# 一．选择填空题：（共 20 分，每空 1 分）必须将正确答案编号填入空内！

1. 下列方程中（A ）是法拉第电磁感应定律的微分形式，（C ）是电荷守恒定律的微分形式。

A． $\nabla\times\overline{E}=-\dfrac{\partial\overline{B}}{\partial t}$ ； B． $\nabla\cdot\overline{B}=0$ ； C． $\nabla\cdot\overline{J}=-\dfrac{\partial\rho}{\partial t}$ ； D． $\nabla\cdot\overline{D}=\rho$ ；

E. $\nabla\times\overline{H}=\overline{J}+\dfrac{\partial\overline{D}}{\partial t}$

2. 良导体中存在时谐电磁场，其中电场强度和磁场强度的相位差为（C）。理想介质中电场强度和磁场强度的相位差为（A ）。

A． $0^\circ$ ； B. $30^\circ$ ； C. $45^\circ$ ； D. $90^\circ$ ； E. $180^\circ$

3. 在静态电磁场问题中，两种媒质分界面上法向分量连续的物理量分别是（C ）和（D ）。

A.电场强度 $\bar{E}$ ； B. 电位移矢量 $\bar{D}$； C. 传导电流 $\bar{J}$； D. 磁感应强度 $\bar{B}$；

E. 磁场强度 $\bar{H}$

4. 引起同轴线单位长度电容变化的因素为（C ）和（E ）。

A． 电荷 q ； B.磁导率 $\mu$ ； C.介电常数 $\varepsilon$ ； D.电压 V ；

E.内外导体半径 a、b

5. 坡印廷定理是关于电磁能量转换过程的能量守恒定理，其中（B ）表示单位时间内体积 V 减少的电磁能量，（D ）表示单位时间流出的电磁能量，（C ）表示单位时间体积 V 内损耗的电磁能量。

A． $\dfrac{\partial}{\partial t}\int_V(\dfrac{1}{2}\overline{H}\cdot\overline{B}+\dfrac{1}{2}\overline{E}\cdot\overline{D})\mathrm{d}V$ ； B． $-\dfrac{\partial}{\partial t}\int_V(\dfrac{1}{2}\overline{H}\cdot\overline{B}+\dfrac{1}{2}\overline{E}\cdot\overline{D})\mathrm{d}V$ ；

C. $\int_V\overline{E}\cdot\overline{J}dV$ D. $\oint_S(\overline{E}\times\overline{H})\cdot d\bar{s}$ ； E. － $\oint_S(\overline{E}\times\overline{H})\cdot d\bar{s}$

6. 下列电磁表达式中（E ）表示线极化波，（B ）表示左旋圆极化波，（D ）表示右

旋圆极化波。

A. $\vec{E}(z)=(\vec{e}_x E_0+\overline{e_y}\,E_0\,e^{-j\frac{\pi}{2}})e^{-jkz}$ ;

B. $\vec{E}(z)=(\vec{e}_x E_0+\vec{e}_y E_0\,e^{j\frac{\pi}{2}})e^{-jkz}$ ;

C. $\vec{E}(z)=(\vec{e}_x E_1+\vec{e}_y E_2\,e^{-j\frac{\pi}{2}})e^{-jkz}$ ;

D. $\vec{E}(z)=(\vec{e}_x E_1-\vec{e}_y E_2\,e^{j\frac{\pi}{2}})e^{jkz}$ ;

E. $\vec{E}(z)=(\vec{e}_x E_1+\vec{e}_y E_2)e^{jkz}$ ;

7. 在介电常数为$\varepsilon$的介质中方程$\nabla\bullet\overline{D}=\rho$中的$\rho$指（A ），$\nabla\cdot\overline{E}=\rho/\varepsilon_0$中的$\rho$指（C ）。

A. 自由电荷体密度; B. 极化电荷体密度;

C.自由电荷体密度+极化电荷体密度

D. 自由电荷面密度

E. 自由电荷体密度+自由电荷面密度

8. 两块成$60^{\circ}$的接地导体板，角形区域内有点电荷+q,若用镜像法求解区域的电位分布。共有（ E）个像电荷，其中电荷量为+q 的像有（B ）个。

A. 1 个 ; B.2 个 ; C.3 个 ; D.4 个 ; E.5 个

9. 下列电场表达式中（A ）表示沿-z 方向传播的非均匀平面波，（C ）表示沿 z 分布的驻波

A. $E_m e^{\alpha x}\cos(\omega t+\beta z)$; B. $E_m\cos(\omega t+\beta z)$; C. $E_m\sin\beta z\sin\omega t$;

D. $E_m e^{-\alpha z}\cos(\omega t-\beta z)$; E. $E_m\cos(\omega t-\beta z)$

二．简答题（共 10 分每题 5 分）

1．角频率和相位常数是描述电磁波特性的重要参数，它们的物理意义分别是什么？

角频率：单位时间相位的变化量 （3 分）

相位常数：单位距离相位的变化量(2 分)

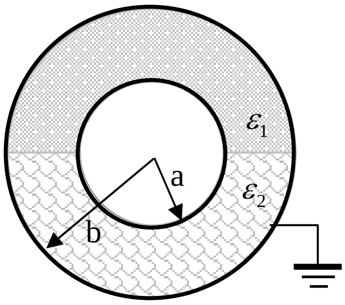
2. 何为媒质的电磁特性？描述媒质电磁特性的关系称为什么关系？写出该关系的数学表达式。

媒质的极化特性，磁化特性和导电特性称为媒质的电磁特性。描述媒质电磁特性的关系称为本构关系。（2 分）

$\vec{D}=\varepsilon\vec{E},\quad \vec{B}=\mu\vec{H},\quad \vec{J}=\sigma\vec{E},$(3 分)

三．计算题（共 70 分）

1. （20 分）球形电容器，内外导体半径分别为 a 和 b。其间填充介电常数分别为 $\varepsilon_1$ 、$\varepsilon_2$ 电介质。设内导体带电荷 q，外球接地，如图所示，求两球壳间的①电场分布；②电位分布；③电容；④电场能量




解：（ 1）电场分布

由高斯定理 $\oint_s \vec{D} \cdot d\vec{s} = 2\pi r^2 \left(\vec{D}_1 + \vec{D}_2\right) = q$　　(3 分)

由 $\vec{D}_1 = \varepsilon_1 \vec{E}_1$ 、$\vec{D}_2 = \varepsilon_2 \vec{E}_2$ 以及 $\vec{E}_1 = \vec{E}_2 = \vec{E}$（2 分）

可得两球壳间的电场强度为

$$\overline{E}(r) = \vec{e}_r \frac{q}{2\pi\left(\varepsilon_1 + \varepsilon_2\right) r^2}$$（3 分）

（2）电位为

$$\varphi(r) = \int_r^b \overline{E}(r) \cdot d\vec{r} = \frac{q}{2\pi\left(\varepsilon_1 + \varepsilon_2\right)} \int_r^b \frac{1}{r^2} dr = \frac{q\left(b - r\right)}{2\pi\left(\varepsilon_1 + \varepsilon_2\right) br}$$（3 分）

内外导体间的电位差为

$$U = \int_a^b \overline{E}(r) \cdot d\vec{r} = \frac{q}{2\pi\left(\varepsilon_1 + \varepsilon_2\right)} \int_a^b \frac{1}{r^2} dr = \frac{q\left(b - a\right)}{2\pi\left(\varepsilon_1 + \varepsilon_2\right) ba}$$（3+2 分）

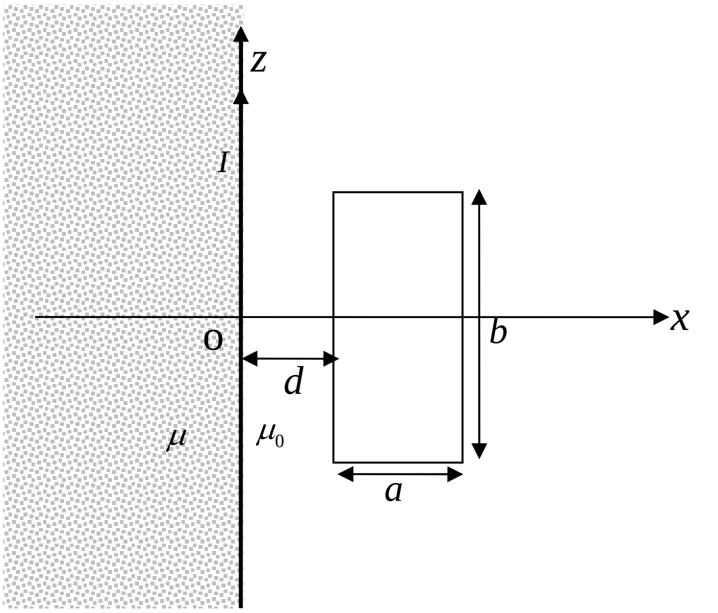
（3）电容为

$$C = \frac{q}{U} = \frac{2\pi\left(\varepsilon_1 + \varepsilon_2\right) ba}{\left(b - a\right)}$$（3 分）

（4）电场能量为

$$W_e = \frac{1}{2} qU = \frac{q^2\left(b - a\right)}{4\pi\left(\varepsilon_1 + \varepsilon_2\right) ba}$$（3 分）

2. （15 分）如图所示，x<0 的半空间充满磁导率为$\mu$的磁介质，x>0 的半空间为空气。有一无限长直细导线置于 z 轴上，导线中的电流为 I。在 xoz 平面内有一个与细导线共面的矩形线框$(a\times b)$。试求：(1)电流 I 产生的磁感应强度；(2)细导线与矩形线框间的互感.




解（1）根据安培环路定律，可得 $\pi r H_\mu + \pi r H_0 = I$ （3 分）

由于$B_\mu = \mu H_\mu$、$B_0 = \mu_0 H_0$，又根据边界条件有$B_\mu = B_0 = B$，于是得

$$\pi r \frac{B}{\mu} + \pi r \frac{B}{\mu_0} = I$$

由此得到 $$\vec{B} = \vec{e}_\phi \frac{\mu_0 \mu I}{\pi(\mu+\mu_0) r}$$

（2+3 分）

（2）与矩形线框交链的磁通为

$$\psi = \int_S \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = \frac{\mu_0 \mu b I}{\pi(\mu_0+\mu)} \int_d^{d+a} \frac{1}{x} \mathrm{d}x = \frac{\mu_0 \mu b I}{\pi(\mu_0+\mu)} \ln \frac{d+a}{d}$$

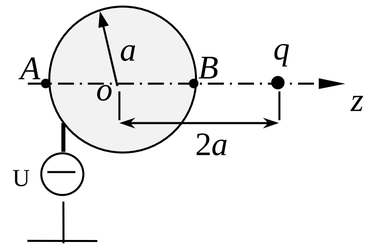
（2+2 分）

所以 $$M = \frac{\psi}{I} = \frac{\mu_0 \mu b}{\pi(\mu_0+\mu)} \ln \frac{d+a}{d}$$

（3 分）

**3.（15 分）** 如图所示，一半径为 a 的导体球，接在电压为 U 的直流电源上。点电荷 $q$ 位于距球心 $2a$ 处。试求：（1）导体球面上 $A$、$B$ 两点的电场强度；

（2）点电荷 $q$ 受到的静电力。




解：像电荷 1 位置距离球心

$$d'=\frac{a^2}{2a}=\frac{a}{2} \qquad (3\text{ 分})$$

像电荷 1 大小

$$q'=-\frac{a}{2a}q=-\frac{1}{2}q \qquad (3\text{ 分})$$

像电荷 2 位于球心

像电荷 2 大小

$$q''=4\pi\varepsilon_0 aU$$

$A$、$B$ 两点的电场强度分别为

$$\overrightarrow{E_A}=-\overrightarrow{e_z}\frac{q}{4\pi\varepsilon_0(3a)^2}+\overrightarrow{e_z}\frac{\frac{1}{2}q}{4\pi\varepsilon_0\left(\frac{3a}{2}\right)^2}-\overrightarrow{e_z}\frac{4\pi\varepsilon_0 aU}{4\pi\varepsilon_0 a^2}=\overrightarrow{e_z}\left(\frac{q}{36\pi\varepsilon_0 a^2}-\frac{U}{a}\right) \qquad (3\text{ 分})$$

$$\overrightarrow{E_B}=-\overrightarrow{e_z}\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 a^2}-\overrightarrow{e_z}\frac{\frac{1}{2}q}{4\pi\varepsilon_0\left(\frac{a}{2}\right)^2}+\overrightarrow{e_z}\frac{4\pi\varepsilon_0 U}{4\pi\varepsilon_0 a^2}=\overrightarrow{e_z}\left(-\frac{3q}{4\pi\varepsilon_0 a^2}+\frac{U}{a}\right) \qquad (3\text{ 分})$$

点电荷 $q$ 受到的静电力

$$\vec{F}=\overrightarrow{e_z}\frac{\left(-\frac{q}{2}\right)q}{4\pi\varepsilon_0\left(\frac{3a}{2}\right)^2}+\overrightarrow{e_z}\frac{4\pi\varepsilon_0 aUq}{4\pi\varepsilon_0(2a)^2}=-\overrightarrow{e_z}\frac{q^2}{18\pi\varepsilon_0 a^2}+\overrightarrow{e_z}\frac{Uq}{4a} \qquad (3\text{ 分})$$

4.（20 分）一均匀平面波自 z<0 的空气区域，垂直入射到本征阻抗为$\eta_2$的理想介质区域（z>0），且已知入射波电场为$\overline{E}=E_m(\overline{e_x}+j\overline{e_y})e^{-j\beta z}$，求①反射波的电场；②透射波的电场；③判断入射波反射波和透射的极化状态。

**解**　媒质 1 为空气，其本征阻抗为$\eta_0$，故分界面上的反射系数和透射系数分别为

$$\Gamma=\frac{\eta_2-\eta_0}{\eta_2+\eta_0}$$

（2+2 分）

$$\tau=\frac{2\eta_2}{\eta_2+\eta_0}$$

式中

$$\eta_2=\sqrt{\frac{\mu_2}{\varepsilon_2}}=\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_{r2}\varepsilon_0}},\ \eta_0=\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}\qquad（2 分）$$

都是实数，故$\Gamma$、$\tau$也是实数。

反射波的电场为

$$\boldsymbol{E}_r=\Gamma E_m(\boldsymbol{e}_x+\boldsymbol{e}_y j)e^{j\beta z}\qquad (3 分)$$

可见，反射波的电场的两个分量的振幅仍相等，相位关系与入射波相比没有变化，故反射波仍然是圆极化波。但波的传播方向变为-z 方向，故反射波也变为右旋圆极化波。而入射波是沿+z 方向传播的左旋圆极化波。　（3 分）

透射波的电场为

$$\boldsymbol{E}_t=\tau E_m(\boldsymbol{e}_x+\boldsymbol{e}_y j)e^{-j\beta_2 z}\qquad（3 分）$$

式中，$\beta_2=\omega\sqrt{\mu_2\varepsilon_2}=\omega\sqrt{\mu_0\varepsilon_{r2}\varepsilon_0}$（2 分）

是媒质 2 中的相位常数。

可见，透射波是沿+z 方向传播的左旋圆极化波。　（3 分）