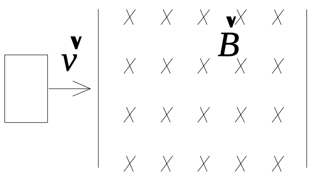
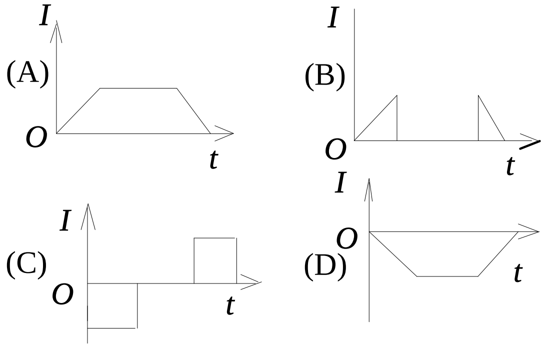
四、电磁感应

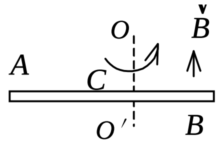
一、选择题

1.如图所示，一矩形金属线框，以速度$\vec{v}$从无场空间进入一均匀磁场中，然后又从磁场中出来，到无场空间中．不计线圈的自感，下面哪一条图线正确地表示了线圈中的感应电流对时间的函数关系？(从线圈刚进入磁场时刻开始计时，I以顺时针方向为正)





2.如图所示，导体棒AB在均匀磁场B中绕通过C点的垂直于棒长且沿磁场方向的轴OO'转动（角速度$\vec{\omega}$与$\vec{B}$同方向），BC的长度为棒长的$\frac{1}{3}$，则



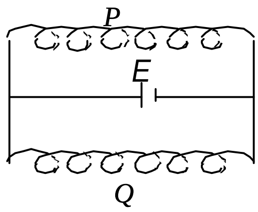
(A) A点比B点电势高．

(B) A点与B点电势相等．

(C) A点比B点电势低．

(D) 有稳恒电流从A点流向B点．

3. 如图所示，两个线圈P和Q并联地接到一电动势恒定的电源上．线圈P的自感和电阻分别是线圈Q的两倍，线圈P和Q之间的互感可忽略不计．当达到稳定状态后，线圈P的磁场能量与Q的磁场能量的比值是



(A) 4． (B) 2． (C) 1． (D) $\frac{1}{2}$．

4. 在感应电场中电磁感应定律可写成$\oint_L \vec{E}_K \cdot \mathrm{d}\vec{l} = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}$，式中$\vec{E}_K$为感应电场的电场强度．此式表明：

(A) 闭合曲线L上$\vec{E}_K$处处相等．

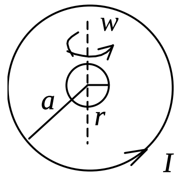
(B) 感应电场是保守力场．

(C) 感应电场的电场强度线不是闭合曲线．

(D) 在感应电场中不能像对静电场那样引入电势的概念

二、填空题

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．如果小圆环以匀角速度ω绕其任一方向的直径转动，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Φ =______________________．小圆环中的感应电流i =

____．

6. 一半径r =10 cm 的圆形闭合导线回路置于均匀磁场$\vec{B}$(B =0.80 T)中，$\vec{B}$与回路平面正交．若圆形回路的半径从t = 0 开始以恒定的速率 dr /dt =-80 cm/s 收缩，

则在这 $t = 0$ 时刻，闭合回路中的感应电动势大小为______________；如要求感应电动势保持这一数值，则闭合回路面积应以 $\mathrm{d}S/\mathrm{d}t =$____________的恒定速率收缩.

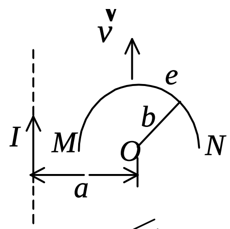
7.写出麦克斯韦方程组的积分形式：

_____________________________，_____________________________，

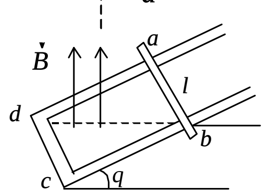
_____________________________，_____________________________.

三、计算题

8.载有电流的 I 长直导线附近，放一导体半圆环 MeN 与长直导线共面，且端点 MN 的连线与长直导线垂直. 半圆环的半径为 b，环心 O 与导线相距 a. 设半圆环以速度 $\vec{v}$ 平行导线平移，求半圆环内感应电动势的大小和方向以及 MN 两端的电压 $U_M - U_N$.



9. 有一很长的长方的 U 形导轨，与水平面成q角，裸导线 ab 可在导轨上无摩擦地下滑，导轨位于磁感强度 $\vec{B}$ 竖直向上的均匀磁场中，如图所示. 设导线 ab 的质量为 m，电阻为 R，长度为 l，导轨的电阻略去不计，$abcd$ 形成电路，t =0 时，v =0. 试求：导线 ab 下滑的速度 v 与时间 t 的函数关系.



参考答案

一、选择题

C A D D

二、填空题

5. $\dfrac{m_0 I \pi r^2}{2a}\cos w\, t$

$\dfrac{m_0 I w \pi r^2}{2Ra}\sin w\, t$

6. 0.40 V

－0.5 m^2/s

7. $\oint_S \vec{D}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = \int_V r\, \mathrm{d}V$

$\oint_L \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = -\int_S \dfrac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}\vec{S}$

$\oint_S \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = 0$

$\oint_L \vec{H}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \int_S (\vec{J} + \dfrac{\partial \vec{D}}{\partial t})\cdot \mathrm{d}\vec{S}$

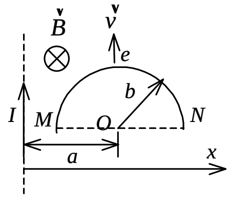
三、计算题

8. 解：动生电动势 $E_{MeN} = \int_{MN} (\vec{v}\times\vec{B})\cdot \mathrm{d}\vec{l}$ 狁

为计算简单，可引入一条辅助线 MN，构成闭合回路 $MeNM$, 闭合回路总电动势

$E_{总} = E_{MeN} + E_{NM} = 0$

$$E_{MeN} = -E_{NM} = E_{MN}$$



$$E_{MN} = \int_{MN} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \mathrm{d}\vec{l} = \int_{a-b}^{a+b} -v\,\frac{m_0 I}{2\pi x}\,\mathrm{d}x = -\frac{m_0 I v}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a-b}$$

负号表示E_{MN}的方向与 x 轴相反.

$$E_{MeN} = -\frac{m_0 I v}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a-b} \quad \text{方向 } N \to M$$

$$U_M - U_N = -E_{MN} = \frac{m_0 I v}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a-b}$$

9. 解：ab 导线在磁场中运动产生的感应电动势

$$E_i = Blv\cos q$$

$abcd$ 回路中流过的电流 $\quad I_i = \dfrac{E_i}{R} = \dfrac{Blv}{R}\cos q$

ab 载流导线在磁场中受到的安培力沿导轨方向上的分力为：

$$F = I_i Bl\cos q = \frac{Blv\cos q}{R} Bl\cos q$$

由牛顿第二定律：$\quad mg\sin q - \dfrac{Blv\cos q}{R} Bl\cos q = m\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$

$$\mathrm{d}t = \frac{\mathrm{d}v}{g\sin q - \dfrac{B^2 l^2 v\cos^2 q}{mR}}$$

令 $\quad A = g\sin q$，$c = B^2 l^2 \cos^2 q/(mR)$

则 $\quad \mathrm{d}t = \mathrm{d}v/(A - cv)$

利用 $t=0$，$v=0$ 有

$$\int_0^t \mathrm{d}t = \int_0^v \frac{dv}{A-cv} = \frac{-1}{c}\int_0^v \frac{\mathrm{d}(A-cv)}{A-cv}$$

$$t = -\frac{1}{c}\ln\frac{A-cv}{A}$$

∴

$$v = \frac{A}{c}(1-\mathrm{e}^{-ct}) = \frac{mgR\sin q}{B^2 l^2\cos^2 q}(1-\mathrm{e}^{-ct})$$