

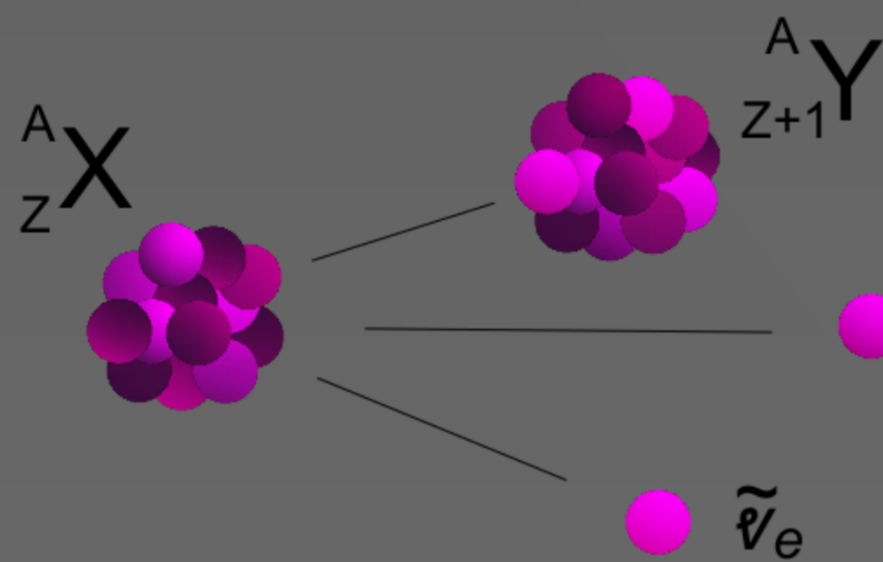
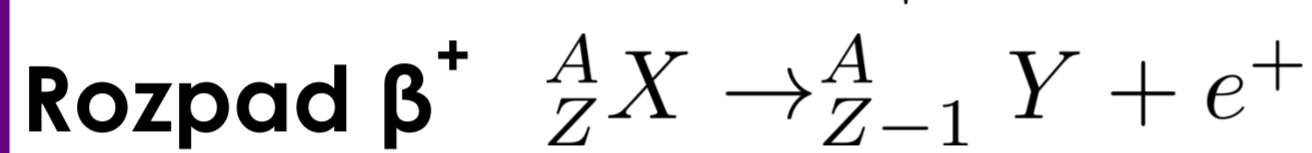
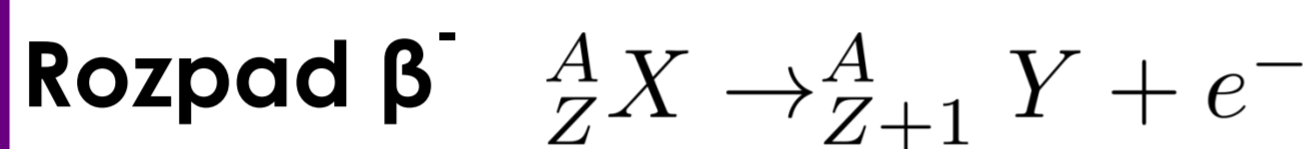


STRESZCZENIE

Celem przeprowadzonego doświadczenia było zbadanie rozpadu β dla źródła promieniowania strontu ^{90}Sr w funkcji pędu. Z otrzymanych pomiarów sporządzono wykres Fermiego – Kurie, z którego wyznaczono maksymalną energię elektronów emitowanych ze źródła. Pomiarzy zostały wykonane przy użyciu spektrometru magnetycznego.

Rozpady β

Rozpad β jest spontanicznym rozpadem protonu lub neutronu w jądrze co powoduje powstanie innego jądra różniącego się liczbą porządkową o $\Delta Z = \pm 1$. W jego wyniku powstaje promieniowanie β . W zależności od rodzaju rozpadu promieniowanie jest strumieniem elektronów (e^-) lub pozytonów (e^+). Liczba masowa A nie ulega zmianie.



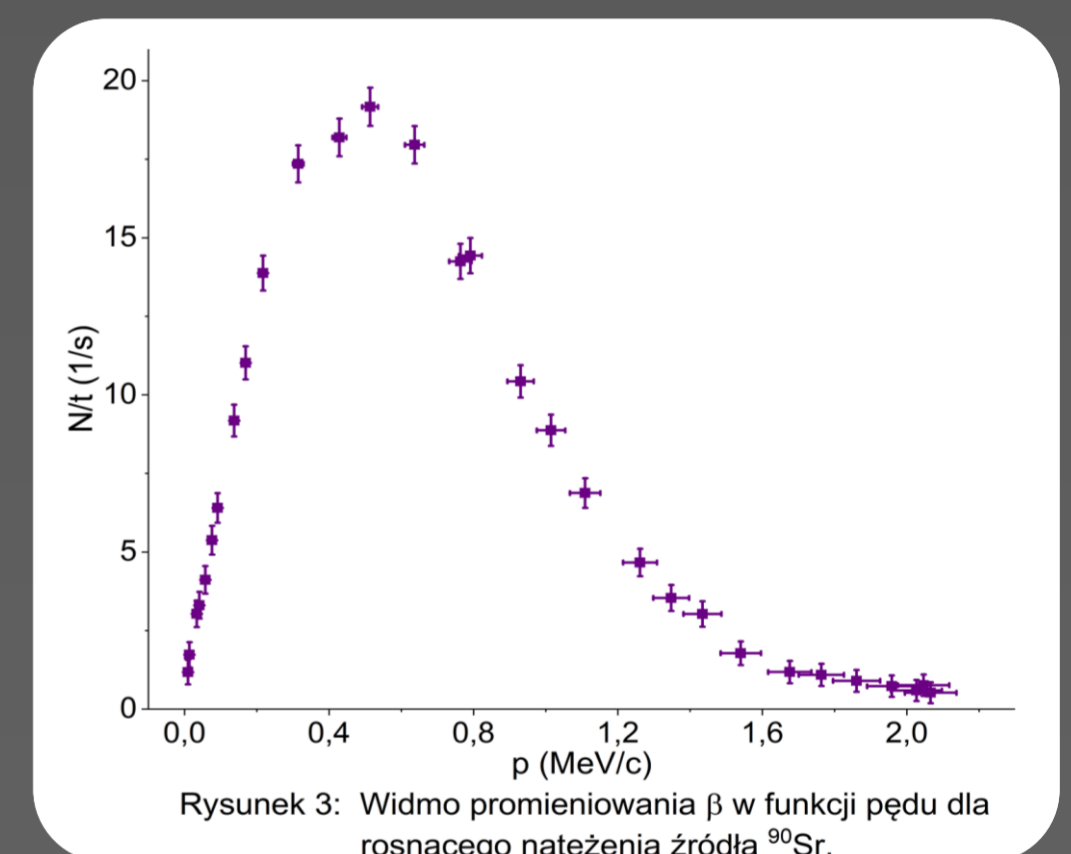
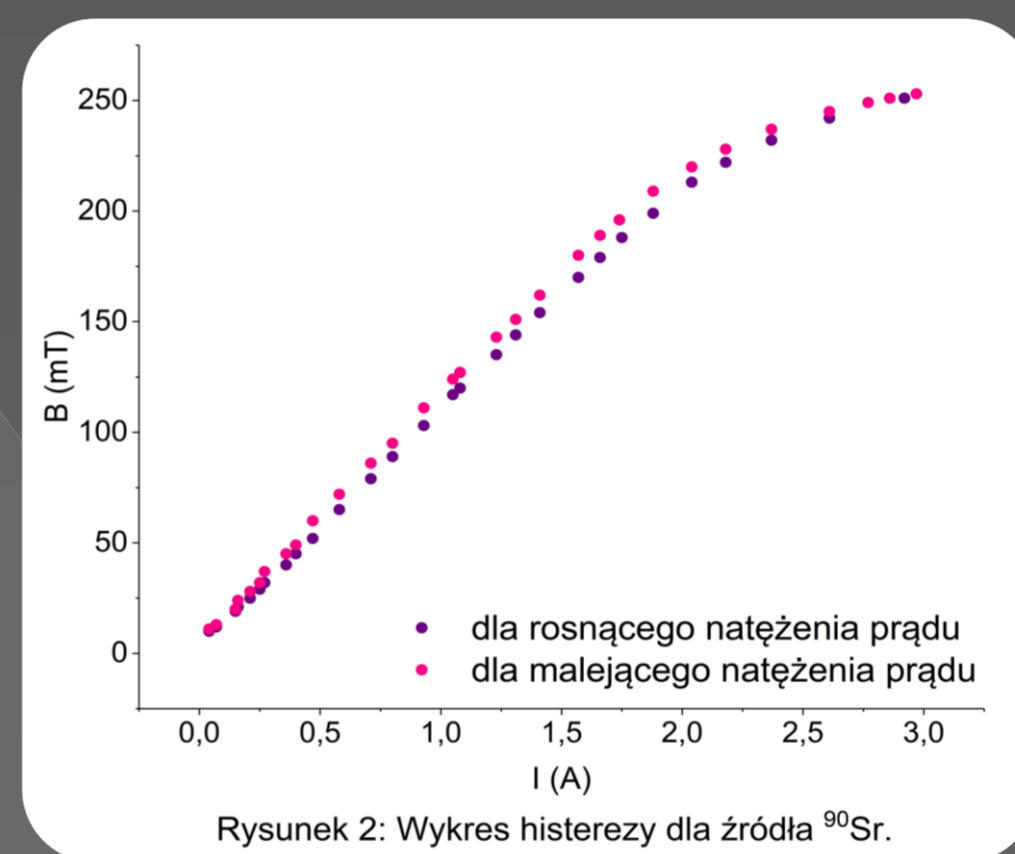
Co otrzymano?

Na Rysunku 2 przedstawiono wykres zależności indukcji pola magnetycznego od natężenia prądu w cewkach, na którym można zaobserwować zjawisko histerezy. Wiemy, że na poruszającą się cząstkę działa również siła dośrodkowa i przyrównując ją do siły Lorentza oraz uwzględniając przybliżenie relatywistyczne otrzymujemy zależności na funkcje pędu (2) i energii (3), które wykorzystano do wyznaczenia widma β , przedstawionego na Rysunku 3.

$$p = eBr, \quad (2)$$

$$E = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}, \quad (3)$$

gdzie c to prędkość światła, a m to masa elektronu w spoczynku.



Funkcja Fermiego-Kurie

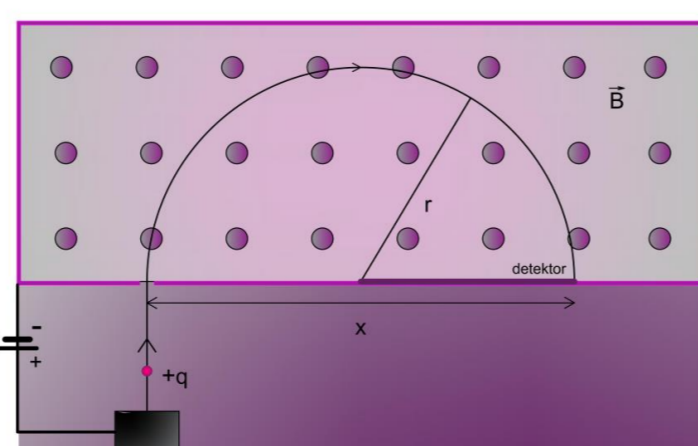
Funkcja Fermiego-Kurie opisana zależnością (1), określa widmo elektronów z rozpadu β , który zaszedł w wyniku przejścia typu dozwolonego (linia prosta) i jednokrotnie wzbronionego. Dla ostatniego typu przejścia używa się czynnika zależnego od pędu elektronów tzw. czynnika kształtu. Przedstawia ona zależność pierwiastka z natężenia elektronów dzieloną przez wartość pędu elektronów w zależności od ich energii.

$$\sqrt{\frac{N(p)}{Fp^2}} = C(E_{max} - E) = C(W_{max} - W), \quad (1)$$

gdzie $N(p)$ jest prawdopodobieństwem emisji cząstki o pędzie p , E_{max} to maksymalna energia uzyskana przez elektron (pozyton), W_{max} to maksymalna energia kinetyczna, C jest stałą, a F to funkcja wzbronienia tzw. funkcja Fermiego, która uwzględnia oddziaływanie kulombowski jądra z promieniowaniem β .

Na czym polega pomiar?

Układ doświadczalny wykorzystany w doświadczeniu składał się ze spektrometru magnetycznego, detektora Geigera – Müllera oraz teslomierza i miernika uniwersalnego [1]. W spektrometrze został umieszczony ^{90}Sr jako źródło promieniowania β^- . Promieniowanie to było rejestrowane przez licznik Geigera – Müllera. Promieniowanie β wchodzi prostopadle do pola B w spektrometrze magnetycznym i leci po torze o promieniu r przedstawionym na Rysunku 1. Działająca siła Lorentza $F_L = e\mathbf{v}\mathbf{B}$, gdzie e to ładunek elementarny, v jest prędkością cząstki, a B to indukcja pola magnetycznego, powoduje zakrzywienie toru ruchu promieniowania zgodnie ze wzorem (2). Następnie to promieniowanie dociera do licznika Geigera – Müllera. Wpadająca cząstka wywołuje jonizację atomów gazu wzdłuż swojego toru ruchu. Powstałe wolne elektrony i jony przyspieszane są w polu elektrycznym.

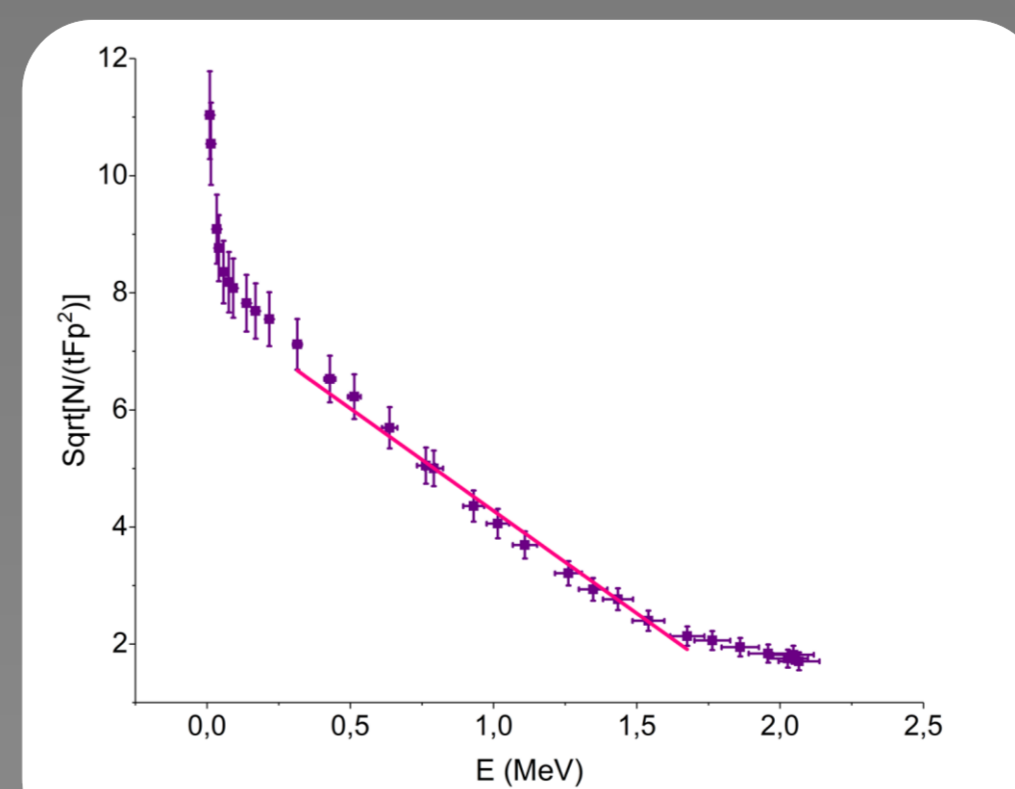


Rysunek 1: Schemat toru ruchu cząstki w spektrometrze magnetycznym.

Aby wyznaczyć energię maksymalną elektronów sporządzono wykresy Fermiego – Kurie, dla natężenia rosnącego i malejącego. Jeden z nich przedstawiono na Rysunku 4. W celu uniezależnienia się od efektu histerezy sporządzono wykresy dla rosnącego i malejącego pola B . Wykorzystano wzór funkcji Fermiego (4), ze źródła [2], dla jednokrotnie wzbronionych przejść i z uwzględnieniem efektów relatywistycznych.

$$F(Z, W) = \frac{k\delta}{1 - \exp(-k\delta)}, \quad (4)$$

gdzie $k = \pm 2\pi \frac{Ze^2}{h}$, $\delta = \frac{1}{1 - 1/(W/(m+1))^2}$. Przejścia typu dozwolonego wykazują liniowość (do wybranej części punktów dopasowano prostą), która pozwala wyznaczyć wartość maksymalnej energii. Średnia zmierzona wartość energii wynosi $E_{max} = 2.234 (92) \text{ MeV}$. Otrzymana wartość w granicach niepewności pokrywają się z wartością teoretyczną $E_{max} = 2.228 \text{ MeV}$ [3].



Rysunek 4: Wykres Fermiego-Kurie przy rosnącym natężeniu.

Podsumowując warto podkreślić, że niezbędne dane uzyskujemy jedynie z pomiaru zależności liczby zliczeń cząstek od pola magnetycznego przez które przelatują. Wtedy wykorzystując wykres Fermiego – Kurie w prosty sposób możemy określić zakres, w którym otrzymaliśmy przejścia dozwolone i tym samym wyznaczyć E_{max} emitowanego promieniowania β .

Bibliografia

- [1] www.2pf.if.uj.edu.pl (instrukcja do ćwiczenia Z32)
- [2] P. Venkataramaiah et al., J. Phys. G: Nucl. Phys. 11 (1985) 359
- [3] <http://const.physics.edu.pl>