安徽大学 20<u>18</u>—20<u>19</u> 学年第 <u>1</u> 学期

《电磁场与电磁波》（B 卷）考试试题参考答案及评分标准

一、填空题（每空 1 分，共 15 分）

1. 静电场$\vec{E}$和电位φ的关系是$\underline{\vec{E}=-\nabla\phi}$，$\vec{E}$的方向是从电位<u>高</u>处指向电位<u>低</u>处。

2. 所谓均匀平面波是指等相位面为<u>平面</u>，且在等相位面上各点的场强<u>相等</u>的电磁波。在自由空间中，均匀平面波等相位面的传播速度等于<u>光速</u>，电磁波能量传播速度等于<u>光速</u>。

沿 Z 轴传播的平面电磁波的复数表示式为：$\underline{\vec{E}=E_0e^{-jkz}}$；$\underline{\vec{H}=\frac{1}{\eta}e_z\times\vec{E}}$。

3、在导电媒质中，电磁波的相速随频率变化称为<u>色散</u>现象。

4、均匀平面波垂直入射到理想导体表面上，入射波电场振幅与反射波电场振幅的关系是$\underline{E_{i0}=-E_{r0}}$，透射波的电场振幅为<u>0</u>。

5、矩形波导$(a>b)$的主模是$\underline{TE_{10}}$；圆波导的主模是$\underline{TE_{11}}$；同轴线的主模是$\underline{TEM}$。

二、单项选择题（每小题 2 分，共 20 分）

1. 下列说法正确的有：（ B ）
   A. 一个矢量场所具有的性质可完全由它的散度来表明。
   B. 一个矢量场所具有的性质可完全由它的散度和旋度来表明。
   C. 一个矢量场所具有的性质可完全由它的旋度来表明。

2. 下面表述正确的为（ D ）
   A. 矢量场的散度仍为一矢量场。
   B. 标量场的梯度结果为一标量。
   C. 矢量场的旋度结果为一标量场。
   D. 标量场的梯度结果为一矢量。

3. 比较位移电流与传导电流，下列陈述中，不正确的是（ A ）
   A. 位移电流与传导电流一样，也是电荷的定向运动。
   B. 位移电流与传导电流一样，也能产生涡旋磁场。
   C. 位移电流与传导电不同，它不产生焦耳热损耗 。

4. 两导体平面相交成60°角，采用镜像法求解，其镜像电荷数为（ B ）个。

A. 7　　B. 5　　C. 4

5. 填充$\mu_r=1$、$\varepsilon_r=4$均匀介质的同轴线，其主模的相速度等于（ C ）。

A. $3\times10^8 m/s$　　B. $2\times10^8 m/s$　　C. $1.5\times10^8 m/s$

6. 当一个任意极化的电磁波以（ A ）入射到理想介质分界面时，其反射波中只剩下垂直极化波。

A. 布儒斯特角　　B. 临界角　　C. 折射角

7. 沿+Z方向传播的右旋圆极化波为（ B ）。

A. $\vec{E}=E_0(\vec{e}_x+j\vec{e}_y)e^{-jkz}$　　B. $\vec{E}=E_0(\vec{e}_x-j\vec{e}_y)e^{-jkz}$　　C. $\vec{E}=E_0(\vec{e}_x-\vec{e}_y)e^{-jkz}$

8. 电源以外恒定电流场基本方程的积分形式是（ A ）。

A. $\oint\vec{E}\cdot d\vec{l}=0$, $\oint\vec{J}\cdot d\vec{S}=0$

B. $\oint\vec{E}\cdot d\vec{l}=0$, $\oint\vec{J}\times d\vec{S}=0$

C. $\oint\vec{E}\cdot d\vec{l}=0$, $\oint\vec{J}\cdot d\vec{S}=-dq/dt$

9. 频率为f的均匀平面波在良导体（参数为σ、μ、ε）中传播，其衰减常数α及相位常数β均近似为$\sqrt{\pi f\mu\sigma}$，本征阻抗相位为$\pi/4$，则趋肤深度为(D).

A. $\sqrt{\pi f\mu\varepsilon}$　　B. $1/\sqrt{\pi f\mu\varepsilon}$　　C. $\sqrt{\pi f\mu\sigma}$　　D. $1/\sqrt{\pi f\mu\sigma}$

10. 在空气中传播的均匀平面波的电场强度的复数形式为：$\vec{E}=(A\vec{e}_x+2\vec{e}_y+4\vec{e}_z)e^{-j\pi(4x+5z)}$，式中$A$为常数，则$A$为（ D ）。

A. 4　　B. 5　　C. -4　　D. -5

三、简答题（共15分）

1、（7分）写出线性均匀各向同性媒质中麦克斯韦方程组的微分形式，并说明其物理意义。

答:

$$\nabla\times\boldsymbol{H}=\boldsymbol{J}+\varepsilon\frac{\partial\boldsymbol{E}}{\partial t}$$

$$\nabla\times\boldsymbol{E}=-\mu\frac{\partial\boldsymbol{H}}{\partial t}$$　　（4分）

$$\nabla\cdot\mu\boldsymbol{H}=0$$

$$\nabla\cdot\varepsilon\boldsymbol{E}=\rho$$

物理意义：麦克斯韦方程组反映了电磁场和源之间的全部关系，即真实电流和变化的电场是磁场的源，真实的电荷和变化的磁场是电场的源。　　（3分）

2、（4分）写出时变场中不同介质分界面上的边界条件。

$$E_{1t}=E_{2t}$$
$$H_{1t}-H_{2t}=J_s$$
$$D_{1n}-D_{2n}=\rho_s$$
$$B_{1n}=B_{2n}$$

3.（4分）为什么一般矩形波导测量线的槽开在波导宽壁的中线上？

答：因为：当矩形波导中传播TE_{10}模时，设纵向为z方向，宽边为x方向，窄边为y方向，则在左右两侧壁内的管壁电流只有y方向分量，且大小相等方向相反；在上下两宽壁内的管壁电流由x方向分量和z方向分量合成。在波导宽壁中央的面电流只有z方向分量，如果在波导宽壁中央沿z方向开一个纵向窄缝，不会切断高频电流的通路，因此TE_{10}波的电磁能量不会从该纵向窄缝辐射出来，波导内的电磁场分布也不会改变。（4分）

四、计算题（共50分）

1.（10分）一个半径为a的导体球，带电量为Q，在导体球外套有半径为b的同心介质球壳，壳外是空气。试计算空间任一点的电场强度。（10分）

解：由于导体球和球外介质都是球对称的，故场分布也应该是球对称的，可以用高斯定理求解。

① 当$(r<a)$时，显然，导体内场强为零，即

$$\vec{E}_1=0 \quad \text{（2分）}$$

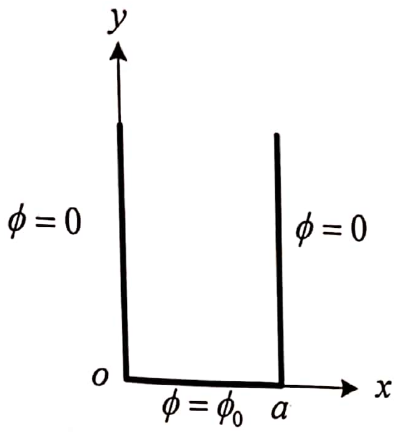
② 当$(a\le r<b)$时，应用介质中的高斯定理，得

$$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S}=Q$$
$$\vec{D}=\frac{Q}{4\pi r^2}\vec{e}_r$$
$$\vec{E}_2=\frac{1}{\varepsilon}\vec{D}=\frac{Q}{4\pi\varepsilon r^2}\vec{e}_r \quad \text{（4分）}$$

③ 当$(r\ge b)$时，应用真空中的高斯定理，得

$$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}=\frac{Q}{\varepsilon_0} \quad \text{（4分）}$$
$$\vec{E}_3=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$$

2.（15分）如图所示，无限长金属槽，两平行侧壁相距为a，高度向上方无限延伸，两侧壁的电位为零，槽底电位为ϕ_0，求槽内电位分布。（15分）



由边界条件易写出槽内电位函数应该为

$$\phi=\sum_{m=1}^{\infty}C_m e^{-\frac{m\pi}{a}y}\sin\left(\frac{m\pi}{a}x\right)$$ （6 分）

由边界条件 $\phi|_{y=0}=\phi_0$，得

$$\sum_{m=1}^{\infty}C_m\sin\left(\frac{m\pi}{a}x\right)=\phi_0$$

对上述方程两边乘以 $\sin\left(\frac{n\pi}{a}x\right)$，并对 x 从 $0\to a$ 积分，得到 （3 分）

$$\frac{a}{2}C_n=\int_0^a\phi_0\sin\left(\frac{n\pi}{a}x\right)\mathrm{d}x$$

当 n 为奇数时，得到

$$\frac{a}{2}C_n=\frac{a\phi_0}{n\pi}(1-\cos n\pi)$$

即 $C_n=\frac{4\phi_0}{n\pi}(n=1,3,5,\cdots,\infty)$ （4 分）

因此，槽内电位函数为

$$\phi=\frac{4\phi_0}{\pi}\sum_{m=1}^{\infty}\frac{1}{m}e^{-\frac{m\pi}{a}y}\sin\left(\frac{m\pi}{a}x\right)\quad(m=1,3,5,\cdots,\infty)$$ （2 分）

3.（15 分）已知空气填充的矩形波导截面尺寸为 $a\times b=23\times10mm^2$，

（1）工作波长为 $\lambda=20mm$ 时，波导中可传输哪些模式？

（2）工作波长为 $\lambda=30mm$ 时，波导中可传输哪些模式？

（3）写出其主模的波导波长、相速度和波阻抗的公式。（15 分）

解：

$$\lambda_c=\frac{2}{\sqrt{(\frac{m}{a})^2+(\frac{n}{b})^2}}$$ （2 分）

$m=1,n=0\quad \lambda_c=2a=46mm$

$m=2,n=0\quad \lambda_c=a=23mm$

$m=0, n=1 \quad \lambda_c = 2b = 20mm$ （3 分）

（1）$\lambda = 20mm$， 满足传输条件 $\lambda \langle \lambda_c$ 的模式有 TE_{10}, TE_{20} （4 分）

（2）$\lambda = 30mm$，满足传输条件 $\lambda \langle \lambda_c$ 的模式有 TE_{10} （3 分）

（3）$\lambda_g = \dfrac{\lambda'}{\sqrt{1-(\frac{\lambda'}{2a})^2}}$ （1 分）

$$v_p = \frac{v}{\sqrt{1-(\frac{\lambda'}{2a})^2}} = \frac{\frac{c}{\sqrt{\mu_r \varepsilon_r}}}{\sqrt{1-(\frac{\lambda'}{2a})^2}}$$ （1 分）

$$Z_{TE_{10}} = \frac{120\pi\sqrt{\frac{\mu_r}{\varepsilon_r}}}{\sqrt{1-(\frac{\lambda'}{2a})^2}}$$ （1 分）

4.（10分）电场强度为 $\vec{E} = \vec{e}_x 10^{-4} e^{-j20\pi z} + \vec{e}_y 10^{-4} e^{j(\frac{\pi}{2}-20\pi)}$ 伏 / 米的均匀平面波在自由空间传播。求：

（1）该波的传播方向；

（2）相位常数，波长，相速；频率

（3）磁场强度 $\vec{H}$ 。（10 分）

解：（1）该波为均匀平面波，沿着+Z方向传播。 (2分)

（2）$k = 20\pi$

$V_p = 3\times10^3 \quad m/s$

$\lambda = 2\pi / k = 0.1 \quad m$

$f = \dfrac{V_p}{\lambda} = 3GHz$ (4分)

（3）$\vec{H} = j\dfrac{1}{wu}\nabla\times\vec{E} = -2.65\times10^{-7} e^{j(\frac{\pi}{2}-20\pi)}\vec{e}_x + 2.65\times10^{-7} e^{-j20\pi}\vec{e}_y$ (4分)