

Onde Elettromagnetiche

(Per gli esercizi tratti dal libro di testo viene indicato fra parentesi il numero dell'esercizio. L'edizione di riferimento è la 3^a edizione del testo in adozione Gettys, Keller, Skove, **Fisica 2**, McGraw-Hill 2007, ISBN 978-88-386-6458-8)

A. Parametri di base delle onde

$$c = \frac{\omega}{k} = \lambda f \quad f = \frac{\omega}{2\pi} \quad T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \lambda = \frac{2\pi}{k}$$

Esercizio 1. (14.15)

La frequenza di un'onda elettromagnetica armonica nel vuoto è $\omega = 8.2 \cdot 10^{12} \text{ rad/s}$. Determinare il numero d'onda k , la lunghezza d'onda λ , la frequenza f e il periodo T . Riferendosi allo spettro elettromagnetico, di quale tipo di radiazione si tratta?

B. Funzione d'onda ¹

$$\begin{aligned} \vec{E} &= E_0 \sin(kx - \omega t) \hat{j} = E_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{2\pi}{T}t\right) \hat{j} \\ \vec{B} &= B_0 \sin(kx - \omega t) \hat{k} \quad E_0 = cB_0 \end{aligned}$$

Esercizio 2. (14.16)

Il campo elettrico di un'onda elettromagnetica nel vuoto è descritto dalla funzione

$$\vec{E} = 31 \sin(1.8y - 5.4 \cdot 10^8 t) \hat{i}$$

Individuare la direzione di propagazione dell'onda, la lunghezza d'onda λ , la frequenza f , il periodo T e infine l'ampiezza del campo magnetico dell'onda. Scrivere l'espressione del campo magnetico dell'onda.

Esercizio 3. (14.17)

Scrivere l'espressione dei campi elettrico \vec{E} e magnetico \vec{B} di un'onda elettromagnetica polarizzata linearmente che si propaga nel vuoto nella direzione $+z$ e ha xz come piano di polarizzazione. L'ampiezza del campo magnetico dell'onda è $B_0 = 350 \text{ nT}$ e la frequenza dell'onda è $\nu = 9.8 \text{ GHz}$. Riferendosi allo spettro elettromagnetico, di quale tipo di radiazione si tratta?

C. Vettore di Poynting e Pressione di Radiazione

$$\vec{S} = S_0 \sin^2(kx - \omega t) \hat{i} \quad S = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \quad \vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$$

$$S_0 = \frac{1}{\mu_0} E_0 B_0 \quad \bar{S} = \frac{1}{2\mu_0} E_0 B_0 \quad p = \frac{\bar{S}}{c} \text{ in assorbimento} \quad p = \frac{2\bar{S}}{c} \text{ in riflessione}$$

¹In queste formule, per chiarezza, è stata scelta una particolare direzione dei campi \vec{E} e \vec{B} . Gli assi x, y, z (e i corrispondenti versori $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$) possono naturalmente essere scambiati purché sia sempre $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{v}$ (la direzione della velocità, cioè la direzione di propagazione dell'onda, è indicata dalla variabile spaziale usata come argomento della funzione sinusoidale).

Esercizio 4. (14.24)

L'intensità media di un'onda elettromagnetica nel vuoto sia $\bar{S} = 553 \text{ W/m}^2$. Qual è l'ampiezza E_0 del campo elettrico dell'onda? Qual è l'ampiezza B_0 del campo magnetico dell'onda?

Esercizio 5. (14.35)

Circa il 5% della potenza assorbita da una lampadina da 100 W viene convertita in radiazione visibile. Qual è l'intensità media della radiazione visibile a distanza di 1 m ? E a distanza di 10 m ? (si ammetta che la radiazione sia emessa in modo isotropo)

Esercizio 6. (14.25)

Il vettore di Poynting di un'onda elettromagnetica nel vuoto è

$$\vec{S} = -220 \sin^2(12z + 3.6 \cdot 10^9 t) \hat{k}$$

Individuare la direzione di propagazione dell'onda, la lunghezza d'onda λ , la frequenza f , il periodo T . Scrivere l'espressione dei campi elettrico \vec{E} e magnetico \vec{B} dell'onda.

Esercizio 7. (14.27)

Un'onda elettromagnetica polarizzata linearmente si propaga nel vuoto nella direzione $+x$ e ha il piano di polarizzazione parallelo al piano xy . L'ampiezza del campo magnetico dell'onda è $B_0 = 86 \text{ nT}$ e la lunghezza d'onda è $\lambda = 580 \text{ nm}$. Scrivere le espressioni di \vec{E} , \vec{B} e \vec{S} . Riferendosi allo spettro elettromagnetico, di quale tipo di radiazione si tratta?

Esercizio 8.

Il campo elettrico di un'onda elettromagnetica piana che si propaga nel vuoto è descritto dalla funzione

$$\vec{E} = 30 \sin(2\pi \cdot 10^6 x - 1.885 \cdot 10^{15} t) \hat{j}$$

- Ⓟ Ⓢ (a) L'onda elettromagnetica considerata si propaga lungo la direzione del versore \hat{j} .
- Ⓟ Ⓢ (b) L'onda è polarizzata linearmente sul piano xy .
- Ⓟ Ⓢ (c) La frequenza dell'onda è di circa 300 GHz .
- Ⓟ Ⓢ (d) La radiazione considerata cade nella regione dell'ultravioletto.
- Ⓟ Ⓢ (e) L'ampiezza del campo magnetico è pari a 100 nT .
- Ⓟ Ⓢ (f) L'espressione per il campo magnetico dell'onda è

$$\vec{B} = 100 \cdot 10^{-9} \sin(2\pi \cdot 10^6 x - 1.885 \cdot 10^{15} t) \hat{k}$$

(Soluzioni: F (+i) V F (300000 GHz) F (infrarosso) V V)