

BADANIE PROMIENIOWANIA KOSMICZNEGO

Autorzy: Piotr Sierant, Andrzej Syrwid

Opiekun: dr Jacek Zejma

Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

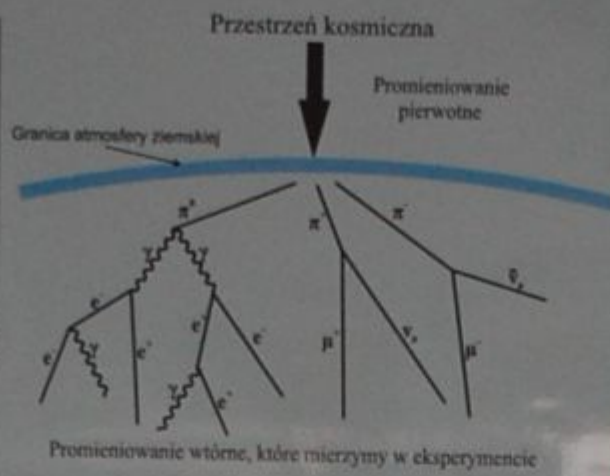
PROMIENIOWANIE PIERWOTNE I WTÓRNE

Promieniowanie pierwotne:

- protony (90%)
 - cząstki α (9%)
 - elektrony ($\sim 1\%$)
 - jądra lekkich pierwiastków (lit, beryl, węgiel, tlen)
- Energie cząstek $\leq 10^{11}$ GeV

Do powierzchni ziemi docierają:

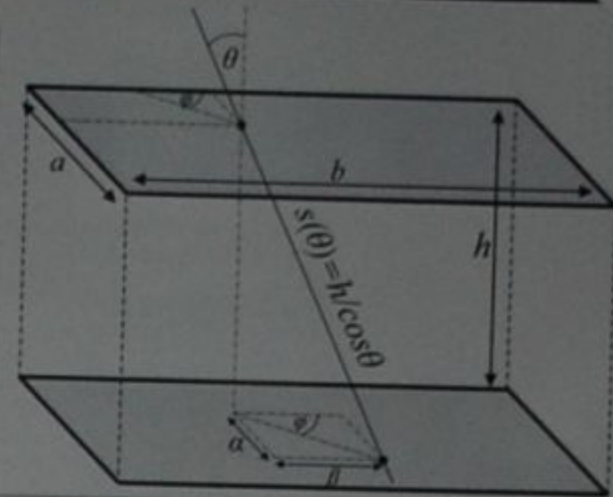
- miony (80%)
- elektrony (19%)
- nukleony (1%)



Wyznaczenie prędkości cząstek wymaga obliczenia ich średniej drogi pomiędzy scyntylatorami. Z rozważań geometrycznych:

$$\alpha = h \tan \theta \sin \varphi$$

$$\beta = h \tan \theta \cos \varphi$$



Efektywna powierzchnia dla cząstek sparametryzowanych kątami (θ, φ) wynosi:

$$A(\theta, \varphi) = (a - \alpha)(b - \beta)[\Theta(a - \alpha) - \Theta(-\alpha)][\Theta(b - \beta) - \Theta(-\beta)]$$

Średnia droga przebyta przez cząstki pomiędzy scyntylatorami wynosi:

$$d_{sr} = \frac{\int_0^{\pi/2} \int_0^{2\pi} \cos^2 \theta A(\theta, \varphi) s(\theta) \sin \theta d\varphi d\theta}{\int_0^{\pi/2} \int_0^{2\pi} \cos^2 \theta A(\theta, \varphi) \sin \theta d\varphi d\theta} = (100.81 \pm 2.64) \text{ cm}$$

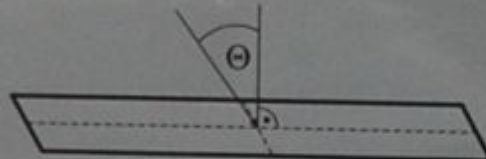
Wyznaczona w eksperymencie prędkość mionów:

$$v = \frac{d_{sr}}{t_p} = (3.38 \pm 0.30 \pm 0.09) \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ROZKŁAD KĄTOWY

Zależność natężenia promieniowania od kąta Θ opisana jest przybliżonym równaniem:

$$\frac{dN}{dS d\Omega dt} = I_0 \cos^2 \Theta$$



gdzie $I_0 \sim 70-100$ [$\text{m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{sr}^{-1}$], dN - liczba cząstek wpadających w $d\Omega$ w dt .

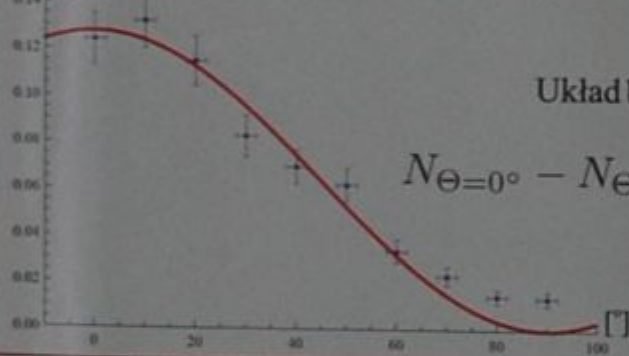
Dane znormalizowano do czasu 1s i dopasowywano do nich krzywą:

$$N[\text{s}^{-1}] = I_0 dS d\Omega \cos^2 \Theta$$

Parametr I_0 otrzymany z dopasowania jest zgodny z oczekiwaniami i wynosi:

$$I_0 = (79,5 \pm 2,5) \text{ m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$N[\text{s}^{-1}]$

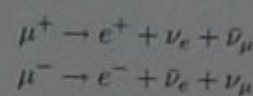


Układ był symetryczny:

$$N_{\Theta=0^\circ} - N_{\Theta=180^\circ} = (12 \pm 17) \text{ s}^{-1}$$

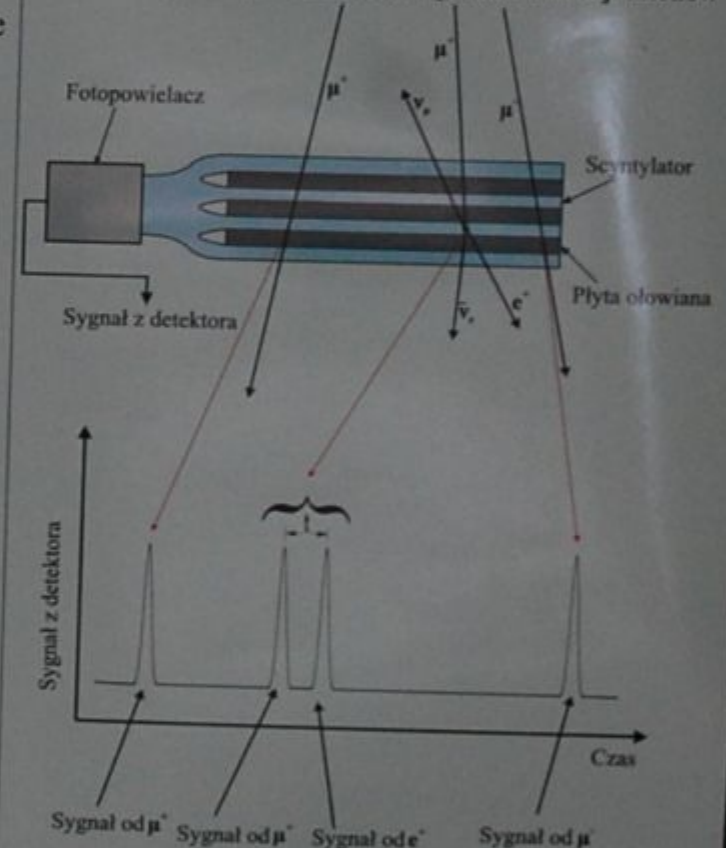
CZAS ŻYCIA MIONÓW

Miony to cząstki nietrwale, rozpadające się zgodnie ze schematami:

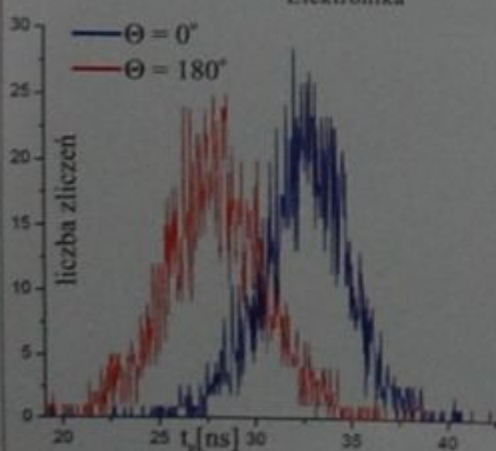
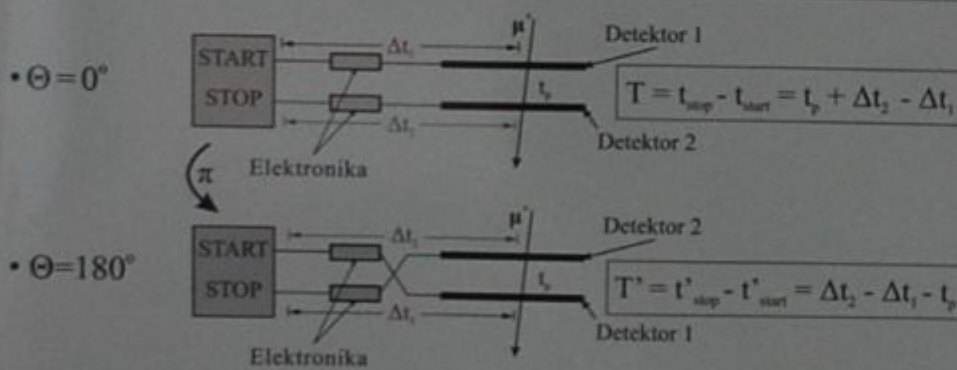


Większość mionów przelatuje przez detektor generując pojedynczy impuls. Obecność płyt ołowianych powoduje, że niewielka część mionów zatrzymuje się i rozpada - w takim zdarzeniu generowane są dwa skorelowane czasowo impulsy - rejestrujemy widmo różnic czasów między nimi.

Schematyczne przedstawienie sposobu detekcji mionów



PRĘDKOŚĆ MIONÓW



Zbierano widmo czasów T i T' .

Zachodzi następująca równość:

$$2 t_p = |T - T'|$$

Średni czas przelotu cząstki przez detektor uzyskany w eksperymencie wynosi:

$$t_p = (2.98 \pm 0.26) \text{ ns}$$

Do widma dopasowano krzywą postaci:

$$N(t) = A e^{-t/\tau} + N_0$$

τ - średni czas życia mionów,
 N_0 - stałe tło.

Wyznaczony w eksperymencie czas życia mionów wynosi:

$$\tau = 2.02 \pm 0.19 \mu\text{s}$$

wynik jest zgodny z wartością tablicową [1], która wynosi:

$$\tau_\tau = 2.1969803 \pm 0.0000022$$

Bibliografia

[1] D. M. Webber et al. (MuLan Collaboration), Phys. Rev. Lett. **106**, 041803 (2011)