega t\right)$$

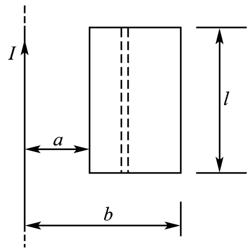
23. 解 (1)无限长直导线在空间产生的磁场方向垂直纸面向里，大小为

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

穿过矩形线圈的磁通

$$\Phi = \iint\limits_{(S)} \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

根据磁场的分布特点，选长为 l，宽为 dr 的面积元 dS



则穿过此面积元的磁通

$$d\Phi = \vec{B} \cdot d\vec{S} = B l dr$$

所以 $$\Phi = \int_a^b \frac{\mu_0 I}{2\pi r} l dr = \frac{\mu_0 I l}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$$

由法拉第电磁感应定律 $$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}$$

可得 $$\varepsilon_i = -\frac{\mu_0 l}{2\pi}\left(\ln \frac{b}{a}\right)\frac{dI}{dt} = \frac{3\mu_0 l I_0}{2\pi}\left(\ln \frac{b}{a}\right) e^{-3t}$$

由楞次定律或由法拉第电磁感应定律判断可知: 矩形线圈回路感应电流的方向为顺时针方向。

(2) $M = \dfrac{\Phi}{I} = \dfrac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \dfrac{b}{a}$

讨论：若在此题中，长直导线中无电流，而在矩形线圈中通以顺时针方向流动的电流 $I = I_0 e^{-3t}$，此时在长直导线中产生的感应电动势则不宜由法拉第电磁感应定律求解，可由互感电动势求得，即

$$\varepsilon_{21} = -M\frac{dI_1}{dt} \text{ 或 } \varepsilon_{12} = -M\frac{dI_2}{dt}$$

所以 $$\varepsilon = -M\frac{d}{dt}\left(I_0 e^{-3t}\right) = -\frac{\mu_0 l}{2\pi}\left(\ln\frac{b}{a}\right)\cdot I_0\cdot(-3)\cdot e^{-3t} = \frac{3\mu_0 l I_0}{2\pi}\left(\ln\frac{b}{a}\right)e^{-3t}$$