

电磁场与电磁波的基本概念

1. 基本运算（单位矢量，加减、点乘，叉乘，散度，旋度，梯度，方向导数）
2. 如何理解亥姆霍兹定理？

一般来说，当一个矢量场的两类源在空间的分布确认时，该矢量场就唯一确认了。

3. 什么是无源场？什么是有源场？静电场与恒定磁场哪一个为有源场？

散度处处为零的矢量场为无散（源）场，旋度处处为零的矢量场为无旋场。

静电场：有源无旋场 有势场 保守场

恒定电流：无源无旋场

恒定磁场：无源有旋场

时变电磁场：有源有旋场

4. 说明静电场中的电位函数的物理意义，并写出其定义式。

单位正电荷在电场力的作用下，自该点沿任一条路径移至无限远处过程中电场力作的功。 $\Phi = W/q$

5. 本构关系

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} = \epsilon_0 \vec{E} + \chi_e \epsilon_0 \vec{E} \epsilon_r \vec{D} = \epsilon \vec{E}$$

6. 如何理解静电场的唯一性定理？

对于导体边界的静电场问题，当边界上的电位或电位的法向导数值给定时，或导体表面电荷分布给定时，空间的静电场是唯一地确定

7. 恒定磁场中磁矢位的定义是什么？

$$\nabla \times \vec{A} = \vec{B}, \nabla \cdot \vec{A} = 0$$

8. 位移电流的定义是什么？它与传导电流有何区别？

概念：在电容器两极板间存在的电流称为位移电流。位移电流的假说就是变化的电场产生磁场的结果。表达式： $J_d = \frac{\partial D}{\partial t}$

意义：一般来说，空间同时存在传导电流和位移电流。时变场中的磁场是由传导电流和位移电流共同产生的，位移电流产生磁效应代表了变化的电场能够产生磁场。

9. 写出麦克斯韦方程的积分形式、微分形式、复数形式，并说明其物理意义。

积分	微分	
$\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_S (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \cdot d\vec{S}$	$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$	全电流定律
$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$	$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	法拉第电磁感应定律
$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$	$\nabla \cdot \vec{B} = 0$	磁通连续性定律
$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = Q$	$\nabla \cdot \vec{D} = \rho$	高斯定理

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \times \vec{H} = \vec{J} + j\omega \vec{D} \\ \nabla \times \vec{E} = -j\omega \vec{B} \\ \nabla \cdot \vec{B} = 0 \\ \nabla \cdot \vec{D} = \rho_v \end{array} \right.$$

10. 均匀各向同性线性媒质的本构关系方程是什么？

$$\vec{B} = \mu \vec{H}$$

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E}$$

$$\vec{J}_c = \sigma \vec{E}$$

11. 坡印廷矢量的定义是什么？其单位是什么？平均坡印廷矢量的物理意义是什么？

能流密度矢量， $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ ；（单位时间内垂直穿过单位面积的能量） W/m^2

平均能流密度

12. 如何理解坡印廷定理？

单位时间里减少的储能=体积 V 中单位时间内损耗+单位时间内穿过闭合面 S 的能量；

表明电磁场不仅具有能量，而且电磁能在空间不停地流通

13. 什么是均匀平面波？什么是 TEM 波？

平面波：一组相互平行、与传播方向垂直的平面

均匀平面波：任意时刻，同一波面各点 E 、 H 的相位、振幅、方向相同的平面波

TEM 波：电场及磁场只具有横向分量，即横电磁波（均匀平面波是 TEM 波）

14. 无耗媒质中均匀电磁波传播的特征

综合以上讨论，可以归纳出无耗媒质中传播的均匀电磁波（如图 6-6 所示）具有以下特征：

（1）电磁波的电场 \vec{E} 与磁场 \vec{H} 都与传播方向垂直，即沿传播方向的电场和磁场分量等于零，因此称为横电磁波（TEM 波）； \vec{E} 、 \vec{H} 与 \vec{S} 三者互相垂直，且成右手螺旋关系。

（2）电场与磁场的振幅之比为一常数 η ，故只要求得电场就可由式（6-1-16）求得磁场，即电场和磁场不仅有相同的波形，且在空间同一点具有同样的相位。

（3）在无耗媒质中电磁波传播的速度仅取决于媒质参数本身，而与其他因素无关。因此可以说，无耗媒质是无色散媒质。

（4）均匀平面电磁波在无耗媒质中以恒定的速度无衰减地传播，在自由空间中其行进的速度等于光速。

15. 均匀平面波的相速、群速是什么含义？

相速：相位速度 $v_p = \frac{\omega}{k} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$

群速：（信号在色散媒质中的传播速度）包络的传播速度。理想介质中群速=相速

16. 什么是驻波？驻波和行波有何区别？

平面波在空间没有移动，只是在原处上下波动的电磁波称为驻波；行波的相位沿传播方向不断变化，而驻波的相位与空间无关。

17. 什么是色散现象？导电媒质为何又称为色散媒质？

已知携带信号的电磁波具有很多频率分量，当他在导电介质中传播时，各个频率分量的电磁波将以不同的相速（导电媒质中的电磁波的相速和波长不仅和媒质参数有关，还和电磁波的频率有关）传播。经过一段时间的传播后，电磁波各个频率分量之间的相位关系必然发生改变，称为色散现象。

导电媒质中，不同频率的电磁波有不同的速度，所以为色散媒质。

对模拟信号来说：有一定频带宽度的信号在前进过程中其波形将一直变化，当信号到达目的地时发生了畸变，即导电媒质引起信号的失真；对数字信号来说：由于频率越高衰减越大，使到达接收点的数字信号脉冲展宽，因此要降低误码必然要降低信号的传输速率，但这势必影响数字通信的带宽和容量。

18. 如何理解趋肤效应？趋肤深度的定义是什么？工程意义？

电场强度与磁场强度不同相，且因 σ 较大。两者振幅发生急剧衰减，以至于电磁波无法进入导体深处，仅可存在其表面附近。

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}} \quad (\text{衰减到表面振幅 } 1/e \text{ 的深度})$$

工程意义：由于趋肤效应，导体表面层的导电性能对电阻的影响最大，为了减小电阻，常在一些要求高的高频器件或部件表面镀上一层电导率特别高的材料，如金、银等。

19. 平面波的极化分为哪几类？其判别的条件（特征）如何？

线极化：相位相同，振幅不同

圆极化：相位相差 $\pi/2$ ，振幅相同

椭圆极化：相位振幅都不同

20. TEM 波是什么

TEM 波是横电磁波，E、H、S 三者互相垂直，且成右手螺旋定则