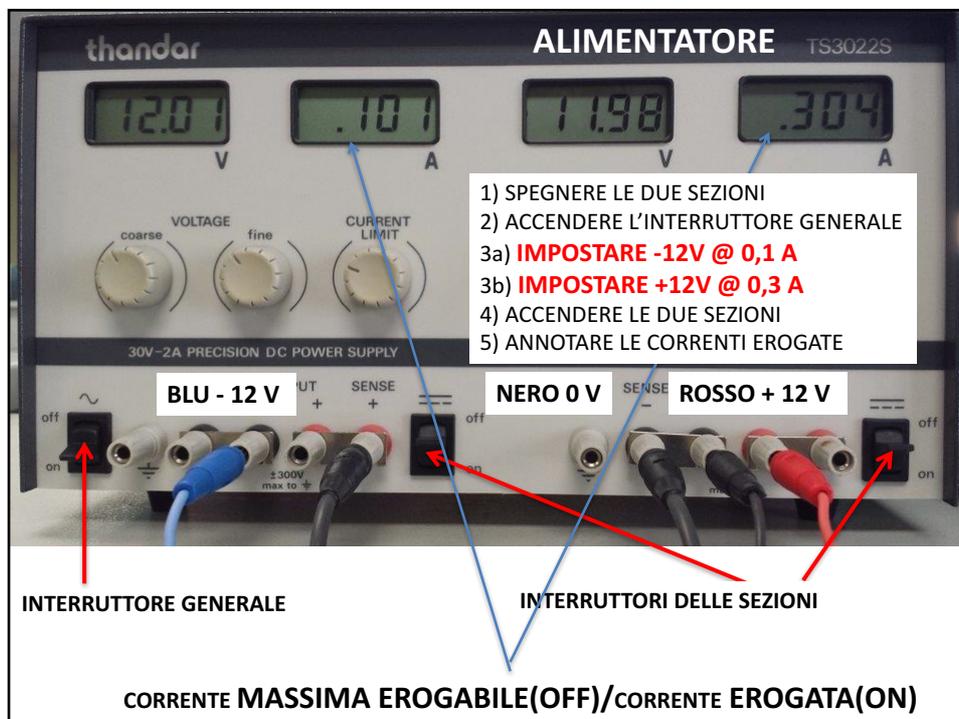


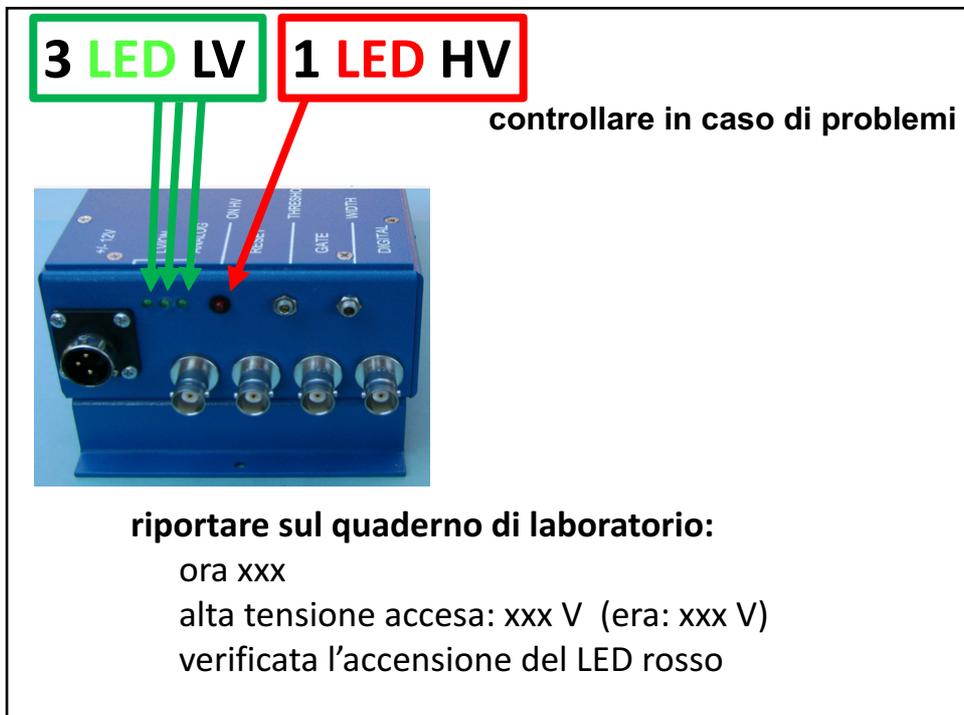
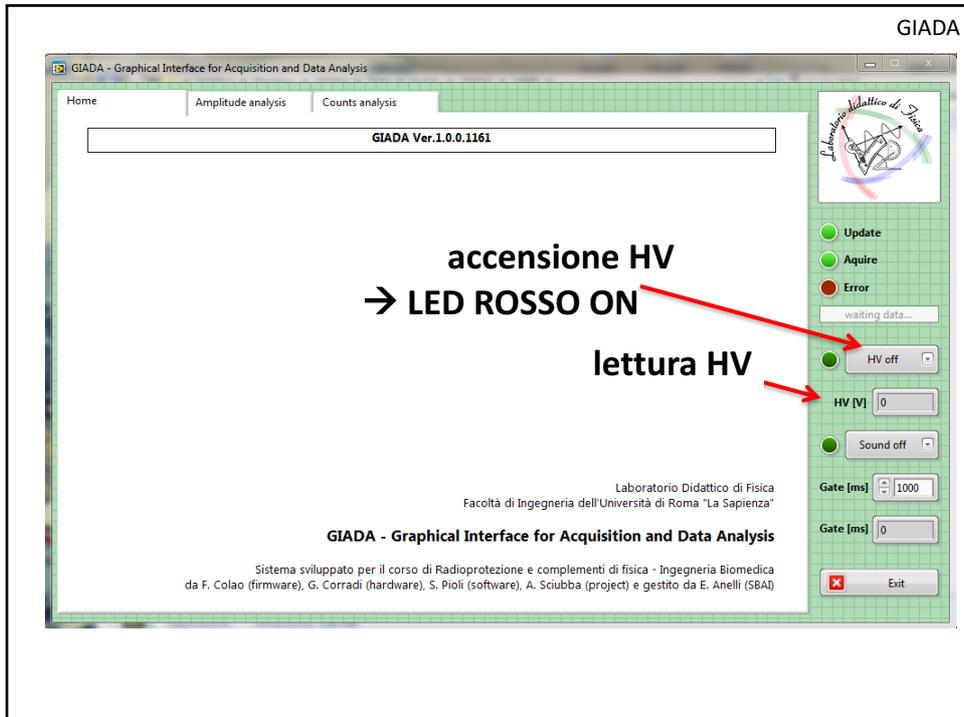


**LABORATORIO DI
FISICA DELLE RADIAZIONI APPLICATA ALLA MEDICINA**

QUINTA ESPERIENZA

**STUDIO DELL' ATTENUAZIONE DELLA RADIAZIONE
GAMMA NELLA MATERIA**







MULTIMETRO → SOGLIA

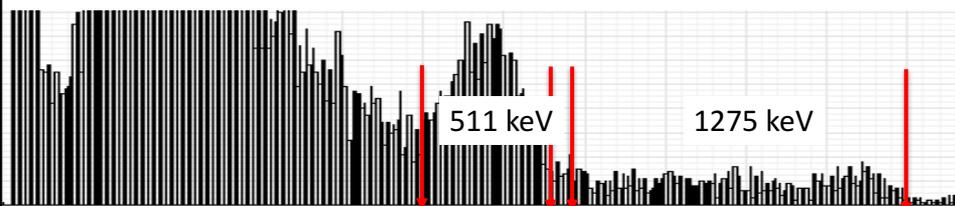
OSCILLOSCOPIO → DURATA

Verificare che il valore della soglia sia quello determinato precedentemente e che la durata (width) del segnale digitale sia $200 \mu\text{s}$

riportare sul quaderno di laboratorio:
 ora xxx
 lettura della soglia: xxx V (era: xxx V)
 durata del segnale xxx μs

RACCOLTA DATI PRELIMINARE

acquisire 100 GATEs da 1 s a distanza 0 cm per verificare che l'intervallo "1275 keV" dell'esperienza precedente sia ancora valido.



MISURA DEL FONDO (durante la lezione)

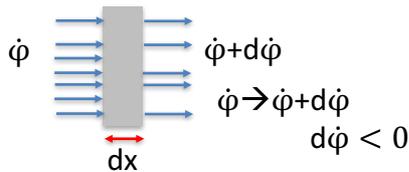
Far partire un **lunga** acquisizione di GATEs da 5 s) con il rivelatore alla **massima distanza** dalla sorgente.

Terminata la lezione salvare l'istogramma e il numero di GATEs e di eventi per determinare le frequenze di fondo r_F e r_{F1275}

ATTENUAZIONE: effetto di schermo

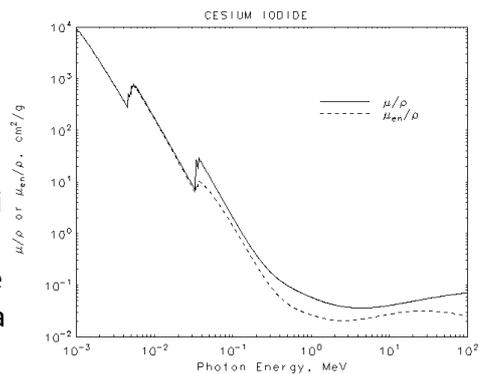
Consideriamo un fascio di raggi gamma che penetra in un mezzo con una intensità di fluena $\dot{\phi}$ (numero di particelle che attraversano una superficie unitaria nell'unità di tempo).

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



→ Il valore di μ_{ATT} (probabilità di interazione per unità di percorso) considera tutti i tipi di interazione col materiale che un gamma di una determinata energia può subire:

μ_{ATT} è funzione del materiale e dell'energia.



ATTENUAZIONE: effetto di schermo

Integrando $d\dot{\phi}/\dot{\phi} = -\mu_{ATT} dx$ si ottiene $\dot{\phi}(x) = \dot{\phi}_0 e^{-\mu_{ATT} x}$: 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.

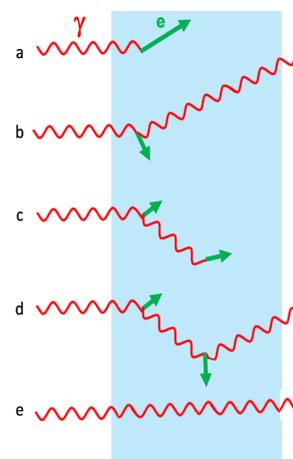
La frequenza di particelle che incide su uno schermo di superficie ΔS è $r = \dot{\phi} \Delta S$.

Nell'attraversare lo spessore x di materiale il numero di gamma si riduce (attenuazione).

La frequenza di particelle uscenti dallo schermo è: $r(x) = \dot{\phi}(x) \Delta S = \dot{\phi}_0 \Delta S e^{-\mu_{ATT} x}$

La frazione che interagisce con materiale è

$$\frac{\dot{\phi}_{non\ uscente}}{\dot{\phi}_{entrante}} = \frac{\dot{\phi}_0 - \dot{\phi}(x)}{\dot{\phi}_0} = 1 - e^{-\mu_{ATT} x}$$



SPERIMENTALMENTE

$$r(x) = \dot{\phi}_0 \Delta S e^{-\mu_{\text{ATT}} x} + r_F$$

Per osservare qualitativamente l'effetto di schermo va realizzato un **primo** grafico **r vs x** (correggendo per l'eventuale tempo morto). Si otterrà un andamento di tipo esponenziale

Più quantitativamente va realizzato un **secondo** grafico: **ln(r-r_F) vs x**
Per visualizzare un andamento lineare. Va sottratta la frequenza di conteggi di fondo ottenuta con l'acquisizione lunga (GATEs da 5 s)

E, per tener conto delle diverse energie, un **terzo** grafico:

$$\ln(r_{1275} - r_{F1275}) \text{ vs } x$$

sottraendo la frequenza di fondo r_{F1275} relativa alla zona "1275 keV"

Elaborare con i minimi quadrati i dati del secondo e terzo grafico per ricavare il coefficiente di attenuazione ($\mu_{\text{ATT}} = -p$).

RACCOLTE DATI con x = 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 mm di W

ATTENZIONE A NON ALLONTANARE IL CONTATORE dal bordo del cilindro di plexiglas: l'effetto $1/R^2$ si sommerebbe a quello dell'attenuazione.

CORREGGERE PER IL TEMPO MORTO

Per ogni valore di x **acquisire** 200 GATEs da 3 s (~ 15 minuti)

e **determinare** (con l'eventuale correzione per il tempo morto):

- la frequenza complessiva di conteggi sottraendo la frequenza di fondo r_F calcolata precedentemente (registrare il numero di gates, la media e la deviazione standard)
- quella relativa ai gamma da 1275 keV sottraendo la frequenza di fondo r_{F1275} calcolata precedentemente (registrare il numero di eventi in "1275 keV")
- Salvare lo spettro di energia (0-1000; 1000 canali)

Togliere le lastre di W, inserire il provino di ferro e acquisire GATEs da 3 s fino a fine lezione

NIST: <http://www.physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef>

Energy (MeV)	W Z = 74; densità = 1,930E+01 g/cm ³		Fe Z = 26; densità = 7,874E+00 g/cm ³	
	μ/ρ (cm ² /g)	μ_{en}/ρ (cm ² /g)	μ/ρ (cm ² /g)	μ_{en}/ρ (cm ² /g)
1.00000E-01	4.438E+00	2.100E+00	3.717E-01	2.177E-01
1.50000E-01	1.581E+00	9.378E-01	1.964E-01	7.961E-02
2.00000E-01	7.844E-01	4.913E-01	1.460E-01	4.825E-02
3.00000E-01	3.238E-01	1.973E-01	1.099E-01	3.361E-02
4.00000E-01	1.925E-01	1.100E-01	9.400E-02	3.039E-02
5.00000E-01	1.378E-01	7.440E-02	8.414E-02	2.914E-02
6.00000E-01	1.093E-01	5.673E-02	7.704E-02	2.836E-02
8.00000E-01	8.066E-02	4.028E-02	6.699E-02	2.714E-02
1.00000E+00	6.618E-02	3.276E-02	5.995E-02	2.603E-02
1.25000E+00	5.577E-02	2.761E-02	5.350E-02	2.472E-02
1.50000E+00	5.000E-02	2.484E-02	4.883E-02	2.360E-02
2.00000E+00	4.433E-02	2.256E-02	4.265E-02	2.199E-02
3.00000E+00	4.075E-02	2.236E-02	3.621E-02	2.042E-02
4.00000E+00	4.038E-02	2.363E-02	3.312E-02	1.990E-02
5.00000E+00	4.103E-02	2.510E-02	3.146E-02	1.983E-02

ATTENUAZIONE: efficienza di rivelazione

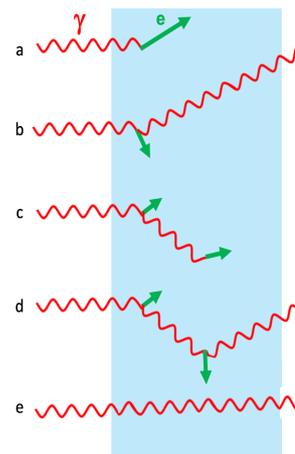
Con quale efficienza ε il contatore a scintillazione rivela i decadimenti del ²²Na che arrivano al cristallo?

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 già calcolata:

$$\varepsilon = \frac{\dot{\Phi}_{\text{non uscente}}}{\dot{\Phi}_{\text{entrante}}} = \frac{\dot{\Phi}_0 - \dot{\Phi}(x)}{\dot{\Phi}_0} = 1 - e^{-\mu_{\text{ATT}} x}$$

in cui x è la profondità del cristallo (2,54 cm) e $e^{-\mu_{\text{ATT}} x}$ è la probabilità che un gamma attraversi lo scintillatore senza essere rivelato.



ATTENUAZIONE: efficienza di rivelazione

$$\varepsilon = 1 - e^{-\mu_{ATT} x}$$

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

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/cm³ per lo CsI).

$$\mu_{ATT}(0,5 \text{ MeV}) = 9,8 \cdot 10^{-2} \times 4,5 = 0,44 \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{da cui } e^{-\mu_{ATT} x} = 0,33 \rightarrow \varepsilon(0,5 \text{ MeV}) = 67\%$$

$$\mu_{ATT}(1,25 \text{ MeV}) = 5,1 \cdot 10^{-2} \times 4,5 = 0,23 \text{ cm}^{-1}$$

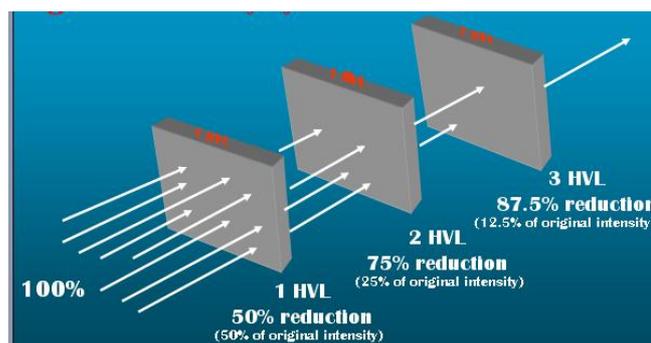
$$\text{da cui } e^{-\mu_{ATT} x} = 0,56 \rightarrow \varepsilon(1,25 \text{ MeV}) = 44\%$$

$$(\eta\varepsilon_{Na22}) = 2 \times 90\% \times 67\% + 1 \times 100\% \times 44\% = 1,6$$

ATTENUAZIONE: strato emivalente SEV (HVL: Half Value Layer)

Nella pratica si preferisce considerare lo spessore di materiale necessario per dimezzare il numero di particelle incidenti:

- 1 strato = 1/2
- 2 strati = 1/4
- 3 strati = 1/8
- 4 strati ...



$$\varphi(\text{SEV}) = \frac{1}{2} \varphi_0 = \varphi_0 e^{-\mu_{ATT} \text{SEV}}$$

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\mu_{ATT} \text{SEV}$$

$$\text{SEV} = \ln(2)/\mu_{ATT}$$

RETRO QUADERNO:

1. Riportare il coefficiente di attenuazione del tungsteno per ^{22}Na e per gamma da 1275 keV confrontandoli con i valori teorici ($^{22}\text{Na} = 1,8/2,8$ 511 keV + $1,0/2,8$ 1275 keV)
2. Ricavare dai dati lo strato emivalente di W ed utilizzarlo per calcolare quale spessore di W è necessario per avere un'attenuazione di circa 1000 a 511 keV
3. Confrontare a 1275 keV la misura del coefficiente di attenuazione del ferro con il valore teorico

**CONSEGNA QUADERNO
ENTRO MARTEDI' 30 MAGGIO**

**MERCOLEDI' 17 MAGGIO ricevimento in LABORATORIO
(9-12) per chiarimenti su misure e retro-quaderno**

OPIS ...