

Elektromagnetické vlnění

16. Prostředím s relativní permitivitou $\epsilon_r = 2$ a permitivitou $\mu_r = 1$ se šíří rovinná harmonická vlna. Amplituda intenzity elektrického pole $E_0 = 50 \cdot 10^{-3} \text{ V/m}$. Určete intenzitu vlnění I .

Řešení: Intenzita vlnění je definována jako časová střední hodnota Poyntingova vektoru $\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$, který popisuje tok energie elektromagnetického vlnění. Pro harmonickou rovinnou vlnu platí

$$\mathbf{E} = E_0 \cos(\mathbf{k}\mathbf{r} - \omega t + \varphi), \quad \mathbf{H} = \mathbf{H}_0 \cos(\mathbf{k}\mathbf{r} - \omega t + \varphi), \quad \mathbf{E} \perp \mathbf{H}, \quad \mathbf{H} = \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}}(\mathbf{n} \times \mathbf{E}),$$

kde $\mathbf{k} = 2\pi/\lambda \mathbf{n}$ je vlnový vektor, \mathbf{n} je jednotkový vektor směru šíření rovinné vlny, ω je úhlová frekvence a φ je počáteční fáze vlnění. Pro intenzitu vlnění tedy dostáváme

$$I = \langle \langle \mathbf{S} \rangle \rangle = \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}} E_0^2 \langle \cos^2(\mathbf{k}\mathbf{r} - \omega t + \varphi) \rangle = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\epsilon_0 \epsilon_r}{\mu_0 \mu_r}} E_0^2 = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2.$$

17. Na plochu $S = 10 \text{ m}^2$ zemského povrchu dopadá za dobu $t = 1 \text{ min.}$ zářivá energie $W = 840 \text{ kJ}$ (plocha je orientována kolmo k paprskům). Určete efektivní hodnoty intenzit E_{ef} a H_{ef} elektromagnetického vlnění a vypočítejte tlak záření, jestliže plocha odráží 60 % dopadající energie (tj. odrazivost $R = 0,6$).

Výkon, který dopadá na jednotku dané plochy, je roven střední hodnotě měrného výkonu dopadajícího záření (rovinné postupné elektromagnetické vlny), tj.

$$\langle P \rangle = \langle w \rangle v = \frac{\epsilon E_{ef}^2}{\sqrt{\epsilon \mu}} = \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}} E_{ef}^2 = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} H_{ef}^2 = E_{ef} H_{ef} = \frac{W}{St},$$

kde v je rychlost šíření elektromagnetických vln. Pro efektivní hodnoty intenzity pole tedy dostaneme ($\epsilon = \epsilon_0$, $\mu = \mu_0$)

$$E_{ef} = \sqrt{\frac{W}{St}} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \doteq 726 \text{ V/m} \quad \text{a} \quad H_{ef} = \sqrt{\frac{W}{St}} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \doteq 1,93 \text{ A/m}.$$

Pro tlak záření dostaneme

$$p = \langle w \rangle (1 + R) = \epsilon_0 E_{ef}^2 (1 + R) \doteq 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ N}.$$