



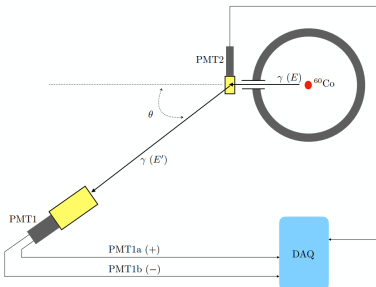
UNIVERSITÀ DI PISA

Effetto Compton

Alberto Montanelli

Laboratorio di Interazioni Fondamentali
Facoltà di Fisica

Obbiettivi dell'esperienza e Setup sperimentale



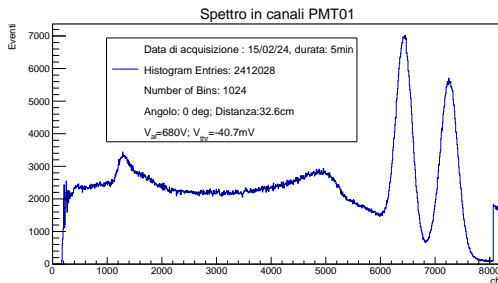
Obbiettivo: misura m_e tramite E' e θ del γ diffuso nello scattering Compton

$$E' = \frac{E}{1 + \frac{E}{m_e}(1 - \cos\theta)}$$

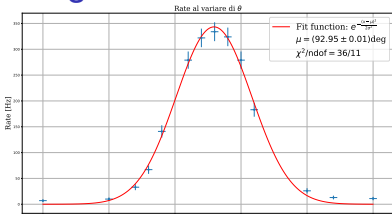
- Sorgente $^{60}\text{Co} \xrightarrow{\beta^-} ^{60}\text{Ni}^{**} \rightarrow ^{60}\text{Ni} + 2\gamma$;
- $\gamma_1 = 1.173\text{MeV}$; $\gamma_2 = 1.333\text{MeV}$.
- Misura spettro energia γ diffuso per $\theta \in [15^\circ, 30^\circ]$ e stima m_e da singola misura;
- Misura m_e tramite un fit di E' vs θ .

Strumentazione:

- Scintillatore plastico PMT02;
- Scintillatore inorganico NaI PMT01
- Moduli NIM (discriminatore, amplificatore, AND, DUAL TIMER)
- Analizzatore multicanale: ADC che campiona la tensione in canali (8192 totali).
#canali $\propto V_{\text{alim.PMT}}$.
Canale \propto energia evento.



Angolo zero - Punti di lavoro - Coincidenza del gate



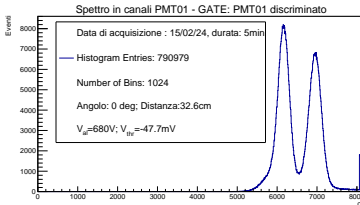
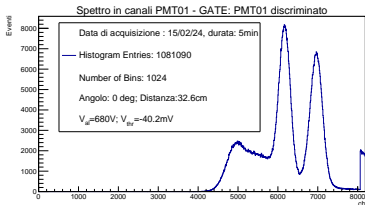
Fit gaussiano per l'angolo zero:

$$\theta_0 = (92.95 \pm 0.01)^\circ;$$

Scelta tensione di soglia discrim. PMT02:

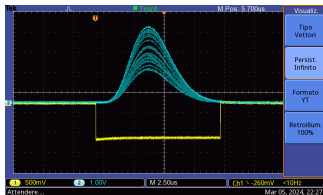
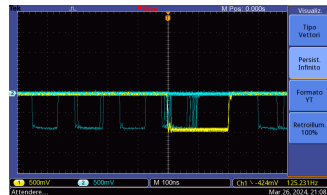
$$V_{thr.PMT02} = -40.5mV \rightarrow R_{s/n} = 30/60kHz;$$

$$V_{thr.PMT02} = -51.0mV \rightarrow R_{s/n} = 3/20kHz.$$



Scelta tensione di soglia PMT01 con GATE manuale:

$$V_{thr.PMT01} = (-20.7 \pm 0.5)mV$$



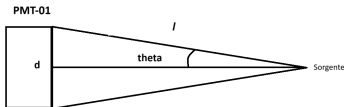
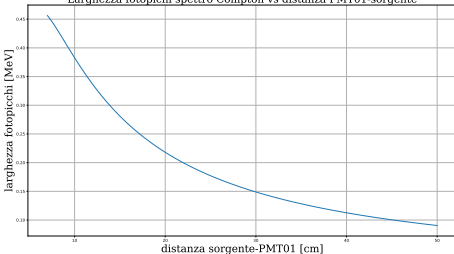
GATE: PMT01b&PMT02
 (ritardato di 50ns) a $\theta = 30^\circ$.

Il gate deve contenere PMT01a:

$$\omega_{GATE} = 10\mu s.$$

Andamento spettro Compton

Larghezza fotopichi spettro Compton vs distanza PMT01-sorgente



Divergenza angolare $\rightarrow \theta = \arcsin\left(\frac{d}{2l}\right)$;

Larghezza fotopichi:

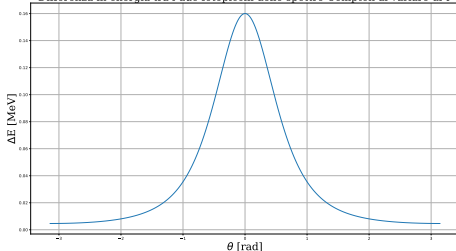
$$\frac{E}{1 + \frac{E}{m_e c^2} (1 - \cos(\alpha - \theta))} - \frac{E}{1 + \frac{E}{m_e c^2} (1 - \cos(\alpha + \theta))}$$

d scelta PMT01-sorgente: $l = 35\text{cm}$

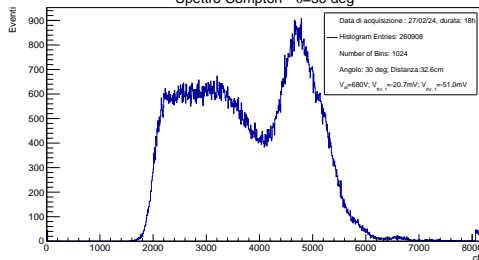
ΔE fotopichi al variare dell'angolo:

$$\frac{E_2}{1 + \frac{E_2}{m_e c^2} (1 - \cos(\theta))} - \frac{E_1}{1 + \frac{E_1}{m_e c^2} (1 - \cos(\theta))}$$

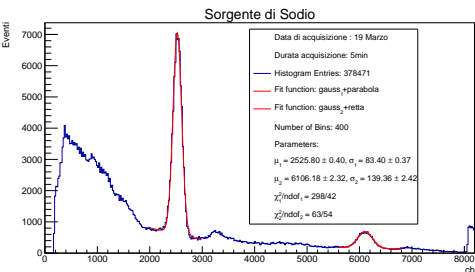
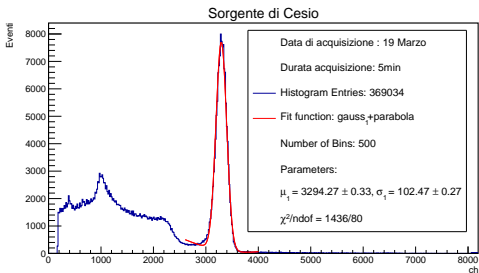
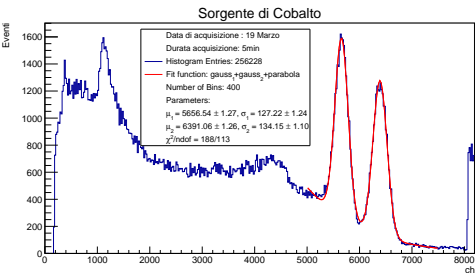
Differenza in energia tra i due fotopichi dello spettro Compton al variare di θ



Spettro Compton - $\theta=30$ deg



Fit degli spettri delle sorgenti di calibrazione



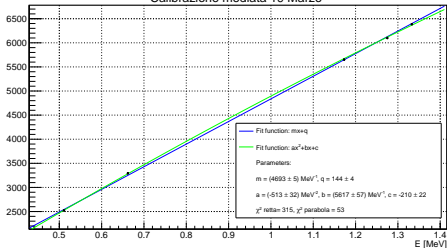
Stima in canali dei fotopicchi delle sorgenti:

- Fit degli spettri delle sorgenti (MLE):
 - Cobalto: double gauss+pol2
 - Cesio: gauss+pol2
 - Sodio: gauss₁+pol2₁ & gauss₂+pol1₂
- Presi dati: calibrazione 1 → spettro Compton → calibrazione 2
- $$\mu = \frac{\mu_{cal,1} + \mu_{cal,2}}{2}, \mu_{cal} \text{ dai fit gaussiani}$$

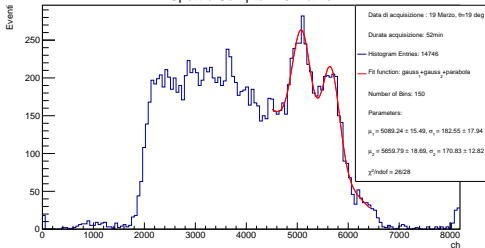
σ_μ : $\sigma_{stat.,medio} \pm \sigma_{sist.,medio}$ (variazione arbitraria di range di fit, bin e background fit function) + $\pm \left| \frac{\mu_1 - \mu_2}{2} \right|$ (variazione temporale dello spettro delle sorgenti in canali)

Misura della massa dell'elettrone - singola presa dati

Calibrazione mediata 19 Marzo



Spettro Compton 19 Marzo



μ_{fit} delle sorgenti

Co1	5653 ± 5
Co2	6387 ± 5
Na1	2524 ± 2
Na2	6100 ± 7
Cs	3292 ± 3

χ^2

retta	315
parabola	53

Parametri fit polinomiale

c	-210 ± 22
b [MeV^{-1}]	5617 ± 57
a [MeV^{-2}]	-513 ± 32

μ_{fit} spettro Compton

Picco 1	5089 ± 15
Picco 2	5660 ± 19

E' misurata

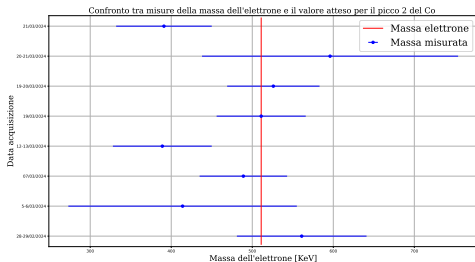
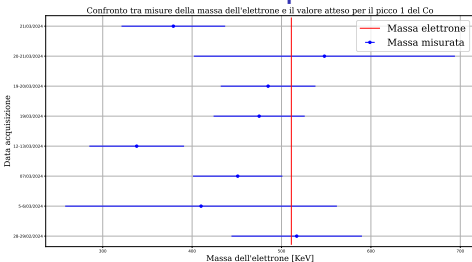
E'_1 [MeV]	1.034 ± 0.004
E'_2 [MeV]	1.167 ± 0.004

E' attesa a $\theta = 19^\circ$

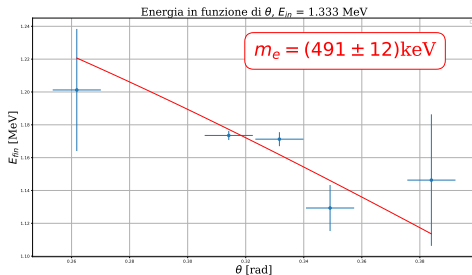
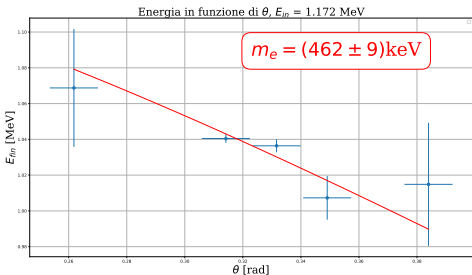
E'_1 [MeV]	1.042
E'_2 [MeV]	1.167

- Modello migliore: polinomiale (Wilks)
 $\Delta\chi^2 = 262 \text{ vs } \Delta_{\text{ndof}} = 1$
- Fit Spettro Compton (MLE): double gauss+parabola; $\sigma_\mu = \text{stat.} + \text{sist.}$
- Conversione canali \leftrightarrow energia:
 $ch = aE^2 + bE + c;$
 $E = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4a(c - ch)}}{2a}.$
- Stima massa elettrone da singola misura: $m_e = \frac{EE' [1 - \cos(\theta - \theta_0)]}{E - E'}.$

Plot E' vs θ e fit per la stima della massa dell'elettrone



Plot di E' vs $\theta \rightarrow$ Fit per m_e con fit function: $E' = \frac{E}{1 + \frac{E}{m}(1 - \cos(\theta - \theta_0))}$.



Absolute_sigma=False $\rightarrow \chi^2/\text{ndof} = 1 \rightarrow$ Errori su E' riscalati.