

# Misura della sezione d'urto differenziale Compton in funzione dell'angolo di scattering

Marta Ferrero, Giulia Maineri, Federico Zangari

Dipartimento di Fisica  
Università degli studi di Milano

Laboratorio di Misure Nucleari  
Giugno 2022

# Table of Contents

- 1 Introduzione teorica
- 2 Descrizione del setup sperimentale
- 3 Presa dati
- 4 Analisi dati
- 5 Conclusioni

# Introduzione teorica

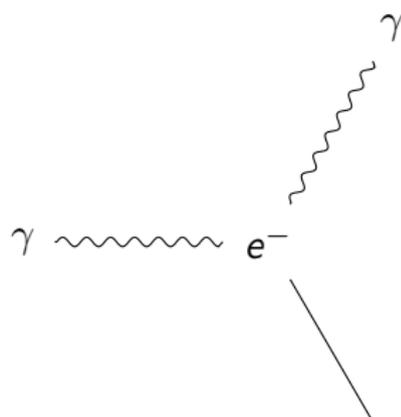
L'effetto Compton è un processo di scattering elastico che avviene per interazione tra elettroni e fotoni ad alta energia.



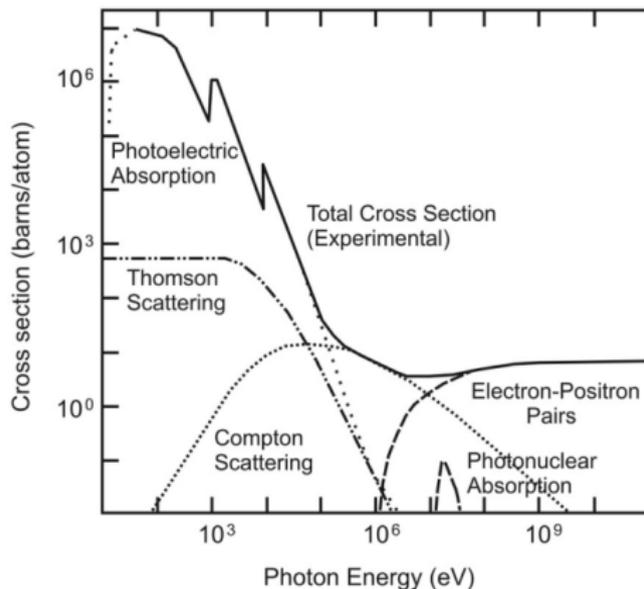
Il fotone uscente ha una energia cinetica minore rispetto al fotone incidente,  $E_1 < E_0$ , e subisce una deviazione di angolo  $\theta$ .

La sezione d'urto riguarda la probabilità di un determinato processo fisico. Nel caso dell'effetto Compton:

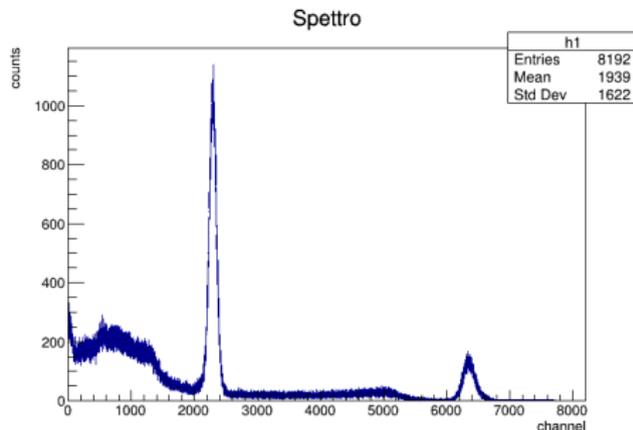
$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = Z \frac{1}{2} r_e^2 \left( \frac{E_1}{E_0} \right)^2 \left( \frac{E_1}{E_0} + \frac{E_0}{E_1} - \sin^2 \theta \right) \quad (2)$$



# Introduzione teorica

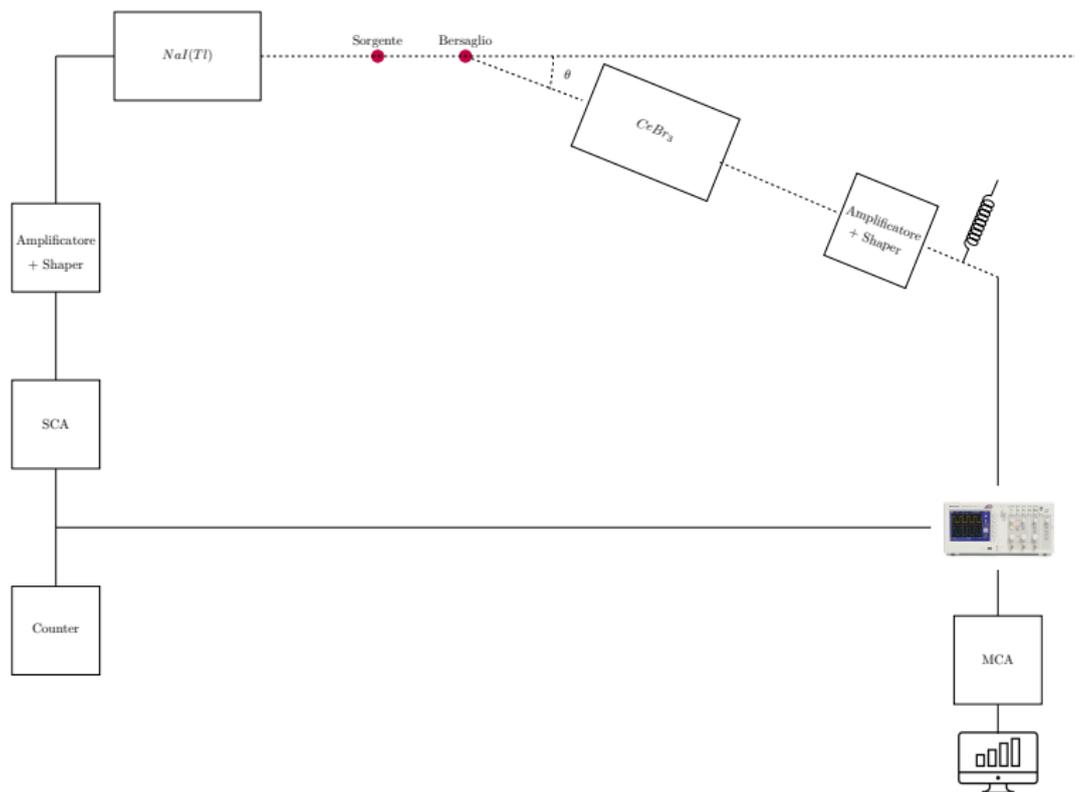


Compton dominante nel range:  
 $100 \text{ keV} - 1 \text{ MeV}$



- I : energia degli elettroni scatterati  $\rightarrow$  Compton Edge, massima energia trasferibile
- II: multiple scattering Compton
- III: assorbimento completo

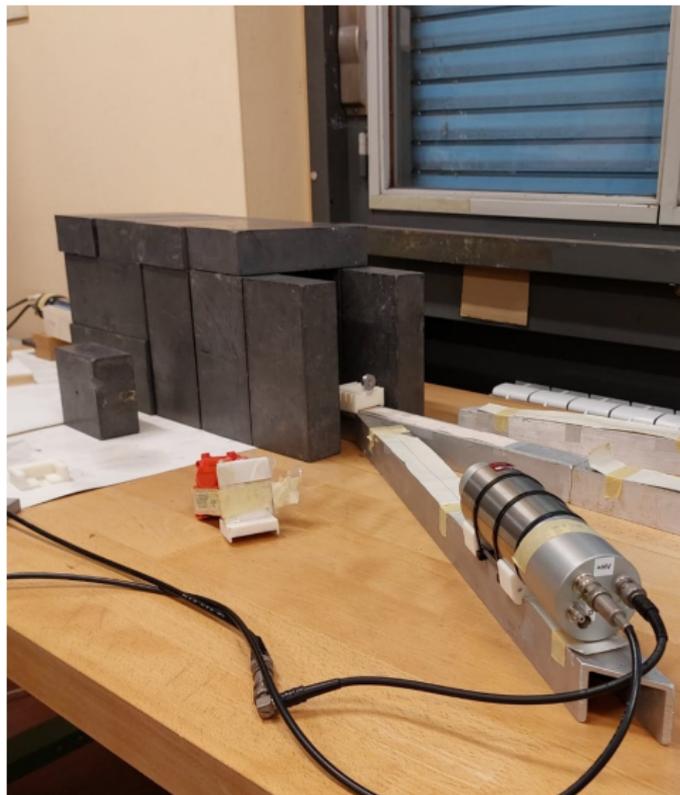
# Descrizione del setup sperimentale



# Descrizione del setup sperimentale

## Elementi dell'apparato sperimentale

- Scintillatore in ioduro di sodio
- Scintillatore in bromuro di cerio
- Bersaglio in alluminio
- Single Channel Analyzer
- Multi Channel Analyzer
- Time Delay
- Counter



# Descrizione del setup sperimentale

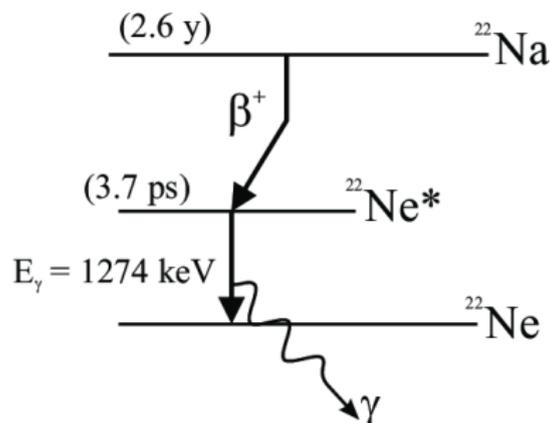
**Sorgente al sodio:** decadimento  $\beta^+$



$\rightarrow$  *para-positronio* (4)



I fotoni vengono emessi back-to-back a energia ben definita  $E_0 = 511$  keV.

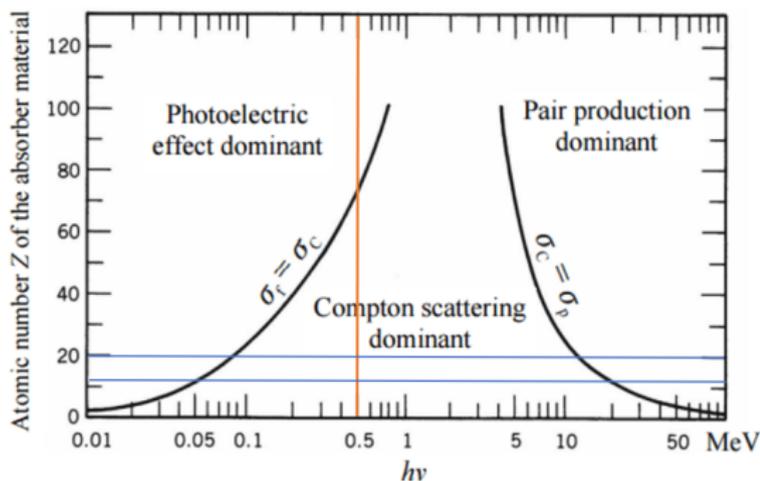


- Picco di diseccitazione del Neon a 1274 keV
- Picco somma a 1785 keV
- Picco di back scattering

# Descrizione del setup sperimentale

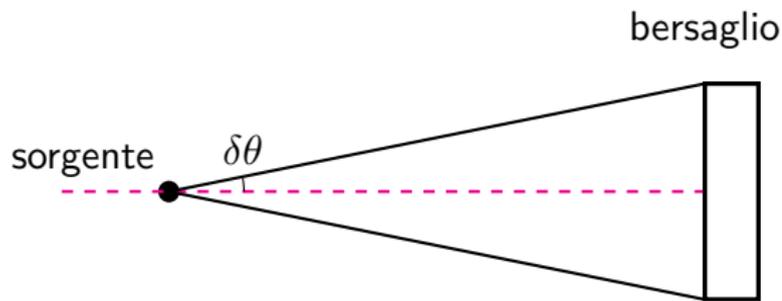
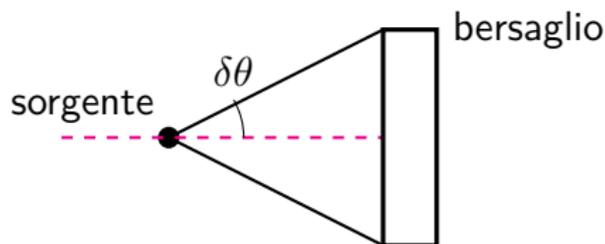
## Scelta del bersaglio

- sezione d'urto Compton  
→ regione a basso  $Z$
- confronto di C, Al e Cu  
→ Al
- match con lo scintillatore  
→ forma a disco
- libero cammino medio  
→ spessore 0,5 cm
- raggio tenendo conto di bersaglio puntiforme e statistica



## Scelta delle distanze

- L'errore relativo in una misura di conteggio scala come  $\frac{\Delta N}{N} \propto \frac{1}{\sqrt{N}}$   
→ bisogna aumentare il numero di eventi per ridurre le incertezze  
→ ridurre le distanze.
- Per ridurre la dispersione angolare del fascio di fotoni bisogna aumentare la distanza sorgente-rivelatore



## Preparazione del setup sperimentale

- Risoluzione energetica  $\frac{\Delta E}{E} \rightarrow \text{CeBr}_3$   
scelto come rivelatore mobile



- Auto-calibrazione di  $\text{NaI(Tl)}$
- Regolazione del Time Delay
- Calibrazione canali-energia

$$E(\text{keV}) = (0.187 \pm 0.004) \cdot ch + (81 \pm 19)$$



- Efficienza relativa

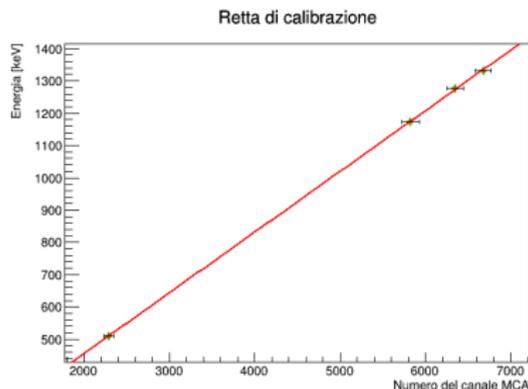
| <i>efficienza teorica</i> | <i>efficienza sperimentale</i> |
|---------------------------|--------------------------------|
| 0,164                     | $0,120 \pm 0,002$              |

Table 1:  $\text{NaI(Tl)}$

| $A X$            | $\sigma_E/E$ |
|------------------|--------------|
| $^{22}\text{Na}$ | 0,085        |
| $^{60}\text{Co}$ | 0,074        |
| $^{60}\text{Co}$ | 0,045        |

Table 2:  $\text{CeBr}_3$

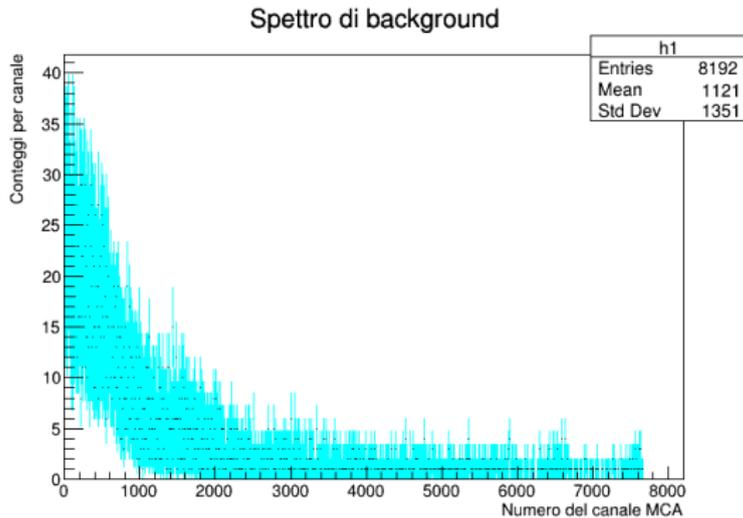
| $A X$            | $\sigma_E/E$ |
|------------------|--------------|
| $^{22}\text{Na}$ | 0,023        |
| $^{60}\text{Co}$ | 0,021        |
| $^{60}\text{Co}$ | 0,018        |



## Acquisizione degli spettri tramite software Maestro

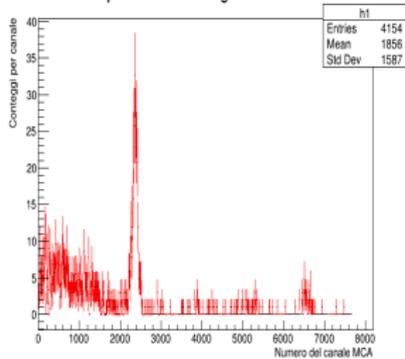
Si è acquisito uno spettro di background, con sorgente e senza bersaglio, posizionando il rivelatore a  $30^\circ$

→ si è poi sottratto questo rumore di fondo alle misure effettuate

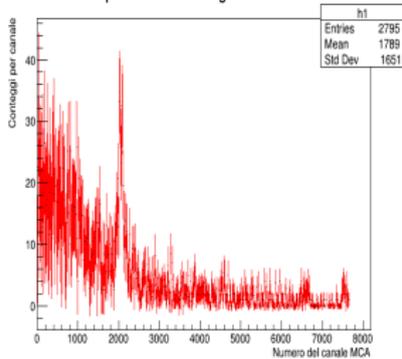


# Presa Dati - Acquisizione spettri

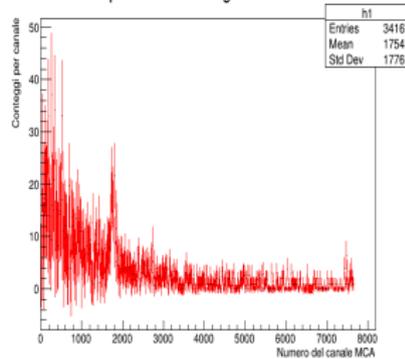
Spettro senza background  $\theta = 15^\circ$



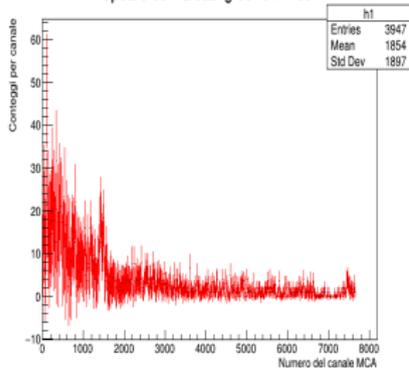
Spettro senza background  $\theta = 30^\circ$



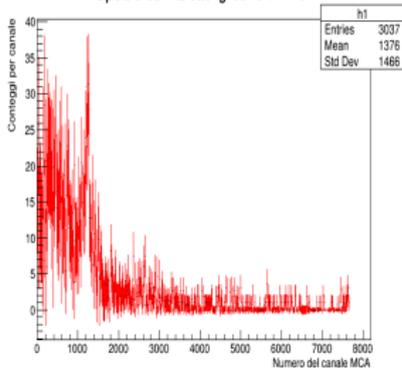
Spettro senza background  $\theta = 45^\circ$



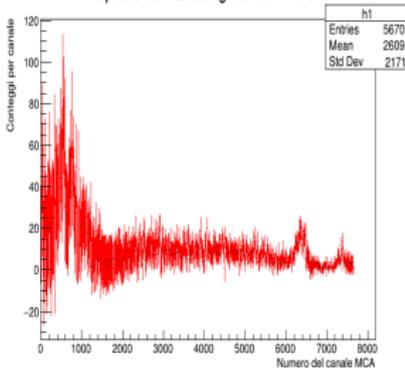
Spettro senza background  $\theta = 60^\circ$



Spettro senza background  $\theta = 75^\circ$



Spettro senza background  $\theta = 150^\circ$

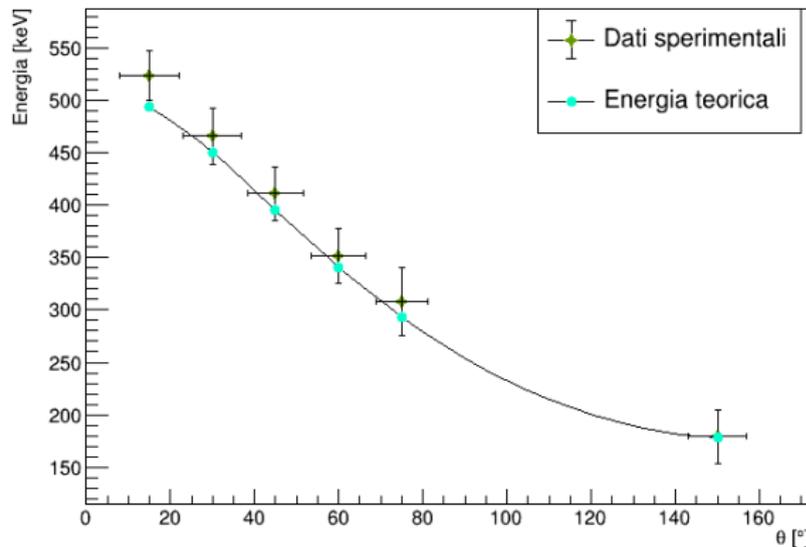


# Analisi dati

Si è confrontata l'energia dei picchi ottenuti, tutti analizzati con un programma in C++, con quella attesa teoricamente.

- incertezza sui parametri della calibrazione → errore sistematico
- incertezza sulla posizione del picco → errore statistico

Energia fotoni Compton



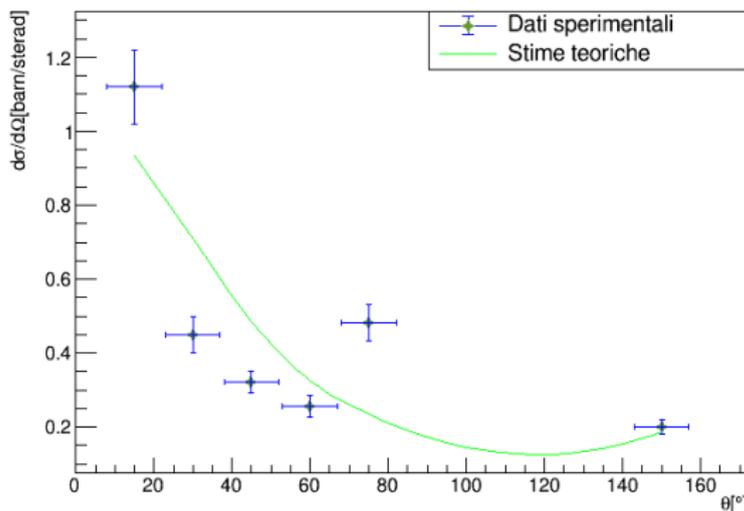
Per il calcolo della sezione d'urto si è sfruttata la relazione:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{N}{ndzn_T \Delta\Omega}$$

Misurando  $N$  numero dei fotoni emessi e  $n$  numero dei fotoni incidenti sul bersaglio, è stato possibile ricavare  $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ , tenendo conto dell'efficienza.

- propagazione delle incertezze su  $\frac{d\sigma}{d\Omega}$
- stima dell'incertezza sugli angoli

Sezione d'urto differenziale Compton



## Risultati ottenuti

- misura dell'efficienza del rivelatore in  $CeBr_3$

$$\varepsilon = 0,120 \pm 0,002$$

- energia dei fotoni scatterati entro le incertezze
- andamento sezione d'urto Compton compatibile

## Problemi in fase sperimentale

- misure più alte del previsto a  $15^\circ, 70^\circ \rightarrow$  disallineamento
- integrazione dello spettro intero
- errore sistematico dato dalla calibrazione

## Improvements

- bersaglio più grande per aumentare la statistica  $\rightarrow$  considerare solo il foto-picco di cui si ha  $\varepsilon$