电磁场理论期末复习题（附答案）

一 填空题

1．静止电荷所产生的电场，称之为<u>静电场</u>；电荷 Q 在某点所受电场力为 F，则该点电场强度的大小为<u>$E=\dfrac{F}{Q}$</u>。

2．可以用电位的<u>负梯度</u>来表示电场强度；当电位的参考点选定之后，静电场中各点的电位值是<u>唯一确定的</u>。

3．<u>电荷</u>的规则运动形成电流；将单位正电荷从电源负极移动到正极，<u>非静电力</u>所做的功定义为电源的电动势

4．由<u>恒定电流</u>或<u>永磁体</u>产生的磁场不随时间变化，称为恒定磁场。

5．磁感应强度 B 是无散场，它可以表示为另一个矢量场 A 的<u>旋度</u>，称 A 为<u>矢量磁位</u>，为了唯一地确定 A，还必须指定 A<u>的散度为零</u>，称为库仑规范。

6．静电场的边界条件，即边值问题通常分为三类：第一类为给定整个边界上的<u>位函数值</u>；第二类为给定边界上每一点位函数的<u>法向导数值</u>；第三类为给定一部分边界上每一点的<u>位函数值</u>，同时给定另一部分边界上每一点的<u>位函数的法向导数值</u>。

7．位移电流扩大了电流的概念，它由<u>电场</u>的变化产生，相对于位移电流我们称由电荷规则运动形成的电流为<u>传导电流</u>和<u>运流电流</u>。

8. 在电磁波传播中，衰减常数α的物理意义为<u>表示电磁波每传播一个单位的距离，其振幅的衰减量</u>，相位常数β的物理意义为<u>表示电磁波每传播一个单位距离相位偏移量</u>。

10.静电场是有势场，静电场中各点的电场与电位关系用公式表示是<u>$\overline{E}=-\nabla\phi$</u>。

13.<u>恒定电流</u>产生的磁场，叫做恒定磁场。

14.库仑规范限制了矢量磁位 A 的多值性，但不能唯一确定 A。为了唯一确定 A，还必须给定 A 的<u>散度为零</u>。

16.时变电磁场分析中，引入洛仑兹规范是为了解决动态位的<u>惟一性</u>。

18.载流导体在磁场中会受到电磁力的作用，电磁力的方向由<u>左手</u>定则确定。

二、选择题

1. 磁感应强度 B 与磁场强度 H 的一般关系为　　　　　　　　　　　　　　(B)

A. $H=\mu B$　　B. $B=\mu H$　　C. $H=\mu_r B$　　D. $B=\mu_0 H$

2 导体在静电平衡下，其内部电场强度　　　　　　　　　　　　　　(B)

A.为常数　B.为零　C.不为零　D.不确定

3 真空中磁导率的数值为　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(C)

A. $4\pi\times10^{-5}$H/m　　B. $4\pi\times10^{-6}$H/m

C. $4\pi\times10^{-7}$H/m　　D. $4\pi\times10^{-8}$H/m

4.磁通Φ的单位为　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(B)

A. 特斯拉　B. 韦伯　C. 库仑　D. 安匝

5. 矢量磁位的旋度是　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(A)

A. 磁感应强度　B. 磁通量　C. 电场强度　D. 磁场强度

6. 真空中介电常数 ε_0 的值为　　　　　　　　　　　　　　　(D)

A. 8.85×10^{-9}F/m　　B. 8.85×10^{-10}F/m

C. 8.85×10^{-11}F/m　　D. 8.85×10^{-12}F/m

7. 下面说法正确的是　　　　　　　　　　　　　　　　　　　(A)

A. 凡是有磁场的区域都存在磁场能量　B. 仅在无源区域存在磁场能量

C. 仅在有源区域存在磁场能量　　D. 在无源、有源区域均不存在磁场能量

8 静电场中试验电荷受到的作用力大小与试验电荷的电量　　　　　(C)

A.成反比　B.成平方关系　C.成正比　D.无关

9. 平板电容器的电容量与极板间的距离　　　　　　　　　　　　(B)

A. 成正比　B. 成反比　C. 成平方关系　D. 无关

10. 在磁场 B 中运动的电荷会受到洛仑兹力 F 的作用，F 与 B 的空间位置关系　(B)

A. 是任意的　B. 相互垂直　C. 同向平行　D. 反向平行

2．高斯定理的积分形式描述了____B____的关系；

A．闭合曲面内电场强度与闭合曲面内电荷之间的关系

B. 闭合曲面的电场强度通量与闭合曲面内电荷之间的关系

C．闭合曲面内电场强度与闭合曲面外电荷之间的关系

D. 闭合曲面的电场强度通量与闭合曲面附近电荷之间的关系

13．以下阐述中，你认为正确的一项为____D_____；

A．可以用电位的函数的梯度表示电场强度

B．感应电场是保守场，其两点间线积分与路径无关

C．静电场是无散场，其在无源区域的散度为零

D．静电场是无旋场，其在任意闭合回路的环量为零

14．以下关于电感的阐述中，你认为错误的一项为____C______；

A.电感与回路的几何结构有关

B．电感与介质的磁导率有关

C．电感与回路的电流有关

D．电感与回路所处的磁场强度无关

17.若电介质中的极化强度矢量和电场强度成正比关系，则称这种电介质为___BC_____；

A.均匀的　　　　B.各向同性的

C.线性的　　　　D.可极化的

18．均匀导电媒质是指其电导率无关于____B____；

A.电流密度　　　　B.空间位置

C.时间　　　　D.温度

19.关于镜像法，以下不正确的是___B_____；

A.它是解静电边值问题的一种特殊方法

B.用假想电荷代替原电荷

C．假想电荷位于计算区域之外

D．假想电荷与原电荷共同作用满足原边界条件

20．交变电磁场中，回路感应电动势与回路材料电导率的关系为__D______；

A.电导率越大，感应电动势越大　　B.电导率越小，感应电动势越大

C.电导率越大，感应电动势越小　　D.感应电动势大小与导电率无关

22.相同尺寸和匝数的空心线圈的电感系数与铁心线圈的电感系数之比(　C　)

A.大于 1　　　　B.等于 1

C.小于 1　　　　D.无确定关系

24.真空中均匀平面波的波阻抗为___A_____；

A.377Ω　　B.237Ω　　C.277Ω　　D.337Ω

25．在磁场 B 中运动的电荷会受到洛仑兹力 F 的作用，F 与 B 的空间位置关系___B_____；

A.是任意的　　B.相互垂直　　C.同向平行　　D.反向平行

三、简答题

1. 什么是接地电阻?其大小与哪些因素有关?

答：接地设备呈现出的总电阻称之为接地电阻；其大小与土壤电导率和接地体尺寸（等效球半径）成反比

2. 写出微分形式的麦克斯韦的数学表达式。说明它揭示了哪些物理量含义?）

3. 电偶极子

答：一对相距很近的正、负电荷称之为电偶极子

4. 体电流密度

答：垂直于电荷运动方向单位面积上通过的电流

5. 介质中的磁场强度(用公式定义)

6. 磁场能量密度

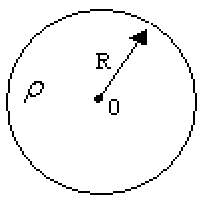
答：单位体积内的磁场能量

7. 传导电流、位移电流、运流电流是如何定义的?各有什么特点?

答：传导电流是导体中电荷运动形成的电流；位移电流是变化的电场产生的等效电流；运流电流是不导电空间内电荷运动形成的电流

四、分析计算题

1、如图所示，真空中有电荷以体密度为ρ均匀分布于一半径为R的球中，如图所示。求球内、外的电场强度。



解：

$a<R$ 时，$\oint_S EdS = \oint_v \frac{\rho}{\varepsilon_0}dv$ ，即 $E\times 4\pi a^2 = \frac{\rho}{\varepsilon_0}\times\frac{4}{3}\pi\times a^3$，所以 $E=\frac{\rho a}{3\varepsilon_0}$

$a>R$ 时，$\oint_S EdS = \frac{q}{\varepsilon_0}$ ，即 $E\times 4\pi a^2 = \frac{\rho}{\varepsilon_0}\times\frac{4}{3}\pi\times a^3$，所以 $E=\frac{\rho R^2}{3\varepsilon_0 a^3}$

2、已知半径为 a 的球内、 外的电场强度为

$$E = e_r E_0 \frac{a^2}{r^2} \quad (r > a)$$

$$E = e_r E_0 \left(5\frac{r}{2a} - 3\frac{r^3}{2a^3}\right) \quad (r < a)$$

求电荷分布。

解：

$$\nabla \bullet \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \Rightarrow \rho = \varepsilon_0 \nabla \bullet \vec{E} = \frac{q_0}{r^2} \times \frac{d\left(r^2 \vec{E}r\right)}{dr}$$

$$\rho = 0, r < a \quad \rho = \varepsilon_0 \vec{E}_0\left(\frac{15}{2a} - \frac{15r^2}{2a^3}\right)$$

2．求半径为 α 的均匀带电球体在球内外产生的电位

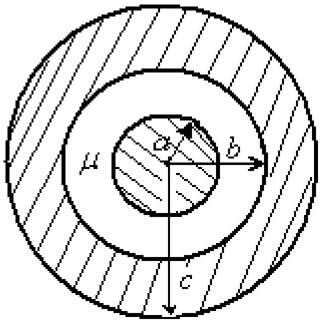
解：

$$r < a, E = \frac{\rho r}{3\varepsilon_0} \qquad r > a, E = \frac{\rho a^3}{3\varepsilon_0 r^2}$$

取球心为参考点

$$\varphi = Er = \frac{\rho r^2}{3\varepsilon_0}, r < a \qquad \varphi = Er = \frac{\varphi a^3}{3\varepsilon_0 r}, r > a$$

3、设同轴线的内导体半径为 a，外导体的内半径为 b，外半径为 c，如图所示，设内外导体间分别流过反向电流 I，两导体之间介质的磁导率为 μ，试求各区域的 H， B 。



解：选用圆柱坐标系

$0 \le \rho \le a$ ， 取 安 培 还 路 的 交 链 电 流 $\left(\rho < R_1\right)$

$I_1 = \frac{I}{2\pi a^2} \times \pi\rho^2 = I \times \frac{\rho^2}{a^2}$ 应用安培环路定理得，

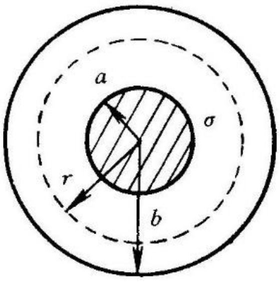
$$2\pi\rho B_1 = u_0 \frac{I\rho^2}{a^2} \Rightarrow B_1 = \vec{e}_\phi \frac{u_0 I\rho}{2\pi a^2} \Rightarrow \vec{H}_1 = \frac{I\rho}{2\pi a^2}\vec{e}_\phi$$

$$a \le \rho \le b, 2\pi\rho B_2 = u_0 I \Rightarrow B_2 = \vec{e}_\phi \frac{u_0 I}{2\pi\rho} \Rightarrow \vec{H}_2 = \frac{I}{2\pi\rho}\vec{e}_\phi$$

$$b \le \rho \le c, I_3 = I - I\frac{\rho^2 - b^2}{c^2 - b^2} \Rightarrow B_3 = \frac{u_0 I - u_0 I\left(\frac{\rho^2 - b}{c^2 - b^2}\right)\vec{e}_\phi}{2\pi\rho} \Rightarrow H_3 \frac{I - I\left(\frac{\rho^2 - b}{c^2 - b^2}\right)\vec{e}_\phi}{2\pi\rho}$$

$$c \le \rho, I_4 = 0 \Rightarrow B_4 = 0 \Rightarrow H_4 = 0$$

4．如图所示，设同轴线的内导体半径为 a, 外导体的内半径为 b，内、 外导体间填充电导率为σ的导电媒质，如下图所示，求同轴线单位长度的漏电电导。



解：

介质中任一点的漏电密度等于$\vec{e}_\rho \frac{I}{2\pi\rho}$，I 为通过半径为$\rho$的单位长度同轴同圆柱面的漏电电流，则由于 $\vec{J} = \sigma\vec{E} \Rightarrow \vec{E}\frac{\vec{e}_\rho I}{2\pi\rho\sigma}$，

内外导体间电压$U_0 = \int_0^b \vec{E}dl = \frac{I\ln\frac{b}{a}}{2\pi\sigma}$

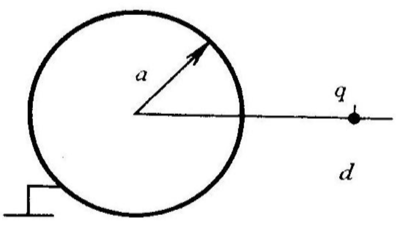
漏电率$G = \frac{I}{U} = \frac{2\pi\sigma}{\ln\frac{b}{a}}$

5．半径为 *a* 的无限长直导线，载有电流 *I*，计算导体内、外的磁感应强度。

解：当 $p < a, \oint_c Bdl = \mu o I$ ，由于 $I_1 = P^2 I / a^2$ ， 则 $B = \frac{\mu_0\rho}{a^2} * \frac{I}{2\pi\rho} = \frac{\mu_0\rho I}{2\pi a^2}$

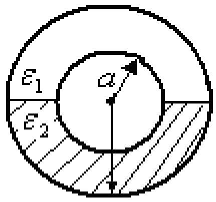
当 $\rho > a, \oint_c B \cdot dl = \mu_0 I$, 则 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi\rho}$

6．如下图所示，一个半径为 *a* 的接地导体球，一点电荷 *q* 位于距球心 *d* 处，求球外任一点的电位。



8、同心球电容器的内导体半径为a，外导体的内半径为b，其间填充两种介质，上半部分

的介电常数为ε_1，下半部分的介电常数为ε_2，如图所示，设内、外导体带电分别为q和$-q$，分别求上、下两部分的电位移矢量和电场强度。



解：

由边界边条可得 $E_1 = E_2 = E$

又由 $\nabla \cdot D = \rho \Rightarrow \int_V \nabla \cdot D dV = q$

$\therefore \oint_V \nabla \cdot D_1 dV + \oint_V \nabla \cdot D_2 dV = -q$

$\oint_S D_1 dS + \oint_S D_2 dS = -q$

$\oint_S \varepsilon_1 E dS + \oint_S \varepsilon_2 E dS = -q$

$$\therefore E(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)(\pi \cdot b^2 - \pi \cdot a^2) = -q \Rightarrow E = \frac{q}{\pi(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)(a^2 - b^2)}$$

$$\therefore D_1 = \varepsilon_1 E = \frac{\varepsilon_1 q}{\pi(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)(a^2 - b^2)} \qquad D_2 = \varepsilon_2 E = \frac{\varepsilon_2 q}{\pi(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)(a^2 - b^2)}$$

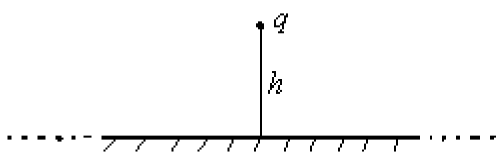
9、半径为a的无限长直导线，流过的电流为I，试计算导体内、外的磁感应强度。

解：由于 $\nabla \times B = u_0 J \quad \therefore \int_l B dl = u_0 I_0$

当$a > r$时 $\qquad B 2\pi r = u_0 I \dfrac{\pi \bullet r^2}{\pi \bullet a^2} \quad \therefore B = \dfrac{u_0 I r}{2\pi \bullet a^2}(r < a)$

当$a < r$时 $\qquad B 2\pi r = u_0 I \quad \therefore B = \dfrac{u_0 I}{2\pi r}(r > a)$

10、求置于无限大接地平面导体上方，距导体面为h处有一点电荷q，在空间任一点产生的电位。

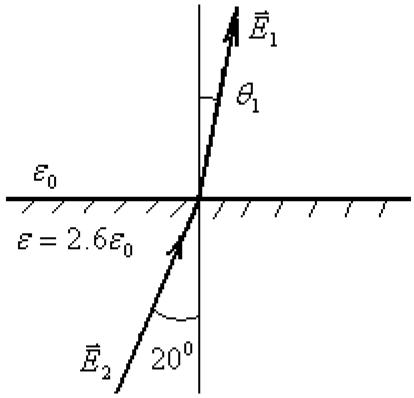


11、在聚苯乙烯（$\varepsilon = 2.6\varepsilon_0$）与空气的分界面两边，聚苯乙烯中的电场强度为$2500V/m$，

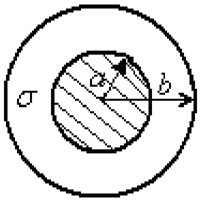
电场方向与分界面法线的夹角是20^0，如图所示。试求：

（1）空气中电场强度与分界面法线的夹角；（$\tan 20^0 = 0.363$）

（2）空气中的电场强度。



12、设同轴线的内导体半径为a，外导体的内半径为b，内、外导体间填充电导率为σ的导电媒质，如图所示，试求同轴线单位长度的漏电电导。



解：

（1）$\dfrac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \dfrac{\varepsilon_1 / D_{1m}}{\varepsilon_2 / D_{1m}} = \dfrac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$　　$\tan\theta_1 = \dfrac{1}{2.6} \times 0.363 = 0.140$

（2）$\dfrac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \dfrac{E_{2n}}{E_{1n}} \Rightarrow E_{1m} = \dfrac{E_{2n}\tan\theta_2}{\tan\theta_1} = \dfrac{E_2\cos\theta_2\tan\theta_2}{\tan\theta_1} = \dfrac{E_2\sin\theta_2}{\tan\theta_1}$

$$E_{1t} = E_{2t} = E_2\sin\theta_2 \qquad E_1 = \sqrt{E^2{}_{1t} + E^2{}_{1n}} = E_2\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}$$

13、频率为$f = 300MHz$的线极化均匀平面电磁波，其电场强度振幅值为$2V/m$，从空气垂直射到$\varepsilon_r = 4$、$\mu_r = 1$的理想介质平面上，求：

1、反射系数、透射系数；

2、入射波、反射波、透射波的电场和磁场。

14．已知无界理想媒质（$\varepsilon = 9\varepsilon_0$，$\mu = \mu_0$，$\sigma = 0$）中正弦均匀平面电磁波的频率

$f = 10^8$ Hz，电场强度：$E = e_x 3e^{-jkz}(V/m)$

试求：(1) 均匀平面电磁波的相速度V_P、波长λ、相移常数k和波阻抗η；

(2) 电场强度和磁场强度的瞬时值表达式；

(3) 与电磁波传播方向垂直的单位面积上通过的平均功率。

解：

（1）$\varepsilon = 9\varepsilon_0$，$\mathrm{u} = \mathrm{u}_0$，$f = 10^8 HZ$

$\therefore$ 相速度 $\mathrm{V_p} = \dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon \mathrm{u}}} = \dfrac{1}{\sqrt{9\varepsilon_0 u_0}} = \dfrac{1}{\sqrt{9}} \times 3 \times 10^8 m/s$ 波长 $\lambda = \dfrac{1}{f\sqrt{u\varepsilon}} = \dfrac{\varphi}{f} m = 1m$

相移常数 $k = \dfrac{2\pi}{\lambda} = 2\pi rad/m$ 波阻抗 $\eta = \sqrt{\dfrac{u}{\varepsilon}} = \sqrt{\dfrac{u_0}{9\varepsilon_0}} = 40\pi\Omega$

（2）$\because$ $\vec{E} = \vec{e}_x 3e^{-jkz}\eta$ $\therefore$ 电场的瞬时值为 $\vec{E}(z,t) = \vec{e}_x 3\cos(wt - kz)$

$\because$ $w = 2\pi f = 2\pi \times 10^8 rad/s$ $k = 2\pi$

$$\therefore \vec{E}(z,t) = \vec{e}_x 3\cos(2\pi \times 10^8 - 2\pi z) v/m$$

$$\vec{H}(z,t) = \vec{e}_y \frac{1}{\eta}\vec{E}_x = \vec{e}_y \frac{3}{40\pi}\cos(2\pi \times 10^8 - 2\pi z) A/m$$

(3) $\vec{S}_{av} = \dfrac{1}{2} R_e[\vec{E} \times \vec{H}] = \vec{e}_z \dfrac{9}{80\pi}$

15、电磁波在真空中传播，其电场强度矢量的复数表达式为：

$$\vec{E} = (e_x - je_y)10^{-4} e^{-j20\pi z} \quad \text{（V/m）}$$

(1) 工作频率 f

(2) 磁场强度矢量的复数表达式。

(3) 坡印廷矢量的瞬时值和时间平均值。

(4) 此电磁波是何种极化，旋向如何？

解：

(1) $k = w\sqrt{u_0\varepsilon_0}$ $k = 20\pi$

$$\therefore w = \frac{k}{\sqrt{u_0\varepsilon_0}} = \frac{20\pi}{\sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{6\pi} \times 10^{-9}}} = \frac{60\pi}{10^{-8}} = 6\pi \times 10^9 rad/s$$

$$\therefore f = \frac{w}{2\pi} = 3 \times 10^9 HZ$$

(2)本证阻抗 $\eta=\sqrt{\frac{u_0}{\varepsilon_0}}=\sqrt{\frac{4\pi\times10^{-7}}{\frac{1}{36\pi}\times10^{-9}}}=120\pi\Omega$

$$\vec{E}=(\vec{e}_x-j\vec{e}_y)10^{-4}e^{-j20\pi z}$$

$$\therefore\ \vec{H}=\vec{e}_y\frac{10^{-4}e^{-j20\pi z}}{\eta120\pi}+j\vec{e}_x\frac{10^{-4}e^{-j20\pi z}}{\eta120\pi}$$

（3）电场、磁场的瞬时值为

$$\vec{\mathrm{E}}（z,t）=\mathrm{Re}[\vec{E}e^{-jwt}]=(\vec{e}_x+\vec{e}_y)10^{-4}\cos(wt-20\pi z)+\vec{e}\left(wt-20\pi z\right)$$

$$\vec{H}\left(z,t\right)=\vec{e}\frac{10^{-4}}{2\pi}\cos(wt-20\pi z)-\vec{e}\times\frac{10^{-4}}{120\pi}\sin(wt-20\pi z)$$

所以坡印矢量的瞬时值和时间平均值分别为

$$\vec{S}=\vec{E}(z,t)\times\vec{H}(z,t)=\vec{e}\frac{10^{-8}}{120\pi}\qquad\qquad \vec{S}av=\frac{1}{2}\mathrm{Re}[\vec{E}\times\vec{H}]=\frac{10^{-8}}{240\pi}\vec{e}_z$$