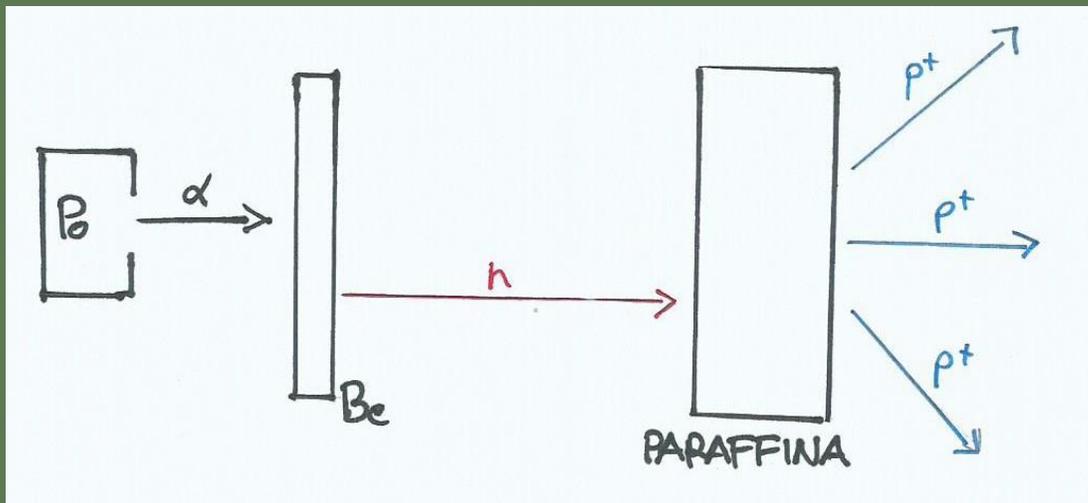


The image features a central white diamond shape on a dark green background. The diamond is outlined by a light green border. The background is decorated with various shades of green geometric shapes, including squares and diamonds, some of which are slightly offset or layered. The text 'FISICA NUCLEARE' is centered within the white diamond in a bold, dark green, sans-serif font.

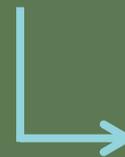
FISICA NUCLEARE

IRENE CURIE E FREDERIC JOLIOT: la scoperta del Neutrone



Bombardarono una piastra di Berillio con particelle alpha e notarono che dalla paraffina disposta all'altro capo della camera a bolle partivano dei protoni (ma all'interno della camera a bolle non registrarono nulla)

- Ipotizzarono che il berillio emanasse dei fotoni gamma



Ettore Majorana era contrario a questa supposizione: i fotoni gamma non hanno massa abbastanza grande per far partire dei protoni

- Il berillio emette **NEUTRONI**: questo spiega il motivo per il quale la camera a bolle non riscontrava alcuna particella tra il Be e la paraffina (vede solo particelle cariche)

A causa di problemi di depressione, Majorana non portò avanti gli esperimenti.
A vincere il Nobel per la scoperta dell'elettrone fu JAMES CHADWICK

ATTIVITA' $R = \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{N(t + \Delta t) - N(t)}{\Delta t}$

$$R(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{N(t + \Delta t) - N(t)}{\Delta t}$$

$$R(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N$$

Equazione differenziale

COME RISOLVO?... $\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = \int_0^t -\lambda \cdot dt$

$$\Rightarrow [\ln N]_{N_0}^N = -\lambda [t]_0^t$$

$$\Rightarrow \ln N - \ln N_0 = -\lambda t \Rightarrow \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

$$\Rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \longrightarrow \boxed{N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}}$$

LEGGE DEL DECADIMENTO RADIOATTIVO

$N(t)$ = numero di isotopi radioattivi all'istante t

(dopo Δt)

$$N(t) \longrightarrow N(t + \Delta t) \quad [< N(t)]$$

$$\Delta N = N(t + \Delta t) - N(t) \quad [\text{questo numero è negativo}]$$

ATTIVITA': numero di nuclei che si sono disintegrati nell'unità di tempo

EMIVITA o TEMPO DI DIMEZZAMENTO

Si indica con $T_{1/2}$ e individua l'intervallo di tempo dopo il quale il numero totale dei nuclei si è dimezzato.

VITA MEDIA

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T_{1/2}}{\ln 2}$$

$$T_{1/2} \rightarrow N(T_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$$

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

↓

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda t} \rightarrow \ln 2^{-1} = -\lambda t$$

$$-\ln 2 = -\lambda t \rightarrow T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

RADIODATAZIONI: metodo Carbonio-14

- Il carbonio in natura si trova sottoforma di 3 isotopi:

^{12}C

STABILE

(^{13}C)

IN PICCOLA
PARTE

^{14}C

INSTABILE: $T_{1/2} = 5730 \text{ y}$

Finché un organismo è vivo il rapporto tra la sua concentrazione di ^{14}C e quella degli altri isotopi di carbonio si mantiene costante e uguale a quella che si riscontra nell'atmosfera.

In seguito alla morte dell'organismo questi processi terminano.

Il Carbonio-14 inizia a decadere (legge decadimento radioattivo), mentre il Carbonio-12 rimane uguale.

attraverso uno spettrometro di massa* determiniamo la quantità di ^{14}C contenuta in un reperto archeologico organico in rapporto al ^{12}C che, essendo un isotopo stabile, rimane invariato nel tempo.

*spettrometro di massa:
strumento in grado di misurare la percentuale di ogni isotopo all'interno di un campione.

Es.53) Il tempo di dimezzamento per il decadimento α dell' U-238 è di $4,47 \cdot 10^9$ anni.
Determina l'età (in anni) di un campione di roccia che contiene il 60% del numero originario di atomi di U-238.

$$T_{1/2} \text{ } ^{238}_{92}\text{U} = 4,47 \cdot 10^9 \text{ anni}$$

$$N_1 = 60\% N_0$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{\ln 2}{4,47 \cdot 10^9 \text{ y}}$$

$$\boxed{N_1 = N_0 \cdot e^{-\lambda t}} \quad 0,6 N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \Rightarrow \quad -\lambda t = \ln 0,6$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow t &= -\frac{\ln 0,6}{\lambda} = -\frac{\ln 0,6}{\ln 2} \cdot 4,47 \cdot 10^9 \text{ y} \\ &= \underline{\underline{3,3 \cdot 10^9 \text{ anni}}} \end{aligned}$$

DOSIMETRIA

si occupa del calcolo e della misura della dose assorbita dalla materia quando sottoposta alle radiazioni ionizzanti a alle radiazioni non ionizzanti.

- DOSE ASSORBITA (D): l'energia ceduta alla materia per unità di massa →

$$D = \frac{\Delta E}{m} \left[\frac{J}{kg} \right] \Rightarrow \text{gray [Gy]}$$

L'INTESITA' DI DOSE ASSORBITA:
misura la dose assorbita in un dato intervallo di tempo e si misura in Gy/s

- ESPOSIZIONE (X): descrive la capacità della radiazione elettromagnetica di generare ionizzazione dell'altra

$$X = \frac{\Delta Q}{m} \left[\frac{C}{kg} \right] \Rightarrow \text{Röntgen [R]}$$

ΔQ è la carica totale degli ioni di un segno prodotti in aria quando tutti gli elettroni liberati nella massa m sono completamente fermati dall'aria

- EQUIVALENTE DI DOSE (H): esprime in maniera completa i fenomeni di cessione di energia dalla radiazione alla materia

$$H = D \cdot Q \cdot (N) \left[\frac{J}{kg} \right] \Rightarrow \text{sievert [Sv]}$$

D è la dose assorbita
 Q il fattore di qualità della radiazione incidente
 N sintetizza gli altri fattori correttivi

RIVELATORI DI PARTICELLE

α β γ sono radiazioni ionizzanti: trasportano abbastanza energia da sottrarre elettroni dalla materia che attraversano (danneggiando la materia; nel nostro corpo la prima cosa che viene distrutta è il DNA).

I rilevatori di particelle si dividono in:

- VISUALIZZATORI : la radiazione che li attraversa lascia una traccia al proprio passaggio (come lastra fotografica)
- CONTATORI: contano le particelle che li attraversano grazie ad un impulso elettrico o di luce che viene emesso dal loro passaggio

CAMERA A NEBBIA
(camera di Wilson)
1911

Contenitore con fondo di vetro dotato di stantuffo e di alcune finestrelle per permetterne l'illuminazione. Nell'ambiente è presente vapore acqueo (o gas) che, grazie allo stantuffo, diventa sovrassaturo. Quando una particella ionizzante attraversa il vapore, esso viene perturbato e condensa in goccioline che rendono visibile il percorso della particella.

CAMERA A NEBBIA A
DIFFUSIONE CONTINUA
1941

Permette di rilevare il percorso delle particelle senza intermittenza (eliminando i tempi morti).

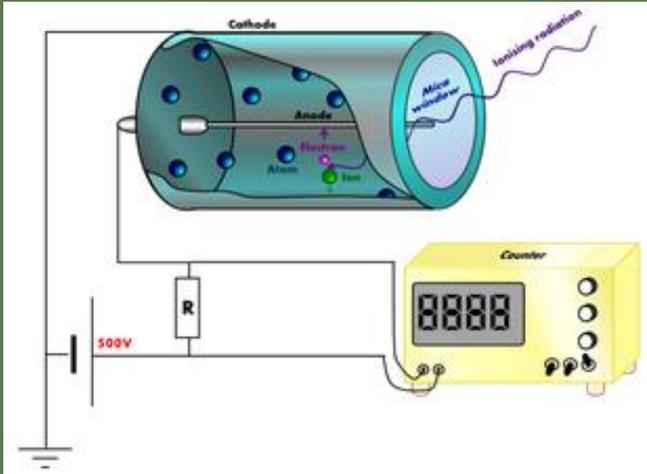
PROBLEMA: il percorso della particella viene deviato

CAMERA A BOLLE 1952



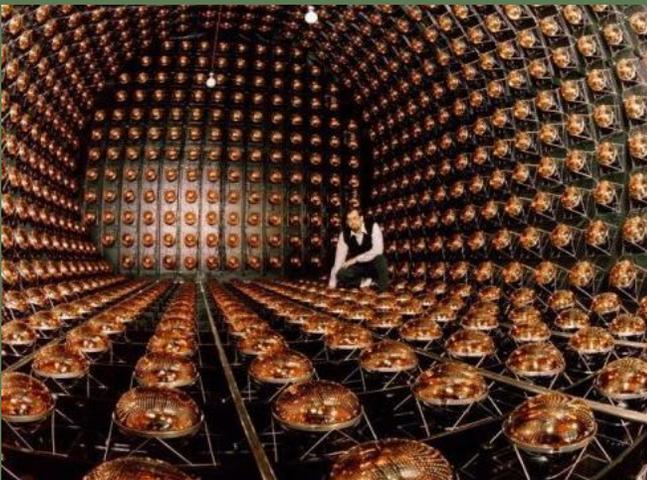
viene usata per visualizzare le tracce delle particelle ionizzanti che la attraversano. Lo strumento contiene un liquido in condizioni metastabili. Se una particella ionizzante attraversa il volume sensibile della camera, si provoca nel liquido un'ebollizione localizzata rilevando la traccia della particella con una successione di bollicine gassose. Es. rilevatore «Gargamelle» del CERN di Ginevra

CONTATORE GEIGER 1913



Costituito da un cilindro conduttore, contenente una miscela gassosa, e da un filo metallico. Tra il cilindro (che funge da catodo) e il filo (che funge da anodo) si stabilisce una differenza di potenziale costante. Una particella penetra all'interno del tubo e ionizza l'aria producendo una coppia di particelle cariche (elettrone e ione positivo). L'elettrone è accelerato verso il filo mentre lo ione si muove verso la parete del cilindro; vengono prodotti nuovi ioni a causa della collisione con gli atomi del riempimento gassoso. Viene generato un impulso che provoca lo scatto di un contatore (taac).

RILEVATORE CERENKOV



Quando una particella viaggia più veloce della velocità della luce emette un'onda luminosa (radiazione gamma) chiamata «onda Cerenkov». Ovviamente, superare la velocità della luce è possibile solo in un mezzo (acqua)

MEDICINA NUCLEARE

Si definisce “medicina nucleare” il complesso di conoscenze, ricerche e tecniche (sperimentali, diagnostiche e terapeutiche) che riguardano l'impiego di energia nucleare, in particolare di radioisotopi, nelle indagini biologico-mediche.

La medicina nucleare utilizza delle sostanze dette radiofarmaci:

- ❑ Componente farmacologica attiva: ha la proprietà di localizzarsi in alcune strutture e in alcuni organi del nostro organismo
- ❑ Componente radioattiva: permette la loro visione

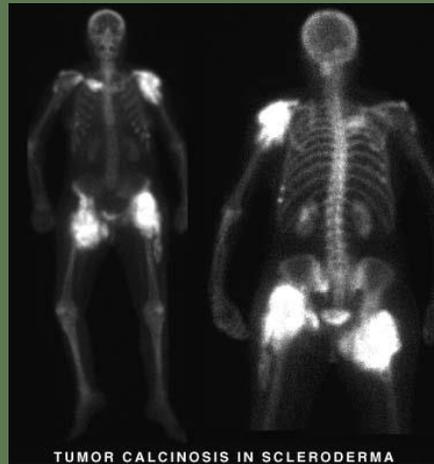
Possiamo distinguere i radiofarmaci in:

- ❑ indicatori negativi: si concentra selettivamente nel tessuto normale; le aree patologiche si evidenziano come difetti di captazione (chiamate aree “fredde”)
- ❑ indicatori positivi: si concentra nel tessuto malato; le aree patologiche si evidenziano come aree di ipercaptazione (chiamate aree “calde”).

TERAPIA

I radiofarmaci possono però essere utilizzati anche a scopo terapeutico, perché concentrandosi nei tessuti malati, ad esempio in una massa tumorale, li investono di radiazioni e li distruggono.

Scintigrafia ossea



Si inietta una sostanza che si localizza dove l'osso morto viene eliminato e sostituito con osso nuovo; questo capita in presenza di malattie tumorali. Grazie ai macchinari osserviamo una maggiore concentrazione di radiazioni in una data zona e così comprendiamo la distribuzione del farmaco e dunque la localizzazione del tumore.

ALCUNI ESEMPI DI DIAGNOSTICA

PET (tomografia ad emissione di positroni)



Attraverso il fluoro-18 (un analogo del glucosio), è possibile studiare in modo preciso il funzionamento della maggior parte dei tumori, infezioni e infiammazioni. Tutte le cellule che presentano attività metabolica elevata (come le cellule neoplastiche ma anche le cellule dell'infiammazione) assorbono glucosio (e quindi anche Fluoro-18). I radiofarmaci generano positroni che, scontrandosi con gli elettroni, generano due fotoni γ rivelabili dalla macchina.