当$0 \le t \le \dfrac{D}{v}$时

$$\varepsilon = 2Bv^2 t \tan\alpha$$

当$t > \dfrac{D}{v}$时

$$\varepsilon = Blv$$

6-2

由法拉第电磁感应定律

$$R\frac{dq}{dt} = -\frac{d\phi}{dt}$$

因此

$$RQ = -\Delta\phi = 2NBS$$

$$B = \frac{RQ}{2NS}$$

6-3

（1）

$$\phi = \int_a^b \frac{\mu_0 I_0 \sin\omega t}{2\pi r} b \cdot dr$$

$$= \frac{\mu_0 Il \sin\omega t}{2\pi} \ln\frac{b}{a}$$

因此

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{\mu_0 Il\omega\cos\omega t}{2\pi}\ln\frac{b}{a}$$

（2）

$$\phi = \int_{a+vt}^{b+vt} \frac{\mu_0 I_0 \sin\omega t}{2\pi r} l \cdot dr$$

$$= \frac{\mu_0 I_0 l \sin\omega t}{2\pi} \ln\frac{b+vt}{a+vt}$$

因此

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = \frac{\mu_0 I_0 l}{2\pi}(\omega\cos\omega\,\mathrm{t}\ln\frac{b+vt}{a+vt} + \sin\omega t\frac{(a-b)v}{(a+vt)(b+vt)})$$

（3）

由$I = \dfrac{\varepsilon}{R}$，其中$\varepsilon$为第二问的结果

并且有

$$F = B_1 Il - B_2 Il$$

$$B_1 - B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi}(\frac{1}{a'} - \frac{1}{b'}) = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\frac{b-a}{(a+vt)(b+vt)}$$

可得

$$F = \frac{(\mu_0 I_0 l)^2 \sin\omega t}{(2\pi)^2 R} \cdot \frac{b-a}{(a+vt)(b+vt)} \cdot (\omega\cos\omega \mathrm{t}\ln\frac{b+vt}{a+vt} + \sin\omega t\frac{(a-b)v}{(a+vt)(b+vt)})$$

6-4

$$\varepsilon = \int_L \vec{v}\times\vec{B}\cdot d\vec{l}$$

$$= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \omega R\sin\theta\overrightarrow{e_\varphi}\times(-\frac{\mu_0\mu}{2\pi}\frac{\cos\theta}{R^3}\overrightarrow{e_r} - \frac{\mu_0\mu}{4\pi}\frac{\sin\theta}{R^3}\overrightarrow{e_\theta})\overrightarrow{e_\theta}\cdot Rd\theta$$

$$= -\frac{\mu_0\mu\omega}{2\pi R}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\sin\theta\cos\theta d\theta$$

$$= -\frac{\mu_0\mu\omega}{4\pi R}$$

6-5

（1） 感应电动势为

$$\varepsilon = Blv = 0.62\times10^{-4}\times2.5\times\frac{60}{3.6}V = 2.6\times10^{-3}V$$

（2） 由 $qE = qvB$，车内静电场为

$$E = vB = 0.62\times10^{-4}\times\frac{60}{3.6}V\cdot m^{-1} = 1.0\times10^{-3}V\cdot m^{-1}$$

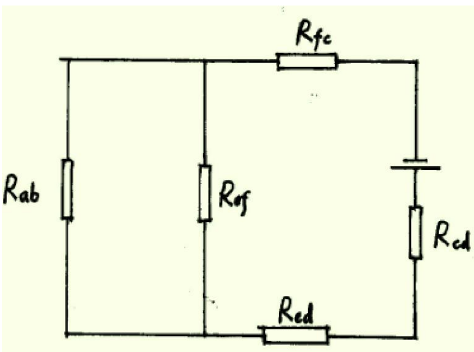
（3） 每一边的面电荷密度为

$$\sigma = \varepsilon_0 E = \frac{1}{36\pi\times10^9}\times10^{-3}C\cdot m^{-2} = 9.1\times10^{-15}C\cdot m^{-2}$$

6-6

注：题目有误，现改成：

$$R_{fc} = R_{ed} = 3\Omega, R_{cd} = R_{ef} = R_{ab} = 1.5\Omega,\ R_{be} = R_{af} = 0$$



题解 6-6 图

（1）　只有 cd 在无磁场区时的等效电路如图。该过程产生的焦耳热

$$Q_1=\frac{\varepsilon_1^2}{R_1}t=\frac{(1\times0.1\times2.4)^2}{0.75+6+1.5}\times\frac{0.1}{2.4}J=2.9\times10^{-4}J$$

（2）　同理，可以求得只有 ab 在磁场区时产生的焦耳热

$$Q_2=\frac{(1\times0.1\times2.4)^2}{1.5\times(6+1.5)/9+1.5}\times\frac{0.1}{2.4}J=8.7\times10^{-4}J$$

由能量守恒知，拉力做的功为

$$W=Q_1+Q_2=1.16\times10^{-3}J$$

6-7

线框中的感应电动势

$$\varepsilon=\varepsilon_{动}=\int_{L_0}^{L_0+L}\frac{\mu_0Iv}{2\pi r}dr=\frac{\mu_0Iv}{2\pi}\ln(1+\frac{L_1}{L_0})$$

6-8

由

$$\phi=\int_L^{L+a}\vec{B}\cdot d\vec{S}=\int_L^{L+a}\frac{\mu_0I}{2\pi r}\cdot\frac{b}{a}(r-a)\cdot dr$$

以及

$$\varepsilon=\frac{d\phi}{dt}$$

$$\frac{dL}{dt}=v$$

得到

$$\varepsilon=\frac{\mu_0Ibv}{2\pi a}(\ln(1+\frac{a}{vt+x_0})-\frac{a}{vt+x_0+a})$$

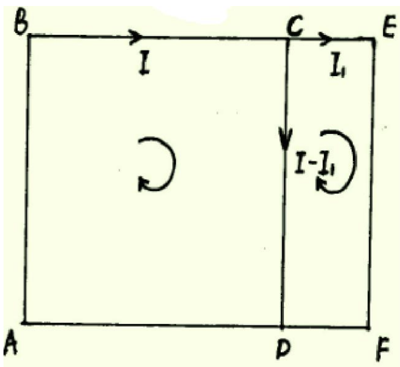
6-9

消除磁场时电路如图，回路 ABCD，CEFD 分别满足

$$I\rho\cdot\frac{5}{2}\cdot\frac{l}{S}+(I-I_1)\rho\cdot\frac{l}{S}=\frac{3}{4}a^2\frac{dB}{dt}$$

$$(I-I_1)\rho\cdot\frac{l}{S}+I_1\cdot\frac{3}{2}\rho\frac{l}{S}=\frac{1}{4}a^2\frac{dB}{dt}$$

因此



题解 6-9 图

$$I=\frac{17}{62}\cdot\frac{a^2S}{\rho l}\cdot\frac{dB}{dt}$$

$$I_1=\frac{13}{62}\cdot\frac{a^2S}{\rho l}\cdot\frac{dB}{dt}$$

由于

$$F=B(I-I_1)a=m\frac{dv}{dt}$$

代入电流表达式，解得速度为

$$v=\frac{a^3B^2S}{31\rho lm}$$

6-10

（1） 运动方程

$$m\frac{dv}{dt}=-\frac{B^2l^2v}{R}+gm$$

达到收尾速度时，$\frac{dv}{dt}=0$。因此

$$v_T=\frac{mgR}{B^2l^2}$$

（2） $v_T=\frac{mgR}{B^2l^2\sin^2\theta}$

6-11

（1） 互感系数

$$M=\frac{\Psi_{12}}{I}=\frac{\mu_0\pi a^2}{2b}\cos\omega t$$

（2） 小线圈中的感应电流

$$i=\frac{\varepsilon}{R}=-\frac{d\phi}{dt}\cdot\frac{1}{R}=\frac{\mu_0\pi a^2\omega\sin\omega t}{2Rb}$$

（3） 磁场对线圈的力矩

$$\begin{aligned}\vec{L}&=\vec{m}\times\vec{B}\\&=i\cdot\pi a^2\cdot B\sin\omega t\cdot(-\vec{e_\omega})\\&=-\frac{\mu_0\pi^2a^4B\omega\sin^2\omega t}{2Rb}\vec{e_\omega}\end{aligned}$$

故

$$\overrightarrow{L_{外}}=-\vec{L}=\frac{\mu_0\pi^2a^4B\omega\sin^2\omega t}{2Rb}\vec{e_\omega}$$

（4）　$\Psi_{12} = Mi$，大线圈的感应电动势

$$\varepsilon_{感} = -\frac{d\Psi_{12}}{dt} = -\frac{{\mu_0}^2\pi^2 a^4\omega^2\cos 2\omega t}{4Rb^2}$$

6-12

（1）

$\phi = N\cdot\pi a^2\cdot B\sin\omega t$

$\varepsilon_{动} = -\frac{d\phi}{dt} = -N\cdot\pi a^2\cdot B\omega\cos\omega t$

又因为自感电动势

$\varepsilon_{自} = -L\frac{dI}{dt}$

因此 I 满足方程

$-N\cdot\pi a^2\cdot B\omega\cos\omega t - L\frac{dI}{dt} = IR$

解此一阶微分方程可得

$I = \frac{\pi a^2\omega NB}{\omega^2 l^2 + R^2}(\mathrm{Re}^{-\frac{R}{L}t} - R\cos\omega t - \omega L\sin\omega t)$

（2）

$\overrightarrow{L_{外}} = -\vec{m}\times\vec{B} = I\cdot\pi a^2\cdot B\cos\omega t\overrightarrow{e_z}$

代入（1）中结果，可得

$I = \frac{\pi^2 a^4\omega NB^2\cos\omega t}{\omega^2 l^2 + R^2}(\mathrm{Re}^{-\frac{R}{L}t} - R\cos\omega t - \omega L\sin\omega t)$

6-13

$\varepsilon = Blv$

$= Bl\sqrt{\frac{GM}{R}}$

$= 10^{-3}\times 37.2\times 7.9\times 10^3\times\sqrt{\frac{6.4\times 10^6}{6.4\times 10^6 + 250\times 10^3}}V$

$= 288.3V$

产生电动势的原因是飞机运动切割磁感线，由于不存在飞机外部的闭合回路，这种感应电动势并不能产生有效的功，给飞机内部供电。考虑到飞机故障导致飞机航向变化，速度在磁感应线的垂直分量减小，电动势会减小，也不适合作为稳定的电源。

6-14

（1）　由

$$\frac{d(mv)}{dt} = eE_{旋} = \frac{e}{2\pi R}\frac{d\phi}{dt}$$

$$\frac{d(\frac{1}{2}mv^2)}{dt} = \frac{ev}{2\pi R}\frac{d\phi}{dt}$$

电子回旋一周得到的能量为

$$\Delta E = \frac{ev}{2\pi R}\Delta\phi = \frac{e}{T}\Delta\phi = 151eV$$

（2）

由 $\oint \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\iint \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$

得

$$E = \frac{1}{2\pi R}\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{1}{2\pi \times 0.4} \times \frac{5\pi \times 0.4^2}{1/60} V/m = 60V/m$$

6-15

由于 oa, ob 与感应电场方向垂直，两条半径电势差为零，因此

$$U_{ab} = U_{oabo}$$

由于

$$\phi = BS = B\cdot\frac{\sqrt{3}}{4}R^2$$

感应电动势

$$U_{ab} = \varepsilon = \frac{d\phi}{dt} = \frac{\sqrt{3}}{4}kR^2$$

6-16

（1） 示数为零。在连上伏特计之前，两脚点为等势点。且连接伏特计的两导线与涡旋电场方向垂直，电压降为零。因此回路中没有电流通过，示数为零。

（2） 根据闭合回路的性质，有

$$(\frac{5\pi}{6}a^2 + \frac{\sqrt{3}}{4}a^2)k = I_2 R + \frac{15}{2}R(I_1 + I_2)$$

$$\pi a^2 k = I_1\cdot\frac{3}{2}R + \frac{15}{2}R(I_1 + I_2)$$

得 $I_2 = \frac{\sqrt{3}}{9}\frac{a^2 k}{R}$

伏特计示数

$$V=\frac{\sqrt{3}}{9}a^2k$$

6-17

（1） 螺线管中磁场

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

通过螺线管的磁通量

$$\phi=N\iint\vec{B}\cdot d\vec{S}$$
$$=N\int_R^{R+2a}Bhdr$$
$$=\frac{\mu_0 N^2 Ih}{2\pi}\ln\frac{R+2a}{R}$$

自感系数为

$$L=\frac{\phi}{I}=\frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi}\ln\frac{R+2a}{R}$$

（2） 长直导线产生的磁场为

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

通过螺线管的磁通量

$$\phi=N\iint\vec{B}\cdot d\vec{S}$$
$$=N\int_R^{R+2a}Bhdr$$
$$=\frac{\mu_0 NIh}{2\pi}\ln\frac{R+2a}{R}$$

互感系数为

$$M=\frac{\phi}{I}=\frac{\mu_0 Nh}{2\pi}\ln\frac{R+2a}{R}$$

6-18

（1）

由于$E=Blv=Bl\frac{dx}{dt}=L\frac{dI}{dt}$

并且，$x=0$时，$I=0$

因此$I=\frac{Bl}{L}x$

运动方程

$$F-BIl=m\frac{d^2x}{dt^2}$$

并由初始条件 $x(0)=0,\ v(0)=0$

得

$$x(t)=\frac{FL}{B^2l^2}(1-\cos\omega t),\ \omega=\frac{Bl}{\sqrt{mL}}$$

（2）

首先在 F 的作用下，棒的动能增加，切割磁力线运动产生动生电动势。力所做的功通过洛伦兹力传递使得磁能增加，在 $t=\frac{\pi}{2\omega}$ 时刻，动能达到最大值 $\frac{F^2L}{2B^2l^2}$。在 $t=\frac{\pi}{\omega}$ 时，磁能达到最大值 $\frac{F^2L}{2B^2l^2}$，此时动能为零。随后棒反向运动，消耗磁能，力做负功，动能增加。在 $t=\frac{3\pi}{2\omega}$ 时动能达到最大值，在 $t=\frac{2\pi}{\omega}$ 时，动能与磁能都为零。如此以 $T=\frac{2\pi}{\omega}$ 为周期循环。

6-19

（1） 由

$$\varepsilon=Blv$$

$$mg-BIl=m\frac{dv}{dt}$$

及初始条件 $t=0,\ v=0$

得 $I=\frac{mg}{Bl}(1-e^{-\frac{B^2l^2}{mR}t})$

$$v=\frac{mgR}{B^2l^2}(1-e^{-\frac{B^2l^2}{mR}t})$$

（2） 由

$$Blv=L\frac{dI}{dt}$$

$$mg-BIl=m\frac{dv}{dt}$$

得 $\frac{d^2I}{dt^2}=\frac{Bgl}{L}-\frac{B^2l^2}{mL}I$

考虑初始条件 $t=0$时, $v=0\ \ I=0$

解得

$$v = \frac{g}{\omega}\sin\omega t$$

$$I = \frac{mg}{Bl}(1-\cos\omega t),\ \omega = \frac{Bl}{\sqrt{mL}}$$

6-20

由安培环路定理可得

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi(b+x)}$$

方向垂直纸面向里

$$\begin{aligned} E &= \int_0^L Bv dx \\ &= \int_0^L \frac{\mu_0 I}{2\pi(b+x)} \cdot \omega x \cdot dx \\ &= \frac{\mu_0 I\omega}{2\pi}(L - b\ln\frac{b+L}{b}) \end{aligned}$$

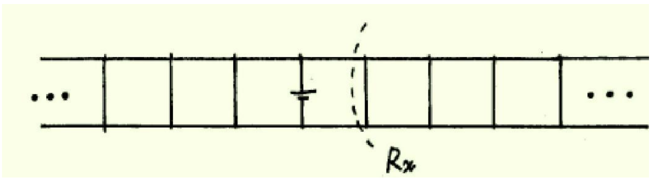
方向由 A 至 O

6-21

先求下面无线网络中 AB 间的电流

由 $R_x = \frac{(R_x+2R)R}{R_x+3R}$ 可得

$$R_x = (\sqrt{3}-1)R$$



题解 6-21 图

根据等效电路图，有

$$I_{AB} = \frac{\varepsilon}{R}\frac{2}{3+\sqrt{3}} = \frac{\varepsilon}{R}(1-\frac{\sqrt{3}}{3})$$

对小车进行受力分析，可知

$$mg\sin\theta = Ba\cdot\frac{Bav}{R}(1-\frac{\sqrt{3}}{3})$$

解得

$$\theta = \arcsin\frac{B^2a^2v}{mgR}(1-\frac{\sqrt{3}}{3})$$

6-22

设左右两个区域的面积为S_1，两环相交区域面积S_2。容易得到

$$S_1=(\frac{2}{3}\pi+\frac{\sqrt{3}}{2})R^2$$

$$S_2=(\frac{\pi}{3}-\frac{\sqrt{3}}{2})R^2$$

对环路进行分析，即可得

$$I_1\cdot\frac{5}{6}r-I_2\cdot\frac{r}{6}=S_1\frac{dB}{dt}$$

$$I_1\cdot\frac{r}{6}+I_2\cdot\frac{r}{6}=S_2\frac{dB}{dt}$$

解得

$$I_1=\frac{3}{5r}(2S_1+S_2)\frac{dB}{dt}$$

$$I_2=\frac{3S_2}{r}\frac{dB}{dt}$$

考虑受力，每一个金属环等效长度为 R，因此每个金属环受到的力

$$F=B(I_1-I_2)R=m\frac{dv}{dt}$$

积分得

$$v=\frac{9\sqrt{3}}{10}\frac{B^2R^2}{mr}$$

6-23

（1） 取两导线间一个长为 l 的矩形区域，磁通量为

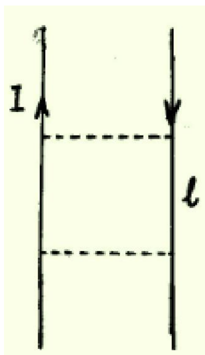
$$\phi=2\times\int_a^d\frac{\mu_0 I}{2\pi r}ldr=\frac{\mu_0 Il}{\pi}\ln\frac{d}{a}$$

单位长度的自感为

$$L=\frac{\phi}{Il}=\frac{\mu_0}{\pi}\ln\frac{d}{a}$$

（2） 磁场对单位长度导线做的功

$$W=\int_d^{d'}\frac{\mu_0 I}{2\pi r}Idr=\frac{\mu_0 I^2}{2\pi}\ln\frac{d'}{d}$$



题解 6-23 图

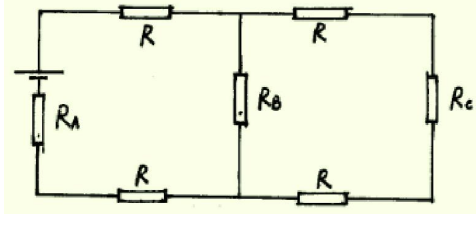
6-24

小回路产生的全磁通

$$\Phi=\frac{\mu_0 I}{2\pi d}\cdot S$$

互感系数

$$M=\frac{\Phi}{I}=\frac{\mu_0 S}{2\pi d}$$



题解 6-25 图

6-25

（1） 等效磁路如图所示

$$R=\frac{0.2m}{\mu\mu_0 S}=\frac{0.2}{10^4\times4\pi\times10^{-7}\times2\times10^{-3}}H^{-1}=7895.7H^{-1}$$

$$R_A=\frac{0.1m}{\mu\mu_0 S_A}=\frac{0.1}{10^4\times4\pi\times10^{-7}\times5\times10^{-3}}H^{-1}=1592H^{-1}$$

$$R_B=\frac{0.2m}{\mu\mu_0 S_B}=\frac{0.1}{10^4\times4\pi\times10^{-7}\times1\times10^{-3}}H^{-1}=7958H^{-1}$$

$$R_C=\frac{0.2m}{\mu\mu_0 S_C}=\frac{0.2}{10^4\times4\pi\times10^{-7}\times5\times10^{-4}}H^{-1}=15920H^{-1}$$

B 上的电压为

$$U_B=N_A I_A\frac{R_B(2R+R_C)/(R_B+R_C+2R)}{2R+R_A+R_B+R_B(2R+R_C)/(R_B+R_C+2R)}$$
$$=133.96I_A$$

磁通量为

$$\phi_B=\frac{U_B}{R_B}=0.0168I_A$$

$$\phi_C=U_B\cdot\frac{R_C}{(2R+R_C)R_B}=0.00419I_A$$

A 与 C 间的互感

$$M_{AC}=\frac{\Psi_{AC}}{I_A}=\frac{N_C\phi_C}{I_A}=500\times4.187\times10^{-3}H=2.09H$$

（2） AB 间的互感

$$M_{AB}=\frac{\Psi_{AB}}{I_A}=\frac{N_B\phi_B}{I_A}=1000\times1.68\times10^{-2}H=16.8H$$

6-26

（1） 自感系数

$$L=\frac{\mu_0N^2S}{l}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times10^6\times\pi\times(\frac{1}{2}\times10^{-2})^2}{0.1}H=9.87\times10^{-4}H$$

电阻

$$R=247\times\frac{1000\times\pi\times0.01}{1000}\Omega=7.76\Omega$$

（2） 电流随时间变化规律

$$I=\frac{E}{R}(1-e^{-\frac{R}{L}t})$$

由此得

$$\frac{dI}{dt}=\frac{E}{L}e^{-\frac{R}{L}t}$$

$$t=0\text{时}, \frac{dI}{dt}=\frac{E}{L}=\frac{2}{9.87\times10^{-4}}A/S=2.03\times10^{3}A/S$$

（3） 稳定电流

$$I_0=\frac{E}{R}=\frac{2}{7.76}\mathrm{A}=0.26\,\mathrm{A}$$

（4） 时间常数

$$\tau=\frac{L}{R}=\frac{9.87\times10^{-4}}{7.76}s=1.27\times10^{-4}s$$

当电流达到最大值一半时

$$I=I_0(1-e^{-\frac{t}{\tau}})=\frac{1}{2}I_0$$

得

$$t=\tau\ln2=8.82\times10^{-5}s$$

（5） 储存的磁能

$$W=\frac{1}{2}LI^2=3.28\times10^{-5}J$$

能量密度

$$w=\frac{W}{V}=\frac{3.28\times10^{-5}}{\pi\times(0.01/2)^2\times0.1}J/m^3=4.18J/m^3$$

6-27

（1） 在两圆柱面间的区域内

$$B(r)=\frac{\mu_0 I}{2\pi r},\ a<r<b$$

磁能密度

$$w=\frac{B^2}{2\mu_0}=\frac{\mu_0 I^2}{8\pi^2 r^2}$$

因此，单位长度的磁能为

$$W_\lambda=\int_a^b\frac{\mu_0 I^2}{8\pi^2 r^2}\cdot2\pi r dr=\frac{\mu_0 I^2}{4\pi}\ln\frac{b}{a}$$

又因为

$$W_\lambda=\frac{1}{2}L_\lambda I^2$$

故而单位长度的自感系数

$$L_\lambda = \frac{\mu_0}{2\pi}\ln\frac{b}{a}$$

（2） 外柱面半径加倍造成的能量差（单位长度）为

$$\Delta W = \frac{\mu_0 I^2}{4\pi}\ln\frac{2b}{a} - \frac{\mu_0 I^2}{4\pi}\ln\frac{b}{a} = \frac{\mu_0 I^2}{4\pi}\ln 2$$

（3） 过程中电流大小不变，磁场做功量与磁能的增加量相同，为$\frac{\mu_0 I^2}{4\pi}\ln 2$

电池功能为二者之和$\frac{\mu_0 I^2}{2\pi}\ln 2$

6-28

（1） a和a'相接属于同名端相接，又因为两线圈可以看做理想耦合，因此b与b'之间的自感

$$L = L_1 + L_2 - 2M = L_1 + L_2 - 2\sqrt{L_1 L_2} = 0$$

（2） a'和b相接属于异名端相接，因此a与b'之间的自感

$$L = L_1 + L_2 + 2M = L_1 + L_2 + 2\sqrt{L_1 L_2} = 0.2H$$

6-29

环中通有电流 I，则有

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 n \cdot 2\pi r I$$

$$\phi = B \cdot S$$

得

$$\phi = \mu_0 n I S$$

则互感为

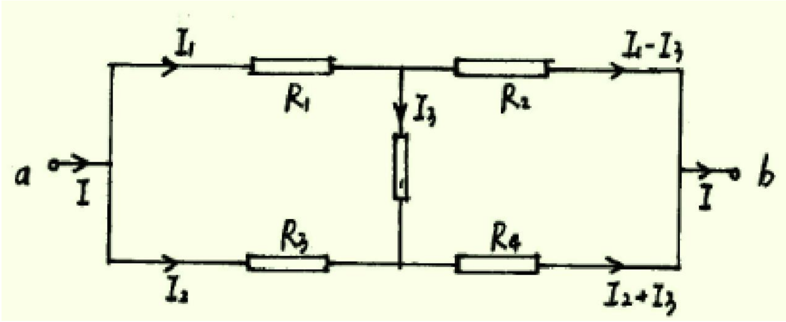
$$M = \frac{\phi}{I} = \mu_0 n S$$

正方形线圈通有交变电流，产生感应电动势为

$$\varepsilon = -M\frac{dI}{dt} = -\mu_0 I_0 \omega n s \cos\omega t$$

6-30

当不计互感时，ab 间的总自感和电阻的合成规律一样。所以可以通过计算等效电阻的阻值解答。如图。



题解 6-30 图

分析该电路，可得

$$R_1I_1+R_5I_3+R_4(I_2+I_3)=\varepsilon$$
$$R_3I_2+R_4(I_2+I_3)=\varepsilon$$
$$R_1I_1+R_2(I_1-I_3)=\varepsilon$$

解得

$$I_1=\frac{(R_2R_3+R_3R_4+R_4R_5+R_3R_5)\varepsilon}{R_1R_2(R_3+R_4)+(R_1+R_2)(R_3(R_4+R_5)+R_4R_5)}$$

$$I_2=\frac{(R_2R_3+R_1R_4+R_2R_5+R_1R_5)\varepsilon}{R_1R_2(R_3+R_4)+(R_1+R_2)(R_3(R_4+R_5)+R_4R_5)}$$

因此，电阻值为

$$R=\frac{\varepsilon}{I}=\frac{R_1R_2(R_3+R_4)+(R_1+R_2)(R_3R_4+R_3R_5+R_4R_5)}{(R_1+R_3)(R_2+R_4+R_5)+(R_2+R_4)R_5}$$

所以，总自感为

$$L=\frac{L_1L_2(L_3+L_4)+(L_1+L_2)(L_3L_4+L_3L_5+L_4L_5)}{(L_1+L_3)(L_2+L_4+L_5)+(L_2+L_4)L_5}$$

6-31

考虑图(a)中红色区域被一条边分割成两部分，该边通有等值反向的电流。设两部分的互感为M，则

$$2L_1I+2MI=L_2I$$

因此

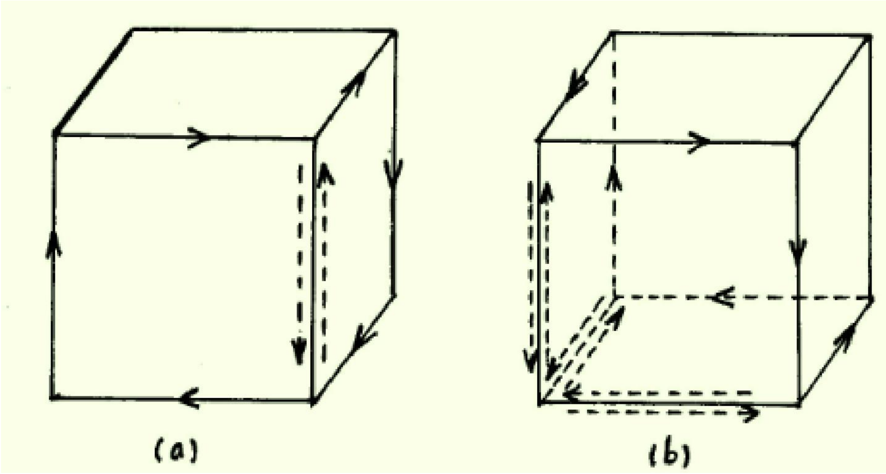
$$M=\frac{L_2}{2}-L_1$$

在图(b)中，假想左下角顶点连接的三条棱都通有等值反向的电流，则有

$$L_3I=3L_1I+6MI$$

代入 M 值，即可得

$L_3 = 3(L_2 - L_1)$



题解 6-31 图

6-32

由于

$$L_{顺并} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$$

$$L_{反并} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$$

$$L_{顺串} = L_1 + L_2 + 2M$$

$$L_{反串} = L_1 + L_2 - 2M$$

因此

$$L_{顺并} \cdot L_{反串} = L_{顺串} \cdot L_{反并}$$

6-33

（1） 电路满足

$$IR_1 + L\frac{dI}{dt} = \varepsilon$$

初值条件：$I|_{t=0} = 0$

解微分方程得

$$I=\frac{\varepsilon}{R_1}(1-e^{-\frac{R_1}{L}t})$$

$$U=\varepsilon-IR=\frac{\varepsilon}{R_1}e^{-\frac{R_1}{L}t}$$

（2） 由

$$I(R_1+R_2)+L\frac{dI}{dt}=0$$

$$\text{初值条件}:i|_{t=0}=I_0$$

解得

$$I=I_0e^{-\frac{R_1+R_2}{L}t}$$

$$U=I(R_1+R_2)=(R_1+R_2)I_0e^{-\frac{R_1+R_2}{L}t}$$

6-34

分析该电路，可得

$$U-L\frac{dI}{dt}=IR_1$$

$$U=IR_1+I_2R_2$$

$$I=I_1+I_2$$

解得

$$I_2(t)=\frac{U}{R_1+R_2}\exp(-\frac{R_1R_2}{L(R_1+R_2)}\mathrm{t})$$

因此，产生的焦耳热为

$$\mathrm{Q}_2=\int_0^\infty I_2^2(t)R_2dt=\frac{U^2L}{2R_1(R_1+R_2)}=220J$$

（3） 放出的焦耳热等于电感中储存的能量，即

$$Q_2'=W_L=\frac{1}{2}LI^2$$

$$I=\frac{U}{R_1}$$

解得

$$Q_2'=2420J$$

6-35

（1） 超导体电阻为零，因此

$$-\frac{d\phi}{dt}-L\frac{dI}{dt}=0$$

由此得

$$dI=-\frac{B}{L}dS$$

积分得

$$I=-\frac{B}{L}(-\pi R^2)=\frac{\pi BR^2}{L}$$

（2） 力矩

$$|\overrightarrow{M}|=|\vec{m}\times\vec{B}|$$

$$=\pi R^2 IB\sin\theta$$

$$=\pi R^2\cdot\frac{\pi R^2 B}{L}(1-\cos\theta)\sin\theta$$

外力所做的总功为

$$W=\int_0^{\frac{\pi}{2}}|\overrightarrow{M}|\,d\theta$$

$$=\frac{2\pi^2 B^2 R^4}{3L}$$

第七章

7-1

外加直流电时，

$$U_1=R_x I_1\Rightarrow R_x=\frac{U_1}{I_1}=40\Omega$$

外加交流电时

$$\dot{U}_z=\dot{Z}\dot{I}_z=(R_x+j\omega L_x)\dot{I}_z$$

$$\Rightarrow\sqrt{R_x^2+\omega^2 L_x{}^2}=\frac{\dot{U}_z}{\dot{I}_z}=\frac{20}{0.4}\Omega=50\Omega$$

$$\Rightarrow L_x=\frac{\sqrt{50^2-40^2}}{50}=0.6H$$

7-2

由 $\dot{Z}=R+\frac{1}{j\omega C}$ $\dot{Z}\dot{I}=\dot{U}$

可得