《大学物理 AI》作业　No.11　电磁感应

班级__________学号___________姓名____________成绩 ________

*****************************本章教学要求*****************************

1、掌握与理解法拉第电磁感应定律，特别是公式中负号的意义，会用它正确判定感应电动势的方向；

2、熟练应用法拉第电磁感应定律计算回路的感应电动势；

3、理解动生电动势和感生电动势的概念，掌动生电动势和感生电动势的计算方法。

一、选择题

1．下列说法正确的是[E]

（A）磁场为零的地方，不会有感生电场；　（B）感应电流产生的磁场总是与原磁场反向；

（C）只要闭合导体回路的磁通量不为零，就会产生感应电流；

（D）沿着感生电场的电场线，电势总是降低；　（E）以上说法均不正确。

2. 下面几种情况下，闭合回路里不可能产生感应电流的是[B]

(A) 闭合回路所处的磁场发生变化　(B) 闭合回路在匀强磁场中平动

(C) 在磁场中闭合回路所包围的面积发生变化　(D) 闭合回路在匀强磁场中转动

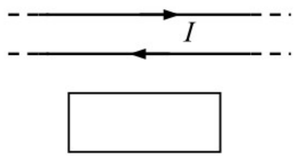
3. 将形状完全相同的铜环和木环静止放置，并使通过两环面的磁通量随时间的变化率相等，则不计自感时[D]

(A) 铜环中有感应电动势，木环中无感应电动势

(B) 铜环中感应电动势大，木环中感应电动势小

(C) 铜环中感应电动势小，木环中感应电动势大

(D) 两环中感应电动势相等



4. 两根无限长平行直导线载有大小相等方向相反的电流I，I 随时间均匀增加，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

5. 半径为a 的圆线圈置于磁感强度为$\vec{B}$ 的均匀磁场中，线圈平面与磁场方向垂直，线圈电阻为R；

当把线圈转动使其法向与 $\vec{B}$ 的夹角α=60° 时，线圈中通过的电荷与线圈面积及转动所用的时间的关系是[**A**]

(A) 与线圈面积成正比，与时间无关 (B) 与线圈面积成正比，与时间成正比

(C) 与线圈面积成反比，与时间成正比 (D) 与线圈面积成反比，与时间无关

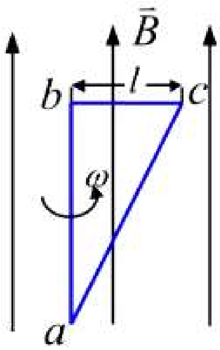
解：线圈中通过的感应电荷为：

$$q=\int i\mathrm{d}t=\int\frac{\varepsilon}{R}\mathrm{d}t=\int(-\frac{\mathrm{d}\Phi_m}{\mathrm{d}t})\frac{1}{R}\mathrm{d}t=-\frac{1}{R}\int\mathrm{d}\Phi_m$$
$$=-\frac{1}{R}\Delta\Phi_m=-\frac{1}{R}(BS\cos 60^\circ-BS\cos 0^\circ)=\frac{\pi a^2 B}{2R}$$

由上式可知线圈中通过的电荷仅与线圈面积 πa^2 成正比，与时间无关。

二、填空题

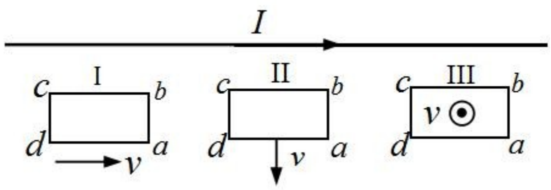
1. 如图所示，直角三角形金属框架 abc 放在均匀磁场中，磁场 $\vec{B}$ 平行于 ab 边，bc 的边长为 l。当金属框架绕 ab 边以匀角速度ω转动时，abc 回路中的感应电动势 ε =__0__；a、c 两点的电势差 U_a-U_c =__$-\frac{1}{2}B\omega l^2$__。



解：金属架绕 ab 轴旋转时，回路中 $\frac{\mathrm{d}\Phi_m}{\mathrm{d}t}=0$，所以$\varepsilon$ = 0 。

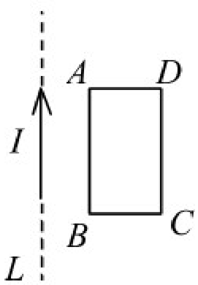
$\varepsilon_{bc}=\int_b^c(\vec{v}\times\vec{B})\cdot\mathrm{d}\vec{l}=\int_b^c\omega lB\mathrm{d}l=\frac{1}{2}B\omega l^2$， $b\to c$，c端电势高。所以 $U_{ac}=U_{bc}=-\frac{1}{2}B\omega l^2$

2. 在无限长的载流直导线附近放置一矩形闭合线圈，开始时线圈与导线在同一平面内，且线圈中两条边与导线平行。当线圈以相同的速度作如图所示的三种不同方向的平动时，线圈中的感应电流最大的是__**II**__。



解：由电磁感应定律 $\varepsilon=-\frac{\mathrm{d}\Phi_m}{\mathrm{d}t}$，第二种情况通过线圈的磁通量变化率最大。

3. 如图所示，在一长直导线L 中通有电流I，$ABCD$ 为一矩形线圈，它与L皆在纸面内，且AB 边与L 平行。当矩形线圈在纸面内向右移动时，线圈中感应电动势方向为__顺时针__；当矩形线圈绕AD 边旋转，当BC 边已离开纸面

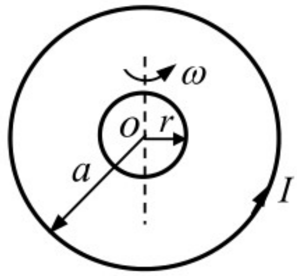


正向外运动时，线圈中感应电动势方向为<u> 顺时针 </u>。(选填顺时针、逆时针)

解：由楞次定律可以判断。

4. 在磁感强度为 $\vec{B}$ 的均匀磁场中，以速率v 垂直切割磁感应线运动的一长度为 L 的金属杆，相当于一个电源，它的电动势ε=<u> **vBl** </u>，产生此电动势的非静电力是<u> 洛伦兹力 </u>。

解：由 $\varepsilon=\int(\vec{v}\times\vec{B})\cdot\mathrm{d}\vec{l}$ 可得。

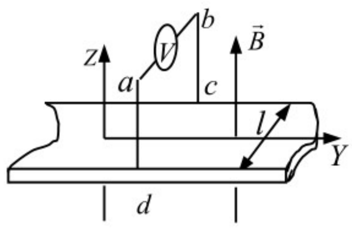


5. 如图所示，一半径为 r 的很小的金属圆环，在初始时刻与一半径为a ($a>>r$) 的大金属圆环共面且同心。在大圆环中通以恒定的电流 I ，方向如图，如果小圆环以角速度 ω 绕过 O 点的竖直轴转动，并设小圆环的电阻为 R，则任一时刻 t 通过小圆环的磁通量$\Phi_m=\underline{\dfrac{\mu_0 I\pi r^2}{2a}\cos\omega t}$；小圆环中的感应电流$i=\underline{\dfrac{\mu_0 I\omega}{2Ra}\pi r^2\sin\omega t}$。

解：半径 $a>>r$,小圆环区域可视为均匀磁场，则通过小圆环的磁通量

$$\Phi_m\approx B_0 S\cos\omega t=\frac{\mu_0 I}{2a}\cdot\pi r^2\cdot\cos\omega t$$

感应电流 $$i=\frac{\varepsilon}{R}=-\frac{1}{R}\frac{\mathrm{d}\Phi_m}{\mathrm{d}t}=\frac{\mu_0 I\omega}{2Ra}\pi r^2\sin\omega t$$



6. 一无限长直导体薄板宽度为l，板面与 Z 轴垂直，板的长度方向沿 Y 轴，板的两侧与一个伏特计相接，如图。整个系统放在磁感应强度为$\vec{B}$ 的均匀磁场中，$\vec{B}$ 的方向沿Z 轴正方向，如果伏特计与导体平板均以速度 $\vec{v}$ 向Y 轴正方向移动，则伏特计指示的电压值为<u> 0 </u>。

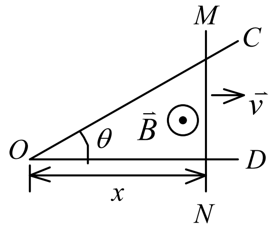
三、计算题

1. 如图所示，有一成θ角的金属架COD放在磁场中，磁感强度 $\vec{B}$ 的方向垂直于金属架COD所在平面，大

小为$B=Kx\cos\omega t$。一导体杆MN垂直于OD边，并在金属架上以恒定速度$\vec{v}$向右滑动，$\vec{v}$与MN垂直。设$t=0$时，$x=0$。求框架内的感应电动势。

解：由题意知 t 时刻，滑动导线 MN 到 O 端的垂直距离为 $x=vt$ 。

通过MON回路的磁通量（规定$\vec{S}$正方向向外）



$$\Phi_m=\vec{B}\cdot\vec{S}=Kx\cos\omega t\cdot\frac{1}{2}x^2\tan\theta\cdot\cos 0=\frac{1}{2}Kv^3t^3\tan\theta\cos\omega t$$

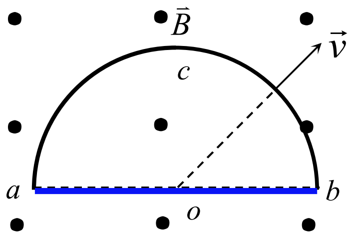
则回路的感应电动势为：

$$\varepsilon=-\frac{\mathrm{d}\Phi_m}{\mathrm{d}t}=-\frac{1}{2}Kv^3\tan\theta\left(\frac{\mathrm{d}t^3}{\mathrm{d}t}\cos\omega t+t^3\frac{\mathrm{d}\cos\omega t}{\mathrm{d}t}\right)$$
$$=-\frac{1}{2}Kv^3t^2\tan\theta(3\cos\omega t-\omega t\sin\omega t)$$

（若感应电动势$\varepsilon>0$则感应电流与$\vec{S}$与成右旋关系，反之则成左旋关系。）

2.半径为R半圆形刚性导线$\overset{\frown}{ab}$，在均匀磁场中以恒定速度$\vec{v}$移动，已知均匀磁场垂直纸面向外，大小为B，$\vec{v}$与$\overline{ab}$夹角为45°，求导线上感应电动势 ε 和 a、b两点电势差U_{ab}各为多少？

解：连接 ab，构成回路$aobca$，由于移动过程中回路磁通量不变，所以整个回路感应电动势为零。即



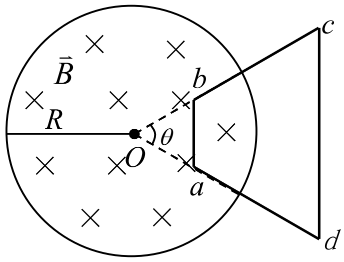
$$\varepsilon=\varepsilon_{aob}+\varepsilon_{bca}=\varepsilon_{aob}-\varepsilon_{acb}=0$$

$$\therefore\quad \varepsilon_{acb}=\varepsilon_{aob}=\int_a^b(\vec{v}\times\vec{B})\cdot\mathrm{d}\vec{l}=\int_0^{2R}vB\mathrm{d}l\cos\frac{\pi}{4}=\sqrt{2}vBR,\quad a\to b$$

电势差：$U_{ab}=U_a-U_b=-\sqrt{2}vBR$

3.均匀磁场$\vec{B}$被限制在半径 $R=10\text{ cm}$ 的无限长圆柱空间内，方向垂直纸面向里，取一固定的等腰梯形回路 $abcd$，梯形所在平面的法向与圆柱空间的轴平行，位置如图。设磁场以 $\mathrm{d}B/\mathrm{d}t=1\text{ T/s}$ 的匀速率增加，已知 $\theta=\pi/3$，$Oa=Ob=6\text{ cm}$，求等腰梯形回路中感生电动势的大小和方向。

解：由法拉第电磁感应定律（规定$\vec{S}$正方向向内）：



$$\varepsilon=-\frac{\mathrm{d}\Phi_m}{\mathrm{d}t}=-S\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t}$$
$$=-\left(\frac{1}{2}R^2\theta-\frac{1}{2}\overline{ab}\cdot\overline{oa}\cdot\cos\frac{\theta}{2}\right)\cdot\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t}$$
$$=-\left(\frac{1}{2}\times0.1\times0.1\times\frac{\pi}{3}-\frac{1}{2}\times0.06\times0.06\times\cos\frac{\pi}{6}\right)\times1$$
$$=-3.64\times10^{-3}\quad(\mathrm{V})$$

（感应电动势$\varepsilon<0$说明感应电流与$\vec{S}$与成左旋关系，沿逆时针方向。）