

Le equazioni di Maxwell e le onde elettromagnetiche

pina di vito

1

Le equazioni di Maxwell

Teorema di Gauss	$\Phi_s(\vec{\mathbf{E}}) = \frac{Q_T}{\epsilon_0}$
Legge di Faraday-Neumann-Lenz	$\Gamma(\vec{\mathbf{E}}) = -\frac{\Delta\Phi(\vec{\mathbf{B}})}{\Delta t}$
Teorema di Gauss	$\Phi_s(\vec{\mathbf{B}}) = 0$
Teorema di Ampère generalizzato	$\Gamma(\vec{\mathbf{B}}) = \mu_0 \left(\sum_j \vec{i}_j + \epsilon_0 \frac{\Delta\Phi(\vec{\mathbf{E}})}{\Delta t} \right)$

La *seconda* e la *quarta* equazione esprimono un legame profondo tra il campo elettrico e il campo magnetico. Ciò significa che \mathbf{E} e \mathbf{B} non sono più indipendenti come nel caso statico, ma sono aspetti diversi di un unico ente fisico, il **campo elettromagnetico**, che si manifesta nei fenomeni elettromagnetici.

pina di vito

2

Le equazioni di Maxwell per i campi statici

cariche ferme o correnti costanti	
campo elettrico statico	$\left\{ \begin{array}{l} \Phi_s(\vec{\mathbf{E}}) = \frac{Q_T}{\epsilon_0} \\ \Gamma(\vec{\mathbf{E}}) = 0 \end{array} \right.$
campo magnetico statico	$\left\{ \begin{array}{l} \Phi_s(\vec{\mathbf{B}}) = 0 \\ \Gamma(\vec{\mathbf{B}}) = \mu_0 \sum_j i_j \end{array} \right.$

La *seconda* equazione esprime la conservatività del campo elettrico generato da cariche ferme o da correnti continue, costanti nel tempo. I campi \mathbf{E} e \mathbf{B} sono indipendenti l'uno dall'altro..

pina di vito

3

Le equazioni di Maxwell

Un campo elettrico variabile genera un campo magnetico variabile (teorema di Ampère generalizzato), il quale a sua volta genera un campo elettrico variabile (legge di Faraday-Neumann) e così via.

L'oscillazione si propaga nello spazio sotto forma di **onda elettromagnetica**.

Diversamente dalle onde meccaniche, che si propagano solo in un mezzo elastico, le onde elettromagnetiche si propagano anche nello **spazio vuoto**, privo di materia.

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2} \right) \left(4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}} \right)}} = 2,99 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

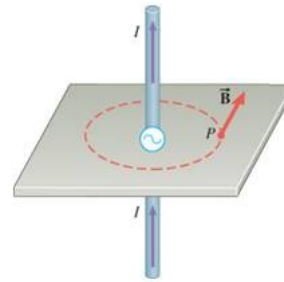
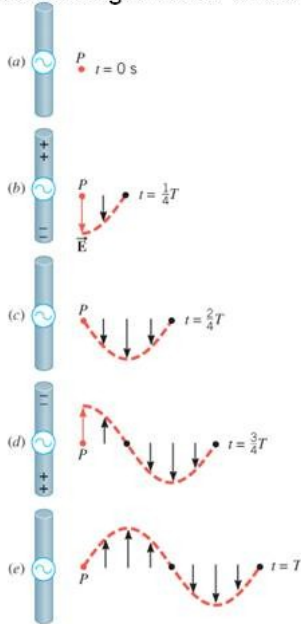
La luce è costituita da onde elettromagnetiche.

pina di vito

4

Produzione di onde elettromagnetiche

Due fili metallici rettilinei connessi ai terminali di un alternatore funzionano come antenna e possono generare onde elettromagnetiche.



... Infatti la corrente I oscillante nell'antenna crea un campo magnetico \mathbf{B} nel punto P che è tangente alla circonferenza centrata sul filo ed è variabile nel tempo.

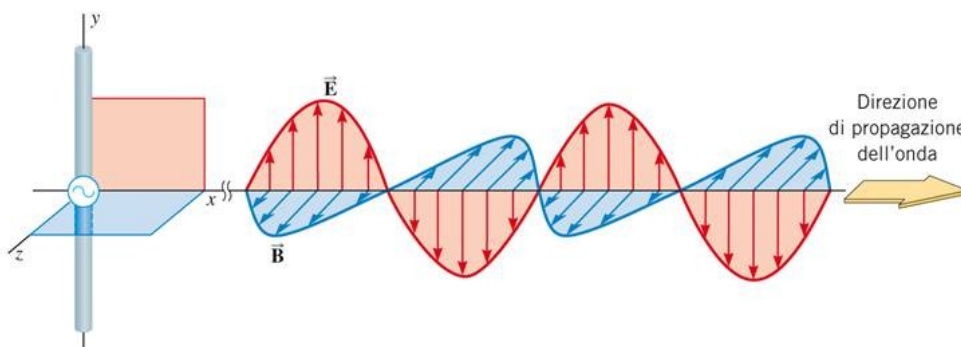
Qui è rappresentato solo il campo elettrico che viaggia verso destra. Insieme al campo \mathbf{E} viene prodotto anche un campo magnetico oscillante.

5

Le onde elettromagnetiche

La figura mostra un'«istantanea» dell'onda elettromagnetica molto lontana dall'antenna. Le caratteristiche sono:

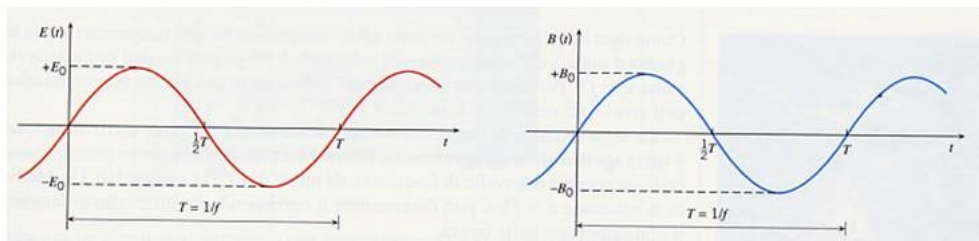
- Le onde sono trasversali, i campi sono perpendicolari alla direzione di propagazione
- Le onde elettromagnetiche si propagano anche nel vuoto
- La velocità di propagazione nel vuoto è quella della luce



pina di vito

6

Andamento temporale di un'onda elettromagnetica



- In ogni punto dello spazio i campi elettrico e magnetico oscillano in fase con la stessa frequenza
- La frequenza f è il reciproco del periodo ed è determinata dalla sorgente
- Il periodo T è il tempo necessario per compiere un'oscillazione completa
- La lunghezza d'onda λ è lo spazio percorso dall'onda in un periodo

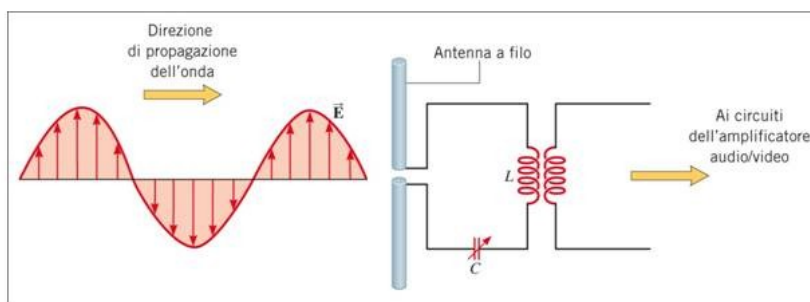
$$\lambda = cT \rightarrow c = f\lambda$$

pina di vito

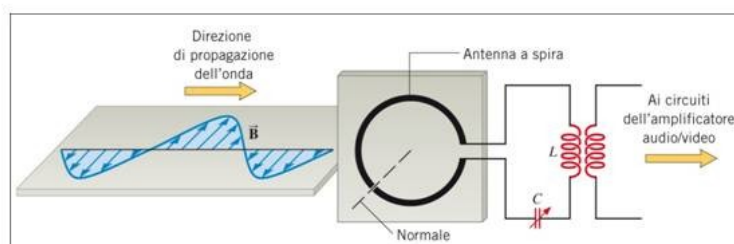
7

Ricezione di onde radio

Un'onda radio può essere rilevata mediante un'antenna ricevente a filo che è parallela al campo elettrico dell'onda.



Mediante un'antenna ricevente a forma di spira si può rilevare il campo magnetico di un'onda radio trasmessa.

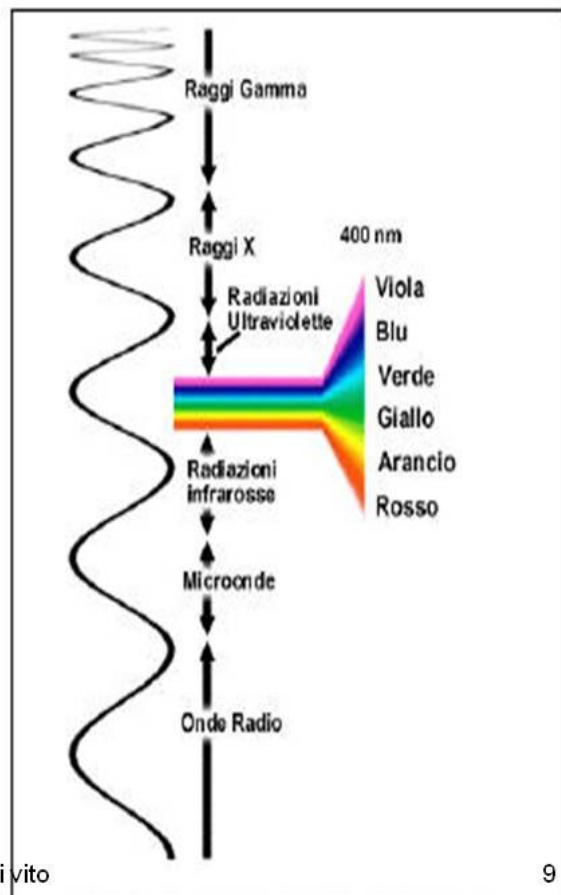


pina di vito

8

Spettro elettromagnetico

- ⊙ Lo spettro elettromagnetico è l'insieme delle lunghezze d'onda delle onde elettromagnetiche
- ⊙ Esso si suddivide in
 - ▶ Onde radio
 - ▶ Microonde
 - ▶ Infrarosso
 - ▶ Visibile
 - ▶ Ultravioletto
 - ▶ Raggi X
 - ▶ Raggi gamma

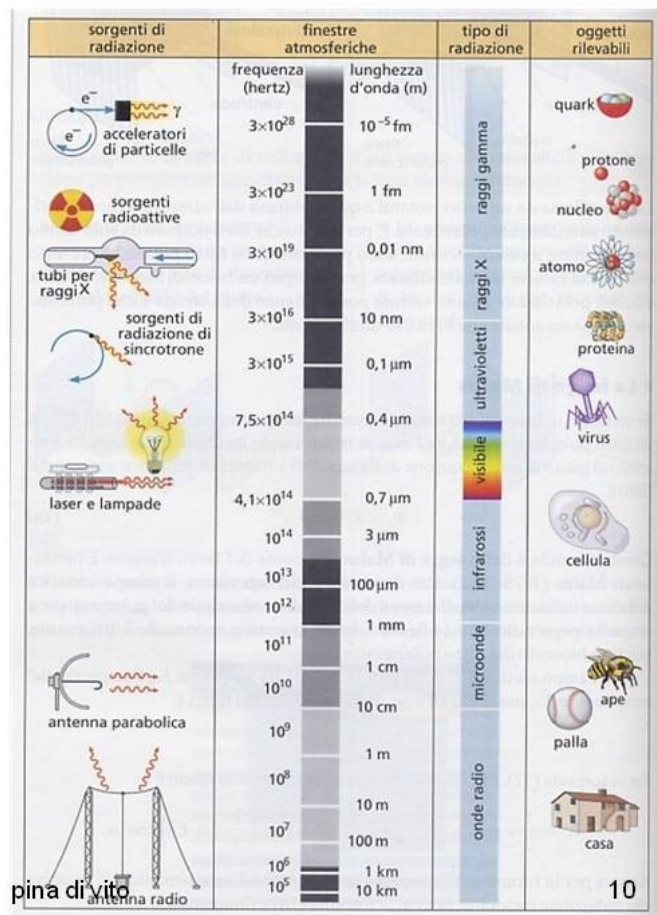


pina di vito

9

Lo spettro elettromagnetico

- ⊙ In figura sono mostrate:
 - ▶ Le sorgenti di radiazione
 - ▶ Le finestre di trasparenza atmosferica
 - ▶ Le frequenze e le lunghezze d'onda delle varie regioni dello spettro
 - ▶ Il tipo di radiazione
 - ▶ Gli oggetti osservabili con quel tipo di radiazione



pina di vito

10

