

LA FISICA È BELLA E UTILE

Ovvero, perché le scienze della vita hanno
bisogno della fisica.

(2)

Paola Scampoli

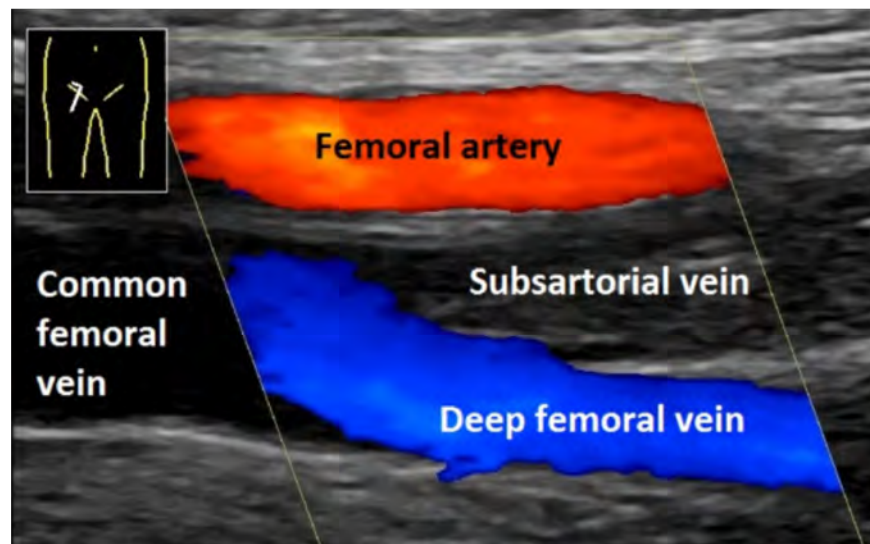
Università di Napoli Federico II

Università di Berna

paola.scampoli@unina.it

La fisica per guardare dentro il nostro corpo

Vedere con il suono



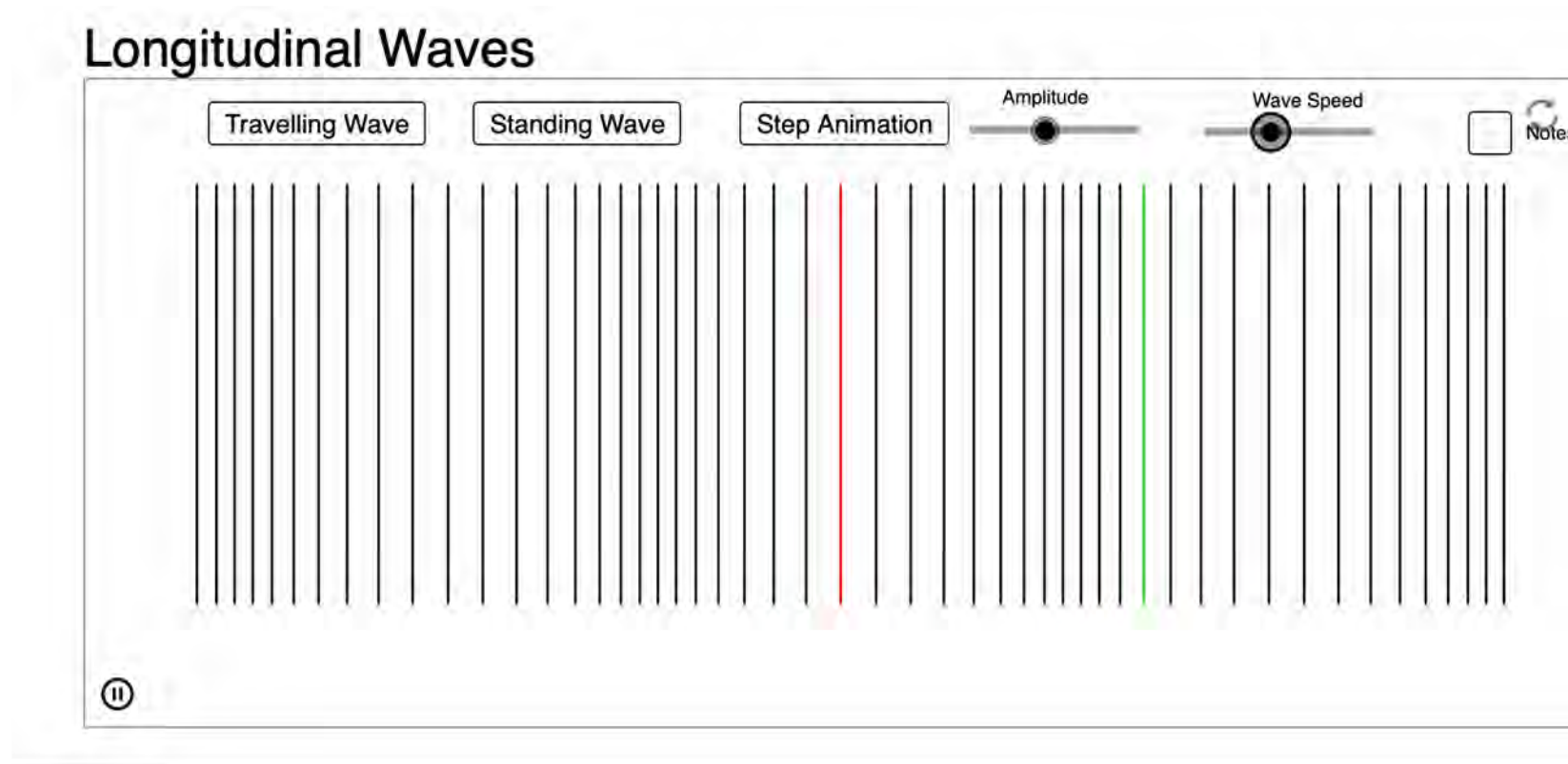
Immagini con la radioattività



Che cosa è il suono

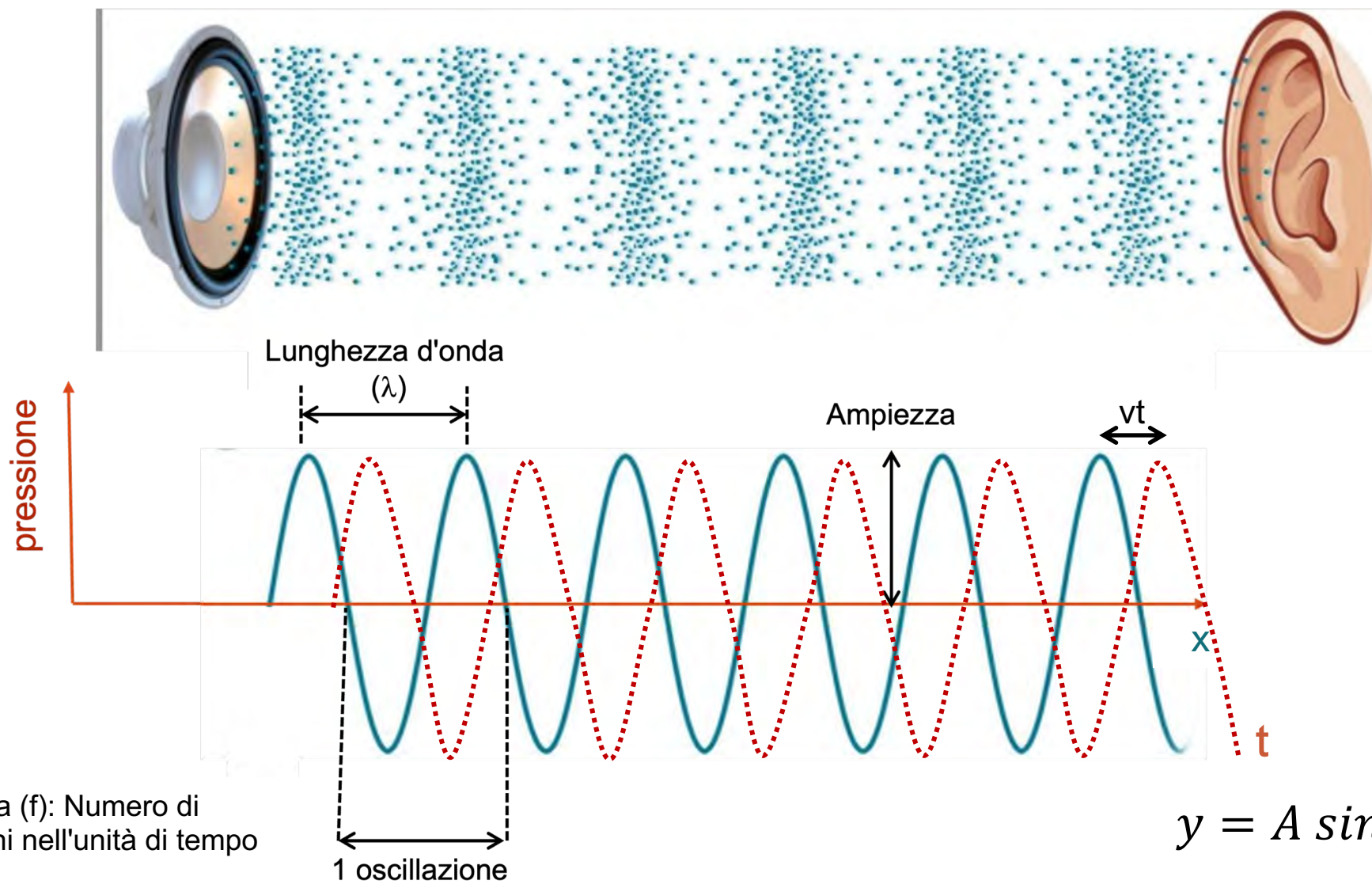
Onda meccanica

Onda longitudinale



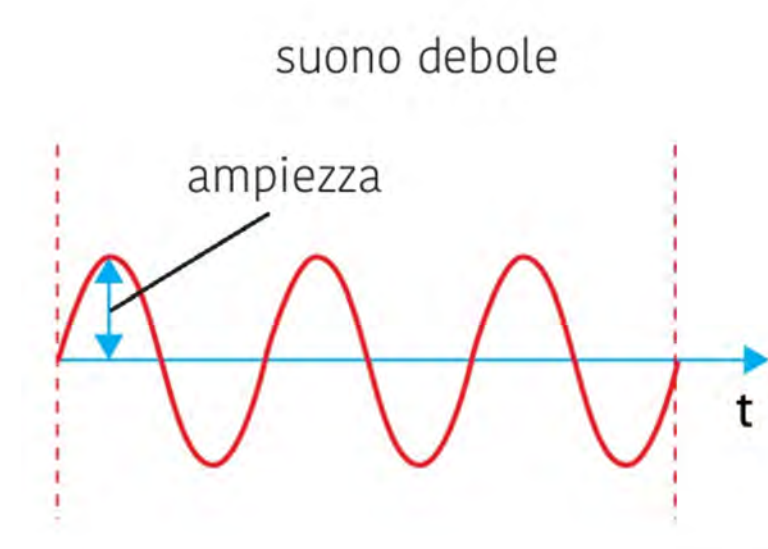
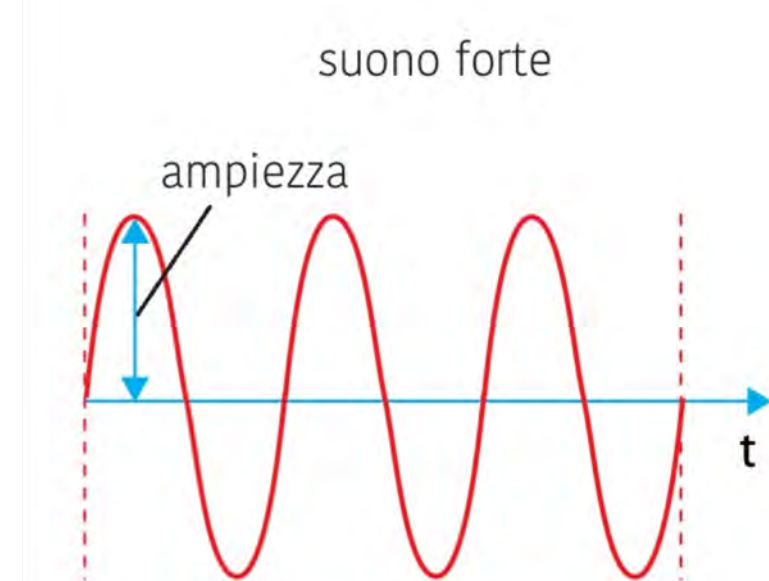
<https://ophysics.com/w5.html>

Che cosa è il suono

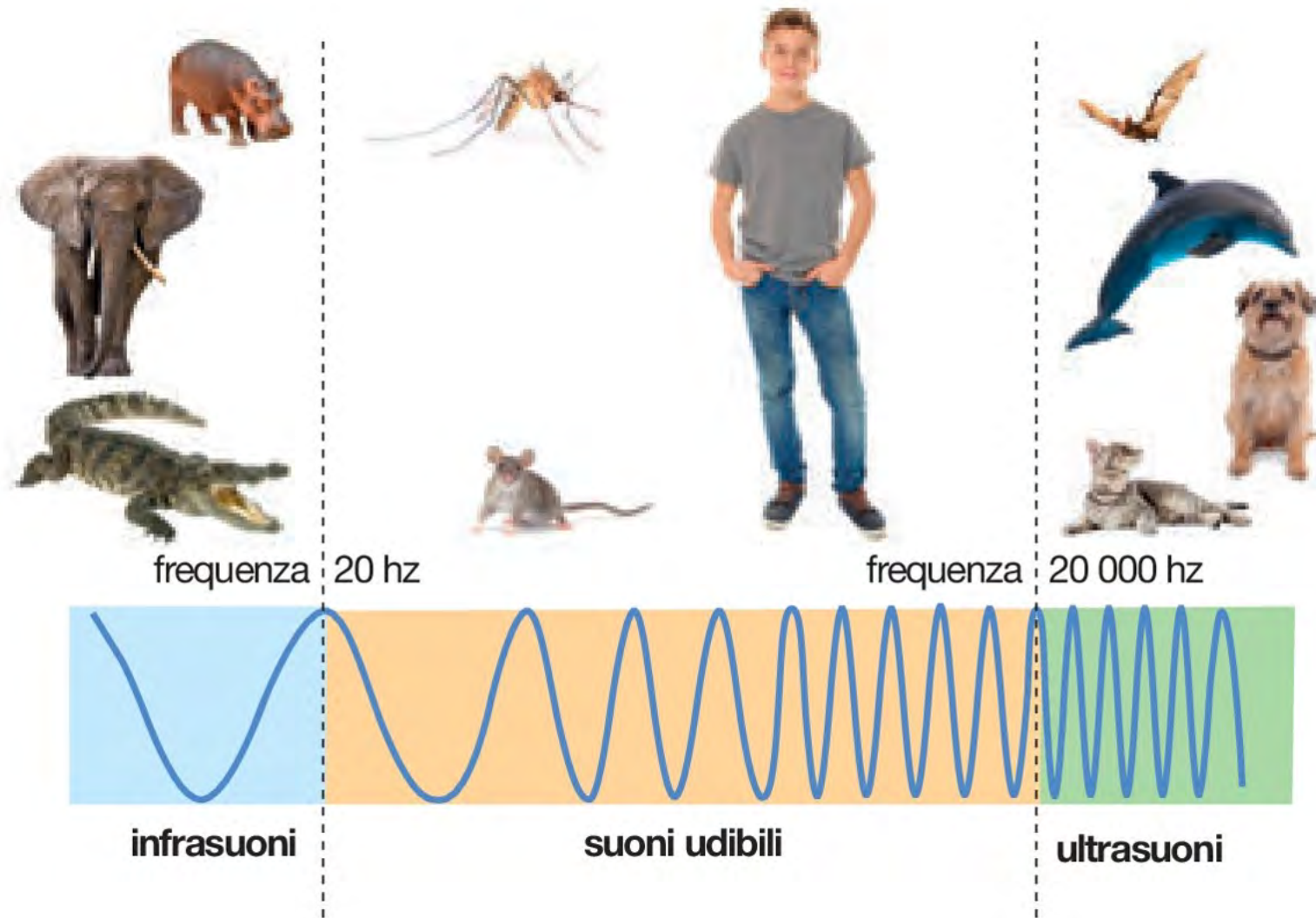


$$y = A \sin \left(\frac{2\pi}{\lambda} (x - vt) \right)$$

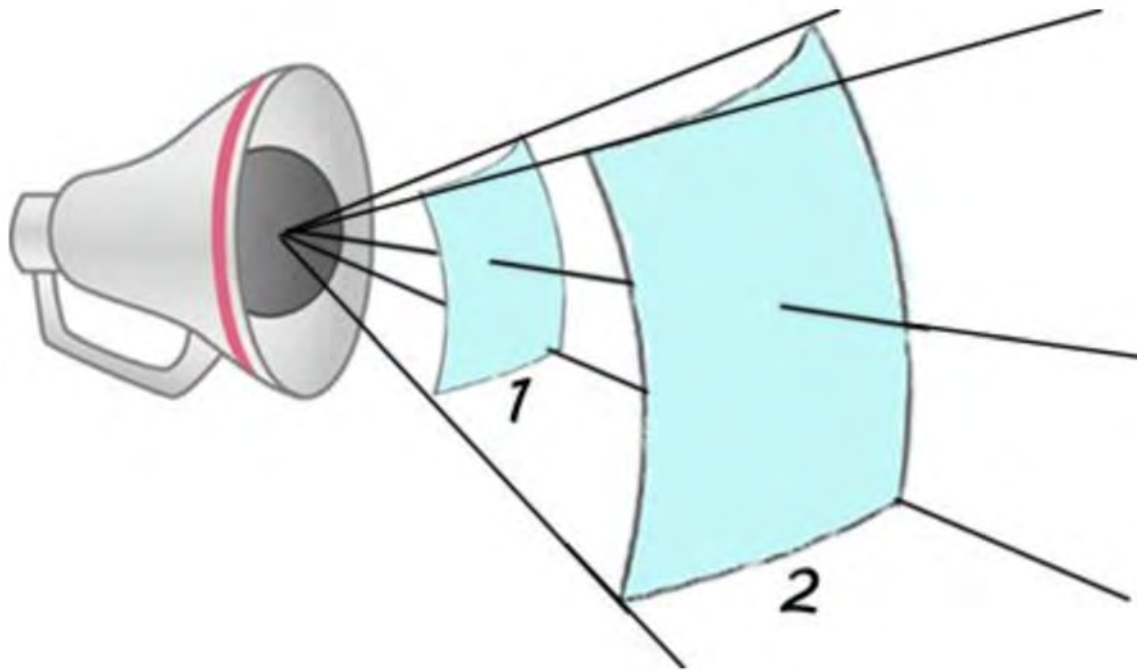
Caratteristiche del suono



Infrasuono, suono, ultrasuono



L'onda trasporta energia



L'**INTENSITÀ** del suono è l'energia trasportata dall'onda per unità di tempo e di superficie

è legata all'**AMPIEZZA** dell'onda sonora, cioè al massimo spostamento delle molecole d'aria dalla loro posizione d'equilibrio.

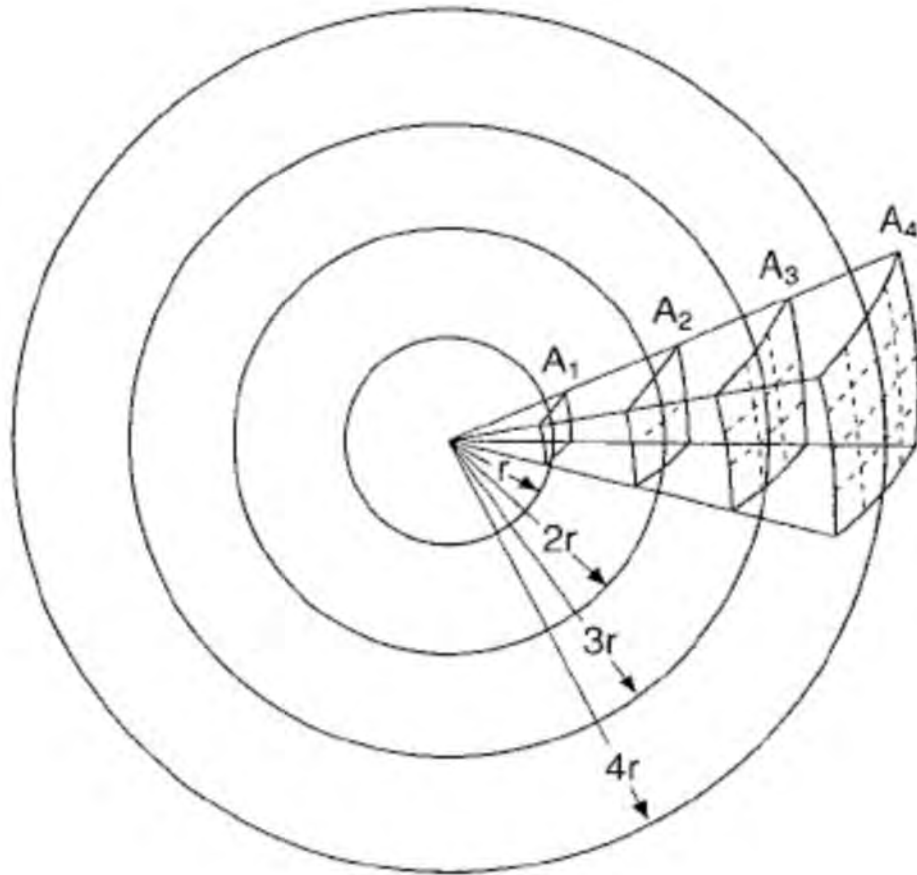
$$E \propto A^2$$

$$I = \frac{P}{S} \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$$

L'onda trasporta energia

L'**INTENSITÀ** (volume) del suono diminuisce se ci allontaniamo dalla sorgente

- All'aumentare della distanza dalla sorgente le aree investite dalla potenza emesse aumentano. Questo vuol dire che la potenza del suono (intensità), diminuisce proporzionalmente al quadrato del raggio.
- La stessa potenza emessa, man mano che ci allontaniamo dalla sorgente, viene distribuita su un'area maggiore



$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

L'onda trasporta energia

Il volume si misura attraverso il livello di intensità di un'onda. L'unità di misura è il **decibel**

$$\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Sorgente	db	I(W/m ²)
Aviogetto a 30 m	140	100
Soglia dolore	120	1
Concerto rock	120	1
Sirena a 30 m	120	1
Strada trafficata	70	10 ⁻⁵
Conversazione	60	10 ⁻⁶
Radio basso volume	40	10 ⁻⁸
Sussurro	20	10 ⁻¹⁰
Fruscio foglie	10	10 ⁻¹¹
Soglia udito	0	10 ⁻¹²

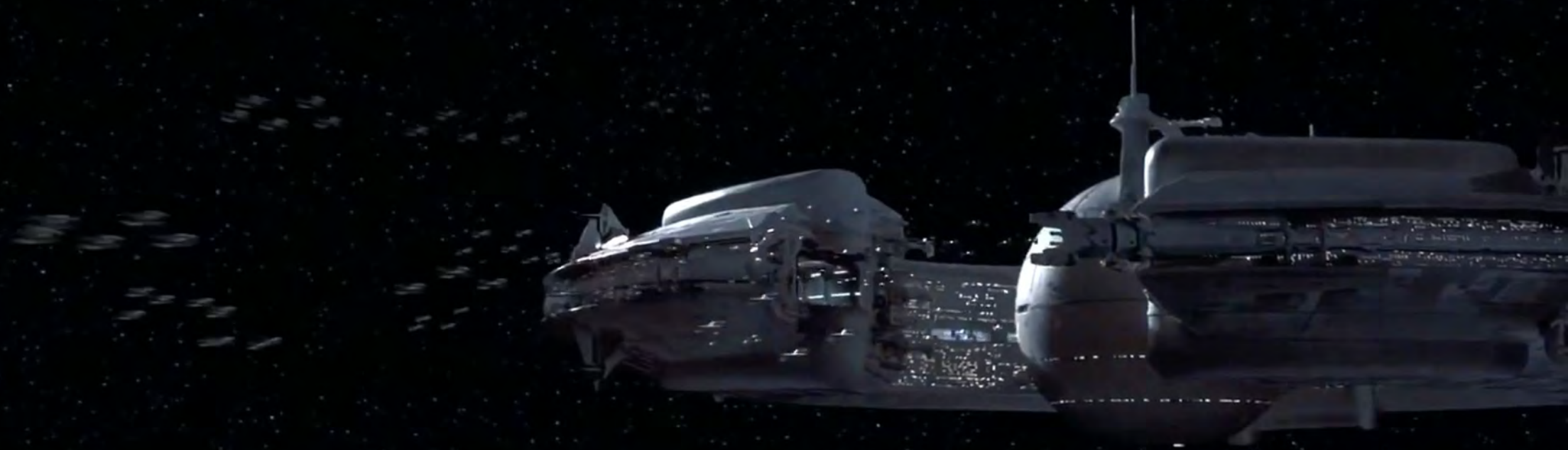
L'onda trasporta energia

$$\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$



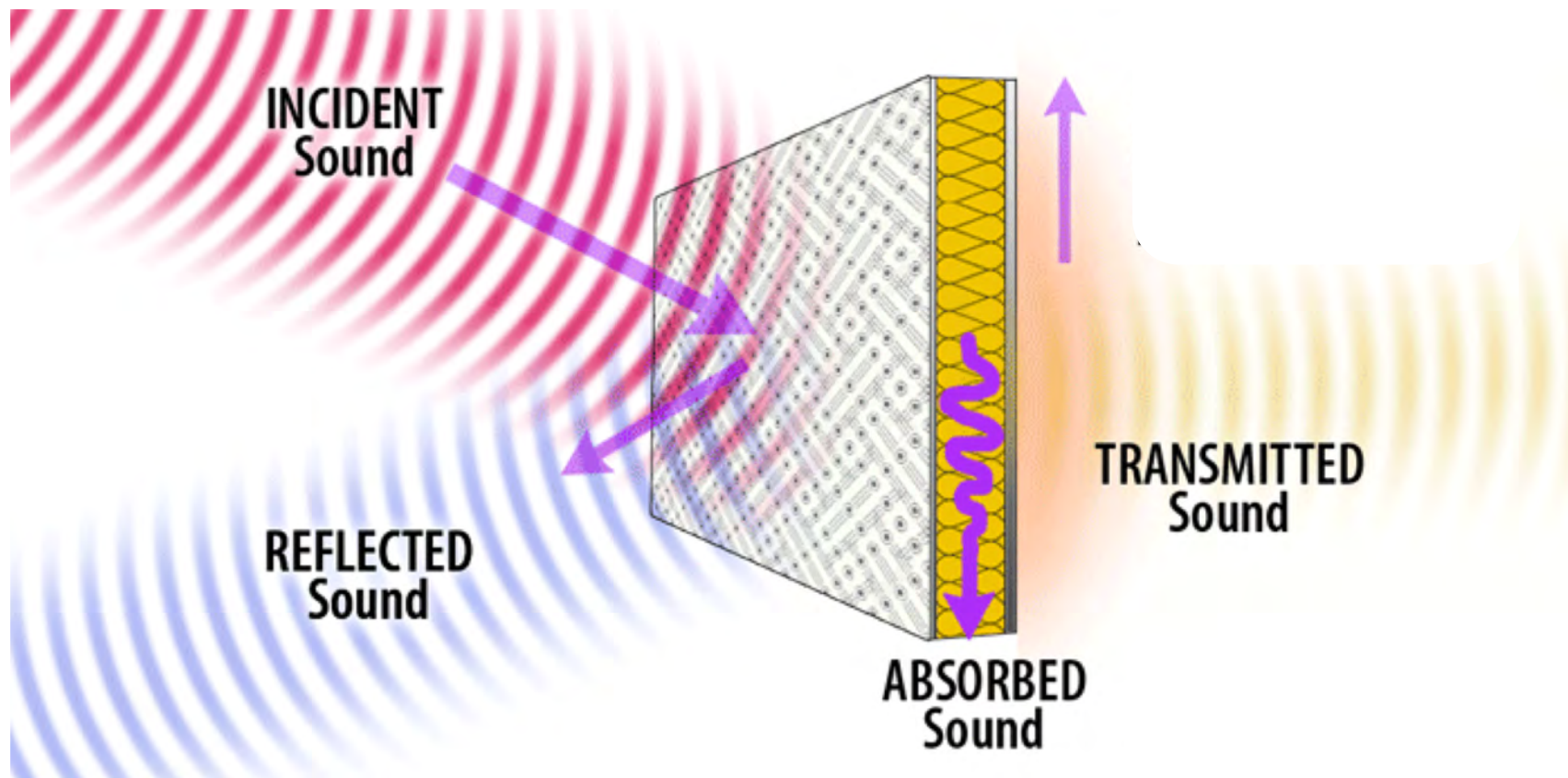
Ecco i livelli di guardia con relative tempistiche di esposizione pubblicati dall'**OSHA**, Occupational Safety and Health Administration americana:

- **85 dB**: soglia di pericolosità per il livello di rumore
- **95 dB**: rischio di danni per esposizioni superiori a 4 ore
- **105 dB**: rischio di danni per esposizioni superiori a 1 ora
- **115 dB**: rischio di danni per esposizioni superiori a 15 minuti
- **125-130 dB**: soglia del dolore immediato e danni permanenti
- **160 dB**: danno fisico immediato e rischio di perdita dell'udito

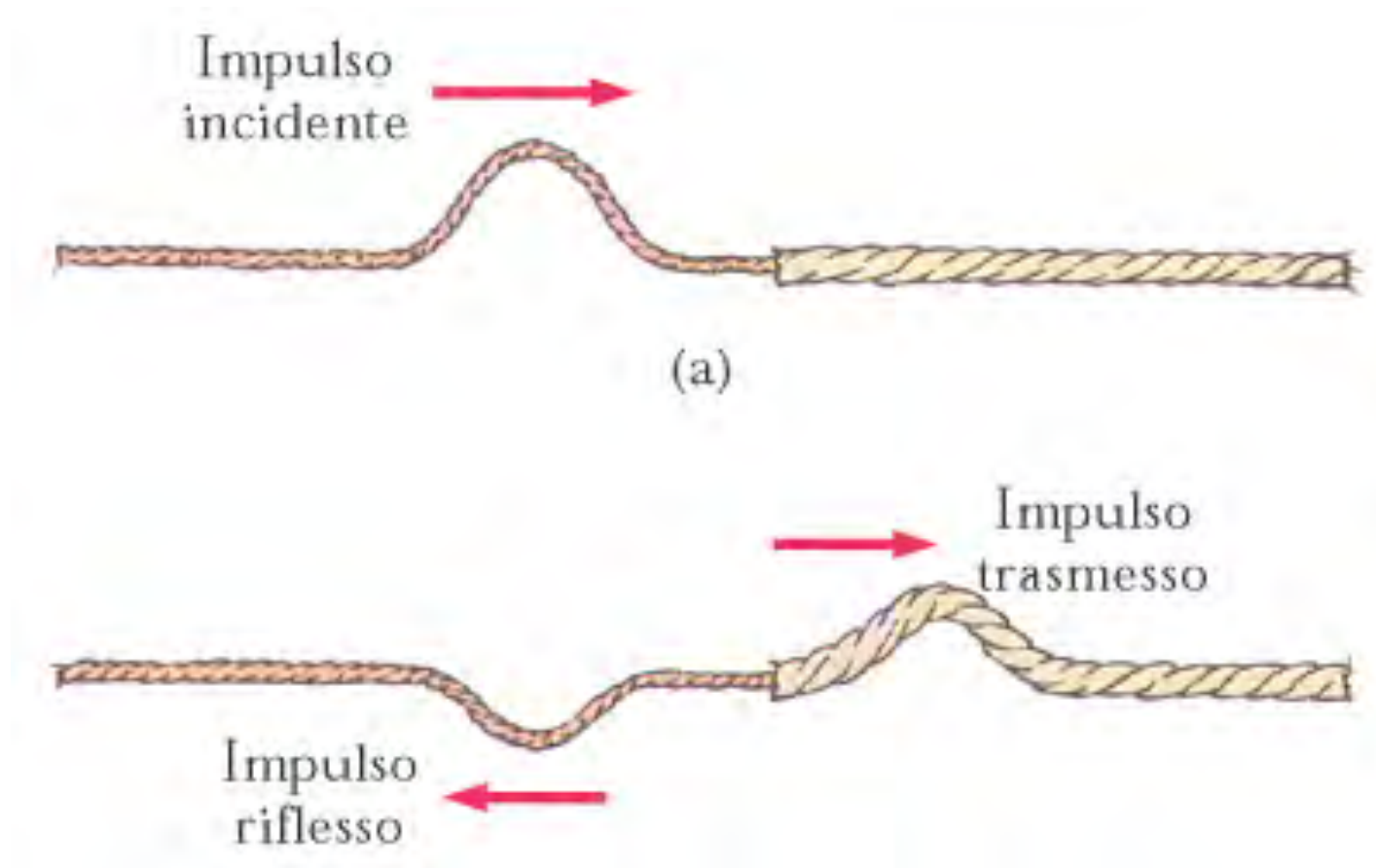




Riflessione e trasmissione



Riflessione e trasmissione

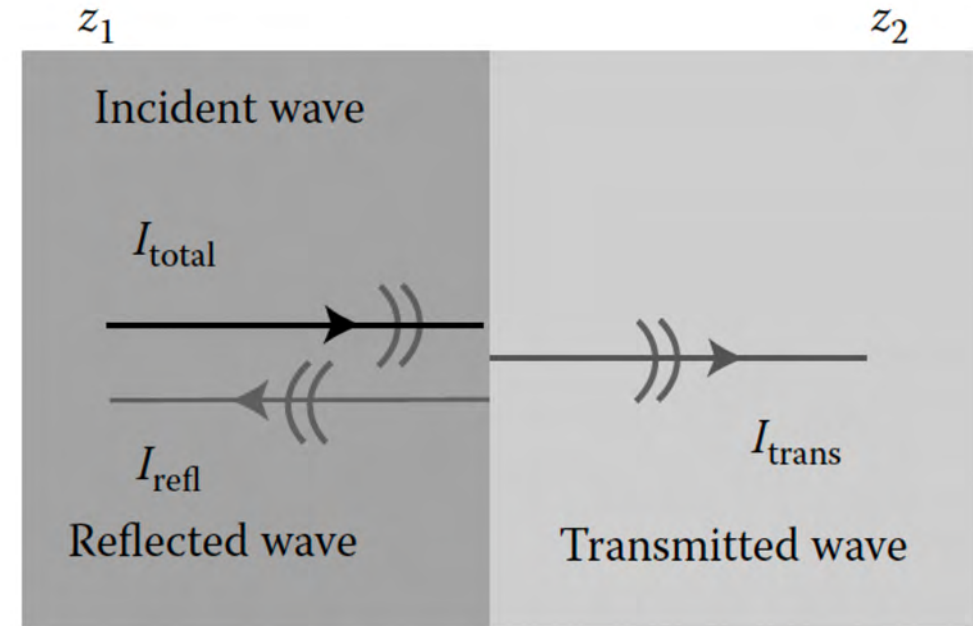


Impedenza acustica

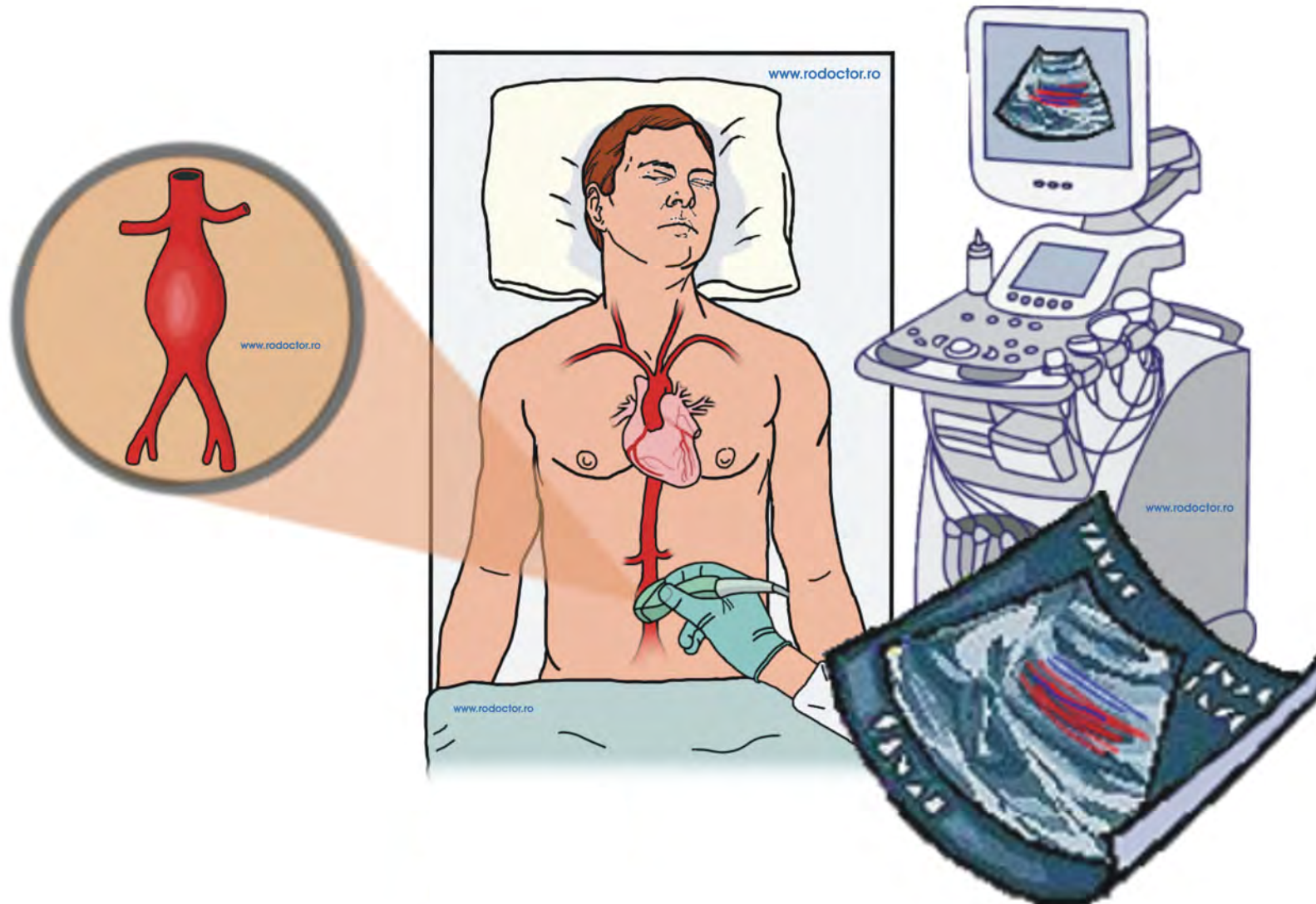
$$Z = \rho \cdot v_s$$

Impedenza acustica

$$\frac{I_{refl}}{I_{tot}} = \frac{(z_1 - z_2)^2}{z_1 + z_2}$$



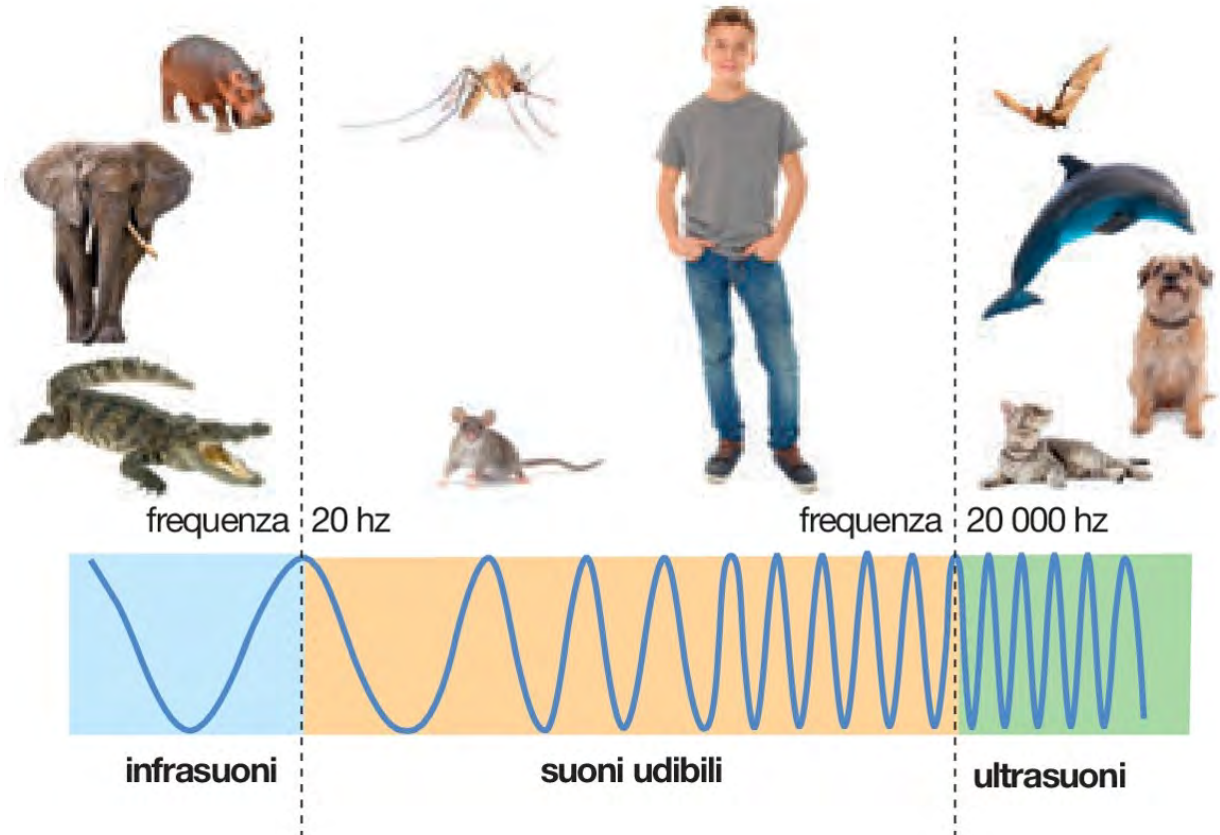
Ecografia



Ultrasuoni

Perché gli ultrasuoni?

<i>Frequency (Hz)</i>	<i>Wavelength</i>
100	15.4 m
1000	1.54 m
10,000	15.4 cm
100,000	1.54 cm
1,000,000 = 1 MHz	1.54 mm
10,000,000 = 10 MHz	0.154 mm



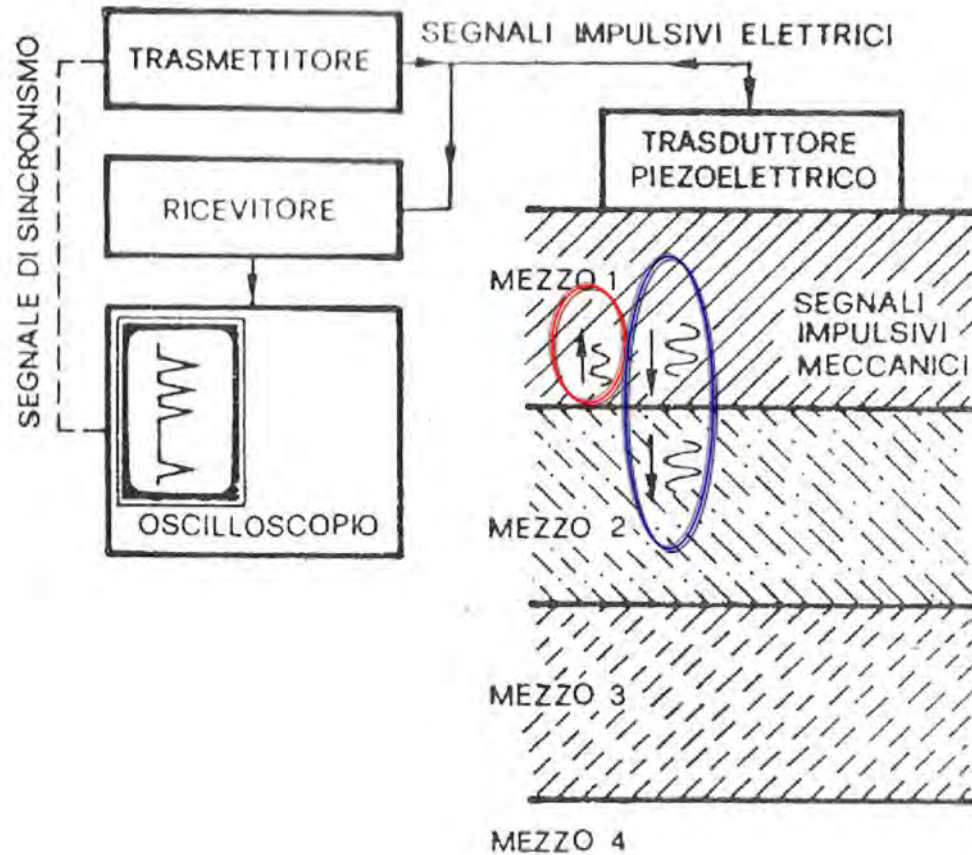
Ecografia



Sistema di indagine diagnostica medica che utilizza ultrasuoni (2 ÷ 20 MHz) e si basa sulla riflessione (eco) e trasmissione delle onde ultrasonore.

Ecografia

Principio di funzionamento



➤ Sorgente: trasduttore piezoelettrico

➤ Mezzo: corpo umano caratterizzato da diverse impedenze acustiche (descrive la resistenza di un mezzo al passaggio delle onde acustiche)

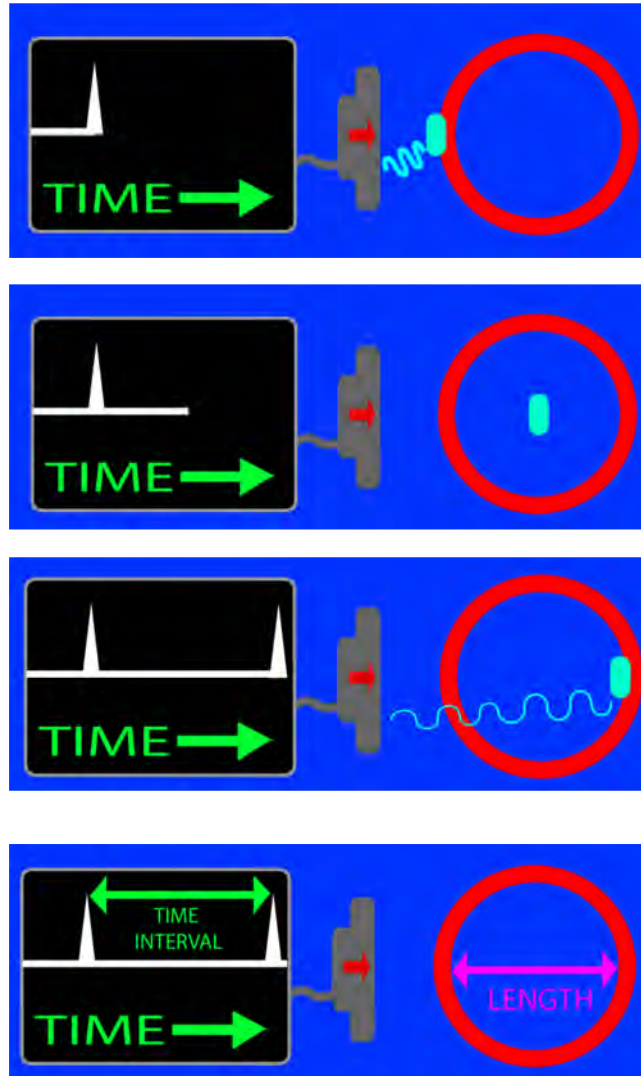
L'impedenza determina come saranno gli echi dell'impulso inviato dalla sonda

$$Z_{\text{aria}} = 0.00004 \times 10^6 \text{ Rayls}$$

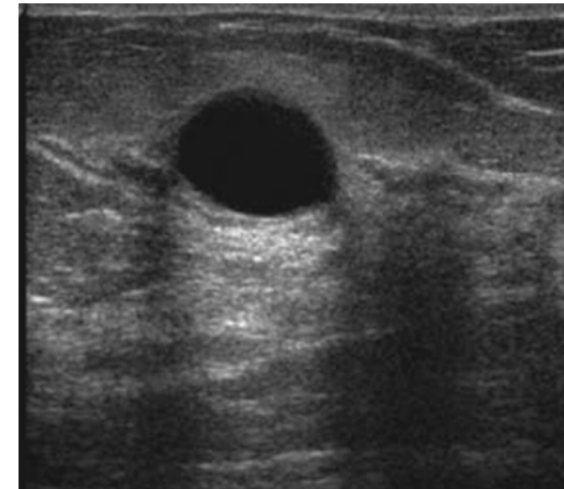
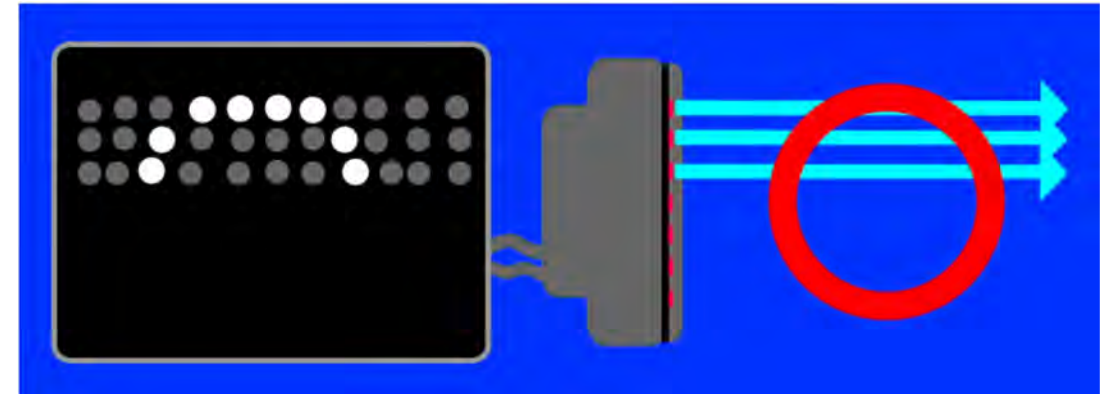
$$Z_{\text{grasso}} = 1,4 \times 10^6 \text{ Rayls}$$

Ecografia

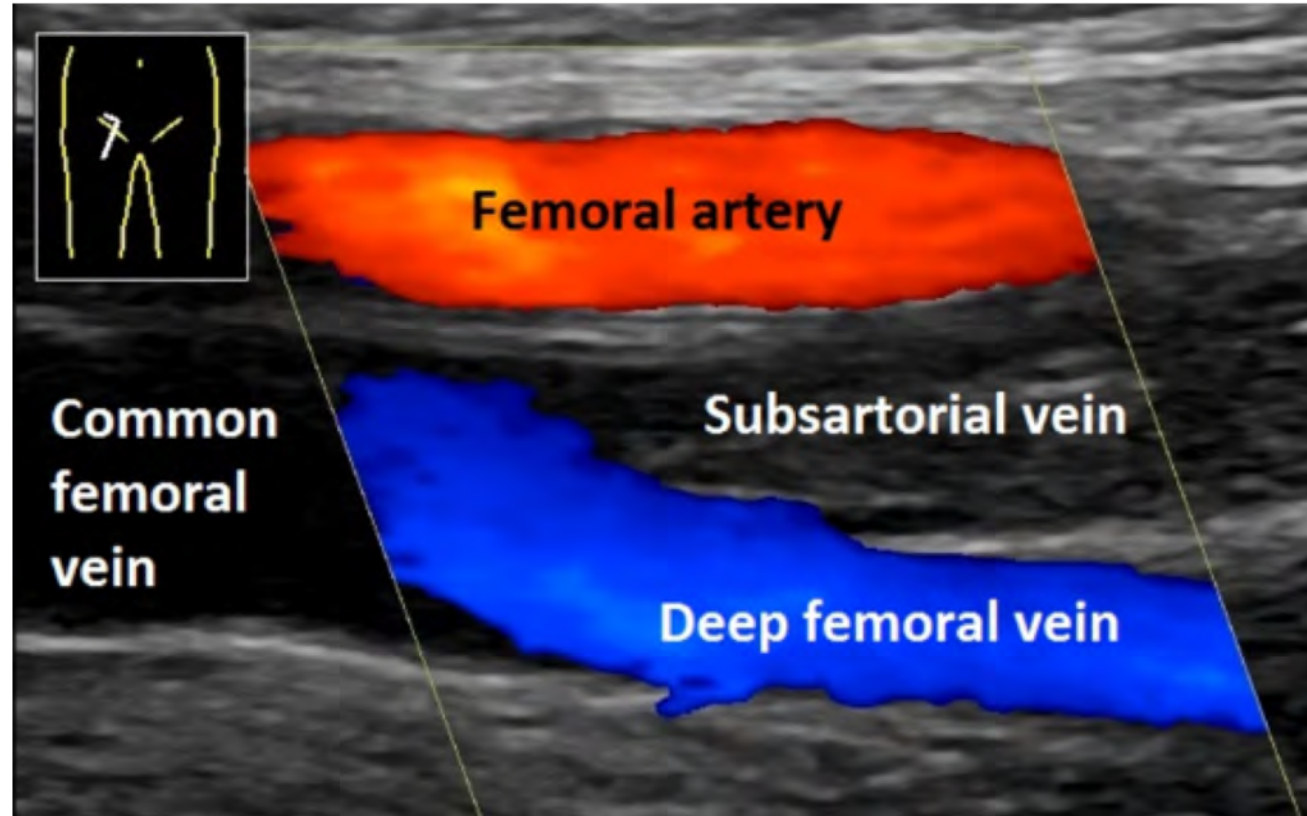
Misura di distanze



Misura di forme



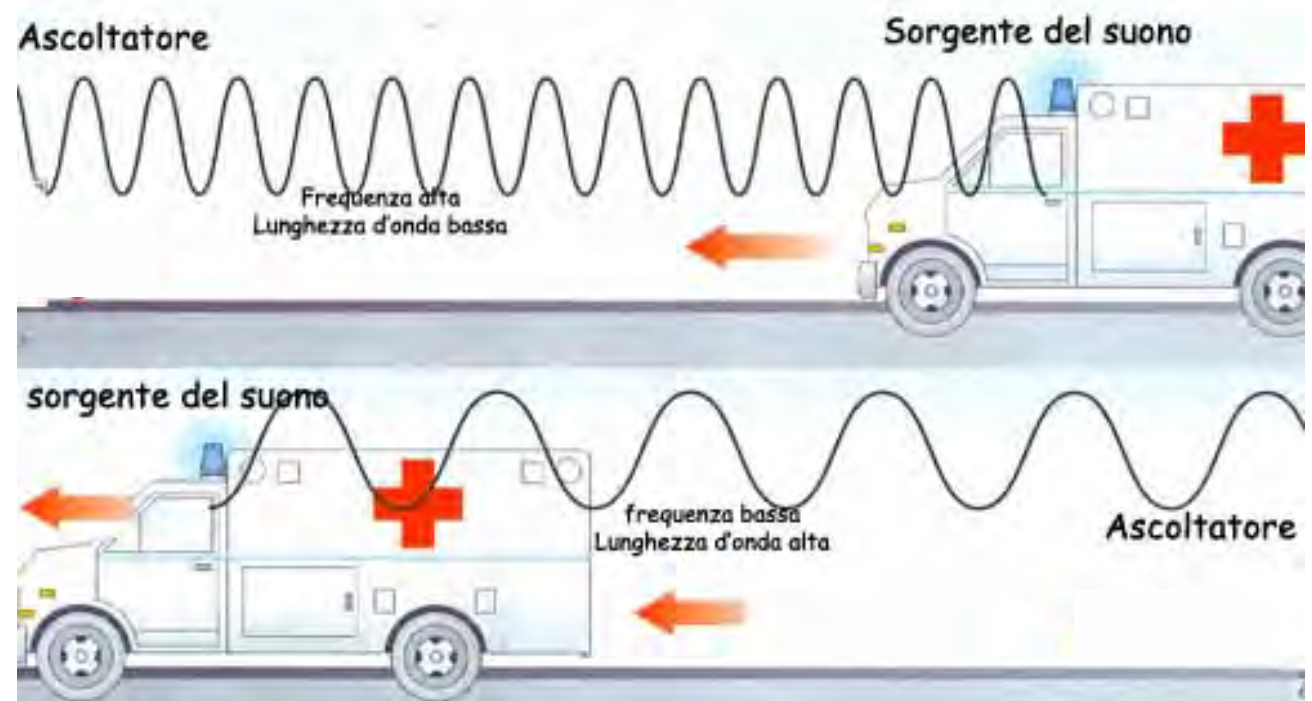
Ecodoppler



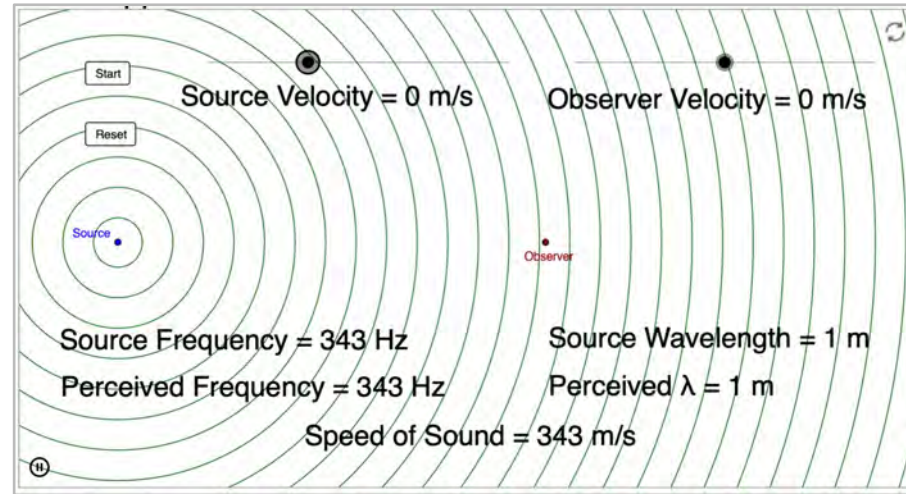
Effetto Doppler



Christian A. Doppler
(1803 – 1853)

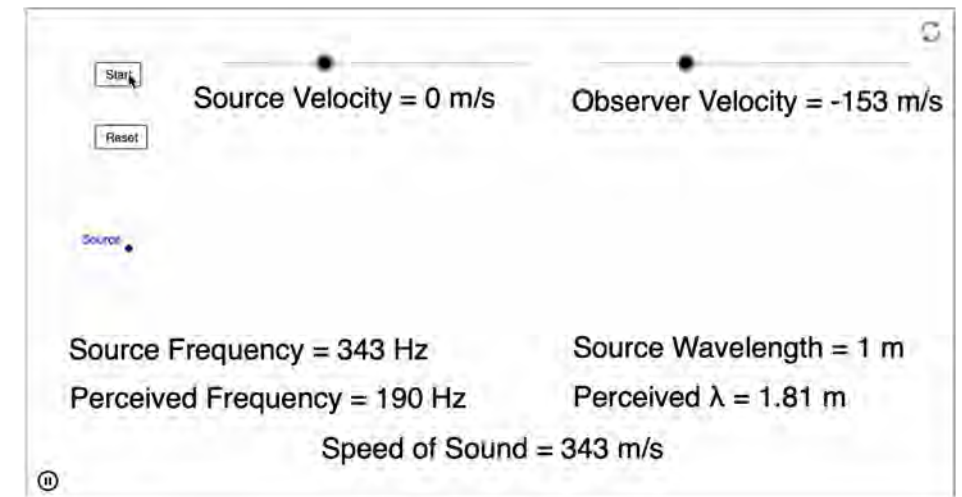
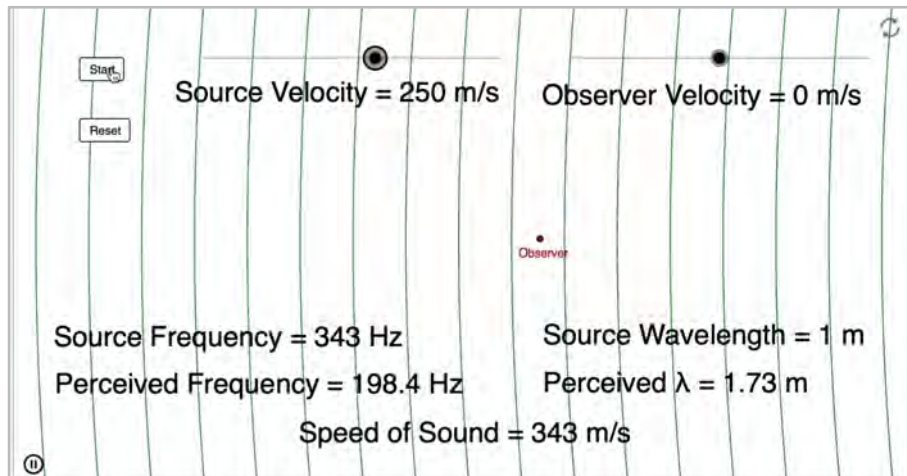


L'effetto Doppler

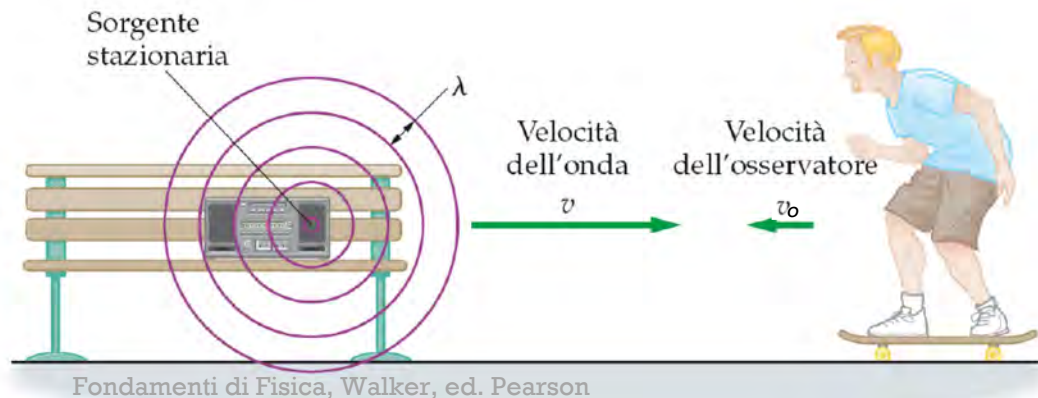


$$f = \frac{v}{\lambda}$$

<https://physics.com/w11.html>



Effetto Doppler



- Sorgente ferma
- Osservatore fermo

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

- Sorgente ferma
- Osservatore in moto verso la sorgente con velocità v_0

$$v' = v + v_0$$

velocità relativa del suono misurata dall'osservatore

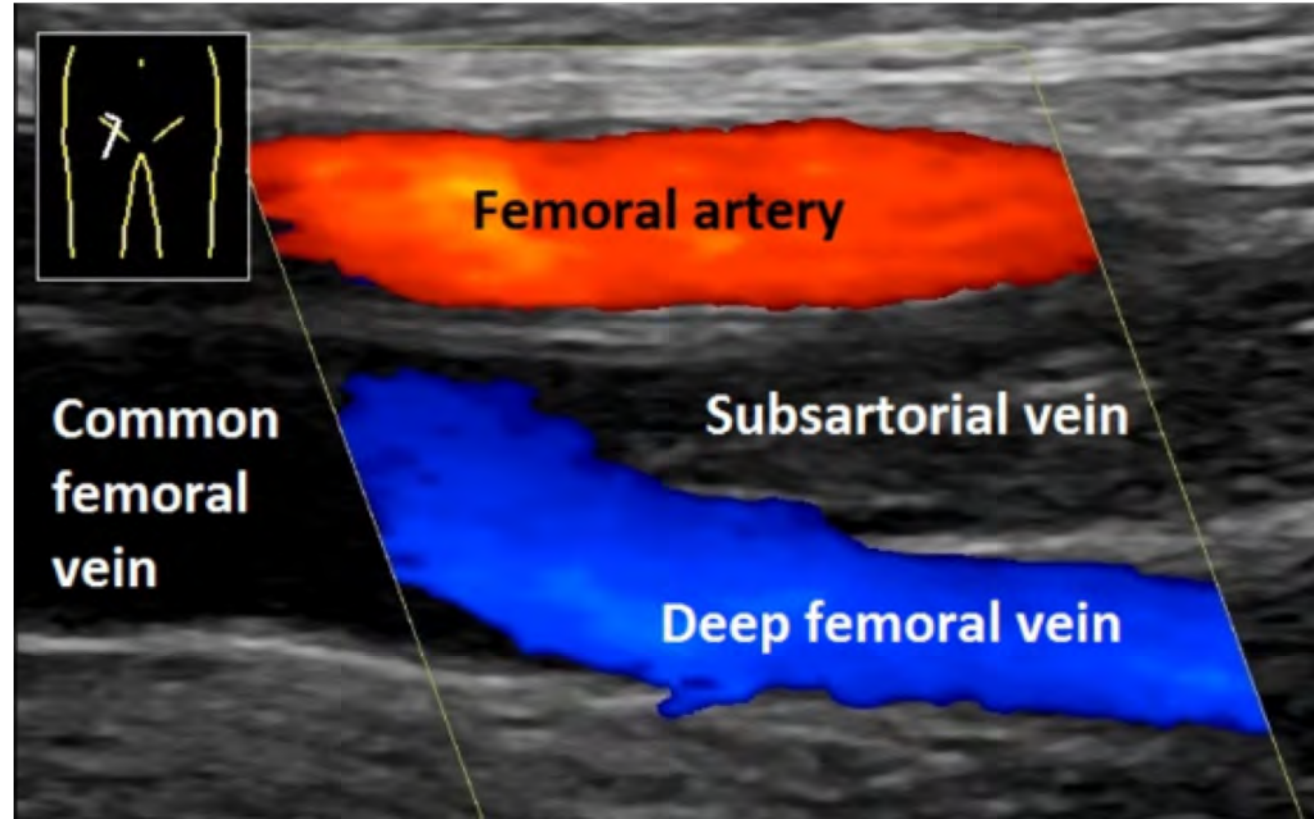
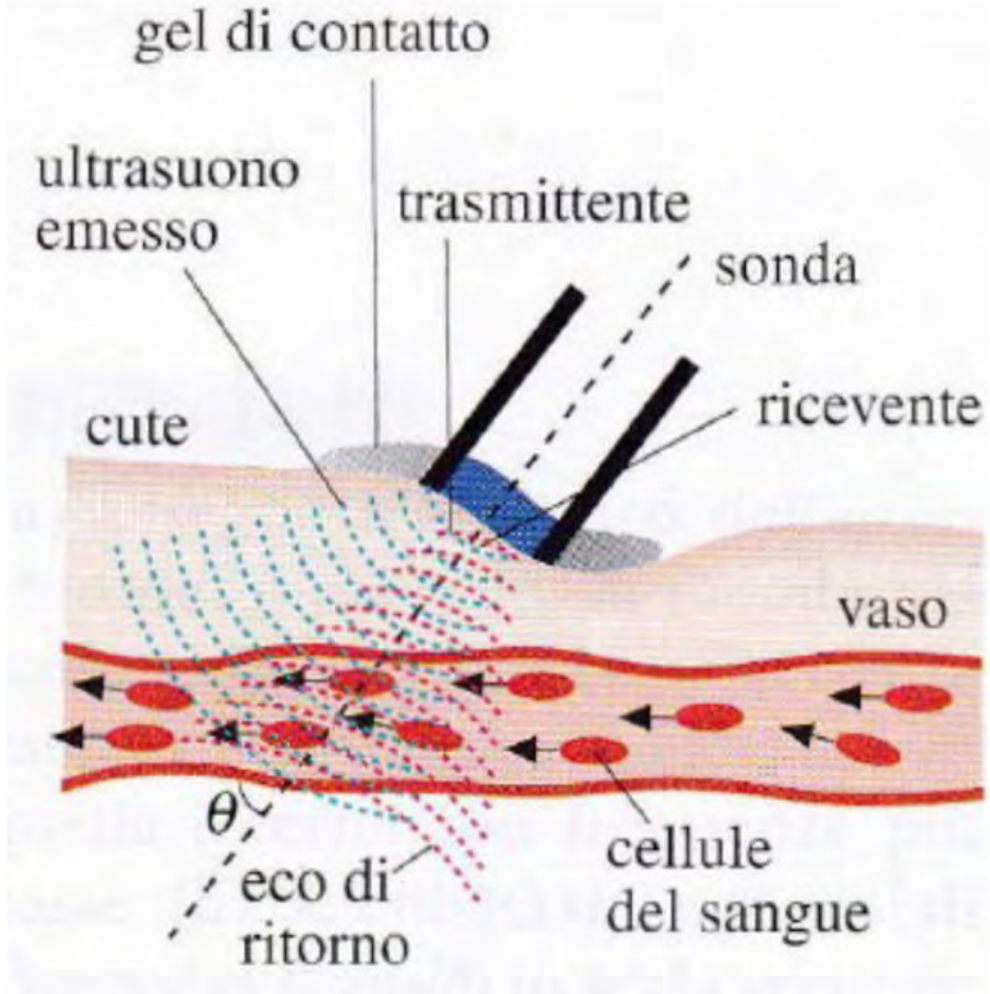
Frequenza udita dall'osservatore:

$$f' = \frac{v'}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} (v + v_0) = \frac{f}{v} (v + v_0)$$

$$f' = f \left(\frac{v + v_0}{v} \right)$$

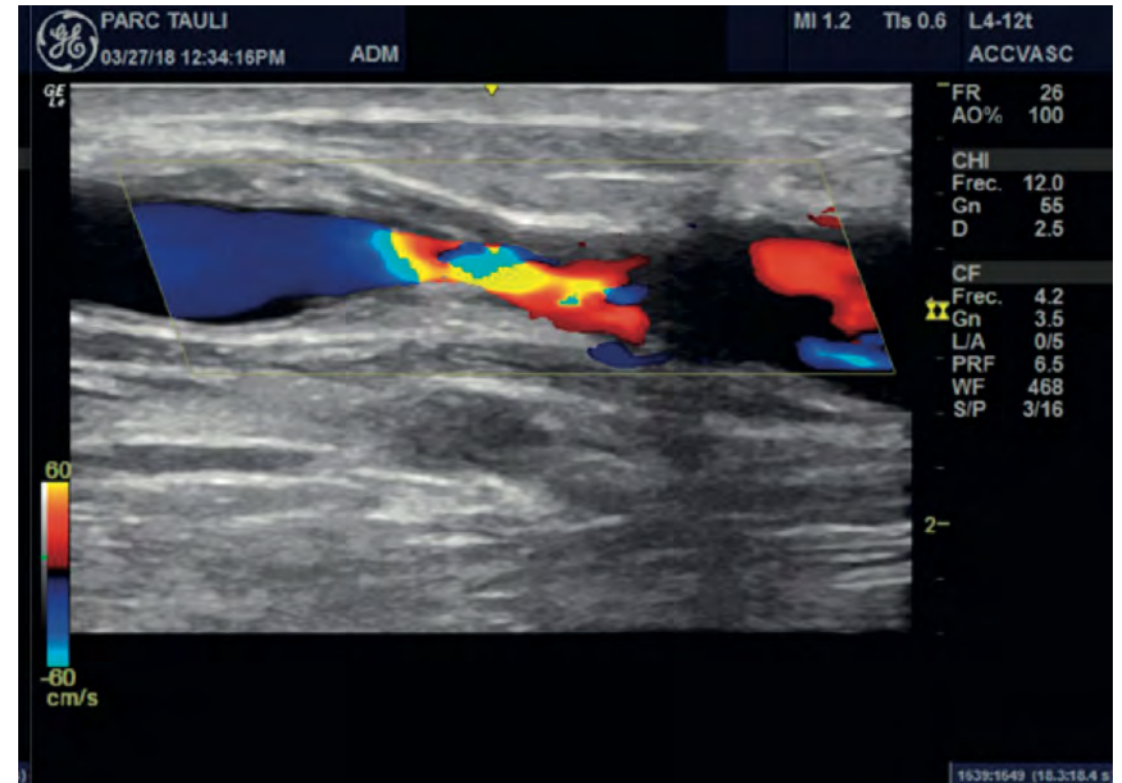
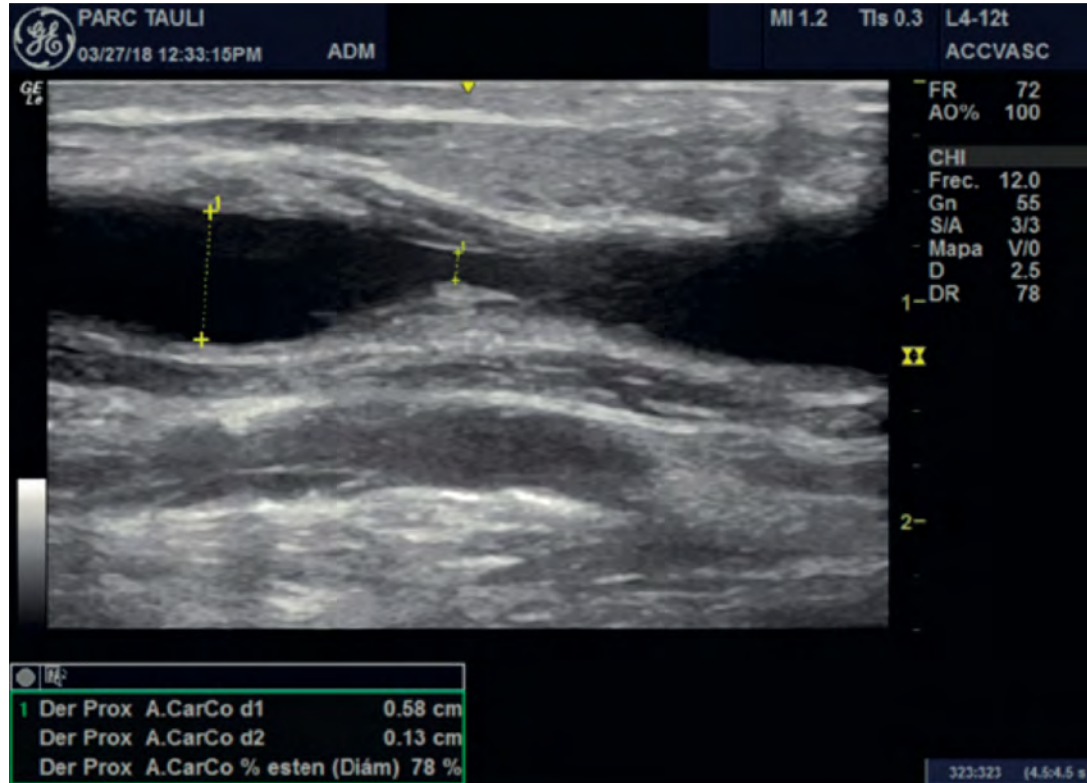
La frequenza percepita dall'osservatore è quindi uguale a quella della sorgente moltiplicata per il fattore in parentesi, più grande di 1.

Eco-Doppler



$$\Delta f = f_s \left(\frac{2v_g}{v + v_g} \right)$$

Eco-Doppler



L'acqua più cara del mondo



L'acqua più cara del mondo



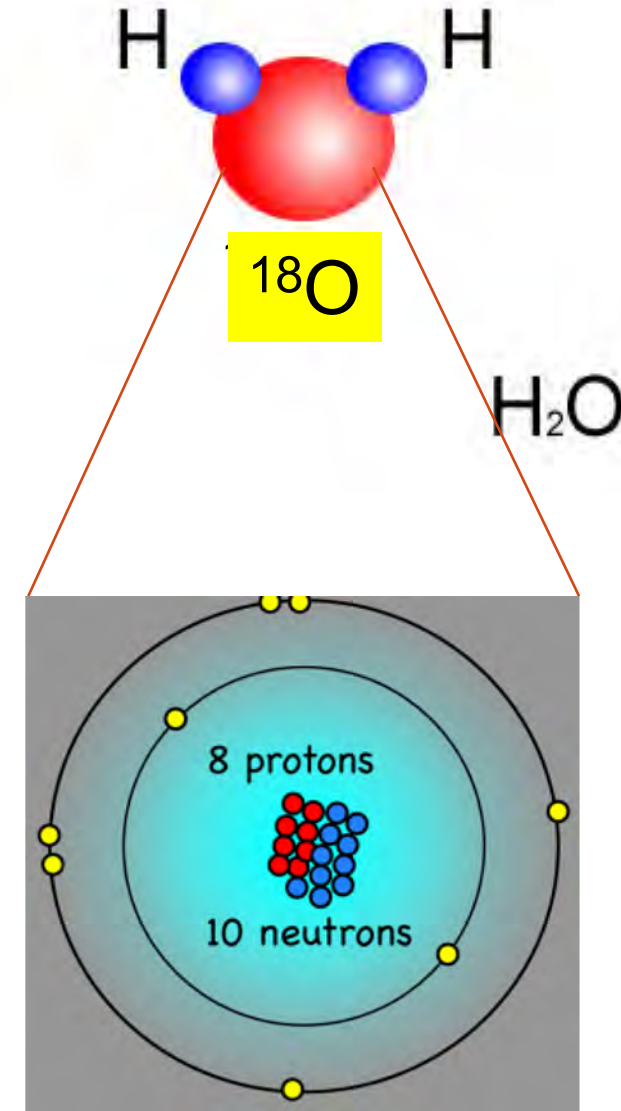
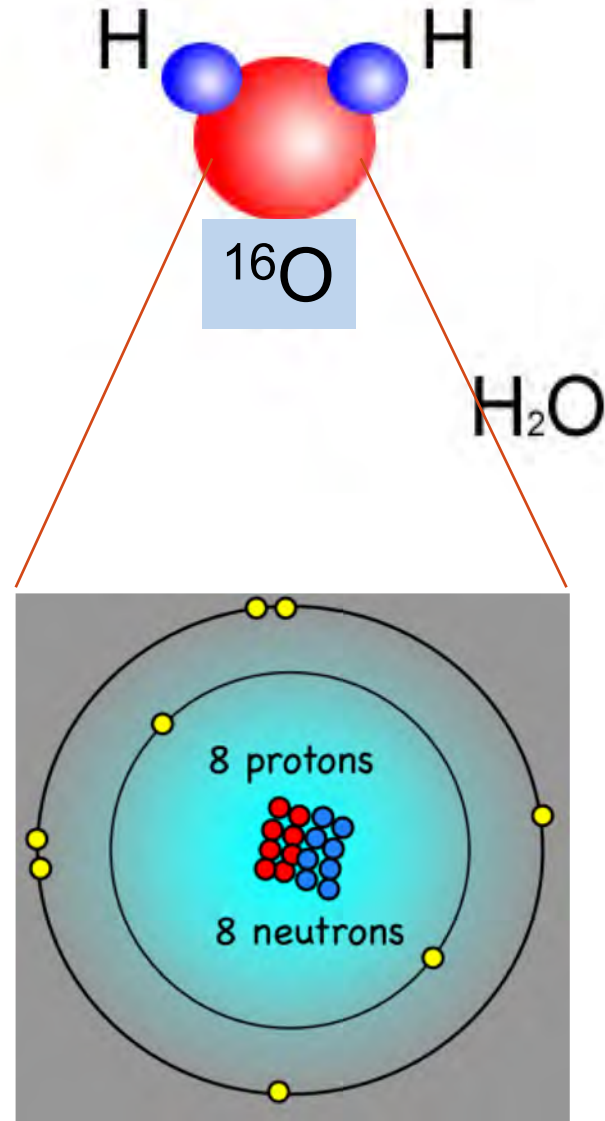
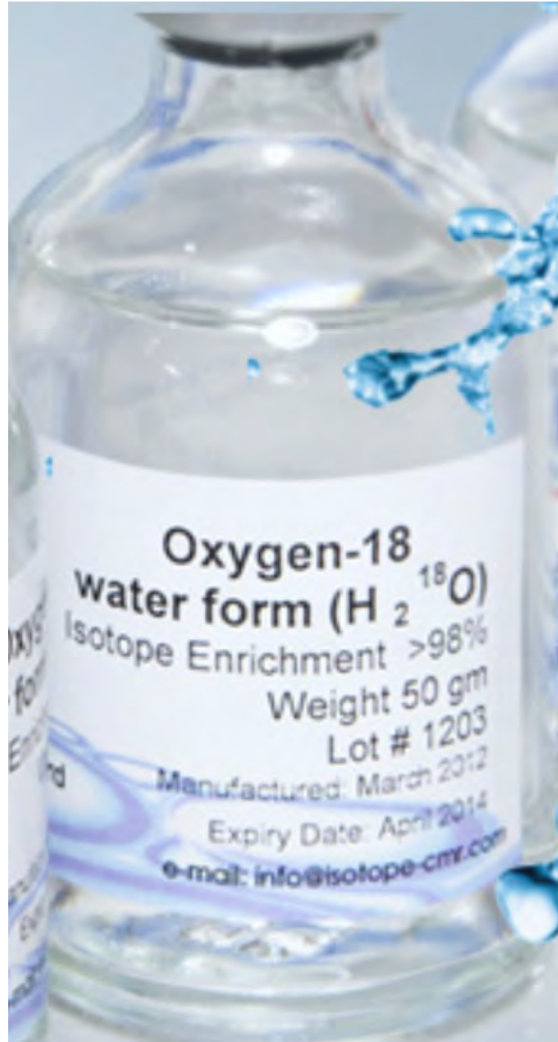
L'ANTIMATERIA

MOLECOLE RADIOATTIVE

DIAGNOSI DI UN TUMORE

H_2O
50 mL – 2500 €

Un'acqua speciale



La fisica moderna



MAX PLANK
Premio Nobel 1918



ALBERT EINSTEIN
Premio Nobel 1921

**PARTICELLE ELEMENTARI
(QUANTI)**



$$E = MC^2$$



La fisica moderna



PAUL DIRAC
Premio Nobel 1933

$$(i\gamma \cdot \partial - m)\psi = 0$$

Elettroni
Carica negativa

Positroni
Carica positiva

Antimateria!

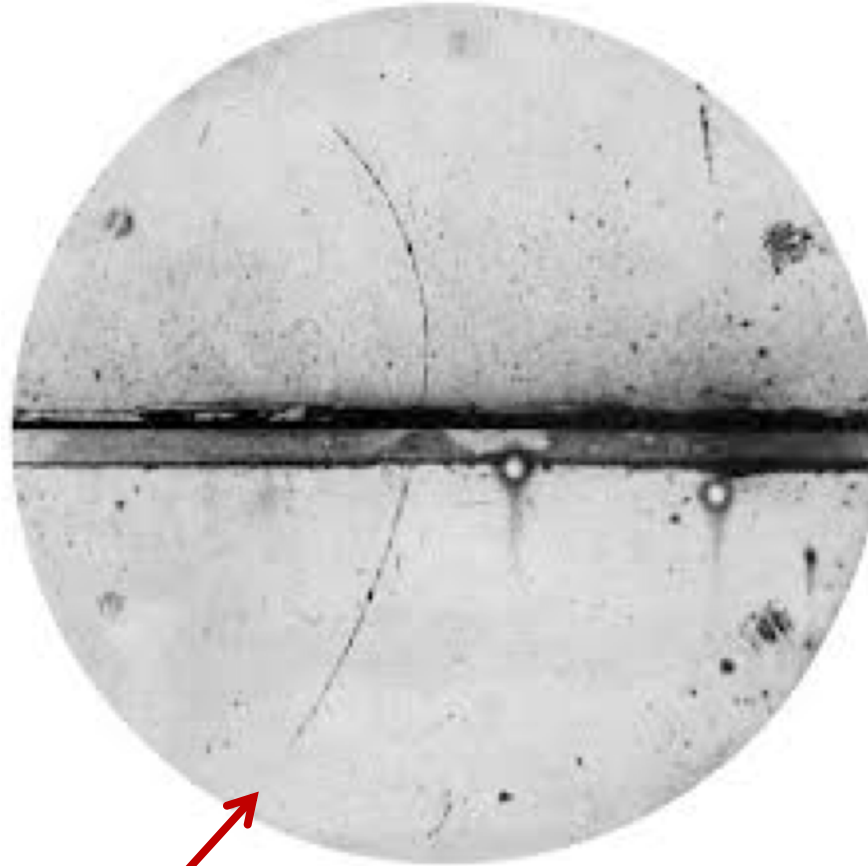
Come riveliamo un elettrone?



E il positrone?



CARL ANDERSON
Premio Nobel 1936

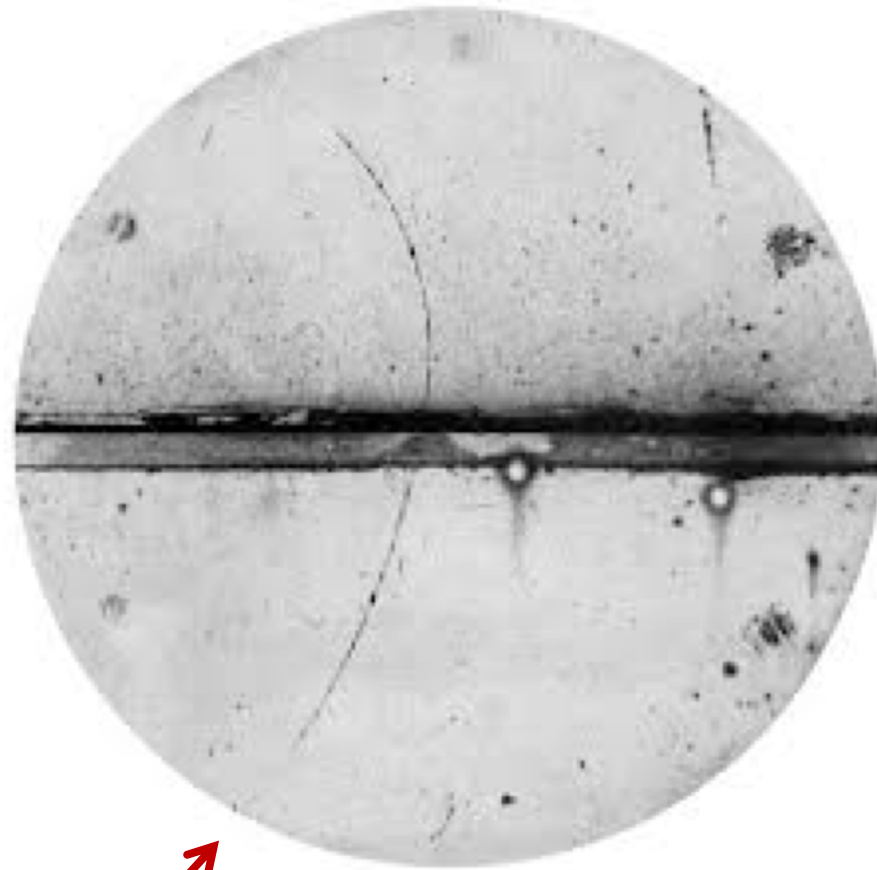


Il positrone!

«[...] spesso si trova nella letteratura che la scoperta del positrone fu una conseguenza della previsione teorica di Paul A.M. Dirac, ma ciò non è vero. La scoperta del positrone fu assolutamente accidentale...

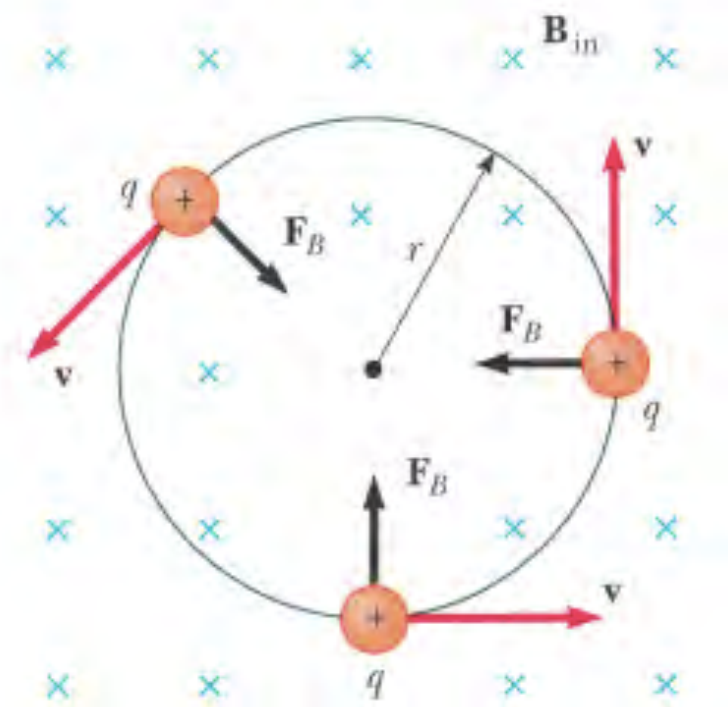
Carl D. Anderson (1932)

Positrone

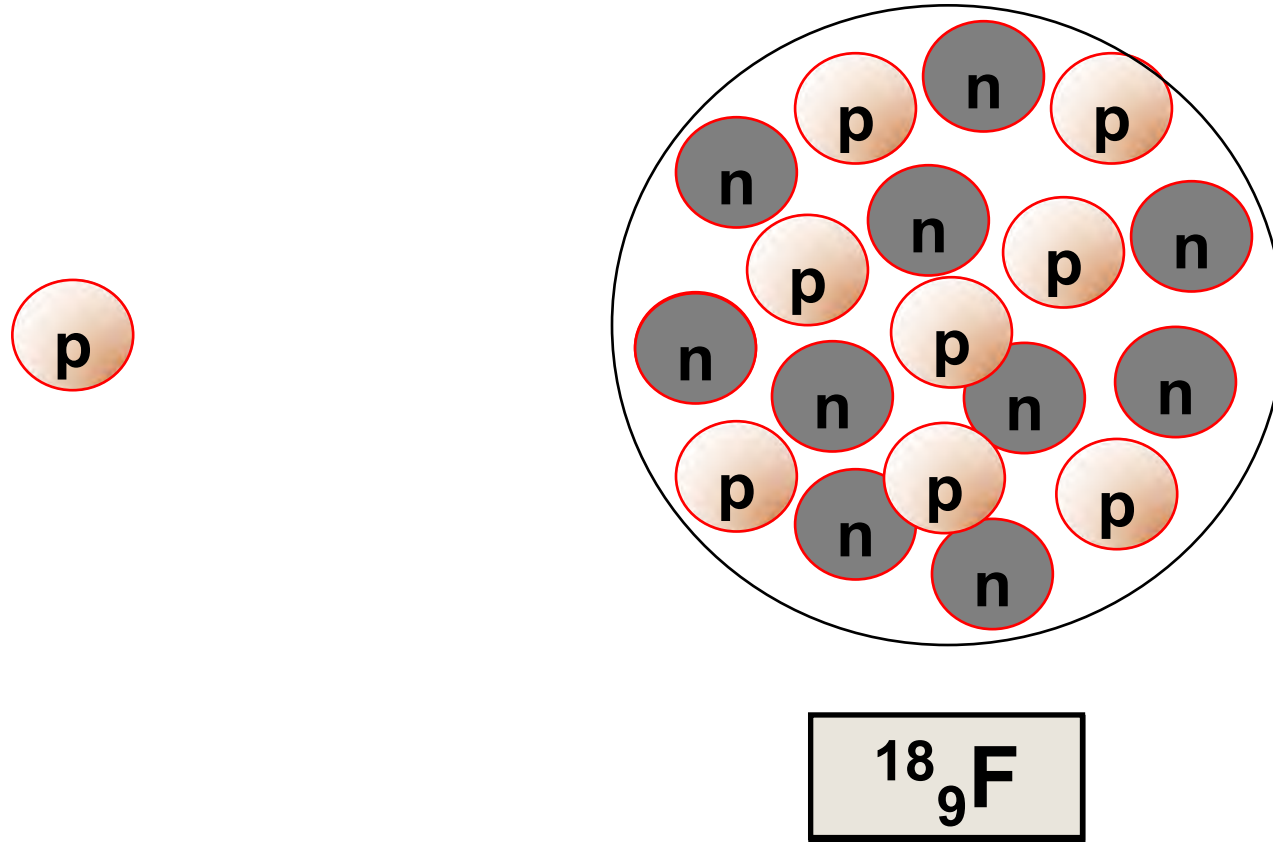


Forza magnetica

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$$

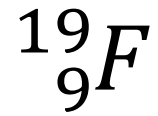


Come produciamo l'antimateria

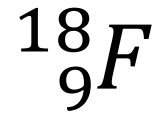


^{18}F non è stabile (Emivita: 110 minuti)

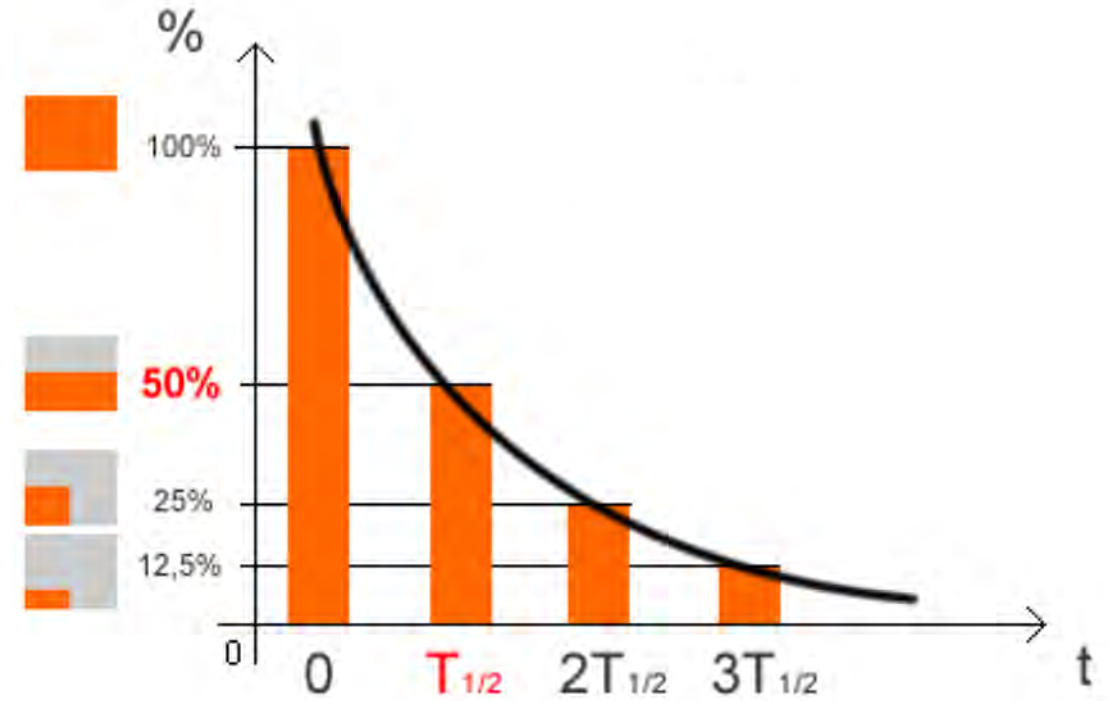
Decadimento radioattivo



Fluoro stabile

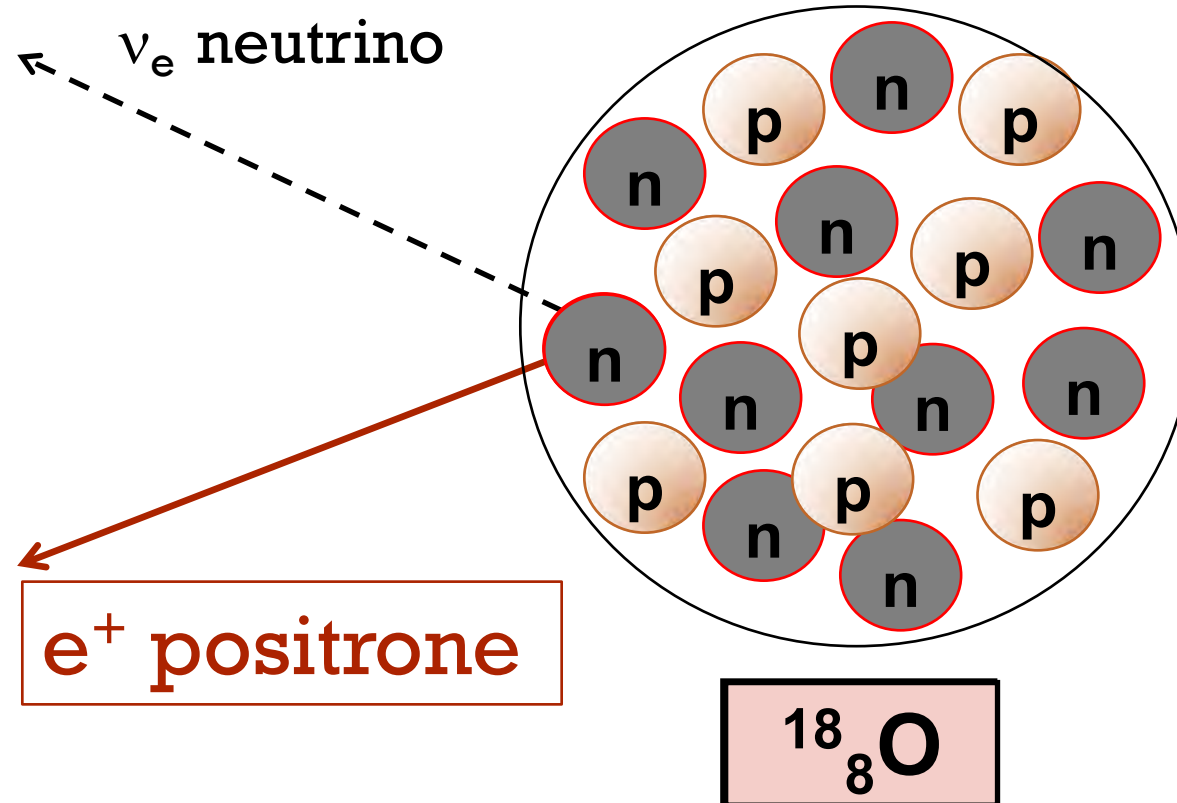


Isotopo instabile del fluoro

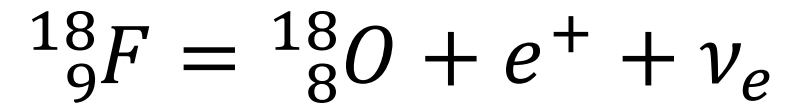


$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

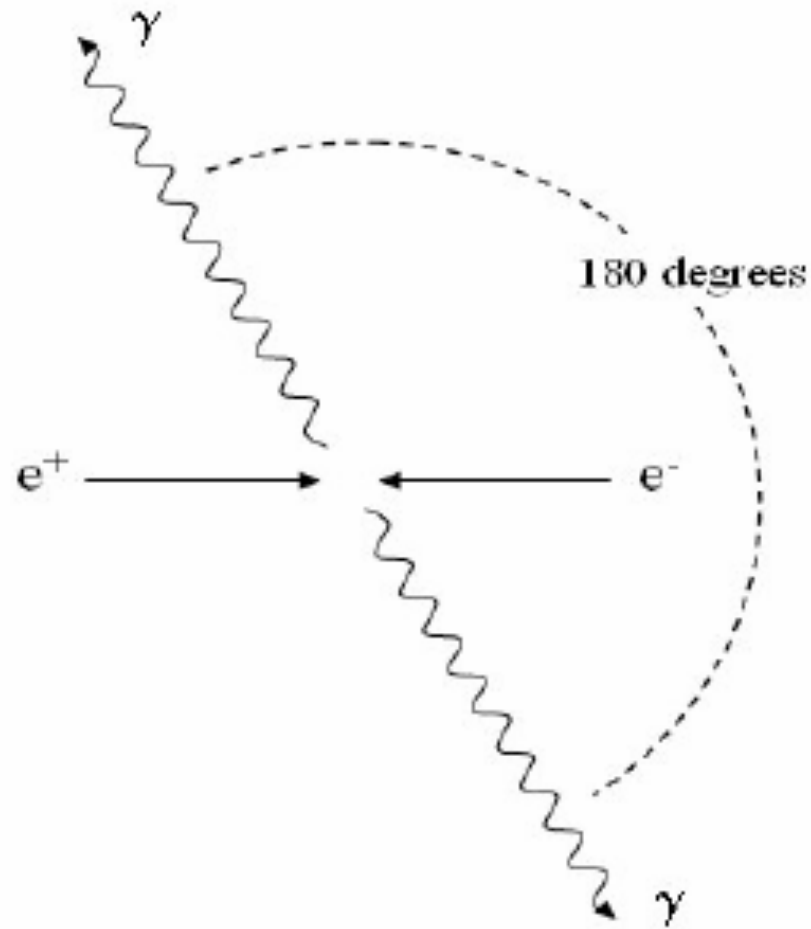
Decadimento radioattivo



$$p = n + e^+ + \nu_e$$



MASSA → ENERGIA ($MC^2=E$)

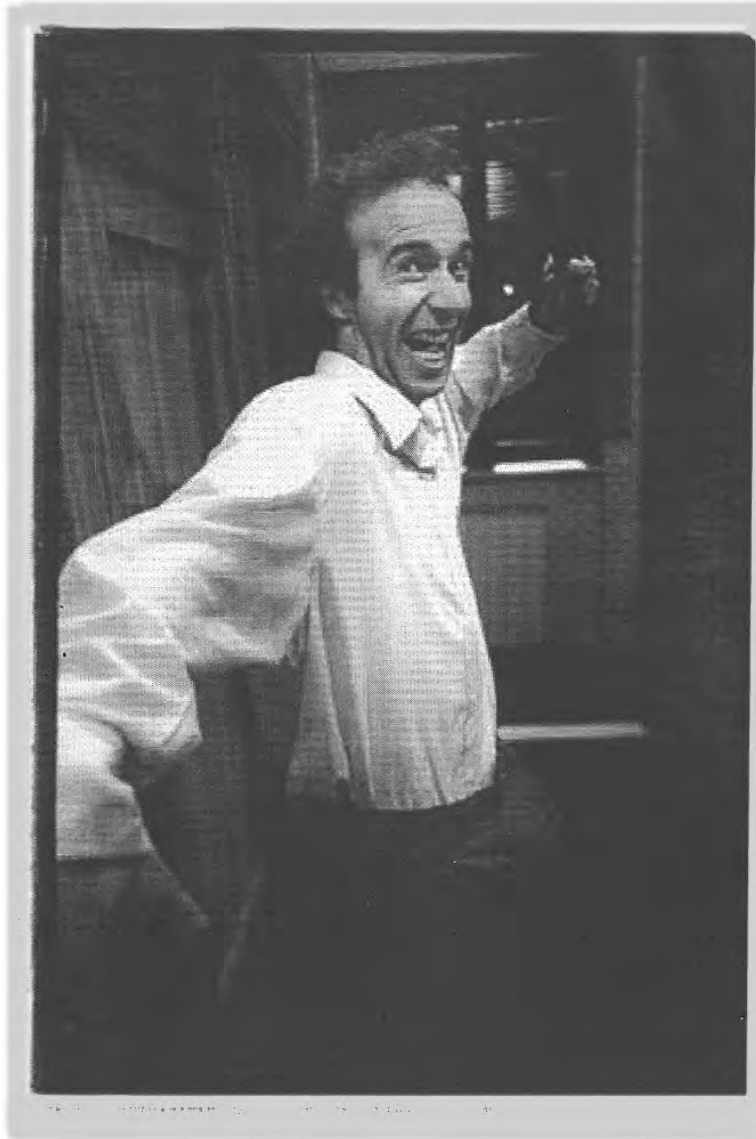


Annichilazione elettrone-positrone

$$e^+ e^- \rightarrow \gamma \gamma$$

$$E_{\gamma 1} = E_{\gamma 2} = 511 \text{ keV} = m_e c^2$$

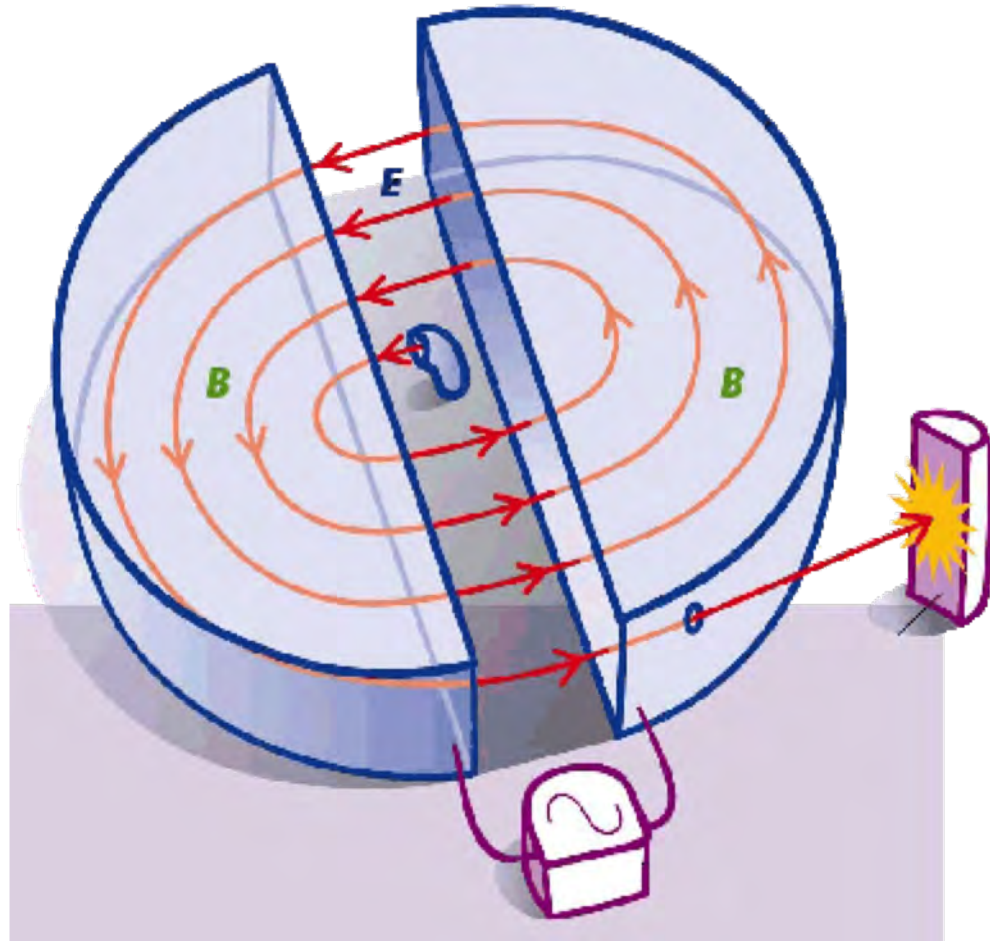
Elettrone + positrone = 2 γ



**Può essere
usato in
medicina !!!**



Il ciclotrone: un acceleratore di cariche elettriche



Il legge di Newton

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Forza elettrica $\vec{F} = q\vec{E}$

Forza magnetica $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$



$$r = \frac{mv}{qb}$$

Il ciclotrone: un acceleratore di cariche elettriche



Ernest Lawrence
1939 Nobel Prize



1930: il primo ciclotrone

Il ciclotrone



Il ciclotrone di Berna



Il ciclotrone di Berna

Il ciclotrone di Berna utilizza l'acqua più cara del mondo



Sergio Pistoï
biologo molecolare,
scrittore e giornalista
scientifico

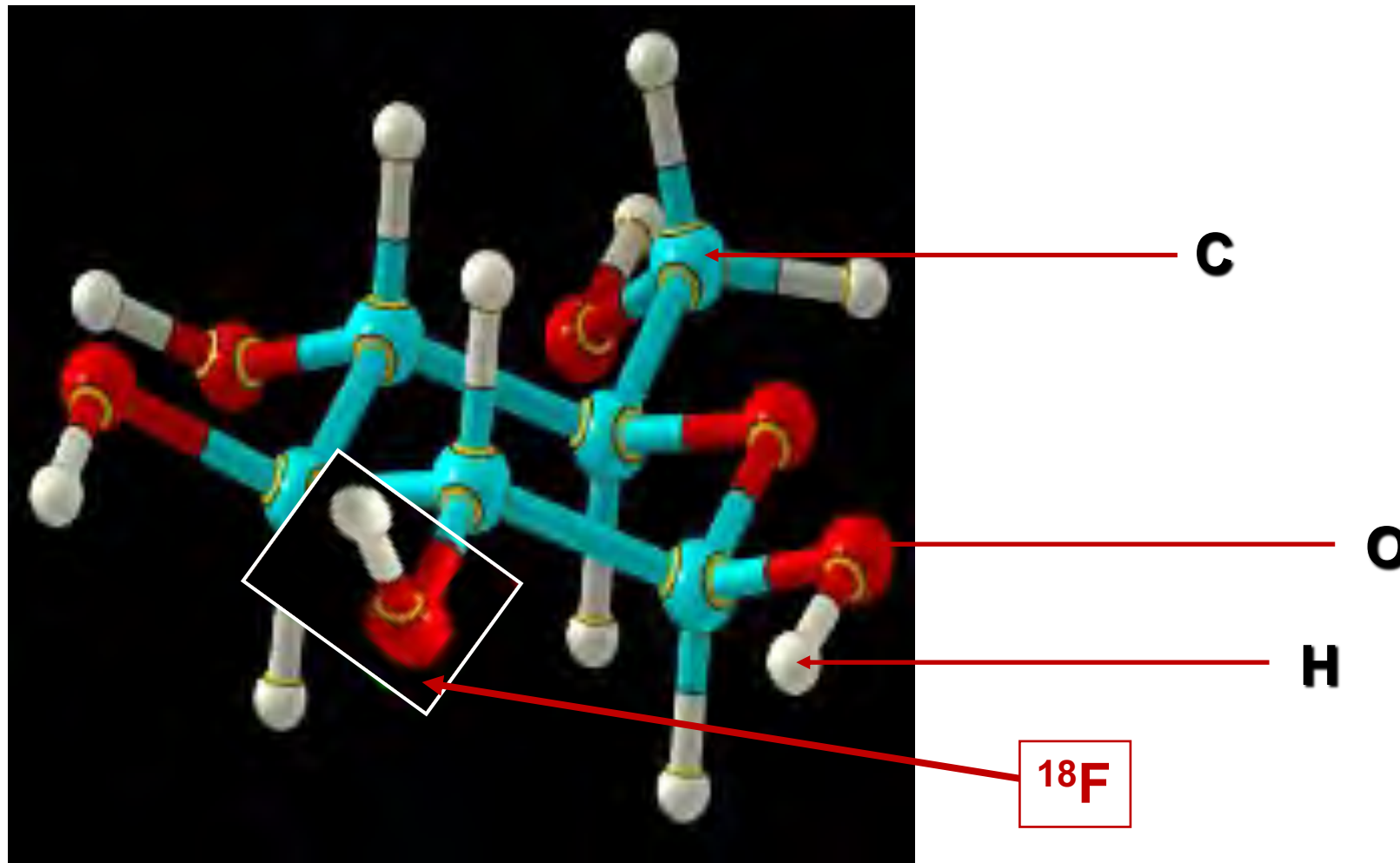


https://www.youtube.com/watch?v=6ThV9hMB_GE

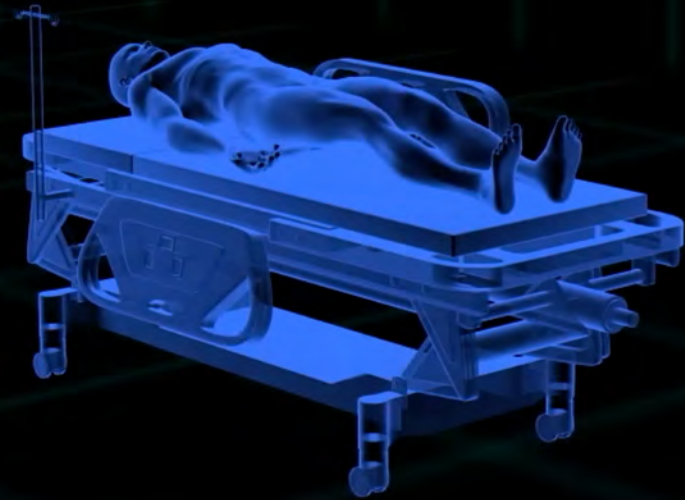
Come portiamo l'antimateria nel corpo umano?



FDG: uno zucchero speciale



D-glucose : $\text{CH}_2\text{OH} (\text{CHOH})_4 \text{CHO}$



Tomografia a emissione di positroni

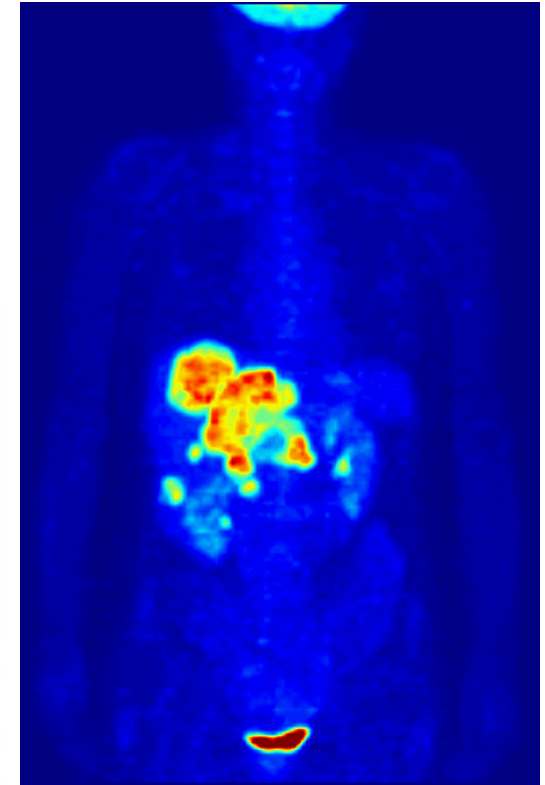
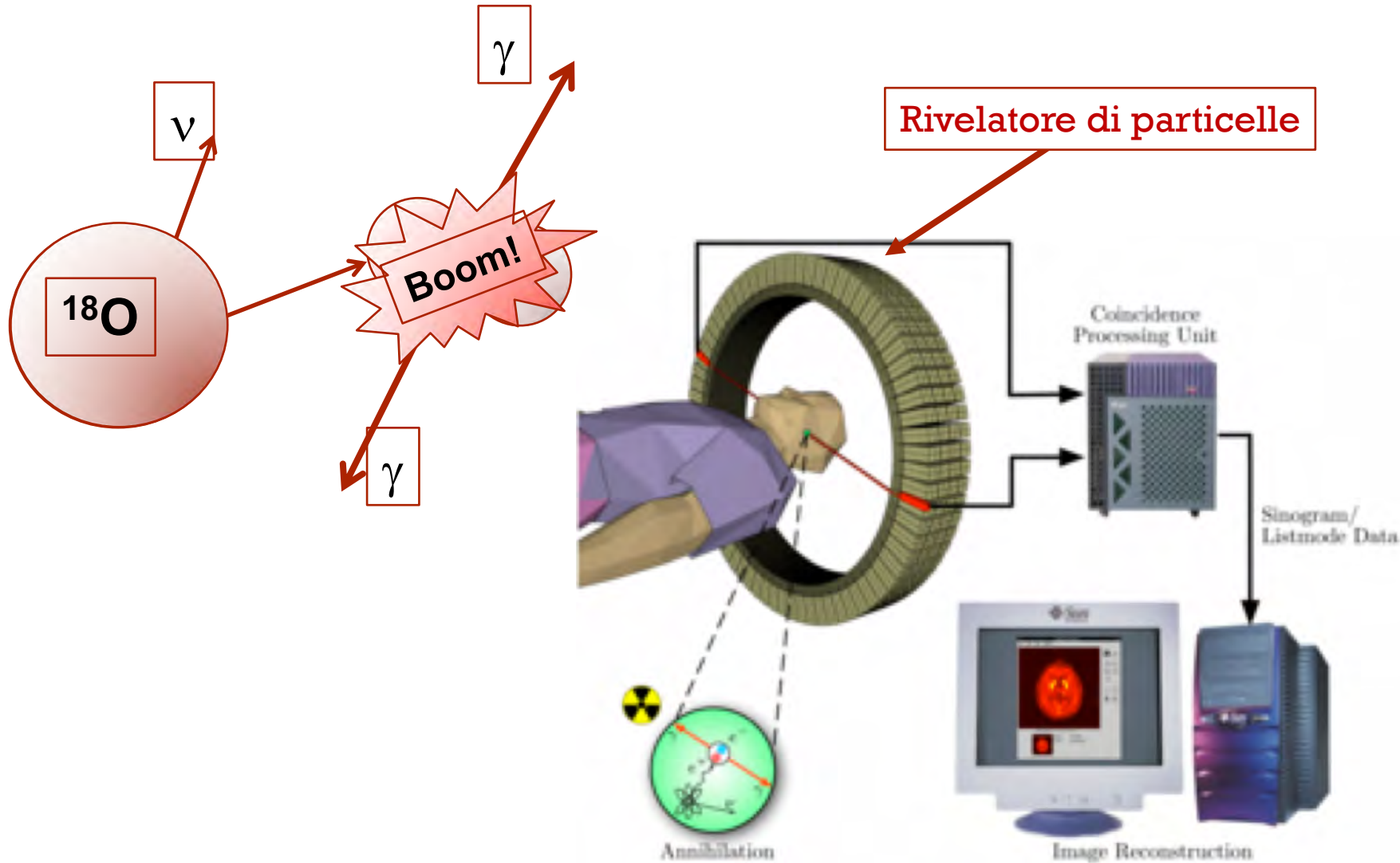
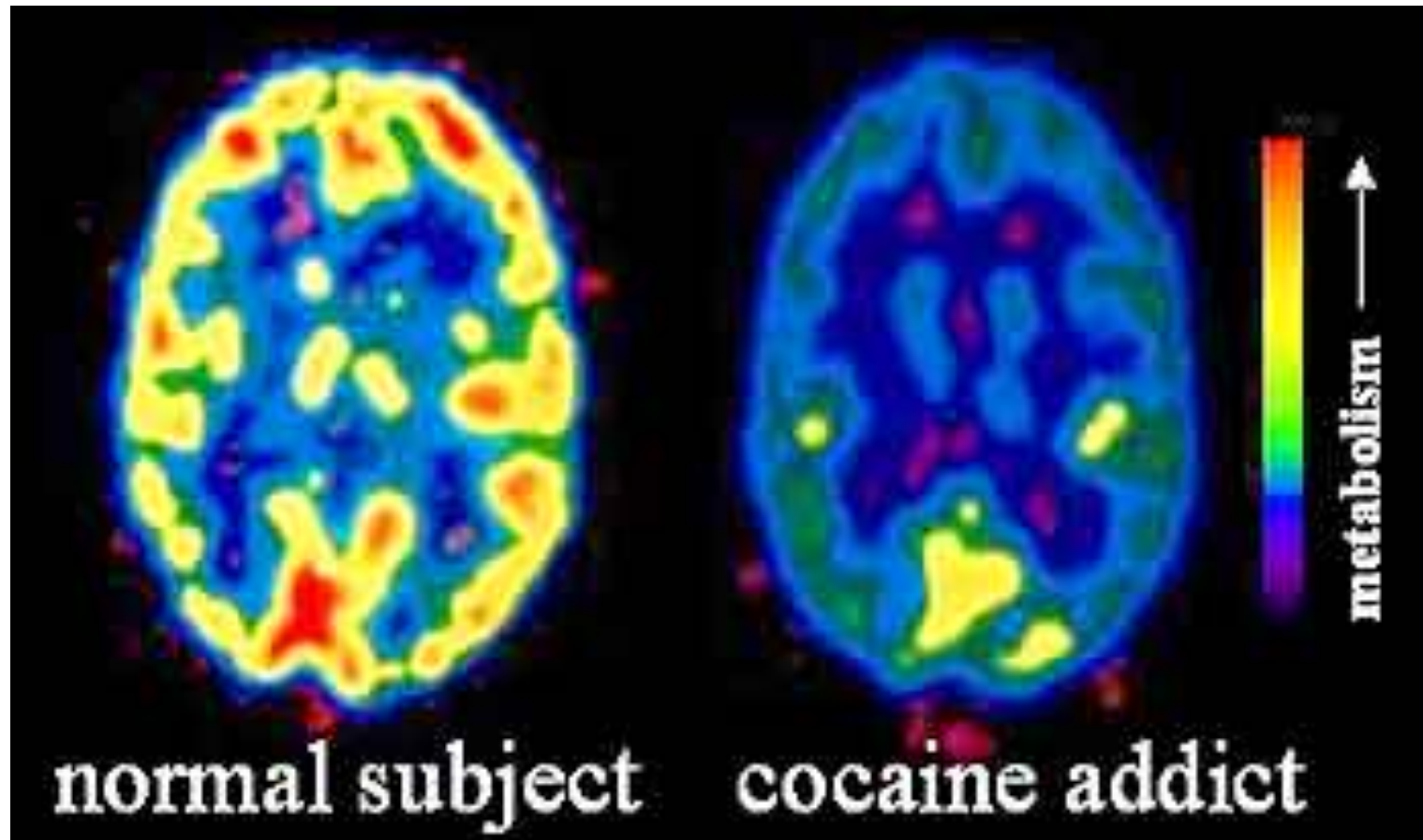


Immagine PET di un paziente con tumore al fegato dopo iniezione di [^{18}F]-FDG

http://en.wikipedia.org/wiki/Positron_emission_tomography

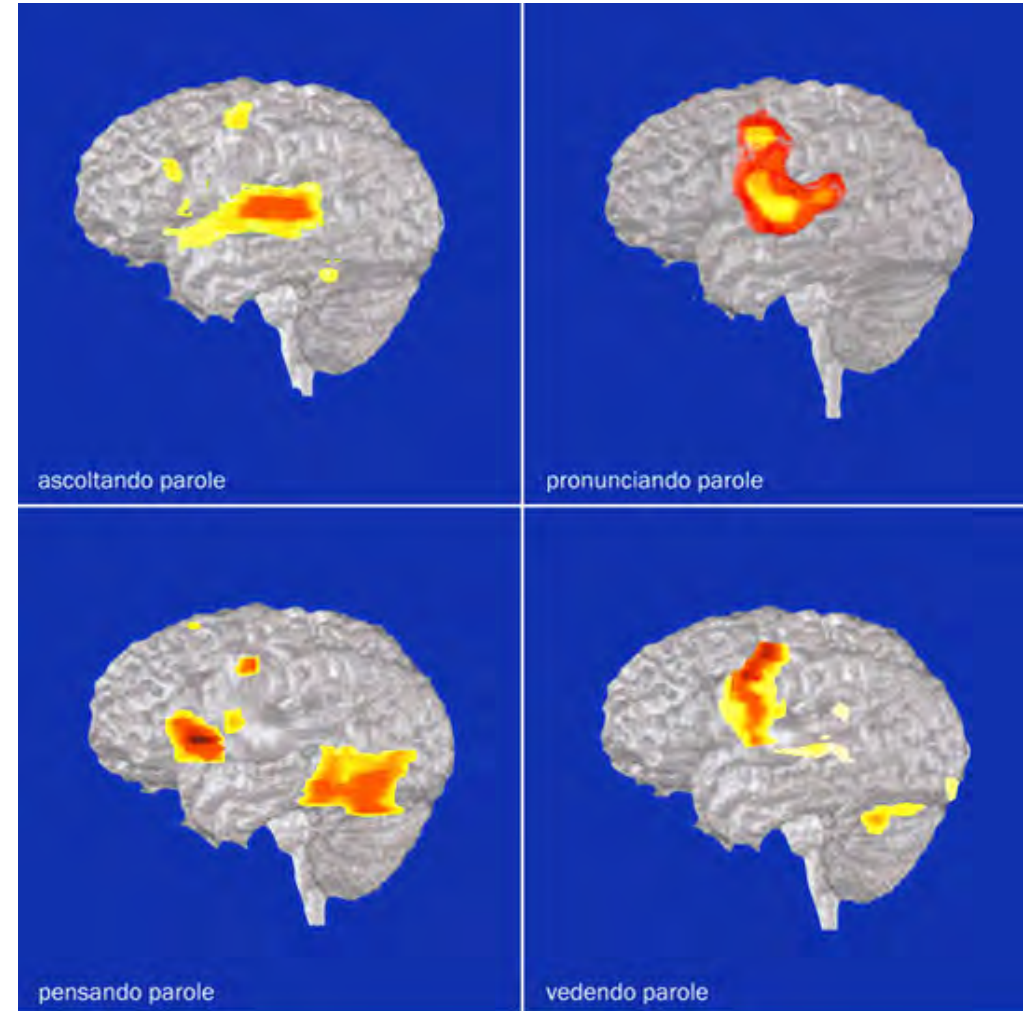
Immagine PET



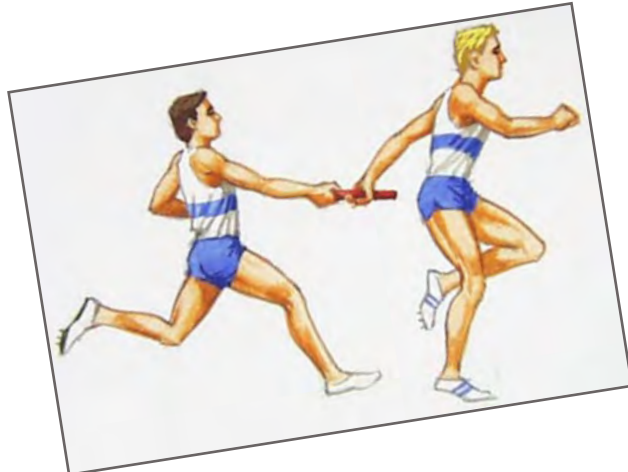
- Immagini ^{18}F FDG/PET
- Nel dipendenza da cocaina il metabolismo è diminuito

Immagini PET

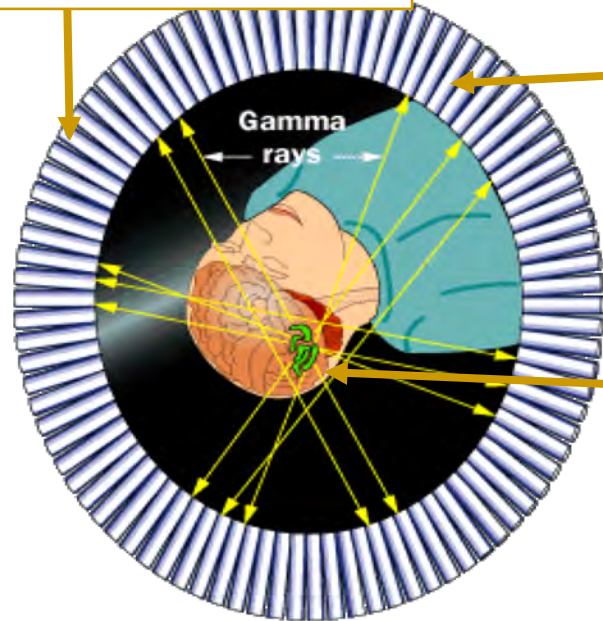
- Attività iniettata: 300 MBq - 500 MBq (adulto ~70 kg)
- Dose corrispondente: 6 mSv – 10 mSv
- Non solo il paziente è coinvolto...



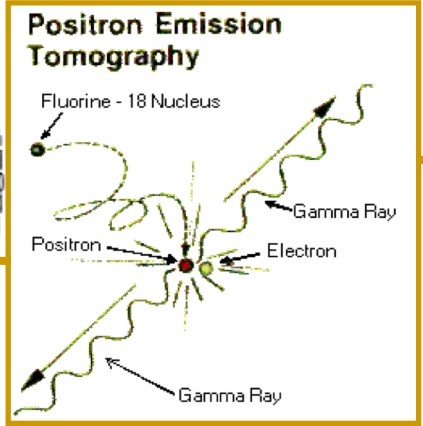
PET un'impresa interdisciplinare



Rivelatore di particelle



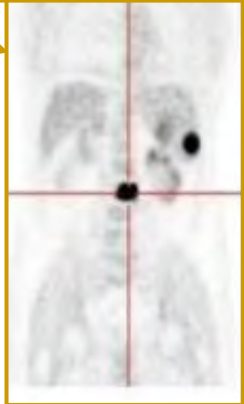
3. Fisica (PET Scanner)



2. Radiochimica Radiofarmacia

1. Fisica (ciclotrone)

4. Fisica Medica (Immagini)

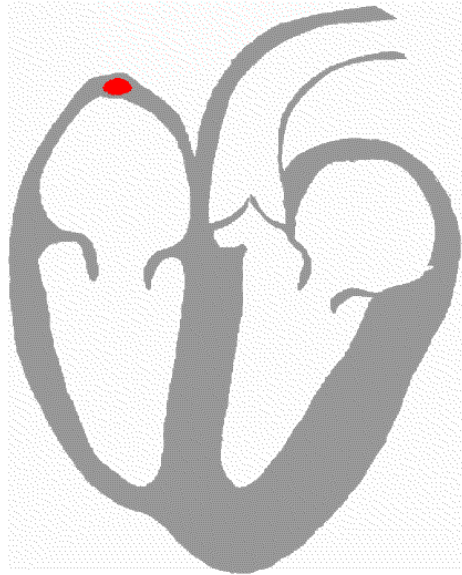


5. Medicina

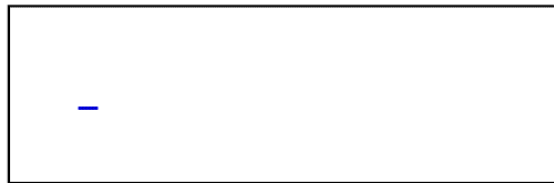


Lesioni

Cardio-SPECT



ΔV

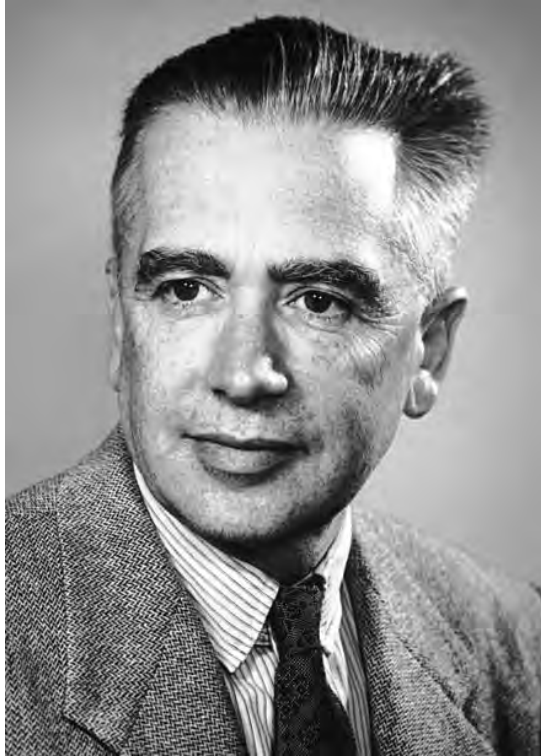


Time



SPECT

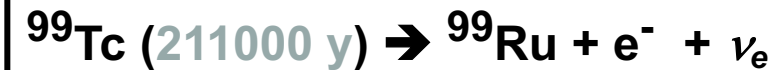
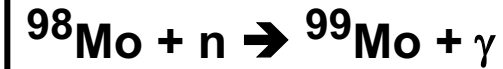
- 1938: Scoperta del ^{99m}Tc da parte di Emilio Segrè e Glenn T. Seaborg



Emilio Segrè
1905 - 1989



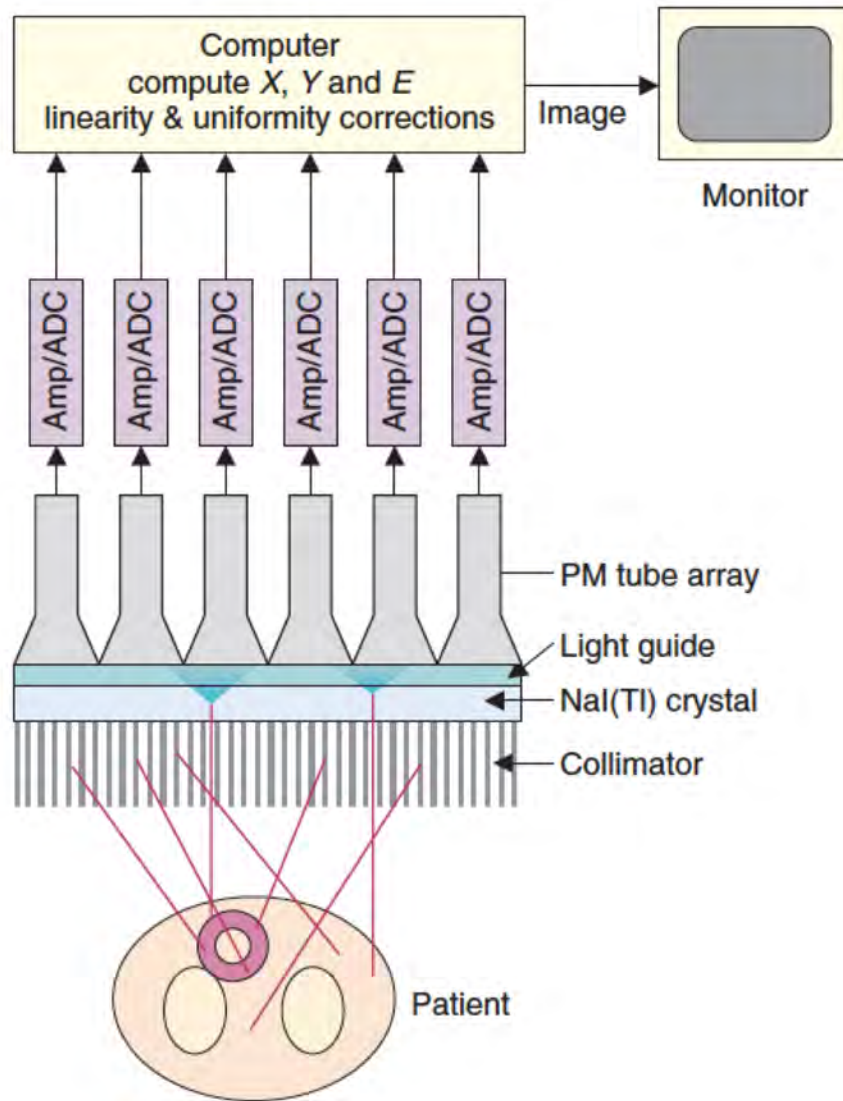
Glenn T. Seaborg
1912 - 1999



SPECT

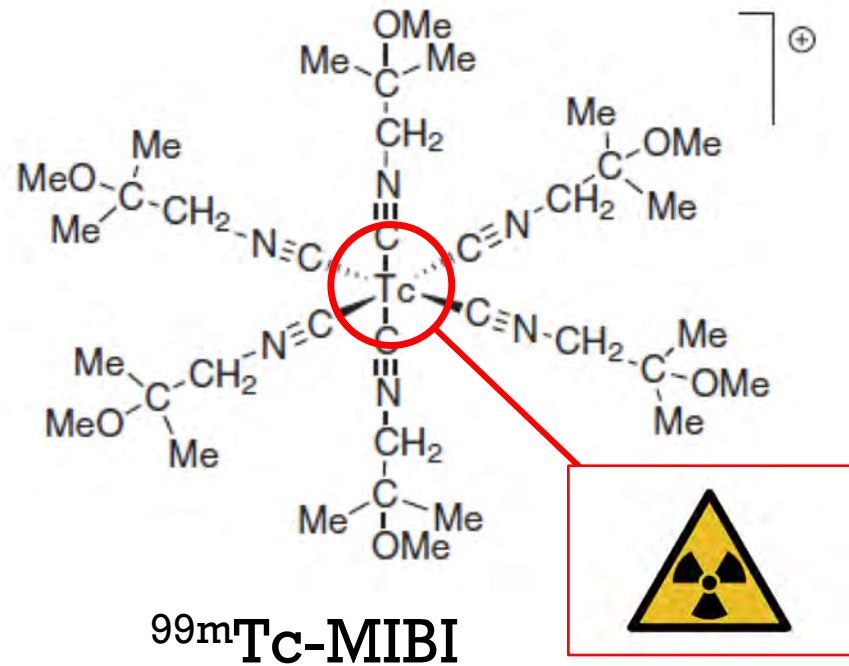
- **Chimica favorevole**
 - Può essere "agganciato" a diversi composti con importanti funzioni
- **Può essere ottenuto da un nucleo di un elemento con una lunga vita media**
 - Un generatore Mo-Tc può essere costruito
- **Vita media opportuna: 6 h**
- **Gamma : 141 keV**
 - Escono dal corpo umano
 - Facilmente rivelabili con rivelatori di particelle
- **^{99m}Tc permette l'80% di tutti gli esami di medicina nucleare**
 - Scintigrafia
 - Single Photon Emission Tomography (SPECT)

SPECT

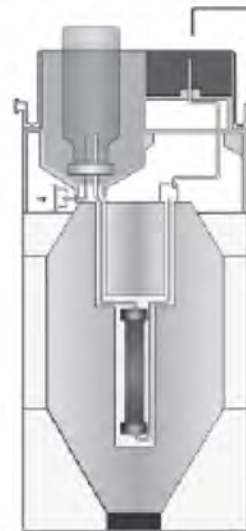


- **Imaging funzionale**
 - Una molecola marcata con ^{99m}Tc viene iniettata nel paziente
 - La molecola segue il suo particolare metabolismo (up-take)
 - La gamma camera rivela le zone di accumulo della molecola

Cardio-SPECT



$^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ generator



'Instant kit' reconstitution

$^{99m}\text{TcO}_4^-$

^{99m}Tc radiopharmaceutical



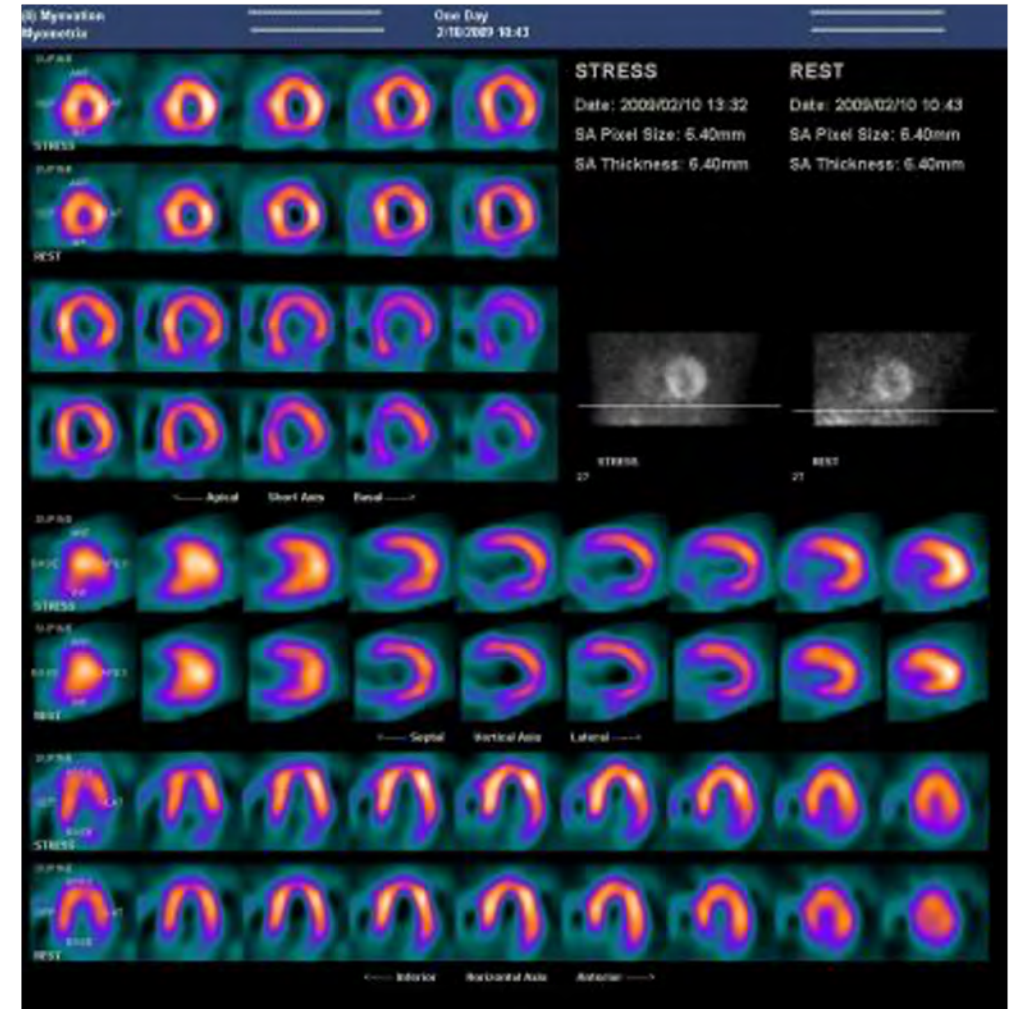
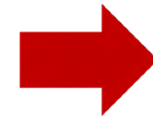
ligand,
reducing agent,
stabilizer

Injection



^{99m}Tc : Tempo di dimezzamento 6 h

Cardio-SPECT



Cardio-SPECT

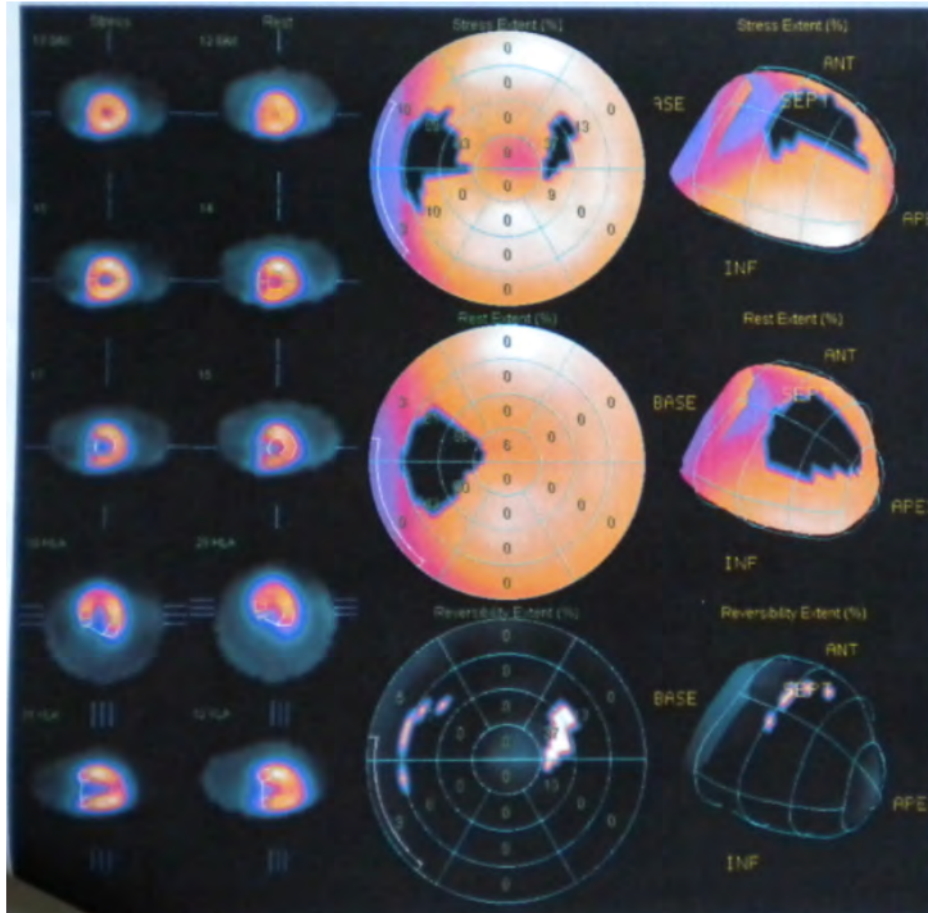


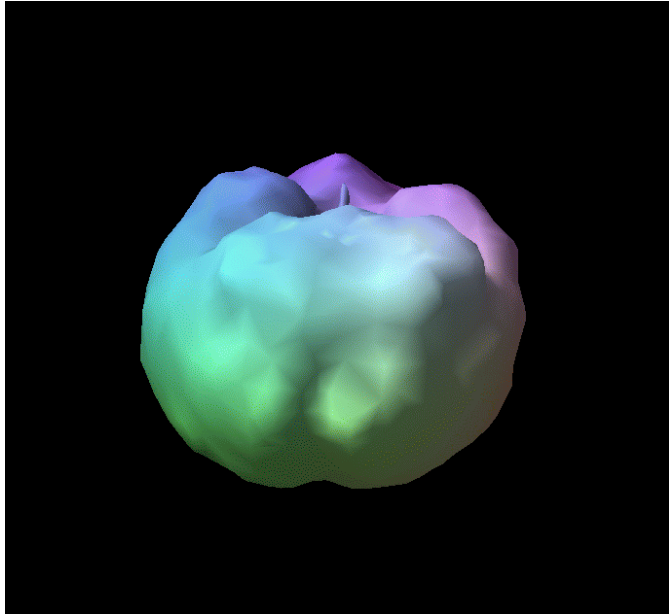
Immagine acquisita sotto sforzo

Immagine acquisita a riposo

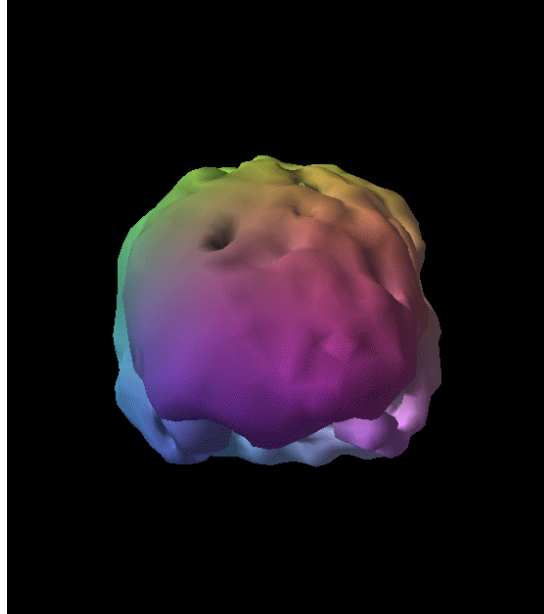
Sottrazione immagine R - S

La differenza delle due immagini rivela una parte del cuore non ben ossigenata. Ischemia ?

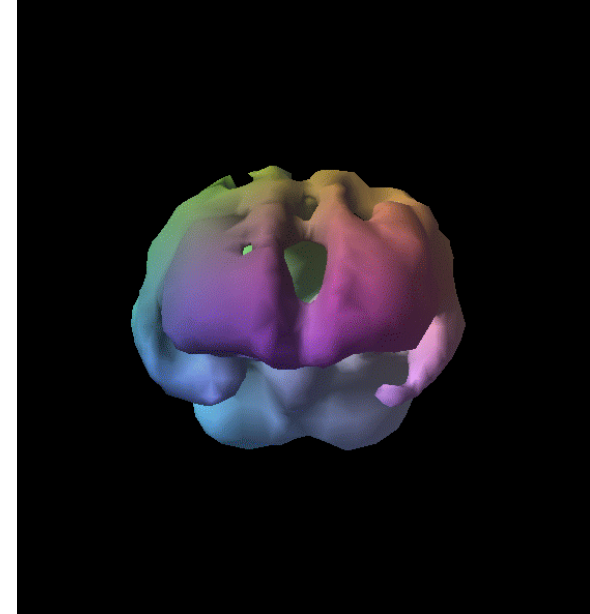
SPECT cervello



Healthy



Drug abuse



Alcohol abuse

<https://www.amenclinics.com/healthy-vs-unhealthy/>

Bern: nacht der Forschung

