2019春大学物理C　作业六

第八章 电磁感应与电磁场

一、简答题

1. 简述为什么楞次定律的本质是能量守恒和转化定律。

答：能量守恒和转化定律是自然界基本规律之一，目前为止，所有理论与实验均表明，无论是在微观世界还是宏观世界能量守恒和转化定律是不可违背的。作为电磁感应过程中判断感应电动势方向的楞次定律同样不能和能量守恒定律相悖，因此感应电动势的后果一定总是和引起感应电流的原因相对抗或阻碍，而这种对抗或阻碍的作用是把其他形式的能量转化为感应电流所在回路中的电能，之后电能有转化为焦耳能。在电磁感应这种能量转化过程中，总的能量是守恒的，楞次定律的意义在于他是能量的转化和守恒定律在电磁感应现象中的具体体现。所以说楞次定律的本质是能量守恒定律。

2. 简述动生电动势产生过程中，洛伦兹力的作用。

答：动生电动势是磁场保持不变，回路发生变化而产生的电动势。动生电动势中的非静电力来源于导体运动过程中，导体内带电粒子所受的洛仑兹力，导体洛仑兹力在其作用下形成电动势。由于洛伦兹力与粒子运动速度和磁感应强度之间的关系为 $\vec{f}=e\,\vec{v}\times\vec{B}$， 因此，因此洛伦兹力在整个过程中不做功，但在导体运动过程中洛伦兹力的一个分力充当电源的非静电力对导体中的电荷做正功，另一个分力阻碍导体棒的运动对导体棒做负功，因此从总体上看，洛伦兹力做功并没有提供能量也没有消耗能量，而只是转化能量即将导体棒的动能转化为电路中的电能。

3. 简述麦克斯韦方程组中各公式的物理意义。

答：公式 $\oint_S \vec{D}\cdot \mathrm{d}\vec{S}=q_0=\sum q_{0i}$ 的物理意义是电场是有源场，电荷在空间中存在，会在其周围空间产生电场，电荷是电场的源。

公式 $\oint_L \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l}=-\oiint_S \frac{\mathrm{d}\vec{B}}{\mathrm{d}t}\cdot \mathrm{d}\vec{S}$ 的物理意义是变化的磁场能产生电场。

公式 $\oiint_s \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{S}=0$ 的物理意义是磁场是无源场，没有磁荷存在。

公式 $\oint_L \vec{H}\cdot \mathrm{d}\vec{l}=\oiint_s (\vec{j}+\frac{\partial \vec{D}}{\partial t})\cdot \mathrm{d}\vec{S}$ 的物理意义是电流和变化的电场可以产生磁场。

二、选择题

1.C　　2.B　　3.C　　4.C

三、填空题

1. 3.18 T/s

2. 0.400 H

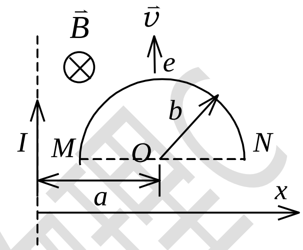
3. *ADCBA* 绕向　　　*ADCBA* 绕向

四、计算题

1. 解：引入一条辅助线 MN，构成闭合回路 $MeNM$, 闭合回路总电动势：

$$\varepsilon_{总} = \varepsilon_{MeN} + \varepsilon_{NM} = 0$$

$$\varepsilon_{MeN} = -\varepsilon_{NM} = \varepsilon_{MN}$$



$$\varepsilon_{MN} = \int\limits_{MN} (\vec{v}\times\vec{B})\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \int_{a-b}^{a+b} -v\frac{\mu_0 I}{2\pi x}\mathrm{d}x = -\frac{\mu_0 I v}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a-b}$$

负号表示 ε_{MN} 的方向与 x 轴相反.

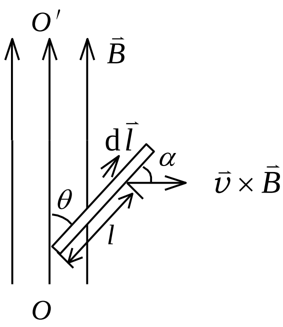
$$\varepsilon_{MeN} = -\frac{\mu_0 I v}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a-b} \quad 方向\ N\rightarrow M$$

$$U_{MN} = -\varepsilon_{MN} = \frac{\mu_0 I v}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a-b}$$

2. 解：在距 O 点为 l 处的 $\mathrm{d}l$ 线元中的动生电动势为：

$$d\varepsilon = (\vec{v}\times\vec{B})\cdot\mathrm{d}\vec{l}$$

利用：



$$v = \omega l\sin\theta$$

$$\varepsilon = \int\limits_{L} (\vec{v}\times\vec{B})\cdot\mathrm{d}\vec{l} = \int\limits_{L} vB\sin(\frac{1}{2}\pi)\cos\alpha\,\mathrm{d}l$$

$$= \int\limits_{\Lambda} \omega lB\sin\theta\,\mathrm{d}l\sin\theta = \omega B\sin^2\theta\int_0^L l\,\mathrm{d}l$$

$$= \frac{1}{2}\omega BL^2\sin^2\theta$$

电动势的方向沿着杆指向上端.

3. 解：(1)由于 $\overline{ab}$ 所处的磁场不均匀，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：

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

沿 $a\rightarrow b$ 方向：

$$\varepsilon = \int_a^b (\vec{v}\times\vec{B})\cdot\mathrm{d}\vec{l} = -\int_a^b vB\,\mathrm{d}l = -\int_{l_0}^{l_0+l_1} v\frac{\mu_0 I_0}{2\pi x}\mathrm{d}x = -\frac{\mu_0 v I_0}{2\pi}\ln\frac{l_0+l_1}{l_0}$$

故：

$$U_a > U_b$$

(2) $i = I_0\cos\omega t$，以 $abcda$ 作为回路正方向。

$$\varPhi = \int B l_2 \,\mathrm{d}\,x = \int_{l_0}^{l_0+l_1} \frac{\mu_0 i l_2}{2\pi x}\mathrm{d}\,x$$

上式中 $l_2 = \upsilon t$， 则有：

$$\varepsilon = -\frac{\mathrm{d}\varPhi}{\mathrm{d}t} = -\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\,t}\left(\int_{l_0}^{l_0+l_1} \frac{\mu_0 i l_2}{2\pi x}\mathrm{d}\,x\right)$$

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

4. 解：穿过矩形线圈的磁通量：

$$\Phi_m = \int_d^{d+a} \frac{\mu_0 I_1}{2\pi x} b dx = \frac{\mu_0 I_1 b}{2\pi}\ln\frac{d+a}{d}$$

互感系数：

$$M = \frac{\Phi_m}{I_1} = \frac{\mu_0 b}{2\pi}\ln\frac{d+a}{d}$$