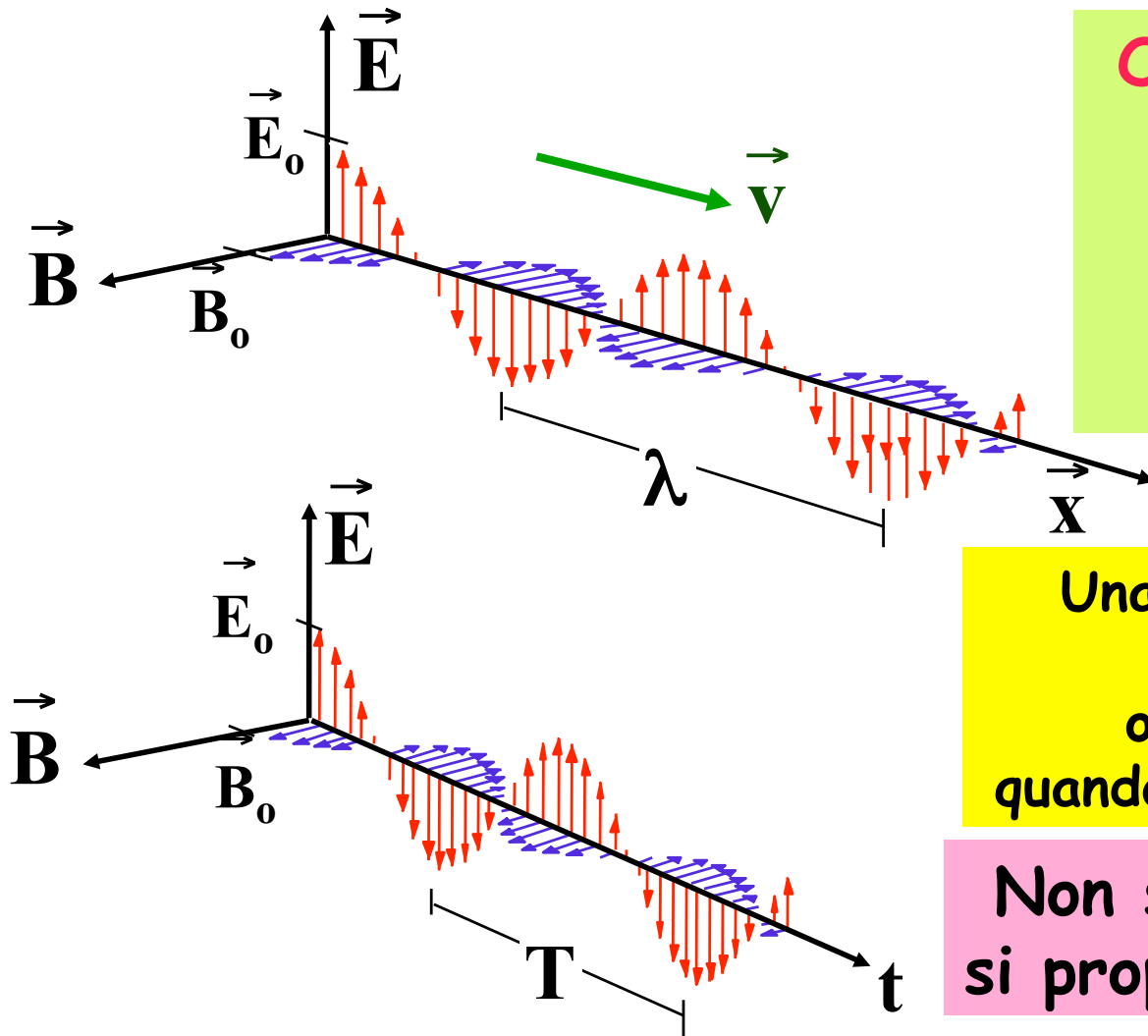


Onde elettromagnetiche



Onda elettromagnetica:
“vibrazione”
del campo elettrico
e del campo magnetico
in direzione
perpendicolare a entrambi

Una carica elettrica in moto
emette o assorbe
onde elettromagnetiche
quando soggetta ad accelerazione

Non serve materia: i campi
si propagano **anche nel vuoto!**

Velocità della luce

Le onde elettromagnetiche si propagano
anche nel vuoto
secondo la consueta legge:

$$\lambda \nu = v$$

La loro velocità nel vuoto è sempre
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ (= 300000 km/s)

c è la velocità della luce
ma anche di tutte le altre onde elettromagnetiche.

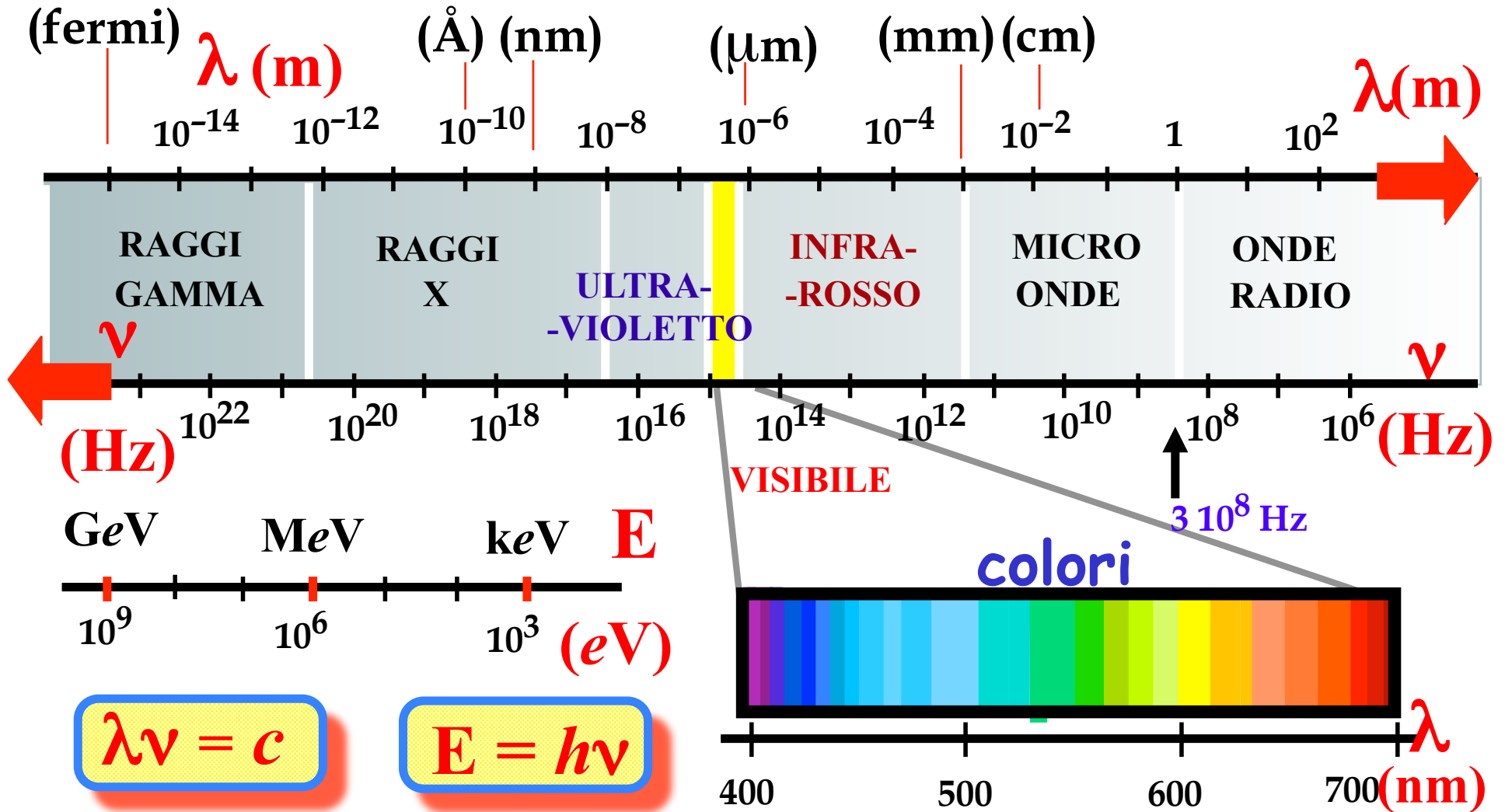
c è la massima velocità raggiungibile in natura.
Nei mezzi materiali la velocità è c/n ($< c$).

n =indice di rifrazione del mezzo

$$n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$$

pag.2

Spettro elettromagnetico



$$\lambda \nu = c$$

$$E = h\nu$$

Energia dell'onda elettromagnetica

(onde e.m. = radiazione e.m.)

Le onde elettromagnetiche trasportano energia sotto forma di “particelle di luce” dette **fotoni**, emessi o assorbiti in transizioni atomiche o molecolari. L'energia è proporzionale alla frequenza:

$$E = h\nu$$

con $h = 6.6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ (costante di Planck).

Nella luce visibile l'emissione o l'assorbimento dei fotoni determina il colore dei corpi:

bianco = emissione di tutte le frequenze visibili

nero = assorbimento di tutte le frequenze visibili

Luce gialla: $\lambda = 600 \text{ nm}$

$$\rightarrow \nu = c/\lambda = (3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) / (6 \cdot 10^{-7} \text{ m}) = 0.5 \cdot 10^{15} \text{ Hz} = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

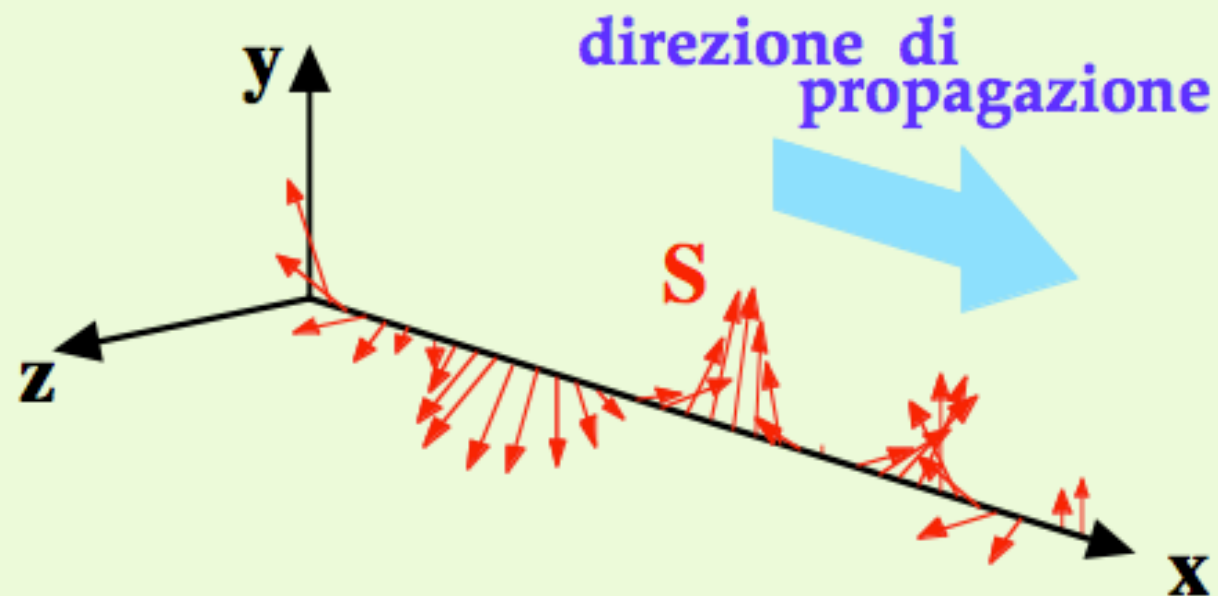
$$\rightarrow E = h\nu = (6.6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})(5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}) = 3.3 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2 \text{ eV}$$

Es.

POLARIZZAZIONE

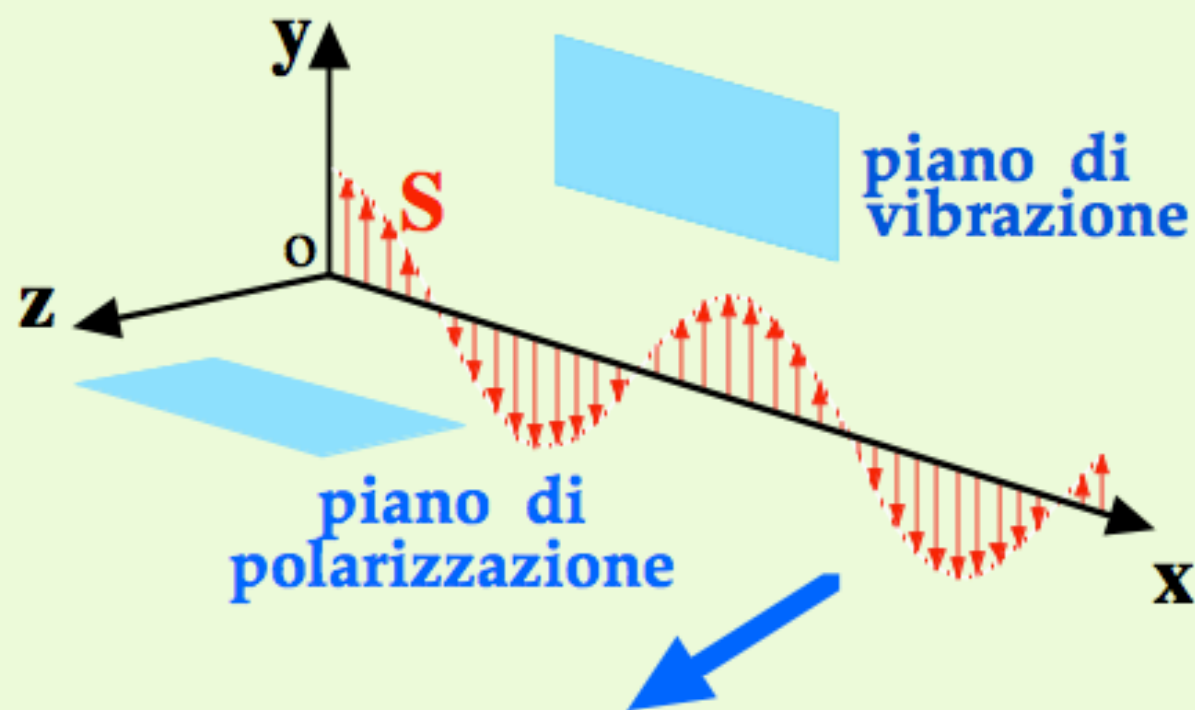
solo onde trasversali

onda **non** polarizzata



POLARIZZAZIONE

onda polarizzata: **direzione di vibrazione costante**



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



TRANSIZIONI ATOMICHE

quanto di energia elettromagnetica :

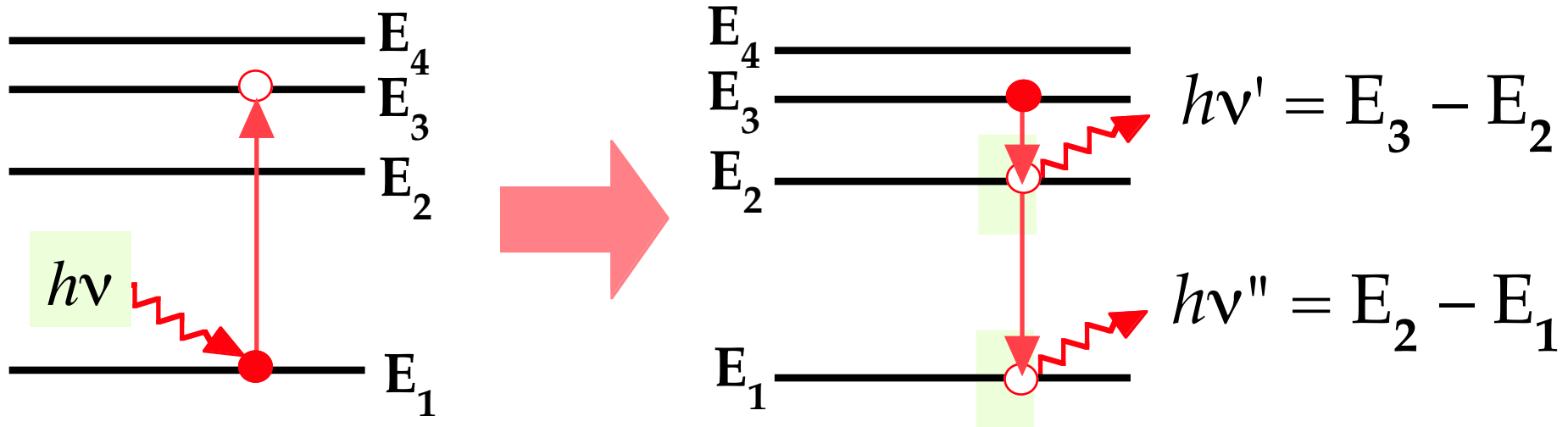
fotone

$$E = h\nu$$

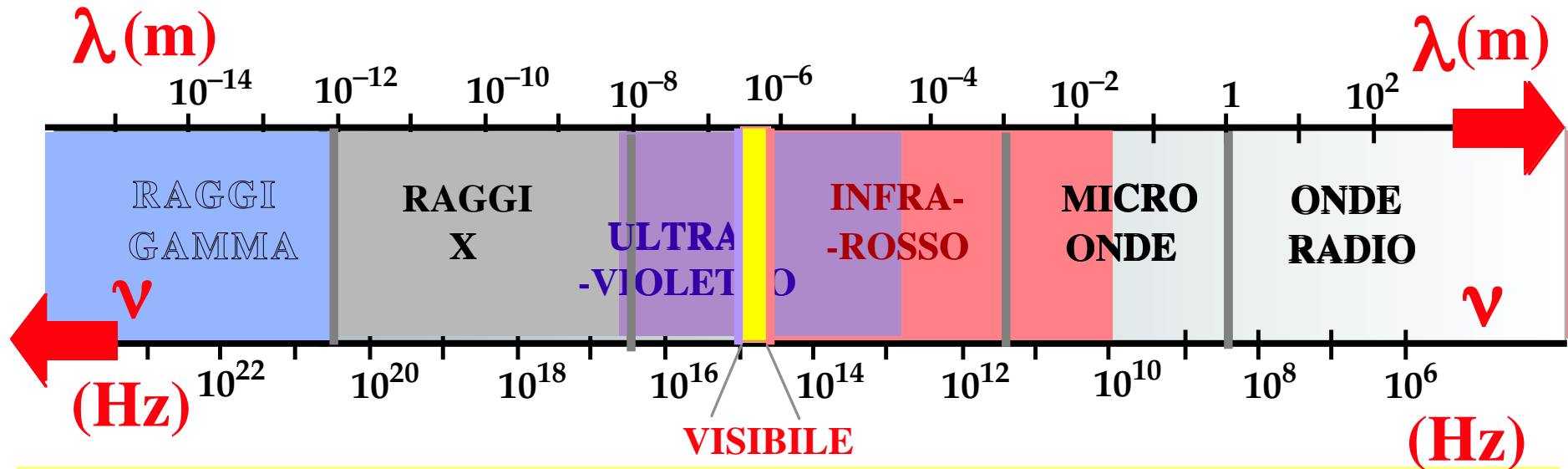
(TEORIA QUANTISTICA)

emissione, assorbimento :

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$



SPETTRO ELETTRROMAGNETICO: produzione



tubo raggi X

radiazione termica

transizioni nucleari

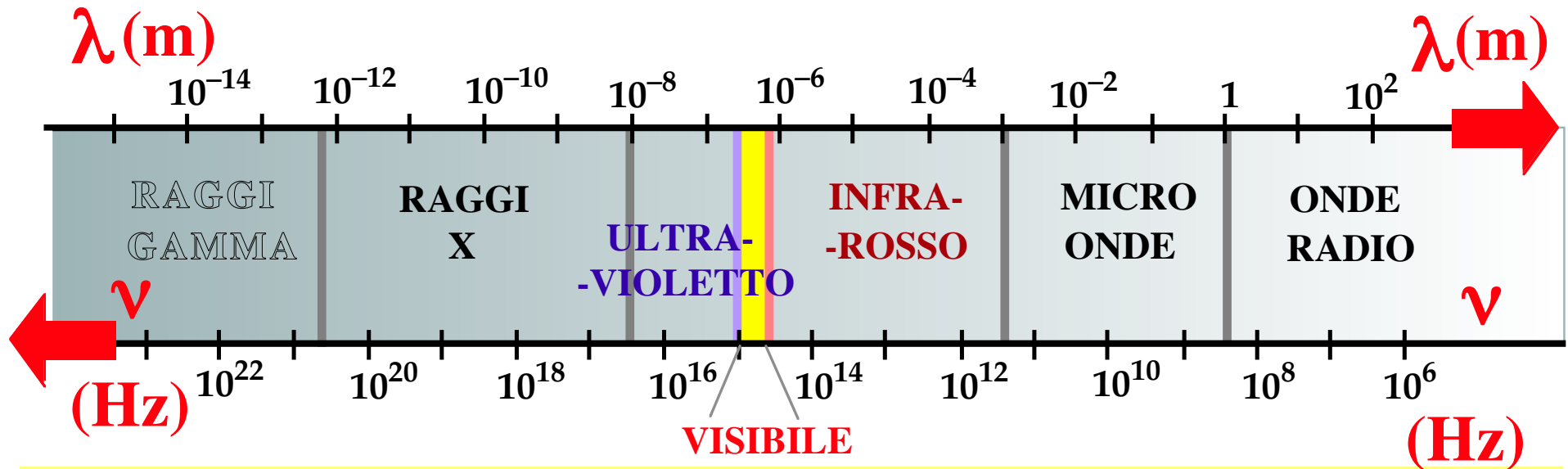
circuiti oscillanti

e acceleratori

transizioni atomiche

laser

SPETTRO ELETTROMAGNETICO: impiego



diagnostica (RX , CT)

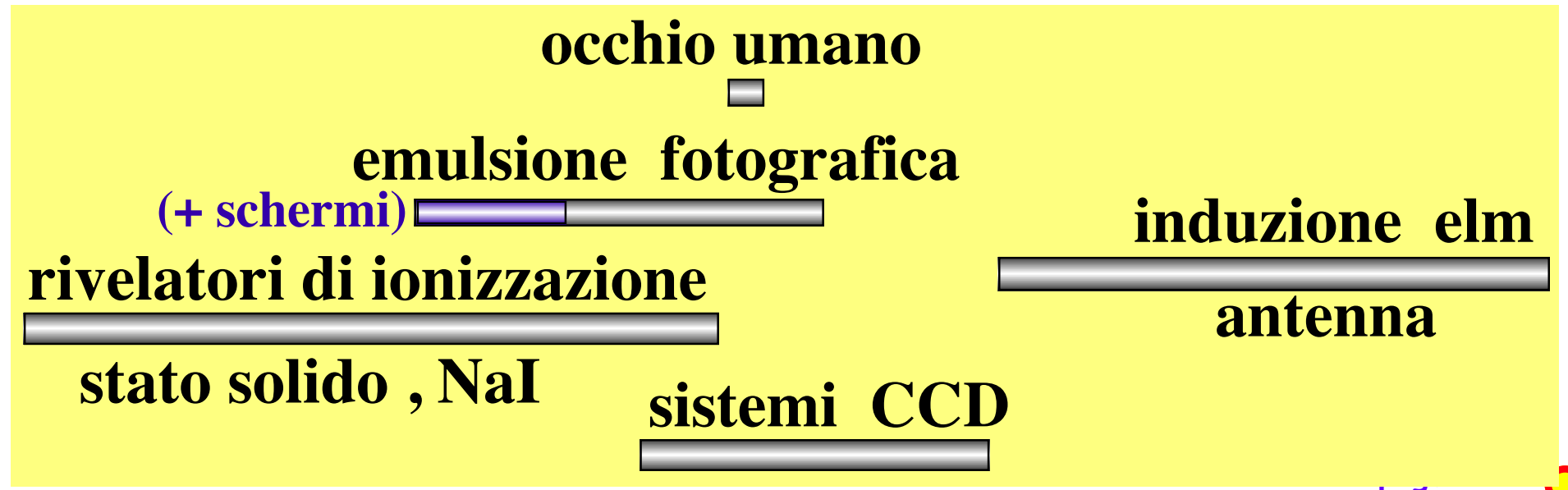
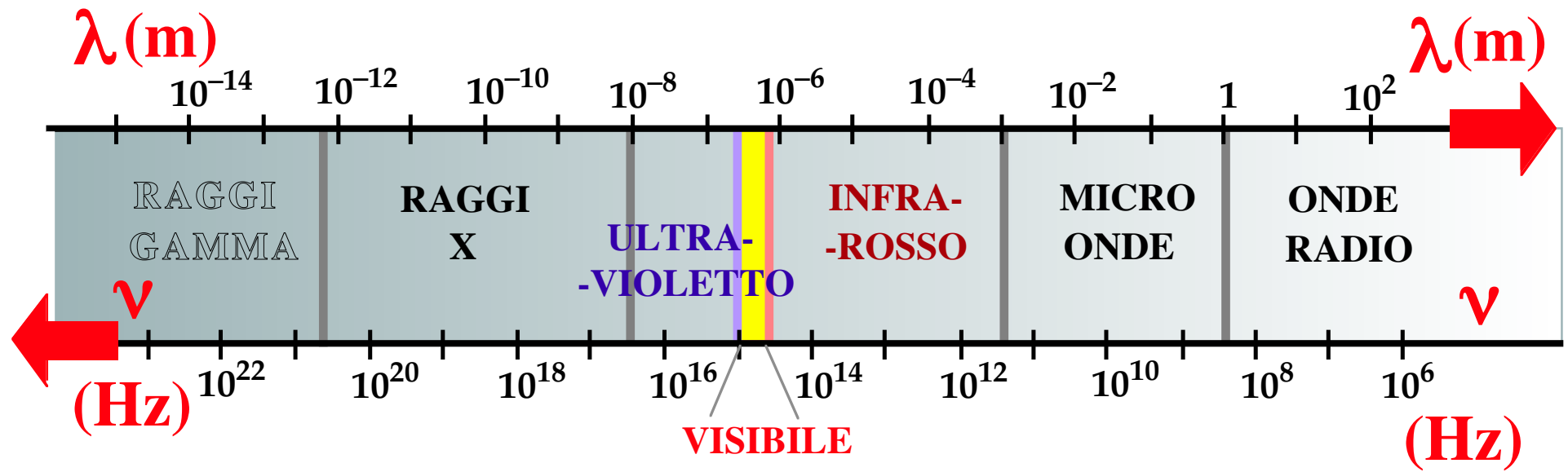
terapia

diagnostica (PET, SPET)

diagnostica (IR e visibile)

terapia

SPETTRO ELETTRROMAGNETICO: rivelazione



RADIAZIONE TERMICA

(onde e.m. = radiazione e.m.)

trasporto di energia nei fenomeni ondulatori: intensità I

- energia trasportata nell'unità di tempo e attraverso l'unità di superficie :

$$I = \frac{\text{energia}}{\Delta t \cdot S}$$

- unità di misura: S.I. $\frac{\text{joule}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$
sistema pratico $\text{cal s}^{-1} \text{m}^{-2}$

RADIAZIONE TERMICA

IRRAGGIAMENTO TERMICO

(RADIAZIONE TERMICA)

emissione di onde elettromagnetiche
da parte di corpo a temperatura T

intensità $I = \frac{Q}{\Delta t \Delta S}$ cal s⁻¹ m⁻² oppure watt m⁻²

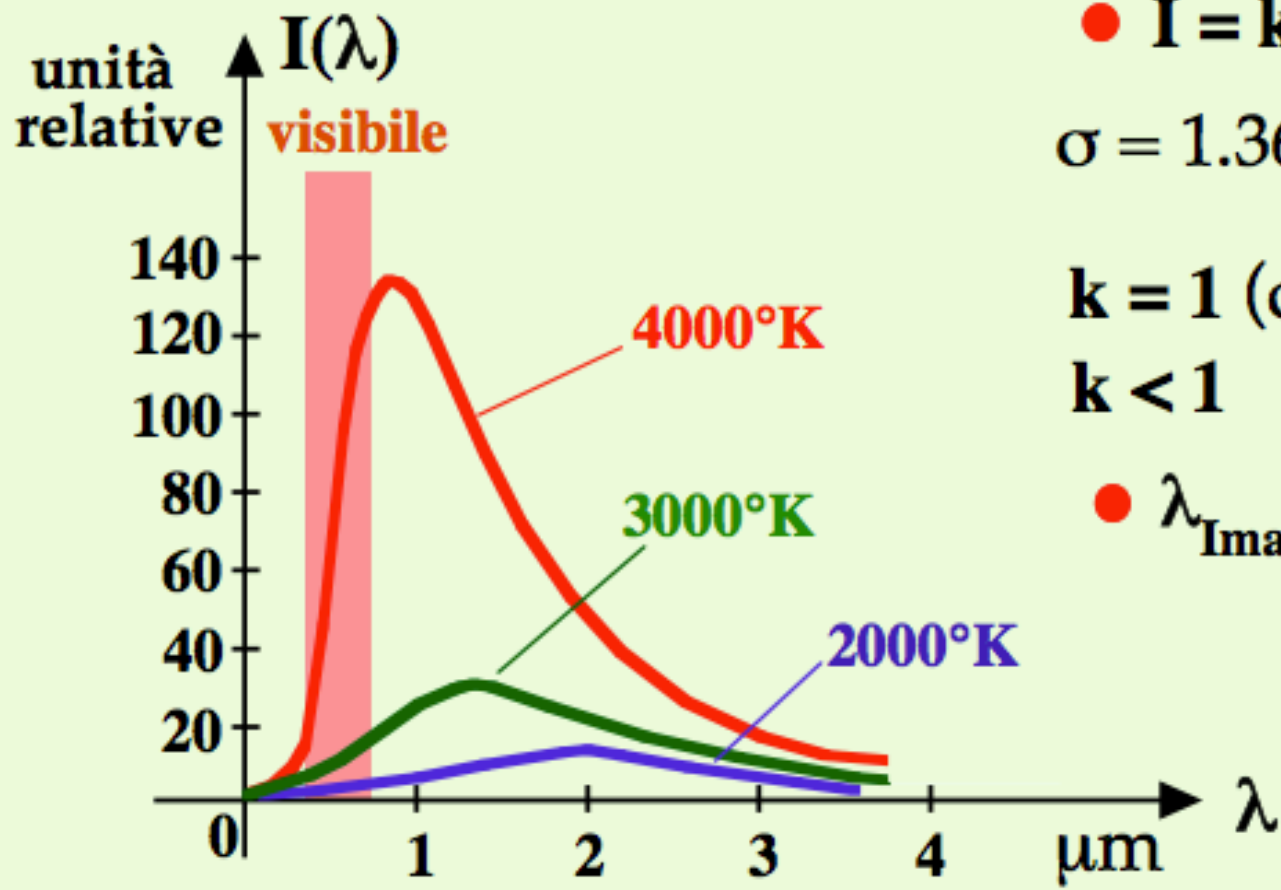
LEGGI DELL'EMISSIONE TERMICA

legge di Stefan $I = \sigma T^4$ (watt m⁻²)

legge di Wien $\lambda_{\text{Imax}} = \frac{0.2897}{T}$ (cm)

RADIAZIONE TERMICA

transizioni tra stati vibrazionali e rotazionali



• $I = k \sigma T^4$

$\sigma = 1.36 \cdot 10^{-12} \frac{\text{cal } ^\circ\text{K}^4}{\text{cm}^2 \text{ s}}$

$k = 1$ (corpo nero)

$k < 1$

• $\lambda_{\text{Imax}} = \frac{0.2897}{T} \text{ (cm)}$



MICROONDE IN MEDICINA

radiazioni **non** ionizzanti



$$300 \text{ MHz} < \nu < 300 \text{ GHz}$$
$$10^{-6} \text{ eV} < E = h\nu < 10^{-3} \text{ eV}$$

$$100 \text{ cm} < \lambda < 0.1 \text{ cm}$$

effetti : calore (**diatermia**)

assorbimento :

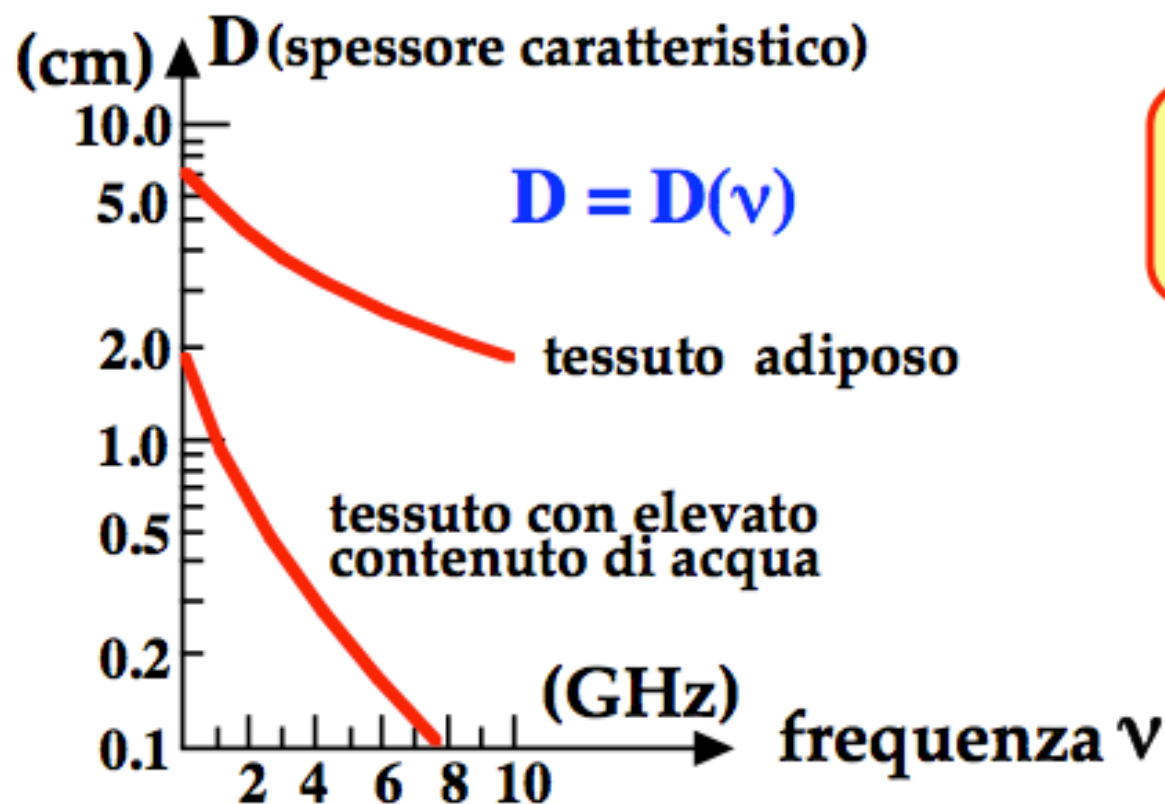
$$I(x) = I_0 e^{-\frac{x}{D}}$$

$$D = D(\nu)$$

terapia $\nu \approx 2450 \text{ MHz}$



MICROONDE IN MEDICINA

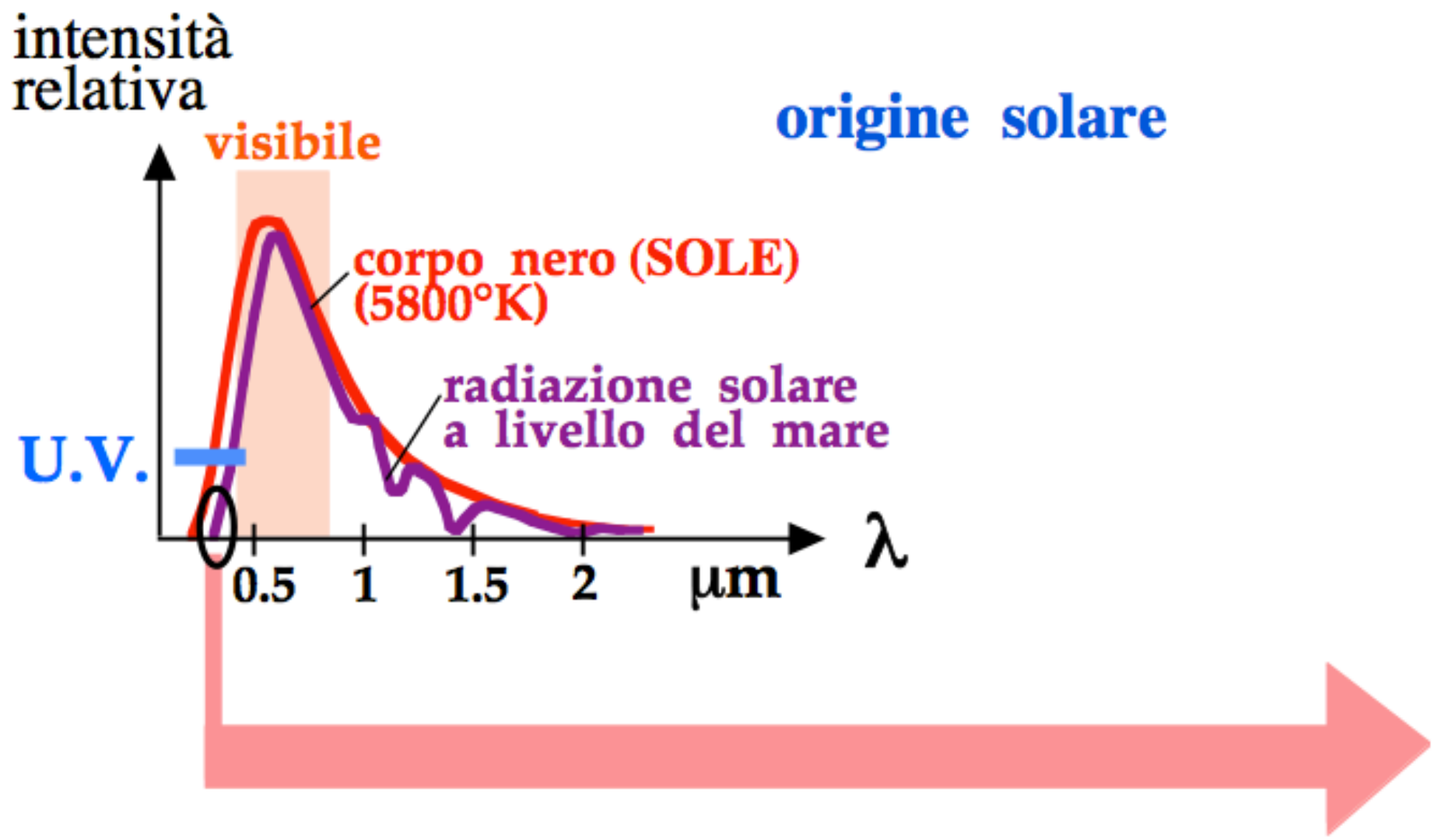


$$I(x) = I_0 e^{-\frac{x}{D}}$$

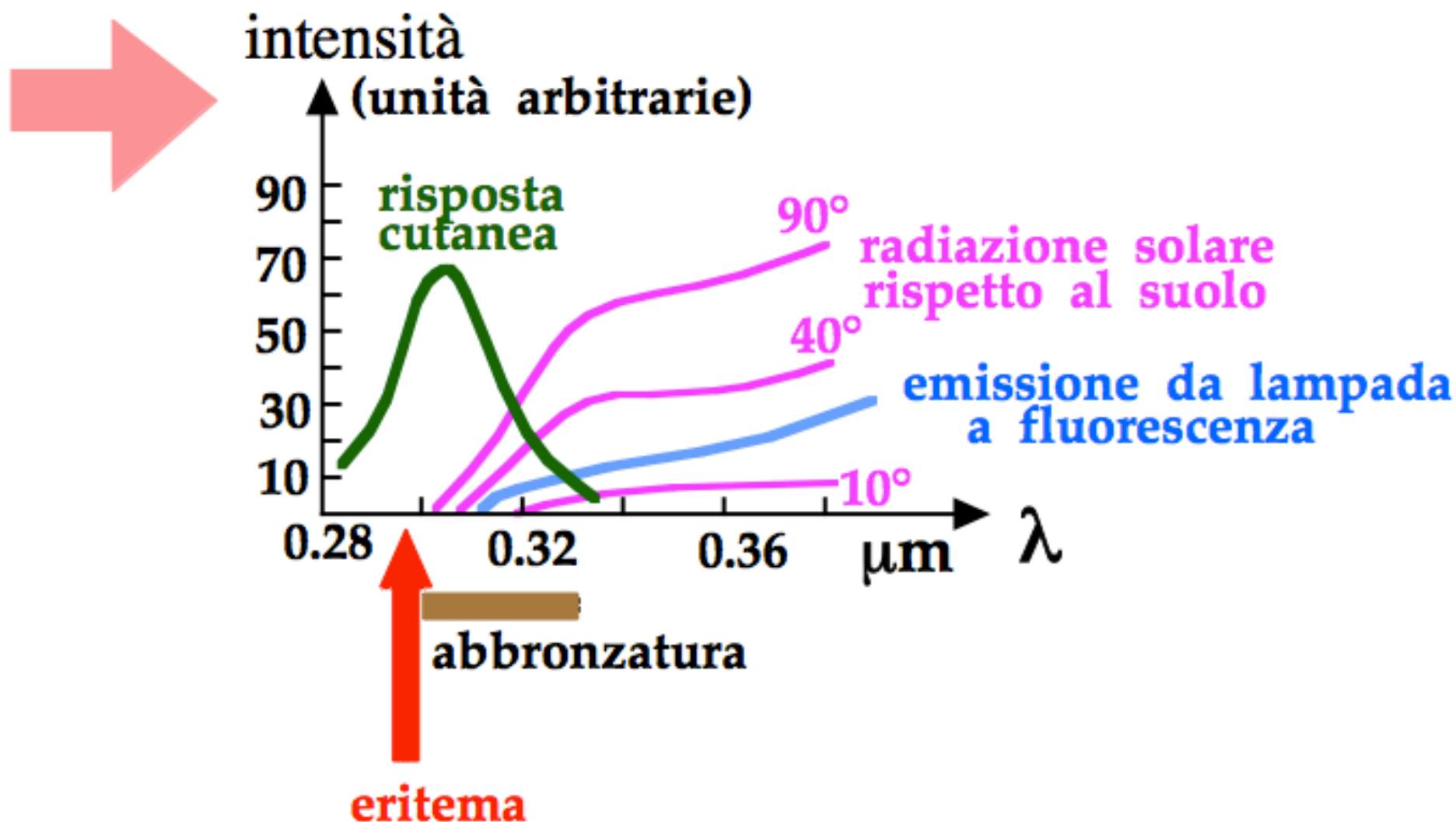
- esposizione limite per l'uomo : $I \leq 10 \text{ mW cm}^{-2}$

massima potenza radiante solare assorbita dall'uomo:
 $I \approx 100 \text{ mW cm}^{-2}$

ULTRAVIOLETTI IN MEDICINA



ULTRAVIOLETTI IN MEDICINA



ULTRAVIOLETTI IN MEDICINA

UVA : 400 ÷ 315 nm ■

UVB : 315 ÷ 280 nm ■

UVC : 280 ÷ 100 nm ■

produzione

- emissione termica (Sole)
- transizioni atomiche



produzione naturale (Sole)

(assorbimento)
I(500 nm) Sole → **I(600 nm)** suolo

UV :

- 300 ÷ 200 nm **assorbiti da O₃**
- 200 ÷ 100 nm **assorbiti in aria**
(produzione ozono O₃ e ossidi di azoto)

* spessore atmosfera

* nuvole

* fumi e smog

→ **diffusione**



ULTRAVIOLETTI IN MEDICINA

UVA : 400 ÷ 315 nm ■

UVB : 315 ÷ 280 nm ■

UVC : 280 ÷ 100 nm ■



produzione artificiale

- lampade U.V. $\lambda = 400 \div 270$ nm

assorbimento:

- **H₂O** 400 ÷ 300 nm (in 2÷5 cm)
- **vetro** opaco
- **quarzo** trasparente

effetti biologici:

- **eccitazione atomi e molecole**
- **debole effetto termico**



ULTRAVIOLETTI IN MEDICINA

uomo

- **sintesi vitamina D** (≈ 280 nm)
- **abbronzatura**
(formazione pigmento \rightarrow protezione da U.V.)
- **eritema (UVB, UVC)**
(dilatazione vasi da sostanze prodotte)

risposta cutanea massima $\lambda \approx 300$ nm
(≈ 4 eV \rightarrow dissociazione legame C—C)

- **lesioni oculari (cataratta)**
- **azione battericida**

PRODUZIONE di FOTONI di ALTA ENERGIA

raggi X

- **produzione artificiale**
 - **tubo a raggi X**

raggi γ

- **produzione naturale**
 - **emissione γ da decadimento nuclei instabili (radionuclidi)**
- **produzione artificiale**
 - **acceleratori di particelle**

