第十四章　电磁场

一　选择题

1．对位移电流，有下述四种说法，请指出哪一种说法正确。（　　）

（A）　位移电流是由变化电场产生的。

（B）　位移电流是由线性变化磁场产生的。

（C）　位移电流的热效应服从焦尔—楞次定律。

（D）　位移电流的磁效应不服从安培环路定理。

解：本题选（A)。

2. 在感应电场中电磁感应定律可以写成 $\oint_L \boldsymbol{E}_{\mathrm{K}} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = -\dfrac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}$，式中 $\boldsymbol{E}_{\mathrm{K}}$ 为感应电场的电场强度。此式表明：　（　　　）

（A）　闭合曲线 l 上 $\boldsymbol{E}_{\mathrm{K}}$ 处处相等。

（B）　感应电场是保守场。

（C）　感应电场的电力线不是闭合曲线。

（D）　在感应电场中不能像对静电场那样引入电势的概念。

解：本题选（D)。

3．在非稳恒情况下，电流连续性方程可以写成：（　　）

A. $\oiint_s \boldsymbol{J} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = 0$　　　　B. $\iint_s \boldsymbol{J} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$

C. $\oiint_s (\boldsymbol{J} + \dfrac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t}) \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = 0$　　　　D. $\oiint_s (\boldsymbol{J} + \dfrac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t}) \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = -\dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$

解：本题选（C)。

4．由两个圆形金属板组成的平行板电容器，其极板面积为 A，将该电容器接于交流电源时，极板上的电荷随时间变化，即 $q=q_0\sin\omega t$，则电容器内的位移电流密度为：(　　)

A. $q_0\omega\, cos\,\omega t$　　B. $\dfrac{q_0\omega}{A} cos\,\omega t$　　C. $\dfrac{q_0}{A} cos\,\omega t$　　D. $q_0\omega A\, cos\,\omega t$

解：当电容器极板上的电荷为 q 时，电荷面密度 $\sigma = \dfrac{q}{A}$，这时电容器内电位移矢量 $D = \sigma = \dfrac{q}{A}$。

因为 $q=q_0\sin\omega t$，所以 $D = \dfrac{q_0 \sin \omega t}{A}$　　$\therefore J = \dfrac{\partial D}{\partial t} = \dfrac{\omega q_0 \cos \omega t}{A}$

所以选（B）。

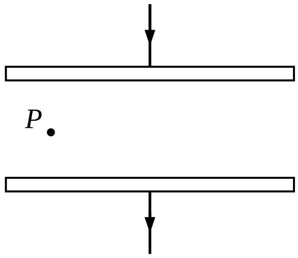
二　填空题

1．平行板电容器的电容 C 为 20.0μF，两板上的电压变化率 $\mathrm{d}U/\mathrm{d}t=1.50\times10^5\,\mathrm{V\cdot s^{-1}}$，则该平行板电容器中的位移电流为____________ 。

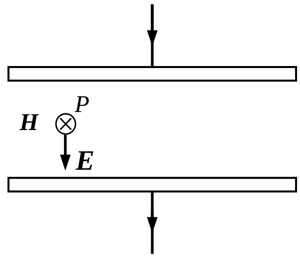
解：$I_{\mathrm{d}} = C \cdot \dfrac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}t} = 3\mathrm{A}$

2．圆形平行板电容器，从 q=0 开始充电，试画出充电过程中，极板间某点 P 处电场强度的

方向和磁场强度的方向。



填充题 2 图



填充题 2 答案

3．一般电磁场的能量密度表达式为____________。

解： $\frac{1}{2}\varepsilon_0\varepsilon_{\mathrm{r}}E^2+\frac{1}{2}\mu_0\mu_{\mathrm{r}}H^2$

三　计算题

1．在一对平行圆形极板组成的电容器（电容 $C=1\times10^{-12}$F）上，加上频率为 50Hz 的峰值为 1.74×10^{5}V 的余弦交变电压，计算极板间的位移电流的最大值。

解：$\because \Phi_D=DS=\sigma S=q=CU$

$$\therefore I_{\mathrm{d}}=\frac{\mathrm{d}\Phi_D}{\mathrm{d}t}=C\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}t}$$

故 $I_{\mathrm{dm}}=2\pi\nu CU_{\mathrm{m}}=5.47\times10^{-5}\,\mathrm{A}$

2．一平行板电容器，极板是半径为 R 的两圆形金属板，极间为空气，此电容器与交流电源相接，极板上带电量时间变化的关系为 $q=q_0\sin\omega t$ (ω为常量)，忽略边缘效应，求：

（1）电容器极板间位移电流及位移电流密度；

（2） 两极板间离中心轴线距离为 r ($r<R$) 处的磁场强度 $\boldsymbol{H}$ 的大小；

（3） 当 $\omega t=\pi/4$ 时，离中心轴线距离 r ($r<R$) 处的电磁场能量密度（即电场能量密度与磁场能量密度之和）。

解：（1）$I_{\mathrm{d}}=\mathrm{d}q/\mathrm{d}t=q_0\omega\cos\omega t$

$$J_{\mathrm{d}}=I_{\mathrm{d}}/S=q_0\omega\cos\omega t/(\pi R^2)$$

（2） $\oint_L \boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}=\iint_S \boldsymbol{J}_{\mathrm{d}}\mathrm{d}\boldsymbol{S}$

$$\therefore 2\pi rH=q_0\omega\pi r^2\cos\omega t/(\pi R^2)$$

$$H=q_0\omega\pi r\cos\omega t/(2\pi R^2)$$

（3） $D=\sigma=q/(\pi R^2)$，且　$q=q_0\sin\omega t=\frac{\sqrt{2}}{2}q_0$

$$\therefore E=D/\varepsilon_0=\sqrt{2}q_0/(2\pi R^2\varepsilon_0)$$

$$w=\frac{1}{2}\mu H^2+\frac{1}{2}DE=\frac{1}{2}\mu H^2+\frac{1}{2}\varepsilon_0E^2=\frac{q_0{}^2}{4\pi^2R^4}\left(\frac{\mu_0\omega^2r^2}{4}+\frac{1}{\varepsilon_0}\right)$$

3．一内导体为半径为 R_1，外导体半径为 R_2 的球形电容器，两球间充有相对电容率为 ε_r 的介质，在电容器上加电压，内球对外球的电压为：$U=U_0\sin\omega t$。假设 ω 不太大，以致电容器电场分布与静态场情形近似相同，求介质中各点的位移电流密度，再计算通过半径为 r（$R_1<r<R_2$）的球面的总位移电流。

解：$E=\dfrac{q(t)}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_\mathrm{r}r^2}$ $\qquad U=\dfrac{q(t)}{4\pi\,\varepsilon_0\varepsilon_\mathrm{r}}(\dfrac{1}{R_1}-\dfrac{1}{R_2})=\dfrac{q(t)(R_2-R_1)}{4\pi\,\varepsilon_0\varepsilon_\mathrm{r}R_1R_2}$

$$E=\frac{UR_1R_2}{r^2(R_2-R_1)}$$

位移电流密度：$\boldsymbol{J}_\mathrm{d}=\dfrac{\partial\boldsymbol{D}}{\partial t}=\varepsilon_0\varepsilon_\mathrm{r}\dfrac{\partial\boldsymbol{E}}{\partial t}=\dfrac{\varepsilon_0\varepsilon_\mathrm{r}R_1R_2}{r^2(R_2-R_1)}U_0\omega\cos\omega t\boldsymbol{r}_0$

$$I_\mathrm{d}=\int\boldsymbol{J}_\mathrm{d}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}=J_\mathrm{d}\cdot 4\pi r^2=\frac{4\pi\,\varepsilon_0\varepsilon_\mathrm{r}R_1R_2}{R_2-R_1}U_0\omega\cos\omega t$$