电磁感应（Ⅰ）

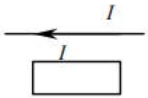
1. 长直导线载有电流 I，并以 $\mathrm{d}I/\mathrm{d}t$ 的变化率增长，一矩形线圈位于导线平面内(如图)，则：　　[B]

A 线圈中无感应电流.

B 线圈中感应电流为顺时针方向.

C 线圈中感应电流为逆时针方向.

D 线圈中感应电流方向不确定.



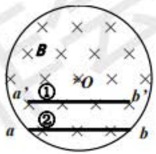
2. 在圆柱形空间内有一均匀磁场，如图所示，磁感强度以速率 $\mathrm{d}B/\mathrm{d}t$ 变化．两根长度相同的导体棒分别如图放置，则在①、②这两个位置导体棒内的感应电动势为　　[B]

A　$E_2=E_1\neq0$.

B　$E_2>E_1$.

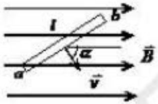
C　$E_2<E_1$.

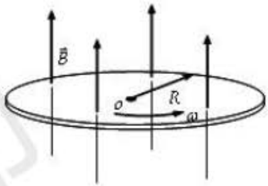
D　$E_2=E_1=0$.



3. 半径为 a 的无限长密绕螺线管，单位长度上的匝数为 n，通以交变电流 $i=I_m\sin\omega t$，则螺线管外半径为 r 的同轴圆形回路上的感生电动势为 $\pi a^2\mu_0 n I_m\omega\cos\omega t$.

4. 如下图，长度为 l 的直导线 ab 在均匀磁场 $\vec{B}$ 中以速度 $\vec{v}$ 移动，直导线 ab 中的电动势为 0 。



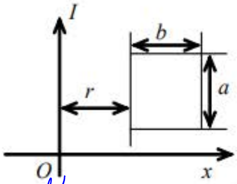


5. 如上图，半径为 R 圆铜盘水平放置在均匀磁场中，B 的方向垂直盘面向上，当铜盘绕通过中心垂直于盘面的轴沿图示方向转动时，铜盘上感应电动势的大小 $\frac{1}{2}BR^2\omega$，方向为 沿半径向外 。

6. 将形状完全相同的铜环和木环静止放置，并使通过两环面的磁通量随时间的变化率相等，则不计自感时则：铜环中感应电动势 等于 木环中感应电动势(选填：大于、小于、等于)。

7. 如图所示，两条平行长直导线和一个矩形导线框共面．且导线框的一个边与长直导线平行，它到无限长直导线的距离为 r．已知长直导线中电流为 $I = I_0 \sin \omega t$，其中 I_0 和 ω 为常数，t 为时间．导线框长为 a 宽为 b，求导线框中的感应电动势．

$$B = \frac{\mu_0 I_0 \sin\omega t}{2\pi r}$$



$$\phi_m = \int \vec{B}\cdot d\vec{s} = \int \frac{\mu_0 I_0 \sin\omega t}{2\pi r} a\,dr$$

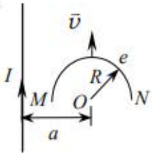
$$\phi_{m1} = \frac{\mu_0 I_0 a}{2\pi} \sin\omega t \ln\frac{r_1+b}{r_1}$$

$$\phi_{m2} = \frac{\mu_0 I_0 a}{2\pi} \sin\omega t \ln\frac{r_2+b}{r_2}$$

$$\phi_m = \phi_{m1} + \phi_{m2} = \frac{\mu_0 I_0 a}{2\pi} \sin\omega t \left(\ln\frac{r_1+b}{r_1} + \ln\frac{r_2+b}{r_2}\right)$$

$$E = -\frac{d\phi_m}{dt} = -\frac{\mu_0 I_0 a \omega}{2\pi} \cos\omega t \left(\ln\left(1+\frac{b}{r_1}\right) + \ln\left(1+\frac{b}{r_2}\right)\right)$$

8. 载有电流的 I 长直导线附近，一根弯成半径为 b 的半圆环导线 MeN 与长直导线共面，且端点 MN 的连线与长直导线垂直．半圆环圆心 O 与导线相距 a．设半圆环以速度 $\vec{v}$ 平行导线运动，求半圆环动生电动势的大小和方向。



$$E = \int (\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{l}$$

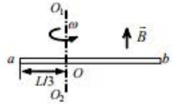
$$= \int v \cdot \frac{\mu_0 I}{2\pi r} (-\vec{e}_x)\cdot d\vec{l}$$

$$= \int_0^{\pi} v \frac{\mu_0 I}{2\pi (a+R\cos\theta)} \sin\theta R\, d\theta$$

$$= -\frac{\mu_0 I v R}{2\pi} \ln(a+R\cos\theta)\Big|_{\theta=0}^{\theta=\pi}$$

$$= -\frac{\mu_0 I v R}{2\pi} \ln\frac{a-R}{a+R} = \frac{\mu_0 I v R}{2\pi} \ln\frac{a+R}{a-R}$$

9. 如图所示，一根长为 L 的金属细杆 ab 绕竖直轴 O_1O_2 以角速度 ω 在水平面内旋转．O_1O_2 在离细 a 端 $L/3$ 处．若已知地磁场的竖直方向分量为 $\vec{B}$．求电势差 $U_a - U_b$．



$$dE = (\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{l} = B\omega r\,dr$$

$$E = \int B\omega r\,dr$$

所以 $U_{aO} = \int_0^{\frac{L}{3}} B\omega r\,dr = \frac{1}{2}B\omega\left(\frac{L}{3}\right)^2$

$U_{bO} = \int_0^{\frac{2L}{3}} B\omega r\,dr = \frac{1}{2}B\omega\left(\frac{2L}{3}\right)^2$

$$U_a - U_b = -\frac{1}{6}B\omega L^2$$

10. 思考题： 在法拉第电磁感应定律中，负号的意义是什么？如何根据负号来确定感应电动势的方向？

电磁感应（II）

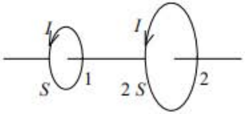
1. 面积为 S 和 $2S$ 的两圆线圈 1、2 如图放置，通有相同的电流 I．线圈 1 的电流所产生的通过线圈 2 的磁通用 Φ_{21} 表示，线圈 2 的电流所产生的通过线圈 1 的磁通用 Φ_{12} 表示，则 Φ_{21} 和 Φ_{12} 的大小关系为：　　　　[　C　]

A　$\Phi_{21}=2\Phi_{12}$.

B　$\Phi_{21}>\Phi_{12}$.

C　$\Phi_{21}=\Phi_{12}$.

D　$\Phi_{21}=\frac{1}{2}\Phi_{12}$.



2. 一个电阻为 R，自感系数为 L 的线圈，将它接在一个电动势为 $\mathcal{E}(t)$ 的交变电源上，线圈的自感电动势为 $E_L=-L\dfrac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$，　则流过线圈的电流为：　　　　[　C　]

A　$E(t)/R$

B　$[E(t)-E_L]/R$

C　$[E(t)+E_L]/R$

D　E_L/R

3. 两个相邻的平面圆线圈开始时共轴，且两圆线圈平面相互平行，如何可使其互感系数近似为零　　　　[　C　]

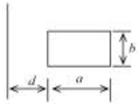
A 两线圈的轴线互相平行放置；　B 两线圈并联；

C 两线圈的轴线互相垂直放置；　D 两线圈串联。

4. 无限长密绕直螺线管通以电流 I，内部充满均匀、各向同性的磁介质，磁导率为 μ．管上单位长度绕有 n 匝导线，则管内部的磁能密度为 $\underline{\frac{1}{2}\mu n^2 I^2}$；若该螺线管体积为 V，则其自感系数为 $\underline{\mu n^2 V}$．

5. 真空中两只长直螺线管 1 和 2，长度相等，单层密绕匝数相同，截面积之比 $S_1/S_2=1/16$．当它们通以相同电流时，两螺线管自感系数之比 $L_1/L_2=\underline{1/16}$，贮存的磁能之比 $W_1/W_2=\underline{1/16}$．

6. 一长直导线旁有一长为 b，宽为 a 的矩形线圈，线圈与导线共面，长度为 b 的边与导线平行且与直导线相距为 d，如图．线圈与导线的互感系数 $M=\underline{\frac{\mu b}{2\pi}\ln\frac{d+a}{d}}$.



7. 一螺绕环单位长度上的线圈匝数 n．环心材料的磁导率为 $\mu=\mu_0$．若线圈中磁场的能量密度为 w_m，线圈中的电流强度 $I=\underline{\frac{1}{n}\sqrt{\frac{2w_m}{\mu_0}}}$。

8. 同轴电缆内导体的外半径为 R_1，外导体是半径为 R_2 的薄导体同轴圆筒；内外导体之间充满了相对磁导率为 μ_r 各向同性均匀磁介质。当电流 I 由内导体经无穷远又从外导体返回时，求单位长度电缆的磁场能量.

由安培环路定理求出 $\vec{B}$

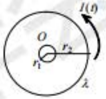
$$B\cdot 2\pi r = \mu I$$

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

$$w_m = \frac{B^2}{2\mu} = \frac{\mu I^2}{8\pi^2 r^2}$$

$$W_m = \int w_m dV = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu I^2}{8\pi^2 r^2}\cdot 2\pi r\,dr = \frac{\mu I^2}{4\pi}\ln\frac{R_2}{R_1}$$

9. 如图所示，一半径为 r_2 的导体圆环通以电流 $I = I_0\sin(\omega t)$，里边有一半径为 r_1 总电阻为 R 的导体环，两环共面同心($r_2 >> r_1$)，求小环中的感应电流.



环形电流中心的磁场

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\int\frac{I\,d\vec{l}\times\vec{e_r}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\cdot 2\pi r_2}{r_2^2} = \frac{1}{2}\frac{\mu_0 I}{r_2}$$

感应电动势 $\varepsilon = -\frac{d\phi_m}{dt}$

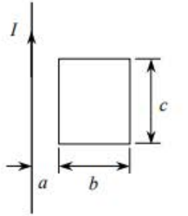
$$\phi_m = B\cdot\pi r_1^2 = \frac{1}{2}\frac{\mu_0 I}{r_2}\pi r_1^2$$

$$\varepsilon = -\frac{1}{2}\frac{\mu_0}{r_2}\pi r_1^2 I_0\omega\cos\omega t$$

感应电流

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = -\frac{\mu_0\pi r_1^2 I_0\omega}{2r_2 R}\cos\omega t$$

10. 一无限长直导线通有电流 $I=I_o\cos\omega t$（其中 I_o、ω均为常量），和长直导线同一平面内有一矩形导线线圈，线圈的一边与直导线平行（如图），试求（1）直导线与导线线圈之间的互感系数；（2）线圈中的互感电动势.



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

$$\phi_m = \int B\cdot dS = \int_a^{a+b}\frac{\mu_0 I}{2\pi x}c\cdot dx = \frac{\mu_0 I c}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a}$$

互感系数

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

$$\varepsilon = -M\frac{dI}{dt} = \frac{\mu_0 c}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a}\,I_0\omega\sin\omega t$$

11. 思考题：当我们把条形磁铁沿铜质圆环的轴线插入铜环中时，铜环中有感应电流和感应电场吗？如用塑料圆环替代铜质圆环，环中仍有感应电流和感应电场吗？

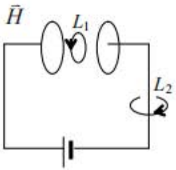
电磁感应（Ⅲ）

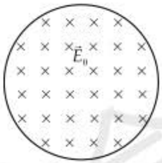
1. 如图，平板电容器(忽略边缘效应)充电时，沿环路 L_1 的磁场强度 $\vec{H}$ 的环流与沿环路 L_2 的磁场强度 $\vec{H}$ 的环流两者，必有：

[C]

A $\oint_{L_1}\vec{H}\cdot d\vec{l}' > \oint_{L_2}\vec{H}\cdot d\vec{l}'$；　B $\oint_{L_1}\vec{H}\cdot d\vec{l}' = \oint_{L_2}\vec{H}\cdot d\vec{l}'$；

C $\oint_{L_1}\vec{H}\cdot d\vec{l}' < \oint_{L_2}\vec{H}\cdot d\vec{l}'$；　D $\oint_{L_1}\vec{H}\cdot d\vec{l}' = 0$.





2. 如图所示，圆柱形空间（视为真空）均匀电场，若电场大小随时间变化率为 dE0 / dt=10V·m-1·s-1　则其位移电流密度的大小为 $8.85\times10^{-11}\ A/m^2$，单位为 A/m^2.

3. 将充满电的平行板电容器通过电阻 R 放电，此时两极板间电场强度的大小为 $E = E_0 e^{-t/RC}$，式中 E_0、R、C 均为常数，则两板间的位移电流密度的大小为 $\frac{\varepsilon_0 E_0}{RC} e^{-t/RC}$，其方向与场强方向 相反.

4. 在没有自由电荷与传导电流的变化电磁场中：

$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} =$ $\int \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$；

$\oint_L \vec{E}\cdot d\vec{l} =$ $-\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$；

5. 反映电磁场基本性质和规律的积分形式的麦克斯韦方程组为

$$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = \int_V \rho\, dV, \qquad ①$$

$$\oint_L \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S}, \qquad ②$$

$$\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{S} = 0, \qquad ③$$

$$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = \int_S (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t})\cdot d\vec{S}. \qquad ④$$

试判断下列结论是包含于或等效于哪一个麦克斯韦方程的：

(1) 变化的磁场一定伴随有电场：②；(2) 磁感线是无头无尾的：③ (3) 电荷总伴随有电场：①.