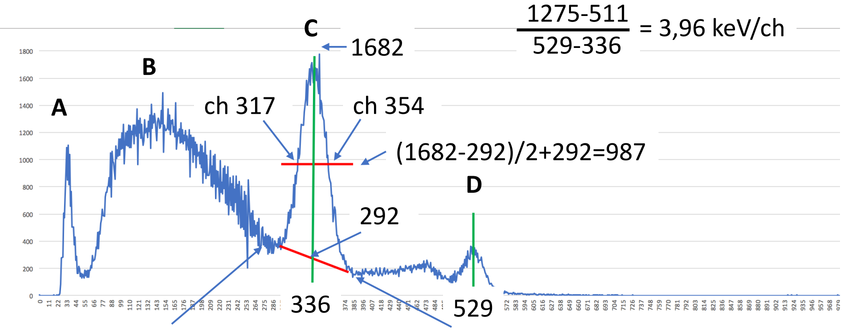
RISOLUZIONE ENERGETICA

28	281
29	606
30	573
31	747
32	906
33	1087
34	850
35	1104
36	816
37	1036
38	655
39	766
40	504
41	503
42	374
43	431
44	258
45	287
46	164
47	164
48	216
49	197
50	140
51	163
52	131
53	156
54	128
55	183
56	145
57	182
58	135
59	184
60	135
61	188
62	185
63	222
64	204

$$\frac{1275-511}{529-336} = 3{,}96 \text{ keV/ch}$$



ch 297 → 383 evts

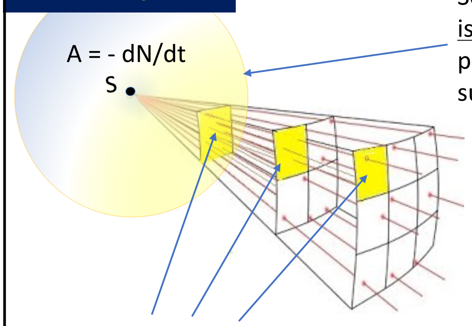
ch 391 → 201 evts

(383+201)/2 =292 evts

FWHM = 354-317 = 37 ch → 37 x 3,96 = 146 keV

$$\frac{\text{FWHM}}{\text{E}} = \frac{146\text{keV}}{511\text{keV}} = 0{,}29 = 29\%$$

ALARA→DISTANZA

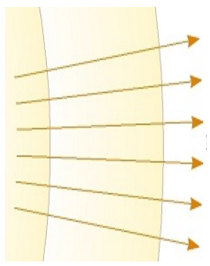


Se per ogni disintegrazione viene emessa <u>isotropicamente</u> una particella, -dN = A dt particelle si distribuiscono uniformemente sulla superficie sferica $4\pi R^2$

$$d\varphi = \frac{-dN}{S} = \frac{-dN}{4\pi R^2}$$

$$\dot{\varphi} = \frac{A}{4\pi R^2}$$

All'aumentare della distanza R dalla sorgente lo stesso numero di particelle si distribuisce su una superficie $4\pi R^2$ via via più grande e l'intensità di fluenza di riduce quadraticamente come R^2



A grande distanza la superficie sferica è ben approssimabile con una superficie piana: la frequeza r di particelle che attraversano la superficie ΔS perpendicolare alla direzione delle particelle è $r = \dot{\varphi}\,\Delta S$

$$r = \dot{\varphi}\,\Delta S = \frac{A}{4\pi R^2}\,\Delta S$$

SPERIMENTALMENTE

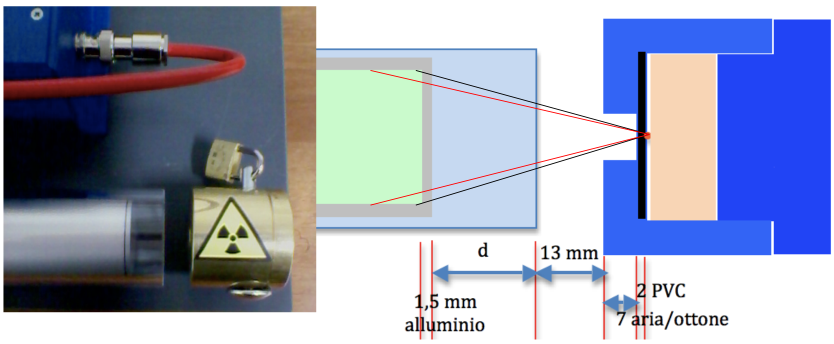
1) se per ogni disintegrazione vengono emesse <u>isotropicamente</u> η particelle che si distribuiscono uniformemente sulla superficie sferica $4\pi R^2$ ma ognuna di esse viene rivelata con una efficienza ε

$$r = \eta\varepsilon\,\dot{\varphi}\,\Delta S = \frac{A\eta\epsilon}{4\pi R^2}\,\Delta S$$

2) se è utile (come in laboratorio) scomporre la distanza R in un contributo fisso Δ e una parte variabile d

$$r = \eta\varepsilon\,\dot{\varphi}\,\Delta S = \frac{A\eta\epsilon}{4\pi(\Delta + d)^2}\,\Delta S$$

SPERIMENTALMENTE



Oltre ai contributi geometrici c'è da considerare anche la profondità media <d> (circa 11 mm) alla quale il gamma subisce mediamente la prima interazione col cristallo scintillatore.

In totale, quindi, R = d + Δ dove Δ è la somma dei vari contributi costanti (2+7+13+1,5+ <d> ≈ 34,5 mm ≈ 3,5 cm).

SPERIMENTALMENTE

1) se per ogni disintegrazione vengono emesse <u>isotropicamente</u> η particelle che si distribuiscono uniformemente sulla superficie sferica $4\pi R^2$ ma ognuna di esse viene rivelata con una efficienza ε

$$r = \eta\varepsilon\,\dot{\varphi}\,\Delta S = \frac{A\eta\epsilon}{4\pi R^2}\,\Delta S$$

2) se è utile (come in laboratorio) scomporre la distanza R in un contributo fisso Δ e una parte variabile d

$$r = \eta\varepsilon\,\dot{\varphi}\,\Delta S = \frac{A\eta\epsilon}{4\pi(\Delta + d)^2}\,\Delta S$$

3) se il rivelatore in assenza di segnale ha una frequenza di fondo r_F

$$r = \frac{A\,\eta\varepsilon\,\Delta S}{4\pi(d + \Delta)^2} + r_F$$

Due studi possibili:

$$\log(r - r_F) = -2\log(d+\Delta) + \log\left(\frac{A\eta\epsilon}{4\pi}\,\Delta S\right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{r - r_F}} = \sqrt{\frac{4\pi}{A\,\eta\varepsilon\,\Delta S}}\,d + \sqrt{\frac{4\pi}{A\,\eta\varepsilon\,\Delta S}}\,\Delta$$

$\eta\varepsilon$ <d>

$$\mathbf{Y = p\,X + q \quad con\ Y = \frac{1}{\sqrt{r - r_F}} \quad e\ \ X = d \ \Rightarrow\ A\,\eta\varepsilon = \frac{4\pi}{p^2\Delta S} \quad e \quad \Delta = \frac{q}{p}}$$

SPERIMENTALMENTE

METODOLOGIA 1) per ogni distanza d = 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 cm calcolare la differenza fra la frequenza di conteggi e quella di fondo.

METODOLOGIA 2) per ogni distanza d = 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 cm calcolare la differenza fra la frequenza di conteggi e quella di fondo relativi ai gamma da 511 keV

METODOLOGIA 3) per ogni distanza d = 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 cm calcolare la differenza fra la frequenza di conteggi e quella di fondo relativi ai gamma da 1275 keV

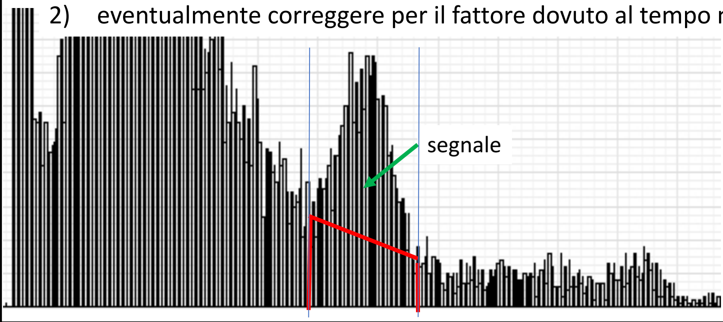
Il primo metodo non è sufficientemente accurato per cui quest'anno sperimenteremo anche gli altri due

1° METODO

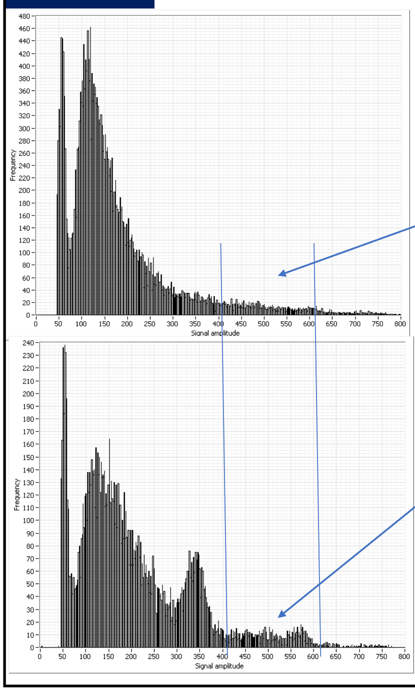
1) allontanare quanto più possibile il rivelatore dalla sorgente per determinare la frequenza dovuta al solo fondo
2) per ogni distanza determinare la frequenza dovuta alla somma del segnale e del fondo (eventualmente correggere per il tempo morto $r^* = r/(1-r\tau)$
3) sottrarre il contributo del fondo

2° METODO

1) per ogni distanza determinare la frequenza di conteggi relativa al solo fotopicco a 511 keV determinando il contributo del fondo con l'aiuto del cursore
2) eventualmente correggere per il fattore dovuto al tempo morto $1/(1-r\tau)$



3° METODO



conteggi del fondo a 1275 keV→ r_{F1275}

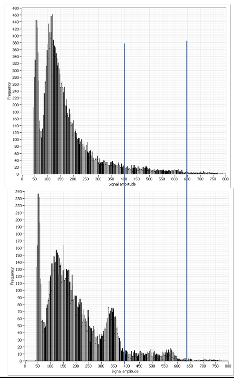
conteggi di segnale + fondo a 1275 keV →r_{N1275}

la frequenza $\mathbf{r_{S1275}} = r_{N1275} - r_{F1275}$ va eventualmente corretta per il fattore di tempo morto $1/(1-r\tau)$ se la percentuale di tempo morto $\Delta = r\,\tau > 2\%$

(con r di tutto lo spettro!!!)

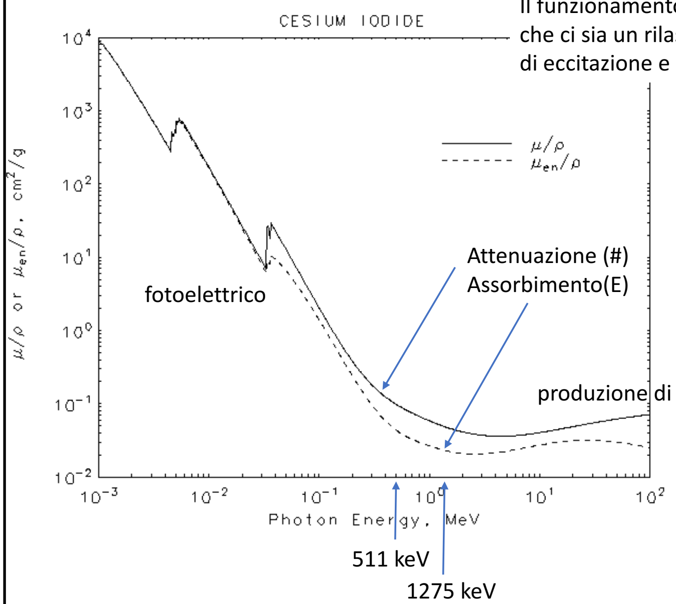
OPERATIVAMENTE

1) Acquisire uno spettro per determinare dove finisce il fotopicco a 511 keV
2) Acquisire uno spettro di solo fondo per determinare la frequenza del fondo complessiva e quella relativa ai gamma da 1275 keV
3) Per ogni valore di d determinare:
   - la frequenza complessiva
   - quella a 511 keV sottraendo il fondo calcolato col cursore
   - quella relativa ai gamma da 1275 keV
4) Correggere, se necessario, le frequenze ottenute per il fattore di tempo morto $1/(1-r\tau)$
5) Elaborare parallelamente le tre serie di dati
6) Confrontare le 3 pendenze "-2"
7) Ricavare i 3 valori $\eta\varepsilon$



INTERAZIONE DEI GAMMA CON LA MATERIA

Il funzionamento degli scintillatori richiede che ci sia un rilascio di energia sotto forma di eccitazione e ionizzazione (Bethe-Bloch).



$\varepsilon_{511} > \varepsilon_{1275}$

η_{511}=1,8 (2x90%)

η_{1275}=1 (1x100%)

EFFICIENZA DI RIVELAZIONE

Consideriamo un fascio di raggi gamma che penetra in un mezzo con una intensità di fluenza $\dot{\varphi}$ (numero di particelle che attraversano una superfice unitaria nell'unità di tempo).

A causa delle interazioni col materiale, in ogni spessore dx l'intensità $\dot{\varphi}$ subisce una diminuzione proporzionale alla probabilità di interagire (μ_{ATT} dx) moltiplicata per l'intensità: $d\dot{\varphi} = - \mu_{ATT}\, \dot{\varphi}\, dx$

Al valore del coefficiente μ_{ATT} contribuiscono tutti i tipi di interazione col materiale che il gamma di quella particolare energia può subire: μ_{ATT} è funzione dell'energia.

Integrando la relazione $d\dot{\varphi}/\dot{\varphi} = -\mu_{ATT}\, dx$ si ha $\dot{\varphi}(x) = \dot{\varphi}_0 e^{-\mu_{ATT}\, x}$: attraversando uno spessore x di materiale un certo numero di gamma interagisce col materiale e viene rimosso dal fascio o perché assorbito dal materiale (per esempio per effetto fotoelettrico) o perché deviato (per esempio per effetto Compton); la diminuzione è esponenziale.

Attraversando uno spessore x di materiale, quindi, interagisce con esso una frazione del fascio $\frac{\dot{\varphi}_{\text{non uscente}}}{\dot{\varphi}_{\text{entrante}}} = \frac{\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}(x)}{\dot{\varphi}_0} = 1 - e^{-\mu_{ATT}\, x}$.

EFFICIENZA DI RIVELAZIONE

Calcoliamo l'efficienza con la quale il contatore a scintillazione rivela i decadimenti del ^{22}Na che arrivano al cristallo.

Solo i gamma che hanno interagito nello scintillatore hanno rilasciato dell'energia e quindi possono essere rivelati. L'efficienza di rivelazione è pari alla frazione appena calcolata: $\varepsilon = 1 - e^{-\mu_{ATT}\, x}$ in cui x è la profondità del cristallo e $e^{-\mu_{ATT}\, x}$ è la probabilità che un gamma attraversi lo scintillatore senza essere rivelato.

I coefficienti di attenuazione per gamma sono spesso tabulati per unità di densità (coefficienti di attenuazione di massa) perché in larghi intervalli di energia diventano approssimativamente indipendenti dal tipo di materiale.

CsI	ρ = 4,51 g/cm^3
E(MeV)	μ/ρ (cm^2/g)
5.00000E-01	9.809E-02
1.25000E+00	5.110E-02

Per esprimerli come inverso di una lunghezza vanno moltiplicati per la densità del materiale (4,51 g/cm^3 per lo CsI). Pertanto si ha (x = 2,54 cm):

μ_{ATT}(0,5 MeV) = 9,8 10^{-2} x 4,5 = 0,44 cm^{-1} da cui $e^{-\mu_{ATT}\, x} = 0{,}33$ -> ε(0,5 MeV) = 67%

μ_{ATT}(1,25 MeV) = 5,1 10^{-2} x 4,5 = 0,23 cm^{-1} da cui $e^{-\mu_{ATT}\, x} = 0{,}56$ -> ε(1,25 MeV) = 44%

PROSSIMI LABORATORI:
MERCOLEDÌ 3 e 10 MAGGIO

PROSSIMA LEZIONE:
MARTEDÌ 9 MAGGIO

CONSEGNA QUADERNO:
ENTRO 30 MAGGIO