

## 第十二章 电磁波

### (一) 选择题

1. 某广播电台的天线可视为偶极辐射，原发射频率为 $\nu$ ，若将发射频率提高到 $4\nu$ ，其辐射强度为原来的（ ）倍。

A. 16    B. 8    C. 32    **D. 256**

$$\bar{P} = \frac{\omega^4 p_0^2}{12\pi\epsilon_0 c^3}$$

2. 在某广播电台附近电场强度的最大值为 $E_m$ ，则该处磁感应强度最大值为（ ）（式中 $c$ 为光速）

A.  $E_m/c^2$     B.  $c^2 E_m$     **C.  $E_m/c$**     D.  $c E_m$

3. 一功率为 $P$ 的无线台,  $A$ 点距电台为 $r_A$ ,  $B$ 点距电台为 $r_B$ , 且 $r_B=2r_A$ , 若电台沿各方向作等同辐射, 则场强幅值 $E_A: E_B$ 为 ( )

$$E = \frac{\omega^2 p_0 \sin\theta}{4\pi \epsilon_0 u^2 r} \cos\omega(t - \frac{r}{u})$$

A: 2: 1   B: 4: 1   C: 8: 1   D: 16: 1

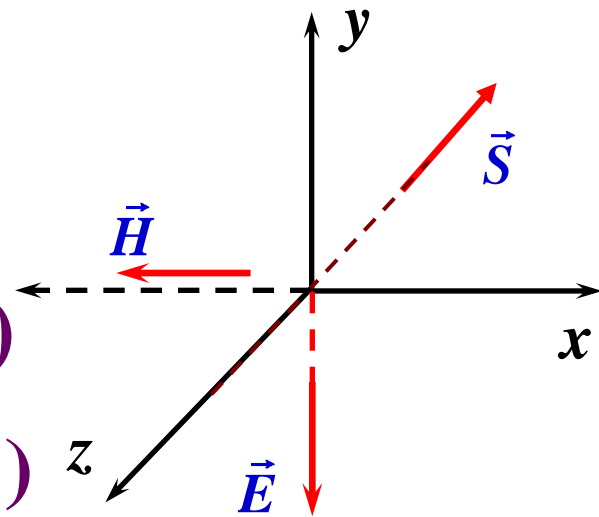
4. 设在真空中沿着 $z$ 轴负方向传播的平面电磁波, 其磁场强度的波表达式  $H_x = -H_0 \cos\omega(t + z/c)$  为, 则电场强度的表达式为 ( )

A:  $E_y = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} H_0 \cos\omega(t + z/c)$

B:  $E_x = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} H_0 \cos\omega(t + z/c)$

C:  $E_y = -\sqrt{\mu_0/\epsilon_0} H_0 \cos\omega(t + z/c)$

D:  $E_x = -\sqrt{\mu_0/\epsilon_0} H_0 \cos\omega(t + z/c)$



5. 在均匀媒质中，沿 $\vec{r}$ 方向传播的平面电磁波的方程为

$$E = E_0 \cos \omega(t - r/u), \quad H = H_0 \cos \omega(t - r/u)$$

则其振幅 $E_0$ 、 $H_0$ 与平均能流密度 $\bar{S}$ 的关系为

A.  $E_0 = H_0; \bar{S} = E_0 H_0$

B.  $\sqrt{\epsilon} E_0 = \sqrt{\mu} H_0; \bar{S} = E_0 H_0$

☒ C.  $\sqrt{\epsilon} E_0 = \sqrt{\mu} H_0; \bar{S} = \frac{1}{2} E_0 H_0$

D.  $\sqrt{\epsilon_0} E_0 = \sqrt{\mu_0} H_0; \bar{S} = \frac{1}{2} E_0 H_0$

6. 关于电磁波和机械波的性质比较，下列说法不正确的是（ ）

☒ A. 都可以在真空中传播；

B. 都可以产生衍射、干涉现象；

C. 都是能量由近及远地向外传播；

D. 都能产生反射、折射现象。

## (二) 填空题

1. 一列平面电磁波，在真空中传播，则它是 横 波，波速  $c = \underline{1/\sqrt{\mu_0\epsilon_0}}$ ，空间在一点的电场强度  $\vec{E}$  和磁场强度  $\vec{H}$  的方向 相互垂直；相位 相同。
2. 一广播电台的平均辐射功率20kW,假定辐射的能量均匀分布在以电台为球心的半球面上，那么距离电台为10km处的电磁波的平均辐射强度为  $10^{-4}/\pi \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$   
 $3.18 \times 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
3. 一列电磁波的波长为0.03m，电场强度幅值  $30 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ ，则该电磁波的频率为  $1 \times 10^{10}$  Hz，其磁感应强度B的幅值为  $1 \times 10^{-7}$  T，平均辐射强度为 1.19  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

注：  $\nu = c/\lambda$      $B_0 = E_0/c$      $\bar{S} = \frac{1}{2} E_0 H_0$

4. 一列电磁波在真空中沿 $z$ 轴传播，设某点的电场强度为

$$E_x = 900 \cos(2\pi \nu t + \frac{\pi}{6}) \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$$

则该点的磁场强度的表达式为\_\_\_\_\_。

$$H_y = 900 \frac{\sqrt{\epsilon_0}}{\sqrt{\mu_0}} \cos(2\pi \nu t + \frac{\pi}{6}) \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$$

5. 有一氦氖激光器发出的功率为10mW的激光，设发出的激光为圆柱形光束，圆柱横截面的直径为2mm，则激光束的坡印亭矢量的平均值为\_\_\_\_\_。

$$\text{注： } \bar{S} = \frac{\bar{P}}{\pi r^2} = 3.18 \times 10^3 \text{ (SI)}$$

6. 在电磁波传播的空间中，任一点的  $\vec{E}$  和  $\vec{H}$  的方向及波传播的之间的关系是 右手螺旋关系。

7. 坡印廷矢量  $\vec{S}$  的物理意义是\_\_\_\_\_，  
其定义式为  $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ \_\_\_\_\_。

在单位时间内通过垂直于电磁波传播方向单位面积的能量

8. 一电磁波在空气中通过某点时，该点某一时刻的电场强度  $E=100\text{V/m}$ ，则同时刻的磁场强度  $H=$   $0.265\text{A/m}$ ，  
电磁能密度  $w=$   $8.9 \times 10^{-8}\text{J/m}^3$ ，能流密度  $S=$   $26.5\text{W/m}^2$ 。

$$H = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} E = 0.265 \text{ A/m}$$

$$w = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2} \mu_0 H^2 = \epsilon_0 E^2 = \mu_0 H^2 \quad S = EH$$

$$\text{注意: } \bar{w} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_0^2 = \frac{1}{2} \mu_0 H_0^2 \quad \bar{S} = \frac{1}{2} E_0 H_0$$

9. 有一氦氖激光器，它所发射的激光功率为10mW，设发射的激光为圆柱形光束，圆柱截面的直径为2mm，试求激光的最大电场强度和磁场强度。

解：  $\bar{P} = 10 \times 10^{-3} \text{ W}$      $r = 10^{-3} \text{ m}$

$$\bar{S} = \frac{\bar{P}}{S} = \frac{10 \times 10^{-3}}{\pi \times 10^{-6}} = \frac{10^4}{\pi} \quad 3.18 \times 10^3 \text{ W/m}^2$$

$$\bar{S} = \frac{1}{2} E_0 H_0 = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{\epsilon_0}}{\sqrt{\mu_0}} E_0^2 \Rightarrow E_0 = \sqrt{2c\mu_0 \bar{S}}$$
$$= 1.55 \times 10^3 \text{ V/m}$$

$$H_0 = \frac{B_0}{\mu_0} = \frac{E_0}{c\mu_0} = 4.11 \text{ A/m}$$

### 三、计算题

- 1、一频率为100MHz的正弦均匀平面波,  $\vec{E} = E_y \vec{j}$  在 $\epsilon_r=4, \mu_r=1$ 的理想介质中沿x轴正向传播。当 $t=0, x=1/8m$ 时, 电场强度E的最大值为 $10^{-4}Vm^{-1}$  求 (1) 波长、波速; (2) 写出E和H的瞬时表达式; 当  $t = 10^{-8}s$  时, E为最大正值的位置。

解 (1)

$$\nu = 100MHz = 10^8 Hz, v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_r \mu_0 \mu_r}} = 1.5 \times 10^8 ms^{-1},$$

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = 1.5m$$



**(2) 设E的表达式为**

$$E_y = E_0 \cos\left(2\pi\nu t - \frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi\right)$$

**当 $t=0, x=1/8m$ 时,  $E_y = E_0 \Rightarrow \varphi = \pi/6$**

**又由  $\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_r} E_0 = \sqrt{\mu_0 \mu_r} H_0 \Rightarrow H_0 = \frac{10^{-5}}{6\pi} = 5.3 \times 10^{-7} \text{ Am}^{-1}$**

**所以**

$$E_y = 10^{-4} \cos\left(2\pi\nu t - \frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{\pi}{6}\right) \vec{j}$$

$$H_z = 5.3 \times 10^{-7} \cos\left(2\pi\nu t - \frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{\pi}{6}\right) \vec{k}$$

**(3) 当  $t = 10^{-8}s$  时**

$$E = E_0 = 10^{-4} \Rightarrow x = \frac{13}{8} - \frac{3}{2}k$$

$$k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

2. 已知在某一各向同性介质中传播的线偏振光, 其电场分量为

$$E_z = E_0 \cos \pi \times 10^{15} \left( t + \frac{x}{0.8c} \right) (\text{SI})$$

式中  $E_0 = 0.08 \text{ V/m}$ ,  $c$  为真空光速。试求

- (1) 介质的折射率;
- (2) 光波的频率;
- (3) 磁场分量的幅值;
- (4) 平均辐射强度。

解: (1)  $n = \frac{c}{u} = \frac{c}{0.8c} = 1.25$

(2)  $\omega = 2\pi\nu = \pi \times 10^{15} \Rightarrow \nu = 5 \times 10^{14} \text{ Hz}$

(3)  $H_0 = \frac{\sqrt{\epsilon}}{\sqrt{\mu}} E_0 = \frac{\sqrt{\epsilon\mu}}{\mu} E_0$

$u = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} = 0.8c \quad \mu \approx \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$   
 $H_0 = 2.65 \times 10^{-4} \text{ A/m}$

(4)  $\bar{S} = \frac{1}{2} E_0 H_0 = 1.06 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$