

**CORSO DI FISICA 2**

**ONDE ELETTROMAGNETICHE**

**LEZIONE 30**

# ONDE ELETTROMAGNETICHE

## LA TEORIZZAZIONE DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE

- Nel XIX secolo furono studiati i fenomeni elettromagnetici (Gauss, Ampere, Oersted, Lorentz, Faraday)
- Ma solo con Maxwell si arrivò a una teoria formale che contiene l'idea di unificazione di Eletticità + magnetismo
- Le equazioni di Maxwell:
  1. Legge di Gauss (Se una carica  $q$  è contenuta all'interno di una superficie chiusa, il flusso del campo elettrico attraverso questa superficie è  $F = q/\epsilon_0$ )
  2. Le linee di forza del campo magnetico sono chiuse (non esistono monopoli magnetici)
  3. Legge di Faraday (Un campo magnetico variabile produce un campo elettrico)
  4. Legge di Ampere, generalizzata da Maxwell (Correnti elettriche e campi elettrici variabili producono campi magnetici)
- Le 4 equazioni di Maxwell richiedono l'esistenza di onde elettromagnetiche, che viaggiano alla velocità della luce

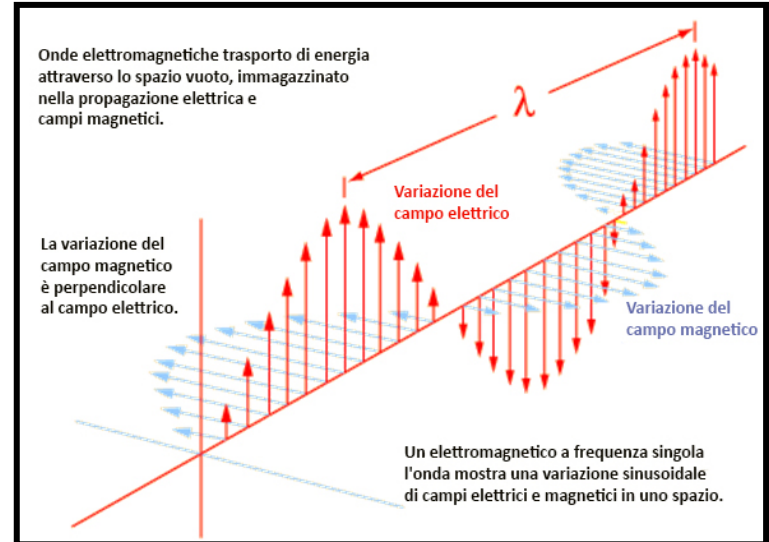
# ONDE ELETTROMAGNETICHE

Le **onde elettromagnetiche** sono una combinazione di campi elettrici e campi magnetici variabili, che si propagano nello spazio con le caratteristiche del moto ondulatorio.

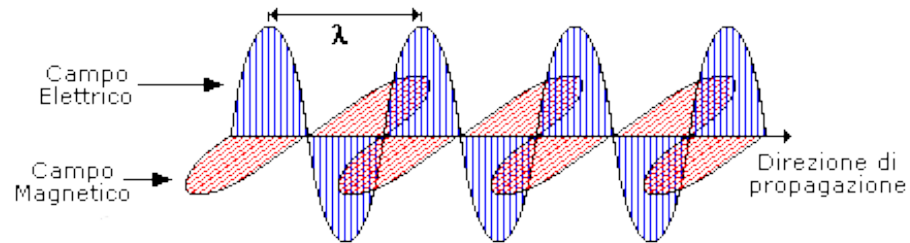
È una **perturbazione** che si propaga senza trasporto di materia (cioè energia che si propaga attraverso la materia senza che i corpi si spostino apprezzabilmente dalla loro posizione).

Il **moto ondulatorio** è una forma di trasmissione di energia.

Le **grandezze fisiche** che caratterizzano un'onda sono: la velocità di propagazione  $v$ , la lunghezza d'onda  $\lambda$  e la frequenza  $f$ .



# ONDE ELETTROMAGNETICHE



## CARATTERISTICHE:

- La lunghezza d'onda  $\lambda$ : la distanza tra una cresta e la successiva;
- L'ampiezza: il valore massimo assunto dal campo elettrico e da quello magnetico;
- La perpendicolarità dei campi: campo elettrico e campo magnetico sono sempre perpendicolari tra loro;
- La direzione di propagazione: è sempre perpendicolare sia al campo magnetico che al campo elettrico;
- L'energia : è sempre proporzionale alla frequenza;
- La velocità: nel vuoto è sempre  $3 \times 10^8$  m/s

## ONDE ELETTROMAGNETICHE

La relazione tra frequenza e lunghezza d'onda elettromagnetica come per tutte le onde periodiche, sono legate dalla relazione

$$f \cdot \lambda = v$$

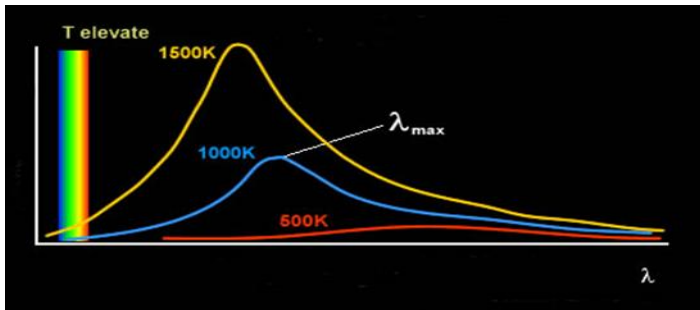
dove  $v$  è la velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica, che nel vuoto è uguale alla velocità della luce  $c$ . Da queste formula si ricavano le relazioni

$$f \cdot \lambda = v / f \quad \text{e} \quad f = v / \lambda$$

Energia = costante di Planck x frequenza

Il tipo di radiazione emessa dipende dalla temperatura del corpo emittente e dai meccanismi di emissione

# ONDE ELETTROMAGNETICHE



Spettro di emissione di un corpo nero

È caratterizzata dalle seguenti leggi:

- Più il corpo è caldo e più il massimo di emissione cadrà alle lunghezze d'onda più brevi o alle maggiori frequenze
- Più il corpo è caldo e tanto maggiore sarà l'energia emessa dal corpo

Le radiazioni elettromagnetiche sono emesse da qualsiasi corpo avente una temperatura superiore allo zero assoluto (-273,37 °C), questa radiazione prende il nome di radiazione di corpo nero.

Avremo allora:

Energia = costante di Stefan x temperatura<sup>4</sup>

$$E = \sigma T^4$$

lunghezza d'onda x temperatura = costante di Wien

$$\lambda T = w$$

# ONDE ELETTROMAGNETICHE

## ALTRE FONTI D'EMISSIONE

L'elettromagnetismo ci insegna che una particella carica in moto rettilineo uniforme produce un campo elettrico e un campo magnetico, se quella particella viene poi accelerata lo stesso elettromagnetismo ci conferma che la carica in moto emette onde elettromagnetiche.

- **Radiazione di frenamento:** riguarda l'emissione di onde elettromagnetiche da parte di particelle cariche frenate a causa di un passaggio ravvicinato ad un nucleo. Fu ampiamente studiata nel secolo scorso da Einstein.
- **Radiazione di sincrotrone:** causata da elettroni relativistici che spiraleggiano attorno le linee di campo magnetica, la loro emissione è dovuta all'accelerazione centripeta della forza di Lorentz, e cade nei raggi X
- **Radiazione di ciclotrone:** prodotta come la radiazione di sincrotrone ma da elettroni non relativistici, l'emissione cade nella banda radio ed è tipica delle magnetosfere planetarie.

Secondo la fisica quantistica un'onda è anche una particella, per questo motivo un'onda elettromagnetica può essere vista come una particella chiamata fotone ed avente energia  $E$ , in quest'ottica possiamo introdurre un nuovo meccanismo di emissione: **l'effetto Compton**