

**FENOMENI ONDULATORI**  
**rad. elettromagnetiche e luce**



**FISICA MEDICA E RADIOPROTEZIONE**  
*elio giroletti, 2005*

classe lauree  
**di INFERMIERISTICA e OSTETRICIA**

corso integrato  
 FISICA, STATISTICA e INFORMATICA  
 disciplina: FISICA MEDICA e RADIOPROTEZIONE

---

---

---

---

---

---

---

---

**FENOMENI ONDULATORI**  
**radiaz. elettromagnetiche**



**FISICA MEDICA E RADIOPROTEZIONE**  
*elio giroletti, 2005*

- Transizioni atomiche
- Spettro elettromagnetico
- Produzione e utilizzo in medicina
- Termografia
- Risonanza Magnetica Nucleare, RMN

lucidi di Domenico Scannicchio, rivisti da Elio Giroletti

---

---

---

---

---

---

---

---

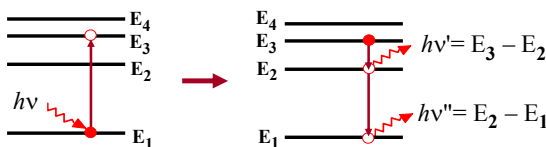
Elio GIROLETTI - Università degli Studi di Pavia, Dip. Fisica nucleare e teorica

ESCLUSIVO USO DIDATTICO INTERNO - Radiaz. elettromagn. + Luce

**TRANSIZIONI ATOMICHE**

quanto di energia elettromagnetica:  
 fotone  **$E = h\nu$**

emissione, assorbimento:  **$\nu = \frac{E_3 - E_1}{h}$**



**costante di Planck  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  J s**

CI-INF/OST - RADIAZIONI - Rad. Elettromagnetiche + Luce

---

---

---

---

---

---

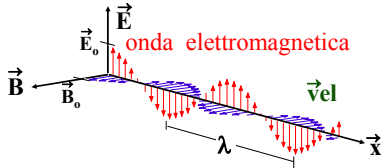
---

---



# Onde elettromagnetiche

trasporto di energia nello spazio,  
 attraverso la propagazione simultanea  
 dei due campi (elettrico, E, e magnetico,  
 B), alla velocità (nel vuoto) di  
 $c \approx 300.000 \text{ km/s}$




---

---

---

---

---

---

---

---



## onda elettromagnetica: grandezze

$$\lambda = \frac{vel}{\nu}$$

**Frequenza,  $\nu$  [1/s, Hz]**

**Lunghezza d'onda,  $\lambda$  [m, nm]**

**Periodo,  $T=1/\nu$  [s]**

**Velocità,  $c \text{ vel}=\lambda\nu$  [m/s, km/s]**

**E=campo elettrico**  
**B=induzione magnetica**

---

---

---

---

---

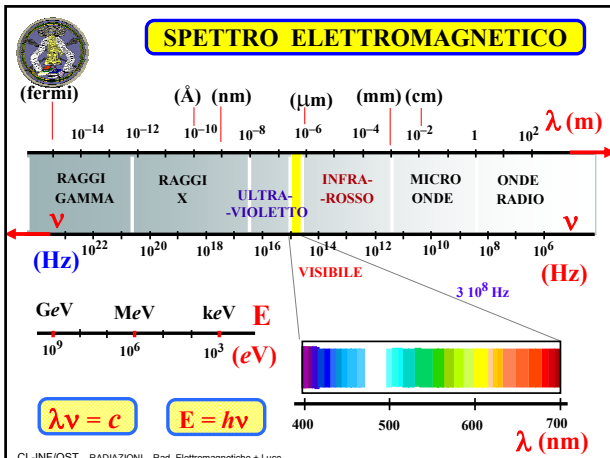
---

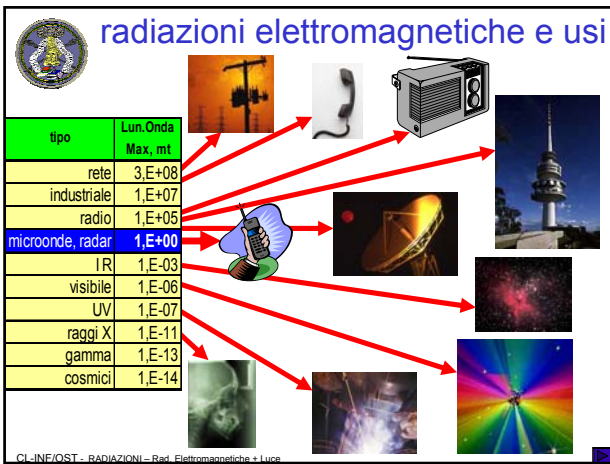
---

---

Elio GIROLETTI - Università degli Studi di Pavia, Dip. Fisica nucleare e teorica

ESCLUSIVO USO DIDATTICO INTERNO - Radiaz. elettromagn. + Luce






---

---

---

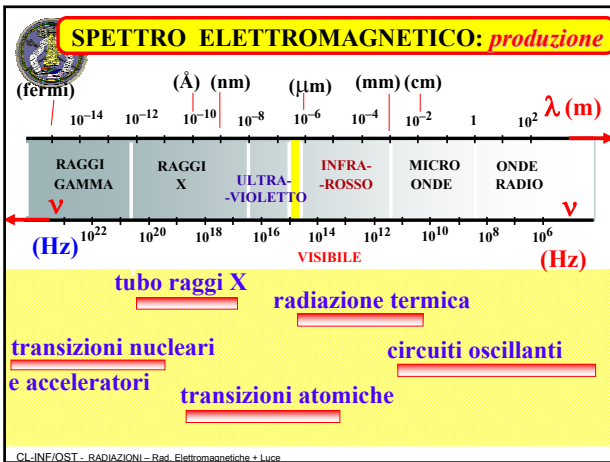
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

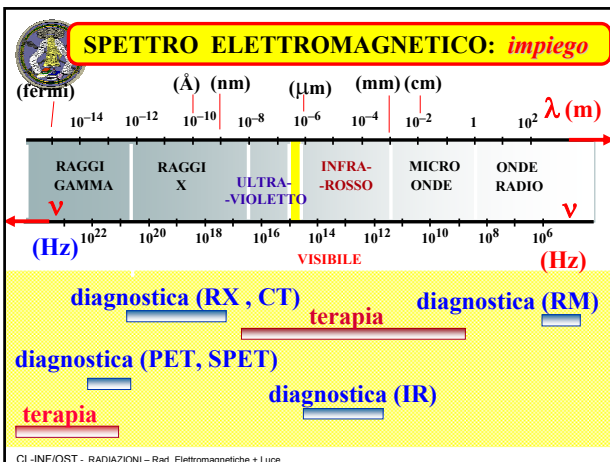
---

---

---

Elio GIROLETTI - Università degli Studi di Pavia, Dip. Fisica nucleare e teorica

ESCLUSIVO USO DIDATTICO INTERNO - Radiaz. elettromagn. + Luce




---

---

---

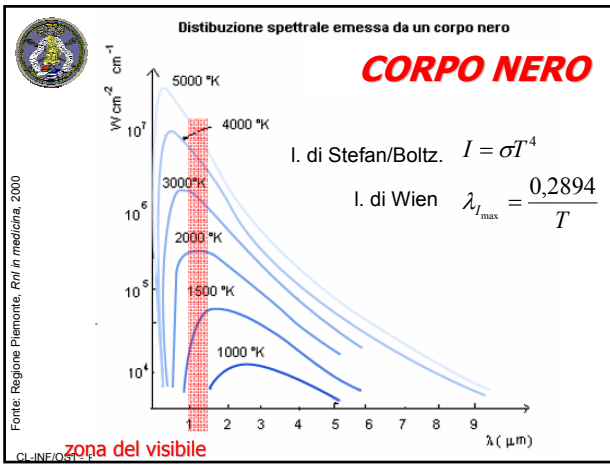
---

---

---

---

---




---

---

---

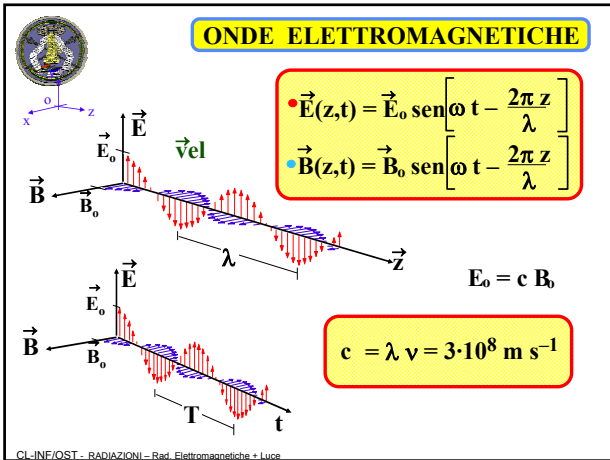
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

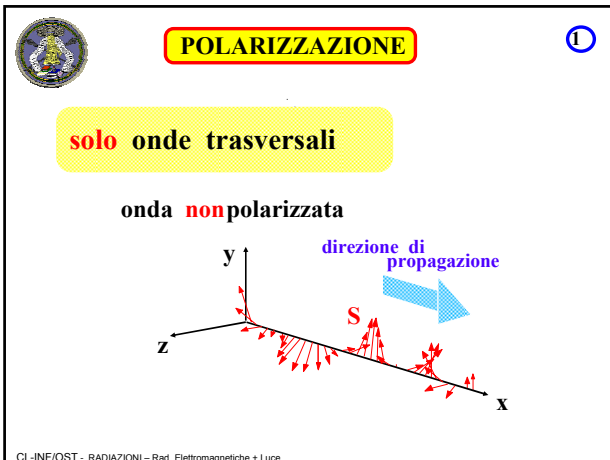
---

---

---

Elio GIROLETTI - Università degli Studi di Pavia, Dip. Fisica nucleare e teorica

ESCLUSIVO USO DIDATTICO INTERNO - Radiaz. elettromagn. + Luce




---

---

---

---

---

---

---

---

**POLARIZZAZIONE** ②

onda polarizzata : **direzione di vibrazione costante**

- polarizzazione rettilinea
- polarizzazione circolare (ellittica)  
(combinazioni di 2 polarizzazioni rettilinee con diverse direzioni di vibrazione)

CL-INF/OST - RADIAZIONI - Rad. Elettromagnetiche + Luce

---

---

---

---

---

---

---

---

**onda su onda**

- ✓ le onde (c.e.m.) trasportano energia nello spazio
- ✓ c.e.m. nascono dal movimento di cariche elettriche; es. le onde radio sono generate da dispositivi - antenne- in cui circolano correnti oscillanti
- ✓ frequenza nel movimento delle cariche determina la frequenza dell'onda: numero di oscillazioni al secondo, Hz

CL-INF/OST - RADIAZIONI - Rad. Elettromagnetiche + Luce Fabio Zambonardi, Università Cattaneo Castellanza

---

---

---

---

---

---

---

---

Elio GIROLETTI - Università degli Studi di Pavia, Dip. Fisica nucleare e teorica

ESCLUSIVO USO DIDATTICO INTERNO - Radiaz. elettromagn. + Luce

impulsi a radiofrequenza

$v = \Delta E / h$

$E_0 \quad B=0$

$\vec{B} > 0$

spin antipar.

$h\nu = \Delta E = kB$

spin parall.

**risonanza magnetica nucleare RMN**

CL-INF/OST - RADIAZIONI - Rad. Elettromagnetiche + Luce Foto: AAVV, Enciclopedia del corpo umano, cd-rom, 1997

---

---

---

---

---

---

---

---



## risonanza magnetica nucleare, RMN

La risonanza magnetica (RM) usa campi magnetici, è innocua e ha una buona risoluzione delle strutture cerebrali e spinali.

Visualizza bene processi che comportano un'alterazione strutturale del tessuto nervoso come le infiammazioni, le ischemie e la neurodegenerazione della malattia di Alzheimer e di altre malattie neurodegenerative. Diagnosi precoce di tumori o metastasi cerebrali, di ernie del disco della colonna vertebrale.

La RM può essere eseguita con o senza iniezione endovenosa di un mezzo di contrasto, che a differenza del mezzo di contrasto usato per la TAC ha pochi rischi o effetti collaterali. Il mezzo di contrasto facilita la visualizzazione di processi infiammatori e di tessuti molto vascularizzati, come ad es. nel caso di tumori.

CL-INF/OST - RADIAZIONI - Rad. Elettromagnetiche + Luce

---

---

---

---

---

---

---

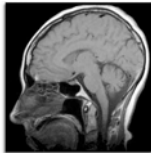
---



## risonanza magnetica nucleare, RMN



zona tumorale



CL-INF/OST - RADIAZIONI - Rad. Elettromagnetiche + Luce

---

---

---

---

---

---

---

---

Elio GIROLETTI - Università degli Studi di Pavia, Dip. Fisica nucleare e teorica

ESCLUSIVO USO DIDATTICO INTERNO - Radiaz. elettromagn. + Luce



## risonanza magnetica nucleare, RMN - sviluppi futuri

Sono in via di sviluppo nuove tecniche di elaborazione di RM che possono visualizzare un disturbo ancora reversibile del tessuto cerebrale (RM a diffusione) o un deficit di perfusione (RM a perfusione).

La RM funzionale, in grado di visualizzare con buona risoluzione anche temporale (pochi sec) un aumento del flusso sanguigno in determinate regioni cerebrali e, pertanto, l'attivazione funzionale di determinate regioni cerebrali. La RM funzionale non ha ancora impieghi clinici, ma è utile per studi scientifici che determinano la distribuzione delle singole funzioni cerebrali: linguaggio, riconoscimento di figure o facce, musicalità, comportamenti o immaginazione di situazioni particolari.

CL-INF/OST - RADIAZIONI - Rad. Elettromagnetiche + Luce

---

---

---

---

---

---

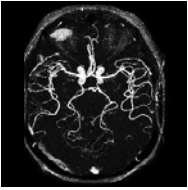
---

---



# angiografia RMN

L'angiografia RM consente di visualizzare i grossi tronchi arteriosi e venosi extra- e intracerebrali senza la necessità di un mezzo di contrasto ai raggi X. Può essere sufficiente per visualizzare processi vascolari avanzati come restringimenti delle arterie carotidiche accentuati o la chiusura embolica di una arteria intra-cerebrale. Spesso è comunque preferibile un esame radiografico di angiografia con mezzo di contrasto (angiografia a sottrazione digitale, DSA).



CL-INF/OST - RADIAZIONI - Rad. Elettromagnetiche + Luce

---

---

---

---

---

---

---

---

## FENOMENI ONDULATORI la luce visibile

**FISICA MEDICA E RADIOPROTEZIONE**  
*elio giroletti, 2005*

- Onde elettromagnetiche
- Spettro elettromagnetico
- Il fotone
- Ottica fisica e ottica geometrica

lucidi di Domenico Scannicchio, rivisti da Elio Giroletti

---

---

---

---

---

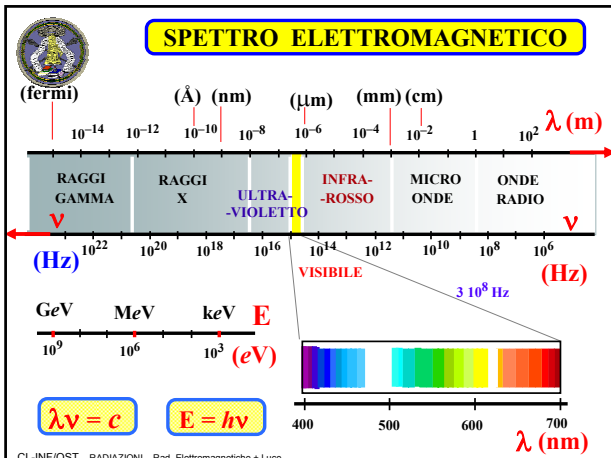
---

---

---

Elio GIROLETTI - Università degli Studi di Pavia, Dip. Fisica nucleare e teorica

ESCLUSIVO USO DIDATTICO INTERNO - Radiaz. elettromagn. + Luce




---

---

---


---

---

---

---

---



**QUANTO di ENERGIA  
ELETTROMAGNETICA: *FOTONE***

campo elettromagnetico:  $\vec{E}, \vec{B}$

teoria dei quanti

quanti di energia elettromagnetica (fotoni)  $E = h \nu$

■ costante di Planck  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$

$\lambda = 600 \text{ nm}$  (visibile: **luce gialla**)  $\rightarrow \nu = 5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$

$E = h \nu = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \cdot 5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} = 3,3 \cdot 10^{-19} \text{ J} =$   
 $= \frac{3,3 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J eV}^{-1}} = 2 \text{ eV}$

CL-INF/OST - RADIAZIONI - Rad. Elettromagnetiche + Luce

---

---

---


---

---

---

---

---



**OTTICA**

**luce: onde elettromagnetiche** **visibili**

- fenomeno ondulatorio caratterizzato da  $\lambda$
- **D** = dimensione ostacoli, aperture (diaframmi, fessure, aperture strumentali)

**OTTICA FISICA**  $\lambda \approx D$

☀ trattazione ondulatoria rigorosa

**OTTICA GEOMETRICA**  $\lambda \ll D$

☀ teoria approssimata di propagazione (propagazione mediante raggi)

CL-INF/OST - RADIAZIONI - Rad. Elettromagnetiche + Luce

---

---

---

---

---


---

---

---

Elio GIROLETTI - Università degli Studi di Pavia, Dip. Fisica nucleare e teorica

ESCLUSIVO USO DIDATTICO INTERNO - Radiaz. elettromagn. + Luce



**alcune definizioni**

- **Riflessione:** rinvio immediato di raggi luminosi
- **Rifrazione:** deviazione subita dal raggio luminoso nel passaggio da un mezzo trasparente ad un altro
- **Diffrazione:** vero e proprio sparpagliamento della luce dovuto alla natura ondulatoria della luce
- **Diffusione:** la radiazione viene rinviata in tutte le direzioni, quando incide su una superficie scabra o ruvida
- **Interferenza:** sovrapposizione di due o più raggi luminosi: costruttiva e distruttiva

CL-INF/OST - RADIAZIONI - Rad. Elettromagnetiche + Luce

---

---

---

---

---

---

---

---



**FENOMENI ONDULATORI**  
**rad. elettromagnetiche e luce**



**FISICA MEDICA E RADIOPROTEZIONE**  
*elio giroletti, 2005*

dispense su internet  
**[www.unipv.it/webgiro](http://www.unipv.it/webgiro)**

*elio giroletti*  
Università degli Studi di Pavia  
dip. Fisica nucleare e teorica  
giroletti@unipv.it - 038298.7905

---

---

---

---

---

---

---

---

Elio GIROLETTI - Università degli Studi di Pavia, Dip. Fisica nucleare e teorica

ESCLUSIVO USO DIDATTICO INTERNO - Radiaz. elettromagn. + Luce