

- 一、(1) 简述传导电流、位移电流、极化电流和磁化电流形成的原因，分析它们之间的异同点。
- (2) 利用电场的 Gauss 定理、磁场的 Biot-Savart 定律、Faradays 电磁感应定律和位移电流概念，建立真空中微分形式的 Maxwell 方程组并说明各方程式的物理意义。
- (3) 简述电磁波传播的相速度、群速度的物理涵义；电磁波在线性各向同性均匀非色散介质中传播，相速度和群速度是否相同；电磁波在线性各向同性均匀色散介质中传播，相速度和群速度有何差别。证明导电介质是色散介质。

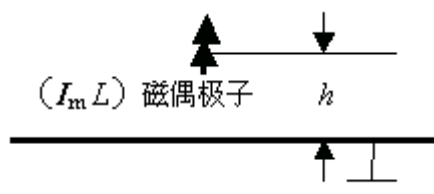
二、假设自然界存在磁荷和磁流，磁荷产生磁场与电荷产生电场满足相同的规律，磁流产生电场与电流产生磁场满足相同的规律，导出在这一假设前提下电磁场的 Maxwell 方程组表达式，证明电荷、电流激发的电磁场满足的方程与磁荷和磁流激发电磁场满足的方程互为对偶方程。

三、接地导体平面上半空间有一点电荷，电荷量为 1。导出电位函数满足的方程并应用镜像方法求出位函数的解。求导体平面上感应面电荷密度函数，并证明面电荷之和为 -1。

四、已知真空中放置于坐标原点的电偶极子天线辐射场为：

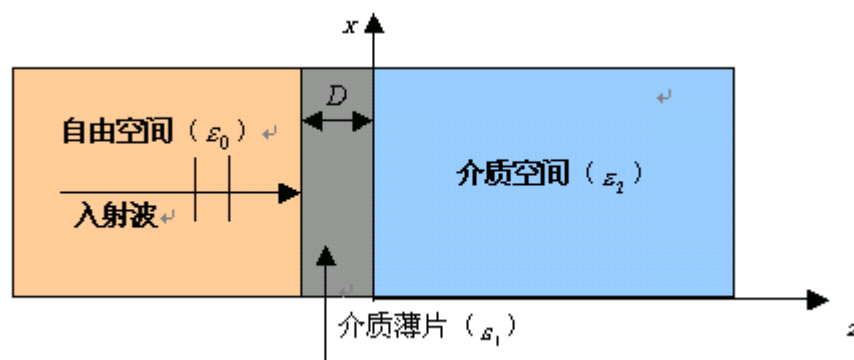
$$E_{\theta} = j \frac{I_e L}{2\lambda r} \eta_0 \sin \theta e^{-jk r}, \quad H_{\phi} = j \frac{I_e L}{2\lambda r} \sin \theta e^{-jk r}$$

求接地导体平面上方 h 处磁偶极子在远区辐射场。



五、 $z > 0$ 为介电常数 ϵ_2 的介质空间，在此介质前为一介质薄片，厚度为 D ，介电常数为 ϵ_1 。一平面波自自由空间垂直入射到介质薄片，如图所示。

求证当 $\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon_2}$, $D = \frac{\lambda_1}{4}$ 时 (λ_1 为电磁波在介质薄片中的波长), 电磁波无反射而全部透射。



六、静电场的电位函数可以表示为:

$$\phi(\mathbf{r}) = \int_V g(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \rho(\mathbf{r}') d\mathbf{r}' + \varepsilon_0 \oint_S \left[g(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \frac{\partial \phi}{\partial n'} - \phi \frac{\partial g(\mathbf{r}, \mathbf{r}')}{\partial n'} \right] ds'$$

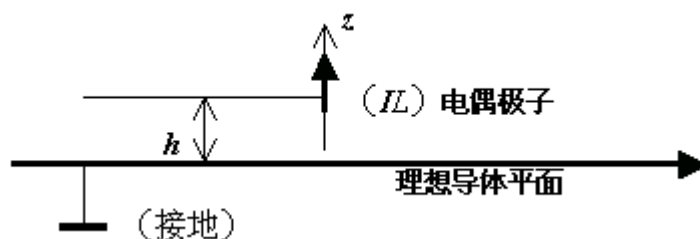
上述公式中 $g(\mathbf{r}, \mathbf{r}')$ 为 Green 函数。请分析上述三项各来自何种物理量的贡献。如何理解这三种物理量对静电场贡献是一致的。

七、请根据你本人对通信、遥感、雷达、广播和电视等的熟悉程度, 分析在你所熟悉领域中电磁波工作的基本原理, 并设计出实现其工作原理的结构框图。

八、真空中放置于坐标原点的电偶极子天线辐射场为:

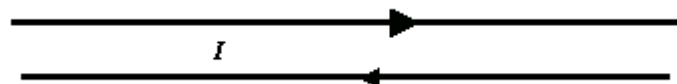
$$\mathbf{E}_\theta = j \frac{Il}{2\lambda r} \eta_0 \sin \theta e^{-jkr}, \quad \mathbf{H}_\phi = j \frac{Il}{2\lambda r} \sin \theta e^{-jkr}$$

请导出如图所表示的电偶极子远区辐射场。



九、写出 Maxwell 方程组的微分和积分表达式, 说明各个方程的物理意义, 并指出与每个方程对应的实验定律。

十、电力部门利用双导线传输电能，如图所示。①请利用电磁场的基本原理分析能量是通过什么途径传输到用户家中的；②导线的作用是什么？



十一、在设计对潜艇通信时，必须考虑海水是一种良导体的特性。为了使通信距离足够远，信号尽可能强，请就下面两个问题给出你的设计方案。

①有两种不同频率 ω_1 和 ω_2 的发射机和接收机，且 $\omega_1 > \omega_2$ ，请问选择哪种频率的通信设备？为什么？

②有两种不同接收特性的天线可供选择，其中天线 1 对电场敏感，天线 2 对磁场敏感，请选择哪种天线作为通信的接收天线？为什么？

十二、真空中放置于坐标原点的电偶极子天线辐射场为：

$$E_{\theta} = j \frac{I_e l}{2\lambda r} \eta_0 \sin \theta e^{-jkr}, \quad H_{\phi} = j \frac{I_e l}{2\lambda r} \sin \theta e^{-jkr}$$

请利用广义 Maxwell 方程的相易性原理导出置于坐标原点的磁偶极子天线的辐射场表达式。

十三、利用矢量分析原理和 Maxwell 方程，推导出介质空间中静电场满足的泊松方程和相应的边界条件。

一、写出广义 Maxwell 方程表示式，简述广义 Maxwell 方程各项的物理意义；导出广义 Maxwell 方程电磁波解的电矢位和磁矢位表示式。

二、英国科学家 Maxwell 在总结前人大量实验规律的基础上，建立了电磁场运动的 Maxwell 方程，即：

$$\begin{cases} \nabla \cdot \mathbf{D}(\mathbf{r}, t) = \rho_f(\mathbf{r}, t) \\ \nabla \cdot \mathbf{B}(\mathbf{r}, t) = 0 \\ \nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = -\frac{\partial}{\partial t} \mathbf{B}(\mathbf{r}, t) \\ \nabla \times \mathbf{H}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{J}_f(\mathbf{r}, t) + \frac{\partial}{\partial t} \mathbf{D}(\mathbf{r}, t) \end{cases}$$

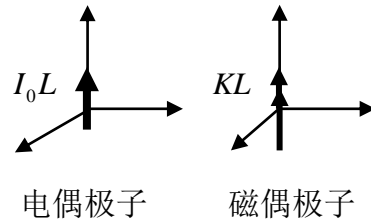
请直接利用 Maxwell 方程，回答或解决如下问题：

- (1) 写出位移电流表达式，并说明其物理意义。
- (2) 推导出电荷守恒定律，说明电荷守恒定律的物理意义。

三、电磁波主要有三个大的用途，即把电磁波作为能量的一种存在形式，应用电磁能为人类服务；把电磁波作为信息的载体，应用于通信领域；把电磁波作为探测未知物质世界的一种工具，应用于雷达、遥感等。根据你所熟悉电磁波的应用领域，举一例说明电磁波的传播过程和工作原理。

四、真空中电偶极子天线远区的辐射场为：

$$\begin{cases} E_\theta = j \frac{I_0 L}{2\lambda r} \eta_0 \sin \theta e^{-jkr} \\ H_\varphi = j \frac{I_0 L}{2\lambda r} \sin \theta e^{-jkr} \end{cases}$$



请回答或解决如下问题：

- (1) 利用广义 Maxwell 方程的对偶原理，导出真空中磁偶极子天线远区辐射场表达式。
- (2) 理论上已经证明，小电流环可以等效为磁偶极子，并有如下等效关系

$KL = j\omega\mu_0 S$ ，其中 S 为小电流环的面积。如果同样长度的金属杆，分别制作成为电偶极子和磁偶极子天线，且工作在同一频率和同样大小的馈电电流，请问哪种天线辐射能力强，说明产生这一差别的物理原因。

五、介质中宏观 Maxwell 方程为：

$$\nabla \cdot \mathbf{D}(\mathbf{r}, t) = \rho_f(\mathbf{r}, t)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B}(\mathbf{r}, t) = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r}, t) = -\frac{\partial}{\partial t} \mathbf{B}(\mathbf{r}, t)$$

$$\nabla \times \mathbf{H}(\mathbf{r}, t) = \mathbf{J}_f(\mathbf{r}, t) + \frac{\partial}{\partial t} \mathbf{D}(\mathbf{r}, t)$$

请回答或简述如下问题：

- (1) Maxwell 在总结出上述方程时，作了那些推广或假设？简述这些推广或假设逻辑的合理性。
- (2) 外加电磁场将使介质极化和磁化，简述极化和磁化的机理，并分析极化和磁化将导致介质中电场强度和磁感应强度场的如何变化？
- (3) 从 Maxwell 方程出发，以天线为例，简述电磁波辐射的基本过程。

六、设导电介质的介电常数为 ε ，磁导率常数为 μ ，电导率为 σ ；回答或证明如下问题：

- (1) 证明导电介质内部不可存在自由电荷分布，自由电荷只能存在于导电介质表面上。
- (2) 导出导电介质的复介电常数和复波数的表达式；说明复波数表达式中各项的意义。
- (3) 导电介质是否为色散介质，为什么？
- (4) 何谓良导体，说明良导体的含义。证明随着电磁波频率的增加，良导体中电磁波的穿透深度 δ 越小。

另外，注意： 拉梅系数、格林函数意义、两振子天线形成圆极化波的条件、天线的方向性图、基本振子辐射电阻……