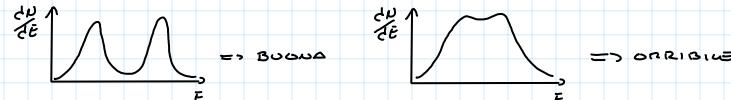


LABORATORIO DI FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE

IN LABORATORIO CI SONO DIVERSE TIPOLOGIE DI SORGENTI SU CUI POTER LAVORARE E SI DIVIDONO IN:

- 1) SORGENTI RADIODATTIVE $\alpha \Rightarrow$ NUOCHI DI He^{2+}
 $\beta \Rightarrow$ SONO e^-
 γ \Rightarrow Onde E.M. MOLTO ENERGETICHE
- 2) SORGENTI NON RADIODATTIVE γ ROCCI COSMICI, IN PARTICOLARE μ (LEPTONI, SIMILI A e^- ED e^+ SOLO PIÙ MASSIVI).

ORA, SIA PER LO STUDIO DI 1 CHE DI 2 SONO NECESSARI L'UTILIZZO DI RILEVATORI APPROPRIATI PER OGNI TIPO DI PARTICELLA. L'OGGETTIVO È QUELLO DI TROVARE IL PUNTO OTTIMALE DEL RILEVATORE, OVVERO LA CONTRAZIONE PER LA QUALE SI HA LA SENSIBILITÀ MINIMA \Rightarrow EX: RISOLUZIONE



LE MISURE CHE SI SVOLGERANNO SONO LEGATE A MASSA, ENERGIA, TEMPO E FUSSO, CI PERMETTERANNO DI CARATTERIZZARE LA SORGENTE.

RADIAZIONE E STORIA

NEL 1896 H. BECQUEREL VOLEVA STUDIARE I SALI DI URANIO PER VERIFICARE SE FOSSERO FLUORESCENTI, PER FAR CIÒ LI VOLTEVA CARICARE AL SOLE, MA IL TEMPO NON LO PERMISE. QUINDI LI LASCIÒ CHIUDERI AL BUIO IN UN CASSETTO CON LA LASTRA FOTOGRAFICA SU CUI DOVEVA VERIFICARE LA FLUORESCENZA. ANDÒ A CONTROLLARLI E SCOPRÌ CHE LA LASTRA ERA RIMASTA IMPRESSIONATA. ESISTE UN TIPO DI RADIAZIONE, 1803 CHIAMATA IL RODER.

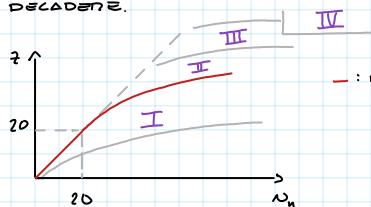
NEL 1898 MARIE E PIERRE CURIE, STUDIANDO IL MINERALE PECHLÈVENDA SI PESERÒ CONTO CHE OLTRE ALL'URANIO CI FOSSERO ALTRI ELEMENTI RADIODATTIVI. IN PARTICOLARE NELL'MINERALE NE IDENTIFICARONO ALTRI DUE E LI NOMINARONO RÀDIO E POLONIO. CONDUCENDO ULTERIORI STUDI, SI SCOPRÌ CHE IL RÀDIO ÈNEDE 3 TIPI DI RADIAZIONE: α (He^{2+}), β (e^-) E ROCCI γ .

GLI ATOMI

ORA CAPIAMO COME SI POSSANO RAPPRESENTARE GLI ATOMI IN SIMBOLI:

$$\begin{array}{c} A \xrightarrow{\quad} \text{NUMERO DI MASSA } N_p + N_n = A \text{ (NUCLEO)} \\ X \xrightarrow{\quad} \text{SPECIE ATOMICA} \\ Z \xrightarrow{\quad} \text{NUMERO DI PROTONI } N_p = N_e = ? \end{array}$$

ORA IL NUCLEO CONTIENE PROTONI E NEUTRONI. UN NUCLEO È STABILE SE IL NUMERO DI NEUTRONI È TALE DA POTER SCHERMARE IL NUMERO DEI PROTONI. SE SI HA UNA SURROGAZIONE DI N O P IL NUCLEO È INSTABILE E TENDE A DECADERE.



NEL GRAFICO SONO PRESENTI 4 ZONE DIFFERENTI:

I) ZONA CON TROPPI N RISPETTO AI $P \Rightarrow$ NEUTRONI DECADONO CON UN β^- : $N \rightarrow P + e^- + \bar{\nu}_e$. ZONA IN CUI POSSO DECADERE DIRETTAMENTE IN UN NUCLEO STABILE

II) ZONA CON TROPPI P RISPETTO AI $N \Rightarrow$ PROTONI DECADONO CON UN β^+ : $P \rightarrow N + e^+ + \nu_e$. ZONA IN CUI POSSO DECADERE DIRETTAMENTE IN UN NUCLEO STABILE

III) SEMPRE UNA ZONA CON TROPPI P RISPETTO AI N , IN QUESTO CASO SI HANNO DEI NUCLEI PENANTI CHE DECADONO CON UN α : PERDITA DI $2P$ È $2N$. DA QUESTA ZONA INIZIANO LE CATENE \Rightarrow I PRODOTTI DEI DECADIMENTI SONO STABILI E DECADONO A LORO VOLTA

IV) ZONA CON GLI ELEMENTI PIÙ PESANTI POSSIBILI E DECADONO TRAMITE FISSIONE, SI SPEZZA IL NUCLEO

DECADIMENTO NUCLEARE

IL DECADIMENTO È UNO TRASFORMAZIONE DI UN NUCLEO INSTABILE VERSO UNA CONFIGURAZIONE STABILE. QUESTO PROCESSO È MOLTO RAPIDO E ESOTERMICO.

UNA DELLE QUANTITÀ CHE INTERESSANO È L'ENERGIA RILASCIATA, OVVERO IL ΔE . $\Delta E = (m_i - m_f)c^2 = Q$. STUDIAMO I DECADIMENTI α , β E γ .

DECADIMENTO α

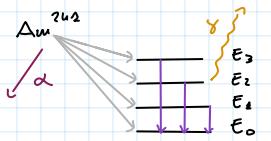
${}_{\alpha}^A X \rightarrow {}_{\alpha-2}^A Y + {}_2^4 \alpha \Rightarrow \alpha \equiv \text{He}^{2+}$, QUESTO DECADIMENTO AVVIENE A $A > 209$ E SOSTANZIALMENTE IL NUCLEO PERDE UN NUCLEO DI He. QUESTO TIPO DI DECADIMENTO RIENTRA NEI DECADIMENTI A DUE CORPI. IN QUESTO CASO SI HA CHE:

$Q = (m_X - m_Y - m_\alpha)c^2 \Rightarrow$ SI PUÒ OSSERVARE CHE $E_\alpha = Q \left(\frac{A - u}{A} \right) \approx 98\%$. QUESTO INDICA CHE L'ELEMENTO Y È PRODOTTO PRATICAMENTE FERMO E LA PARTICELLA α È MOLTO ENERGETICA E QUINDI VELOCE. $E_\alpha \approx (h - 8) \text{ MeV}$

$$m_\alpha = 2m_p + 2m_n \approx 6m_p \approx 6 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

ESEMPIO:

UN ELEMENTO CHE DECADDE CON UN α È Au^{242} : $Au^{242} \rightarrow X + \alpha$

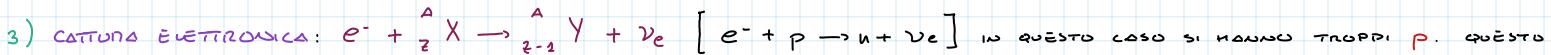
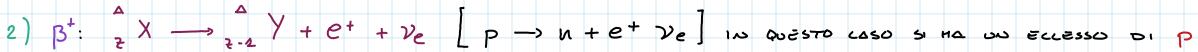
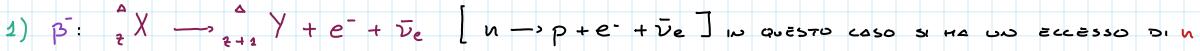


DISTRIBUZIONE ENERGETICA DELLE PARTICELLE α , PIÙ
 \Rightarrow DATO IL PICCO = PIÙ PARTICELLE
 IN QUESTO CASO CORRISPONDE AL DECADIMENTO SUL PRIMO STATO ECITATO DI X .

STUDIANDO LA DISTRIBUZIONE DEGLI α SI PUÒ CAPIRE SU CHE STATO X SIA DECADUTO Au^{242} . IN QUANTO CU D' MANNO UNA E_α PRECISA ASSOCIATA AL TIPO DI NUCLEO SU CUI DECIDE Au^{242} .

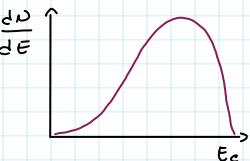
DECADIMENTO β

È UN TIPO DI DECADIMENTO DI TIPO "DECADIMENTO A TRE CORPI" E PUÒ AVVENIRE IN TRE CASI DIVERSI:



TIPO DI DECADIMENTO AVVIENE PERCHÉ CU E' NELLE SHELL PIÙ INTERNE RIESCONO A PASSARE PIÙ VICINO AL NUCLEO E VENGONO CATTURATI DA UN P.

SI HA CHE ANCHE PER QUESTI DECADIMENTI LO SPETTORE È CONTINUO E, ESATTAMENTE COME PER L' α , PUÒ SUCCEDERE CHE VENGA ACCOMPAGNATO DA UN'EMISSIONE DI γ PERCHÉ IL DECADIMENTO SU Y È AVVENUTO SU UN STATO ECITATO.



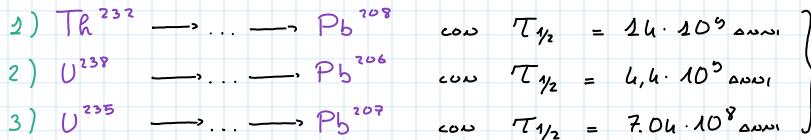
DECADIMENTO γ

PER DECADIMENTO γ INTENDIAMO LA DISSESSITAZIONE DEL NUCLEO DI UN ELEMENTO ATTIVATO SENSO L'EMISSIONE DI RADIAZIONE E.M. COME ABBIANO VISTO POSSONO ACCOMPAGNARE I DECADIMENTI α E β , MA POSSONO ESSERE ANCHE DA ALTRI PROCESSI COME L'ANNICHILOZIONE DI e^+ CON e^- , BRENSSTRAHLUNG E RADII X CARATTERISTICI.

SONO EMESI CON λ BASSA \Rightarrow V ALTE E DUNQUE SONO ABBASTANZA ENERGETICI. TIPICAMENTE $E_\gamma \sim 10\text{keV} - 10\text{MeV}$ È LA RADIAZIONE γ NATURALE MASSIMA REGISTRATA AVVIO $E_\gamma \sim 2.6\text{ MeV}$ \Rightarrow LEGATO AL DECADIMENTO DI Tc^{208} . SONO DELLE DISSESSITAZIONI VELOCISSIME, SI PARLA DI $T \sim \mu\text{s}$.

CATENE RADIOATTIVE

COME AVEMMO VISTO NEL GRADICO $Z-N$, POSSONO ESISTERE DELLE CATENE DI RADIOATTIVITÀ, DUVERO UNA SUCCESSIONE DI DECADIMENTI FINO ALL'ARRIVO AD UN NUCLEO STABILE (TUTTI I NUCLEI INTERMEDI SONO INSTABILI E QUINDI DECADONO A LORO VOLTA). IN NATURA SONO RIMASTE 3 CATENE RADIOATTIVE NATURALI:



$T_{1/2}$ = TEMPO DI DIMINUZIONE
 TUTTI CONDIVIDONO LA CATENA SU UN ISOTopo STABILE DEL PIOMBO

- 1) $A = hn$
 2) $A = hn + 2$
 3) $A = hn + 3$

N.B. CU H NON SONO NEUTRALI NE SONO TUTTI UGUALI, INDICANO SOLO UN RAPPORTO DI PROPORZIONALITÀ

IN ORIGINE CIERA ANCHE UNA QUARTA CATENA, QUELLO DEL U_P^{237} CON $T = 2.71 \cdot 10^6$ anni = $A = hn + 1$, CON T COSÌ BASSO È DEL TUTTO SCAMPATO.

ESSENDO CATENE NATURALI È POSSIBILE DVERLE NELLE ROCCE CHE CI CIRCONDANO, IN PARTICOLARE UN PRODOTTO DI QUESTE CATENE È IL RADON E RISULTA ESSERE PERMEABILE AI MURI. PER EQUITATE PERICOLO, SOPRATTUTTO NELLE TAVERNE, È BENE AVERE UN MODO PER AREARE IL LOCALE FREQUENTEMENTE, IN QUANTO ESSENDO UN GAS VENDE DISPERSO NELL'ATMOSFERA

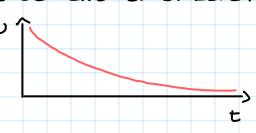
MODELLIZZAZIONE DEI DECADIMENTI

SI DEFINISCE ATTIVITÀ DI UN RADIONUCLEO IL NUMERO DI DECADIMENTI NELL'UNITÀ DI TEMPO. ORA LA VECCE CHE CI SI ASPETTA DESCRIVERE I DECADIMENTI È DI TIPO ESPONENZIALE CON UNA FORMA DEL TIPO: $N(t) = N_0 e^{-t/\tau}$

SE CONSIDERAMO L'ELEMENTO INFINTESIMO dN , SI HA CHE $dN = -\lambda N(t) dt$

λ = COSTANTE DI DECADIMENTO, INDICA LA PROBABILITÀ CHE UN NUCLEO DECADA IN UN INTERVALLO DI TEMPO.

$$\lambda = \frac{1}{\tau} \cdot (N(t) = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-t/\tau})$$



DUNQUE SI HA CHE L'ATTIVITÀ È $A = \lambda N = \frac{N}{\tau} \Rightarrow$ COMMENTI SU τ : IN QUESTO CASO SI DEFINISCE TEMPO DI VITA MEDIA DA CUI $\tau = \frac{1}{N(0)} \int_0^\infty t N(t) dt$, QUINDI $\tau: N \rightarrow \frac{N}{e}$ È RISULTA DIVERSO DA $\tau_{1/2}$. IN PARTICOLARE TRA I DUE ESISTE UNA RELAZIONE, INFATTI SE $\tau_{1/2}: N \rightarrow \frac{N}{2}$ SI DUA CHE $\tau = \frac{\tau_{1/2}}{\ln(2)}$

DECADIMENTO A CATENA

IN UNA CATENA RADIAZIONE SI PARTE DA UN CAPOTIPITE, OVVERO IL PUNTO DI PARTENZA, CON UN $\lambda_1 \Rightarrow dN_1 = -\lambda_1 N_1 dt$ DOPODICHÉ SI PASSA AL SECONDO $dN_2 = (\lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2) dt \Rightarrow$ QUESTO PERCHÉ IL SECONDO DECADIMENTO NON PUÒ PARTIRE SE NON SI FORMA IL PRIMO PRODOTTO, ANALOGAMENTE $dN_3 = (\lambda_2 N_2 - \lambda_3 N_3) dt$ E COSÌ VIA.

CONOSCENDO $N_1(t) = N_1 e^{-\lambda_1 t} \Rightarrow \frac{dN_2}{dt} = -\lambda_1 N_1 + \lambda_2 N_2 = -\lambda_1 N_1 + \lambda_2 N_1 e^{-\lambda_1 t} \Rightarrow$ È UN'EQVZIONE DIFFERENZIALE

NON OMogenea, MA UNDANE: 1) SOTTRAZIONE OMogenea: $N_1(t) = A e^{-\lambda_1 t}$
2) SOTTRAZIONE PARTICOLARE: $N_1(t) = B e^{-\lambda_1 t}$ \Rightarrow DETERMINAMO B: $-\lambda_1 B e^{-\lambda_1 t} = -\lambda_2 B e^{-\lambda_1 t} +$

$+ \lambda_1 N_1 e^{-\lambda_1 t} \Rightarrow B = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1(0) \Rightarrow N_1(t) = A e^{-\lambda_1 t} + \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1(0) e^{-\lambda_1 t}$, UNA IMPOSTAMO LA

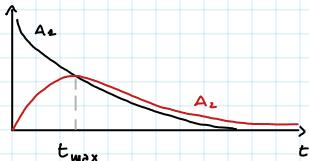
CONDIZIONE CHE $N_1(0) = 0 \Rightarrow 0 = A + \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1(0) \Rightarrow A = -B = -\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1(0)$

SI OTTIENE CHE $N_1(t) = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1(0) (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) \Rightarrow$ DA QUI POSSIAMO RICAVARE L'ATTIVITÀ DI N_2 CON

$$A_2 = \lambda_1 N_1 \Rightarrow A_2(t) = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} A_1(0) (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$$

STUDIAMO ORA $A_1(t)$, È IMPORTANTE NOTARE CHE SIA PER $t \rightarrow 0$ SIA PER $t \rightarrow +\infty$, $A_1 \rightarrow 0$. ORA A SECONDA DEL RAPPORTO TRA λ_1 E λ_2 SI HANNO DELLE SITUAZIONI DIFFERENTI, VEDIAMO LE 3 PRINCIPALI:

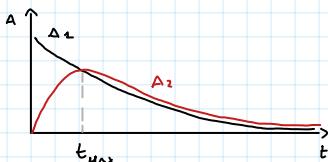
1) $\lambda_1 > \lambda_2 \Rightarrow$ QUESTO È IL CASO IN QUI IL FIGLIO DECOLDE PIÙ LENTAMENTE DEL PADRE



PER $t = t_{max}$, A_2 HA UN MASSIMO E INOLTRE $A_2 = A_1$.

PER $t > t_{max} \Rightarrow A_2 > A_1$, QUESTO PERCHÉ DECADENDO PIÙ RAPIDAMENTE, IL PADRE CREA UNA SOTTABONDANZA DI NUCLEI FIGLI.

2) $\lambda_1 < \lambda_2 \Rightarrow$ QUESTO È IL CASO IN QUI IL PADRE DECOLDE PIÙ LENTAMENTE DEL FIGLIO.



PER $t = t_{max}$: $A_2 = A_1$ E $A_2(t_{max})$ È IL MASSIMO ASSOLUTO PER $A_2(t)$

PER $t \rightarrow \infty$ IL RAPPORTO $\frac{A_2(t)}{A_1(t)} \rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} > 1$. SI HA UN RAPPORTO COSTANTE,

QUESTA SITUAZIONE VIENE DEFINITA DI "EQUILIBRIO TRANSIENTE"

3) $\lambda_1 \ll \lambda_2 \Rightarrow$ QUESTO È IL CASO IN QUI IL PADRE DECOLDE MOLTO PIÙ LENTAMENTE DEL FIGLIO.



PER $t = t_{max}$ SI HA CHE A_2 HA UN MASSIMO ASSOLUTO, MA $A_1(t_{max}) \neq A_2(t_{max})$

PER $t \gg t_{max}$ SI HA CHE IL RAPPORTO $\frac{A_2(t)}{A_1(t)} \rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (\lambda_2 \gg \lambda_1) \Rightarrow \frac{A_2(t)}{A_1(t)} \rightarrow 1$

QUESTA SITUAZIONE VIENE DEFINITA DI "EQUILIBRIO SECOLARE". ORA SE CONSIDERIAMO LA CAPTIVA LA RIMOZIONE DEL PADRE CON L'OPERAZIONE DISTROGUE L'EQUILIBRIO SECOLARE IN QUANTO

SI HA PERDITA DI NUCLEI FIGLI. LE TUE CATENE NATURALI HANNO $\lambda_1 \gg \lambda_2$ IL CHE INDICA L'INSTABILITÀ DELL'EQUILIBRIO SECOLARE, DOVE $A_1 = A_2 \Rightarrow \lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \dots$ CON N_1 PROPORZIONALE A $\tau_1 = \lambda_1^{-1}$.

RADIAZIONE IONIZZANTE

PER RADIAZIONE IONIZZANTE SI INTENDE UNA TIPOLOGIA DI RADIAZIONE INCIDENTE CARATTERIZZATA DA UNA ENERGIA TALE DA STRAPPARE DA CUI E' DAGLI ATOMI, **IONIZZAZIONE**. A SECONDA DI DOSE E TEMPO DI ESPOSIZIONE I DANNI POSSONO ESSERE PIÙ O MENO PESANTI, TUTTAVIA LA RADIAZIONE VA A COLPIRE I TESSUTI BIOLOGICI E QUINDI PUÒ CAUSARE DANNEGLIARE IL DUA.

CI POSSONO ESSERE DIVERSE TIPOLOGIE DI RADIAZIONI IONIZZANTI: QUELLE PROVENIENTI DA DECADIMENTI NUCLEARI (α , β^+), RAGGI X, I RAGGI COSMICI E L'EMISSIONE DI NEUTRALI.

RADIAZIONE α

SI TRATTI DI PARTICELLE CARICHE (He^{2+}) CHE INTERAGISCONO DIRETTAMENTE CON LA MATERIA. IN PARTICOLARE INTERAGISCONO CON GLI E⁻ TRAMITE INTERAZIONE COULOMBIANA.

PRESENTANO UNA $W_d \approx 8000$ eV DUNQUE ESSENDO MOLTO ENERGETICHE SEGUONO UN CAMMINO PRESSOCHE RETTILINEA. HANNO TUTTAVIA UN RANGE (CAMMINO PERCORSO PRIMA DI CEDERE TUTTA L'ENERGIA) MOLTO DIFFERENTE A SECONDA DEL MATERIALE, INFATTI:

- 1) SOUDO $\Rightarrow R \sim \mu m$
 2) GASSOSO $\Rightarrow R \sim cm$
- } CEDONO E IN MOLTO POCO SPAZIO. SI SCHERMANO FACILMENTE CON UN FOGO DI CARTA ANCHE LA PELLE LE BLOCCA, MA SI FORMANO USTIONI E RUSH, SE LA FUORTE È EXTRACORPOREA. SE LA FUORTE È INTERNA (EX: INGERITA), DANNI SONO ALQUANTO GRAVI.

RADIAZIONE β

SI TRATTI DI PARTICELLE CARICHE (e⁻ o e⁺) CHE INTERAGISCONO DIRETTAMENTE CON LA MATERIA RISPETTO ALL' α , LE PARTICELLE β HANNO UN RANGE PIÙ AMPIO INFATTI SERVONO cm/m di MATERIALE PLASTICO O METALLICO PER SCHERMARLE QUESTO PORTA AD DIFFERENZE CHE SONO PIÙ PENETRANTI DELLE α . RISULTANO RISCHIOSE SIA PER LA PELLE (SORGENTE ESTERNA) CHE PER GLI ORGANI INTERNI (SORGENTE INTERNA), MA CONUNQUÈ MENO DELLE α .

RADIAZIONE γ

I RAGGI γ E X SONO NEUTRI E QUINDI INTERAGISCONO INDIRETTAMENTE CON LA MATERIA, OVVERO SONO LE PARTICELLE CHE PRODUcono AD ESSERE IONIZZANTI. ESSENDO NEUTRI, HANNO UN RANGE MOLTO ELEVATO E DUNQUE SONO MOLTO PIÙ PENETRANTI, INFATTI PER LA SCHERMATURA CI VOGLIONO cm DI PIOMBO.

I RAGGI γ ACCOMPAGNANO SPESO E VOLENTIERI I DECADIMENTI α E β .

ENERGIA DELLA RADIAZIONE

QUELLO CHE SI MUOLE FARÉ OMA È COLPIRE IL TRASFERIMENTO DI ENERGIA CAUSATO DALLE RADIAZIONI. PER PRIMA COSA L'UNITÀ DI MISURA PER L'ENERGIA È **eV**. OMA I DANNI AI TESSUTI BIOLOGICI SONO DOTTATI AL TRASFERIMENTO DI ENERGIA ALL'ESSERE VIVENTE E IN PIÙ LA SEMEZA DEGLI EFFETTI È LEGATA ALLA QUANTITÀ DI ENERGIA ASSORBITA.

SI DEFINISCE INFATTI **DOSE** LA QUANTITÀ DI ENERGIA ASSORBITA PER UNITÀ DI MASSA. $[D] = Gy = J/kg$ [STORICAMENTE SI È UTILIZZATO IL RAD = $10^{-2} Gy$] $\Rightarrow D = E \cdot (\mu)^{-1}$

SI È DEFINITO L'ATTIVITÀ COME $A(t) = \lambda N(t)$, DOVE IL NUMERO DI DECADIMENTI (O DISINTEGRAZIONI) AL SECONDO.

$[A] = Bq = \frac{\text{DEC}/\text{s}}{\text{s}}$ [STORICAMENTE SI È UTILIZZATO IL CURIE, $[C_i] = 3,7 \cdot 10^{10} Bq$]. IMPORTANTE SOTTOUMLARE CHE LE SORGENTI NATURALI HANNO: $A \approx 1 \mu Ci - 1 mCi$ ($37 kBq - 37 MBq$), IN PIÙ ANCHE L'UOMO È RADIODATTIVO: $A \approx 6.6 kBq$.

DOSE EFFICACE

TUTTAVIA IL PARAMETRO CHE CI INTERESSA VERAMENTE È LA DOSE EFFICACE (DE) CHE SI RICAVA CON $DE = D \cdot w$ CON $w =$ FATTORE PREPONDARENTE \Rightarrow FATTORE ASSOCIATO AI VARI TIPI DI RADIAZIONE E QUANTIFICA IL DANNO (PER α : $w = 20$, PER γ, X, μ ED E' VELLO: $w = 1$). L'UNITÀ DI MISURA ASSOCIASTA È IL **SVERT**, $[DE] = Sv$.

- RIPORTIAMO LE DE PER VARI SITUAZIONI:
- ESPOSIZIONE MEDIA DELLA POPOLAZIONE: (2.4 - 3) mSv
 - UNITÀ PRECAUZIONALE: + 1 mSv \Rightarrow (3.4 - 4) mSv
 - UNITÀ PER OPERATORI RADIOEPOSTI: (20 - 50) mSv
 - VOLO MXP → JFK: 0.03 mSv
 - ASTRONAUTI SULLA ISS: 250 mSv
 - VIAGGIO PER MONTI: (600 - 1000) mSv
 - TAC TOTAL BODY: 4 mSv
 - SCINTILLOMETRIA: (10 - 20) mSv

Esercizio

IPOTIZZIAMO DI AVERE UNA SORGENTE DI RAGGI γ CON $E_\gamma = 1 \text{ MeV}$ E $A = 100 \text{ kBq}$, SI CALCOLI LA DE ASSORBITA DA UN UOMO ALTO 1.8 m , LARCO 0.3 m E DI MASSA 75 kg AD UNA DISTANZA DI 1 m DALLA SORGENTE.

SOLUZIONE

PARTIAMO DAL NUMERO DI FOTONI RICEVUTI PER UNITÀ DI TEMPO $\Rightarrow \frac{N_\gamma}{t} = A \frac{S}{4\pi R^2} \Rightarrow S = 1.8 \cdot 0.3 = 0.5 \text{ m}^2$

$$\Rightarrow \frac{N_\gamma}{t} = A \frac{0.5}{4\pi} = 5 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$$

ORA SI HA CHE L'ENERGIA IN UN MUOLO È: $E = N_\gamma \cdot 1 \text{ muolo} \cdot E_\gamma = 25 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}$ DA

$$\text{WI } w = 1 \text{ E } D = \frac{E}{M} = 0.3 \text{ mSv}$$

Esercizio (caso di cronaca)

AVVOLGIMENTO DI $10 \mu\text{g}$ DI P^{74} ($\tau = 130 \text{ day}$) AD UNA PERSONA DI 80 kg . ($E_\alpha = 5 \text{ MeV}$)

SOLUZIONE

$$N_{\text{Po}} = w_p \frac{N_0}{m_0} = 10^{-5} \cdot \frac{6 \cdot 10^{23}}{210} = 3 \cdot 10^{16} \text{ ATOMI} \Rightarrow A = \frac{N}{\tau} = 10^5 \text{ Bq}$$

IN UN GIORNO SI HA CHE L'ENERGIA

$$\text{RISULTA ESSERE } E = N_{\text{Po}} \cdot 1 \text{ D} \cdot E_\alpha = 160 \text{ J}$$

DA WI SI RICAVA LA DOSE EFFICACE: $D_E = D \cdot w_\alpha = 20 \frac{\text{E}}{\text{m}} = 40 \text{ Sv}$
(DOSE LETALE 20 Sv).

STRUMENTI DI RADIODISSIONE

PER PROTEGgersi CI SONO QUINDI 3 STRUMENTI PRINCIPALI DA POTER UTILIZZARE: LA SCHERMATURA, LA DISTANZA E IL TEMPO.

SCHERMATURA

PER SCHERMATURA SI INTENDE L'IMPOSIZIONE DI BARRIERE FISICHE TRA LA SORGENTE E NOI IN MODO DA BLOCCARE TOTALEMENTE LA RADIATIONE, DA OGNI TIPO DI RADIATIONE CORRISPONDE UNA SCHERMATURA DIVERSA. PER CAPIRE CHE TIPO DI BARRIERA IMPORRE BISOGNA STUDIARE L'ENERGIA E IL RANGE ASSOCIATI ALLA PARTICELLA.

- 1) PARTICELLE α A $5 \text{ MeV} \Rightarrow$ range $\begin{cases} 16 \text{ mm in Pb} \\ 22 \text{ mm in Al} \\ 37 \text{ mm in aria} \end{cases}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{PER SCHERMARE LE PARTICELLE A BASTA UN FOGIO DI CARTA,} \\ \text{SE NE ENTRANO IN CONTATTO LA PELLE LI BLOCCA (USTONI E PUSH) SE LA FONTE E ESTERNA.} \end{array} \right.$
- 2) PARTICELLE β A $2 \text{ MeV} \Rightarrow$ range $\begin{cases} 1 \text{ mm in Pb} \\ 980 \text{ mm in aria} \end{cases}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{NON SONO SCHERMABILI CON LA CARTA E SONO PIU PENETRANTI,} \\ \text{MA SONO TROPPO} \end{array} \right.$
- 3) RAGGI γ A $0.5 \text{ MeV} \Rightarrow$ range $\begin{cases} 0.42 \text{ mm in Pb} \\ 6000 \text{ mm in aria} \end{cases}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{PENSANO A PASSARE PRATICAMENTE TUTTO E SONO MOLTO} \\ \text{PENETRANTI. UNA SCHERMATURA EFFICACE RICHIEDE CM DI Pb.} \end{array} \right.$

DISTANZA

LA DISTANZA TRA NOI E LA SORGENTE E' FONDAMENTALE, INFATTI SI HA CHE $D \propto \frac{1}{R^2}$. QUINDI PIU' LONTANO SONO E PIU' BASSA SONO LA DOSE ASSORBITA, AMPIE DISTANZE CI PROTEGGONO DAI DANSI.

TEMPO

PER TEMPO SI INTENDE IL PERIODO DI ESPOSIZIONE DEL NOSTRO CORPO ALLA SORGENTE RADIAZIONE. IN PARTICOLARE SI HA CHE $D \propto T$, QUINDI PIU' TEMPO SIANO ESPOSTI PIU' ALTA E' LA DOSE ASSORBITA. RIDURRE IL TEMPO DI ESPOSIZIONE E' UN OTTIMO MODO DI TUTELARCI DA POSSIBILI DANSI.

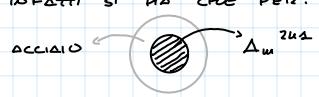
SORGENTI RADIAZIONE IN LABORATORIO

UNA VOLTA DISCUSSÈ LE MODALITÀ DI PROTEZIONE DALLE RADIAZIONI POSSIAMO ELENCARE LE SORGENTI PRESENTI IN LABORATORIO

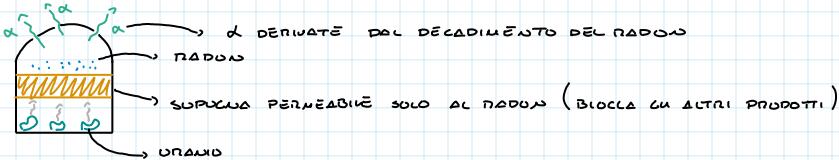
1) SORGENTI α :

- I) LA PRIMA SORGENTE DI PARTICELLE α E' Au^{241} CHE DECIDE IN BUO STATO ECCITATO (RILASIO DI γ) O MELO DEL Np^{237} RILASCIANDO PARTICELLE α . L' Au^{241} E' UN DISCO DI DIAMETRO DI 3mm CIRCONDATO DA UNO DISCO DI ACCIAIO, PER LA CORRENTE MANI POLARIZZATE BISOGNA UTILIZZARE: GUANTI, PINZETTE ED "PIVARE" LA FONTE SOLO SULLA PARTE D'ACCIAIO. I DECADIMENTI PIU' PROBABILI SONO SUL TERZO E SECONDO STATO ECCITATO DEL Np^{237} , INFATTI SI HA CHE PER:
- E₁) $E_\alpha = 5486 \text{ keV}$ CON PROBABILITÀ DEL 85%
- E₂) $E_\alpha = 5434 \text{ keV}$ CON PROBABILITÀ DEL 12%

$$[\tau_{1/2}(\text{Au}^{241}) = 632 \text{ anni}]$$



II) La seconda sorgente di particelle è il RADON che viene prodotto da rocce contenenti uranio, con la seguente abbondanza isotopica: $U^{238} \sim 99,27\%$ e $U^{235} \sim 0,72\%$. La sorgente di uranio è bene incapsulata, ma resta comunque la norma di NON aprirla.



La misura avverrà sia con pompa di aspirazione attiva (via il radon), facendo così vedere i decadimenti del U^{238} , sia con vuoto "statico" il radon rimane e vedi i decadimenti del U^{238}

[N.B. La probabilità di decadimento si definisce anche BRANCHING RATIO]

2) SORGENTI γ

Le sorgenti γ sono tutte puntiformi e racchiuse in contenitori di plastica (cubici o sférici) in modo da schermare le radiazioni β e avere così γ puri. Si hanno diverse sorgenti:

I) La prima sorgente è il Th^{229} ($T_{1/2} \sim 1.9$ anni) che dopo qualche passaggio intermedio decade nel Pb^{212} . Questo elemento ha due picchi di γ : $E_\gamma = 238$ keV (43%) e $E_\gamma = 300$ keV (3%) che accompagnano il suo decadimento in Bi^{212} che a sua volta decade in Tl^{208} nel 36% dei casi per poi decadere in Pb^{208} , stabile. Ad ogni decadimento è associata una produzione a cascata di γ nella disegenerazione del nucleo figlio.

COMMENTO: Se studiano lo spettro di E_γ trovo solo il picco più basso ($B2$ minore) vuol dire che non sto osservando il decadimento del Pb^{212} . Se ho il Pb^{212} e vedo il $B2$ minore devo vedere per forza il $B1$ maggiore.

II) La seconda è il Na^{22} che decade con cattura e^- (9% delle volte) o con β^+ (91% delle volte) in Ne^{22} ora in entrambi casi il Ne^{22} prodotto si trova in uno stato eccitato e disegenerandosi emette γ a $E_\gamma = 1274$ keV. Tuttavia nel decadimento β^+ , l' e^+ prodotto si annichila con un e^- del materiale producendo due γ back-to-back con $E_\gamma = 521$ keV \Rightarrow bisogna tenere conto dell'analisi dello spettro energetico. [$T_{1/2}(Na^{22}) \sim 2.6$ anni]

III) Un'altra sorgente è il Co^{57} che decade per cattura e^- (99,8% delle volte) in Fe^{57} su uno stato eccitato, disegenerandosi nel 91% dei casi emette due γ a cascata con $E_\gamma = 122$ keV e $E_\gamma = 14.4$ keV [$T_{1/2}(Co^{57}) \sim 27$ giorni]

IV) L'ultima sorgente è il Co^{60} che decade tramite il β^+ (100% delle volte) in Ni^{60} su uno stato eccitato, disegenerandosi nel 91% dei casi emette due γ a cascata con $E_\gamma = 1173$ keV e $E_\gamma = 1332$ keV [$T_{1/2}(Co^{60}) \sim 5.27$ anni]

3) SORGENTI DI RACCI COSMICI:

Per questo tipo di radiazione non è necessario utilizzare sorgenti in laboratorio, si utilizzano quelle naturali ovvero i veri raggi cosmici.

I raggi cosmici si dividono in **primari** e **secondari**. I raggi cosmici primari sono principalmente p e He^{2+} , ora andando ad interagire con l'atmosfera vanno a formare degli **adattori**. In particolare formano:

$$\left. \begin{array}{l} \pi^\pm \rightarrow \mu^\pm \rightarrow e^\pm + \nu_e + \bar{\nu}_\mu \\ \pi^0 \rightarrow \gamma\gamma \end{array} \right\} \text{I decadimenti dei pionzi sono i raggi cosmici secondari. I più penetranti sono:}$$

μ^\pm , mentre e^\pm e γ sono definiti come "soft component", quelli che si studieranno sono i muoni. I muoni sono molto instabili e hanno un $T_{1/2} \approx 2.2 \mu s$, avendo velocità prossime a quelle della luce, si ha che nel loro

sistema di riferimento $\Delta x \approx cT \approx 660 \mu m$, che a confronto con l'atmosfera sono pochi in quanto quest'ultima

ha uno spessore di 15 km. Tuttavia dobbiamo fare un cambio di sistema di riferimento, passare a quello del

laboratorio: $L = 8\Delta x \approx 20$ km, su possiamo dunque rivelare. Le misure caratterizzano il flusso dei muoni al variare dell'angolo Azimutale: $I(\theta) = I_0 \cos^2(\theta)$ con $I_0 = 1 \frac{\text{muone}}{\text{cm}^2 \cdot \text{minuto}}$