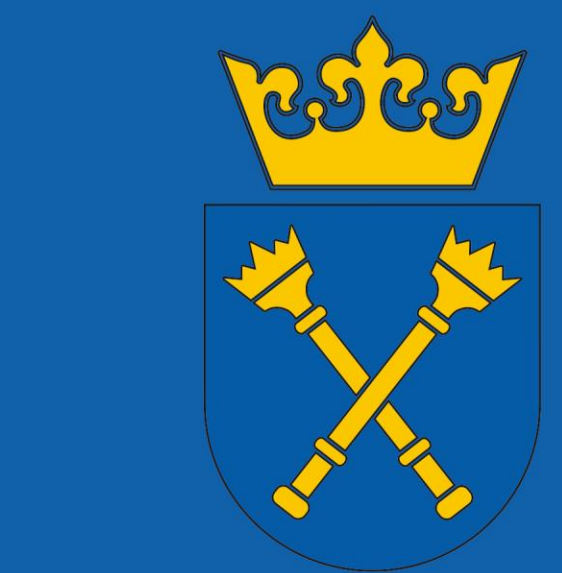




AUTOR:
Marta Lotka

OPIEKUN:
dr Aleksandra Wrońska

Źródła

- <https://www.nist.gov/pml/x-ray-and-gamma-ray-data>
- J. H. Hubbell, S. M. Seltzer *Tables of X-Ray Mass Attenuation coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficients 1 keV to 20 MeV for Elements z=1 to 92 and 48, 1995*
- B. Buyuk, A. B. Tugrul, *Comparison of Lead and WC-Co Materials Against Gamma Radiation, 2013*

Wyznaczanie współczynnika absorpcji promieniowania γ w metalach

Wprowadzenie: Promieniowanie gamma to promieniowanie elektromagnetyczne powstające w wyniku rozpadu jąder atomowych. Niesie ono dostatecznie dużo energii, by móc zjonizować atom i może przenikać materiały na znaczną głębokość, dlatego ekspozycja na duże dawki stanowi potencjalnie śmiertelne zagrożenie dla organizmów żywych. Do ochrony przed nim stosuje się osłony wykonane z materiałów, które silnie je absorbują. W doświadczeniu zbadano właściwości absorbujące dwóch materiałów - aluminium i ołowiu.

Oddziaływanie promieniowania γ z materia

W wyniku oddziaływania z materia promieniowanie γ ulega absorpcji lub koherentnemu, lub niekoherentnemu rozproszeniu. Największe znaczenie mają następujące procesy:

Zjawisko fotoelektryczne - zachodzi, gdy kwant gamma przekazuje całość swojej energii jednemu z mocno związanych elektronów. Elektron zostaje wybity, natomiast foton znika.

Zjawisko Comptona - zachodzi, gdy kwant gamma przekazuje część swojej energii słabo związanemu elektronowi.

Prawo absorpcji promieniowania

Natężenie promieniowania γ w zależności od odległości przebytej w absorbencie opisane jest prawem pochłaniania:

$$I = I_0 \exp(-\mu x)$$

gdzie I - natężenie promieniowania po przejściu przez warstwę absorbenta o grubości x , I_0 - początkowe natężenie promieniowania, μ - **liniowy współczynnik absorpcji**. Korzysta się również z innej wielkości - **masowego współczynnika absorpcji** $\mu_m = \mu/\rho$ ważonego przez gęstość absorbenta ρ .

Weryfikacja gęstości aluminium i ołowiu

Ze względu na rozbieżność wyników otrzymanych po obliczeniu masowych współczynników absorpcji z danymi tablicowymi, wyznaczono gęstości użytych płytek, by sprawdzić, czy są one na pewno wykonane z aluminium i ołowiu. Gęstości wyznaczono na podstawie pomiarów dla 4 płytek. Promień i grubość każdej płytki zmierzono 4 razy w różnych miejscach suwmiarką. Otrzymane wyniki uśredniono i uzyskano dla aluminium: 2.82(3) g/cm³ (wartość tablicowa: 2.70 g/cm³), dla ołowiu: 11.62(10) g/cm³ (wartość tablicowa: 11.34 g/cm³). Podane niepewności są odchyleniami standardowymi. Wyniki nie są zgodne z wartościami tablicowymi w zakresie niepewności, można zatem podejrzewać, że płytki są wykonane z domieszkowanych materiałów. Jednak sposób pomiaru objętości płytek może prowadzić do jej zawyżenia, co oznaczałoby, że wartość gęstości jest w rzeczywistości mniejsza, czyli bliższa wartości tablicowej. Ze względu na tę wątpliwość pozostajemy przy wynikach, do których obliczenia użyto tablicowych wartości gęstości.

Przebieg eksperymentu

W doświadczeniu wyznaczano współczynnik absorpcji promieniowania γ w aluminium i ołowiu. Zmierzono widma promieniowania dla źródeł cezowego, sodowego i kobaltowego. Dla każdego ze źródeł dokonywano pomiaru bez absorbenta przed jego dołożeniem i wykonywano pomiary dla 8 lub 9 różnych grubości absorbenta. Jako absorbenta używano płytek z danego metalu. Grubość każdej płytki mierzono osobno ze względu na nierówności ich powierzchni. Układ doświadczalny przedstawiono na poniższym zdjęciu.

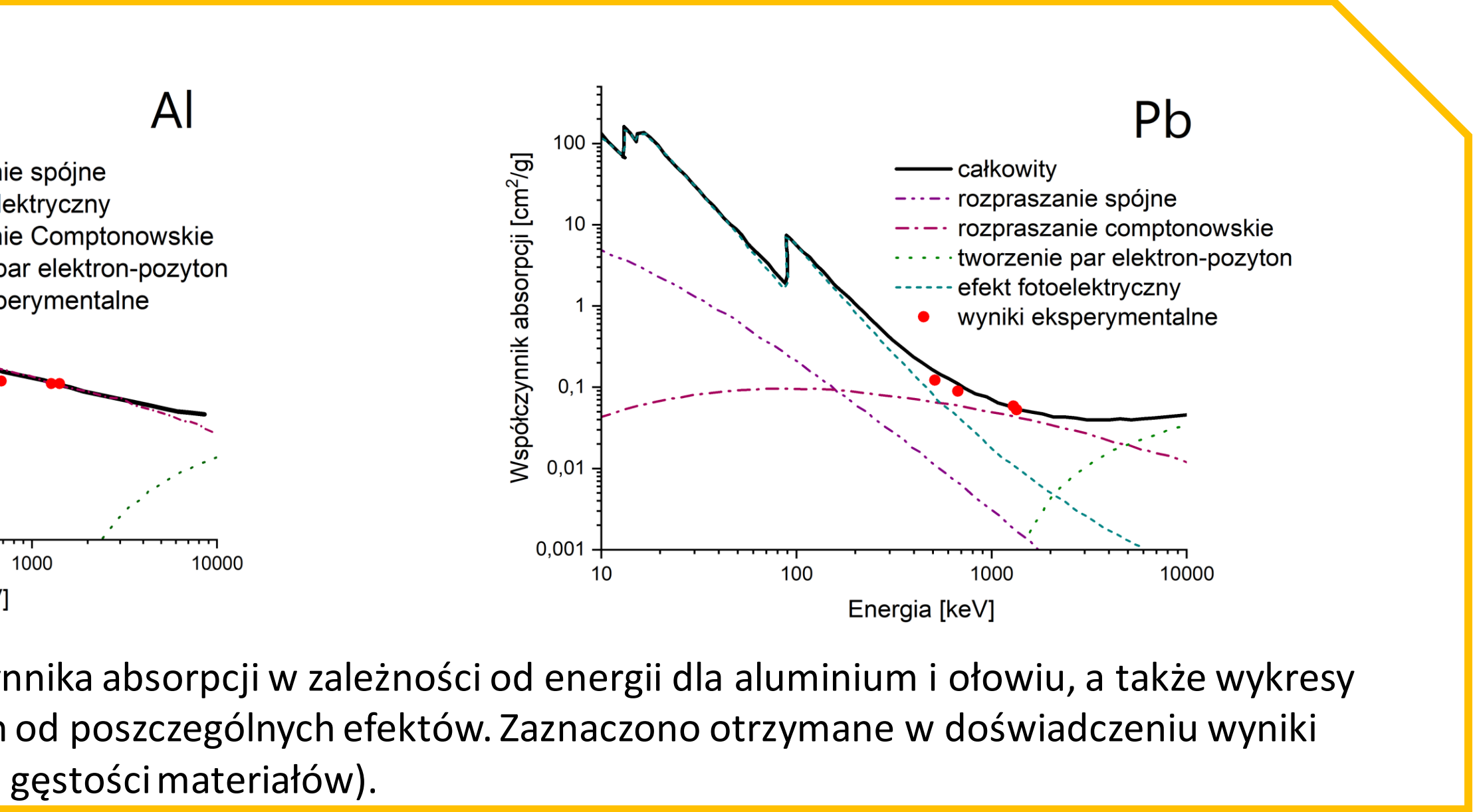
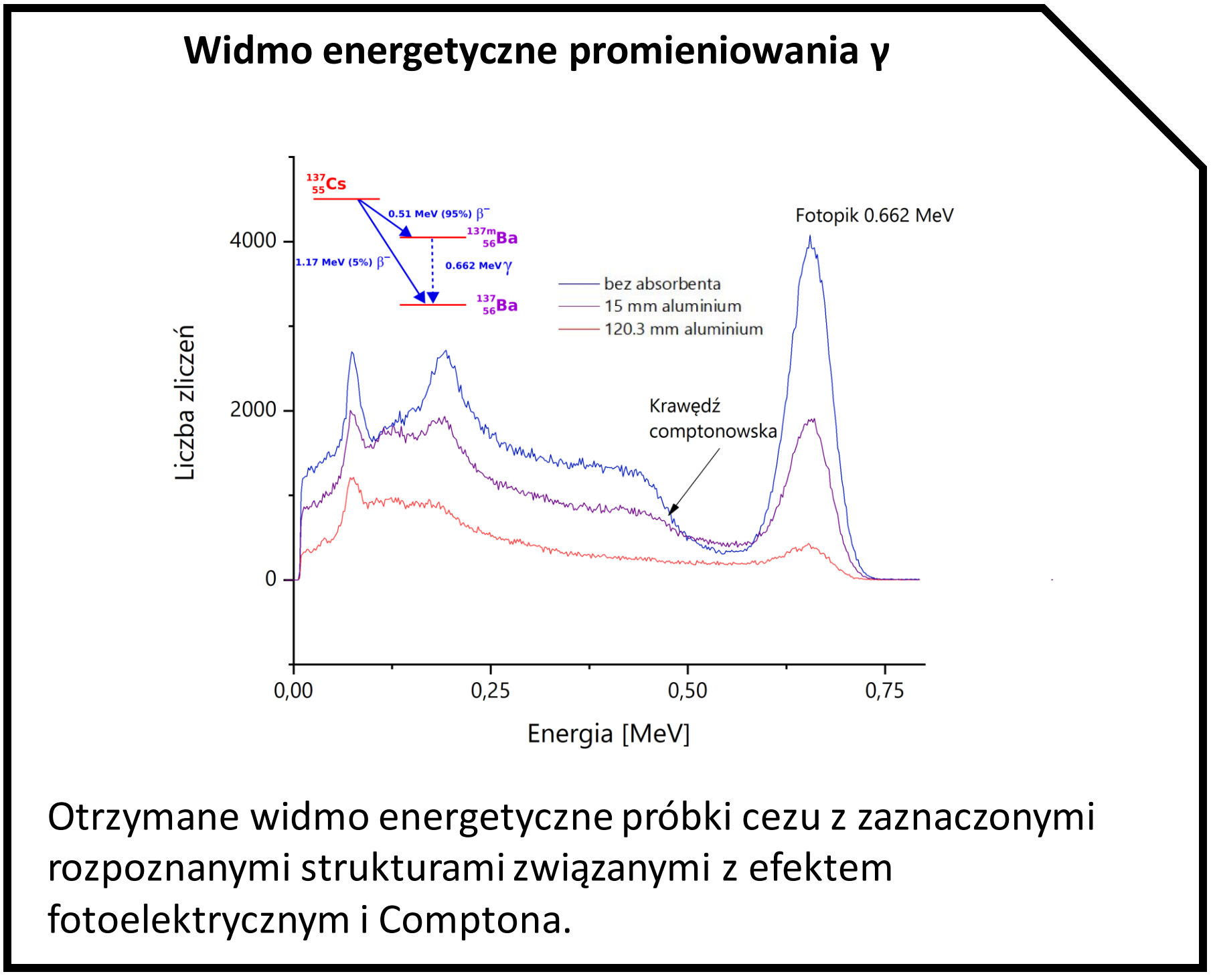


Opracowanie danych i wyniki

Przykładowe dopasowanie prawa absorpcji promieniowania do punktów pomiarowych otrzymanych w pomiarach dla ołowiu i aluminium przy energii 0.66 MeV. Punkty pomiarowe otrzymano przez wyciąganie fotopiku o danej energii przy odpowiedniej grubości absorbenta.

Energia [MeV]	źródło	absorbent	μ_m [g/cm ³]	μ_w [g/cm ³]
0.511	²² Na	Al	0.062(3)	0.085[1]
		Pb	0.121(1)	0.162 [1]
0.662	¹³⁷ Cs	Al	0.057(1)	0.074 [2]
		Pb	0.090(2)	0.101 [3]
1.275	²² Na	Al	0.051(4)	0.053 [2]
		Pb	0.059(5)	0.058 [1]
1.333	⁶⁰ Co	Al	0.052(2)	0.051 [2]
		Pb	0.054(2)	0.058 [3]

W powyższej tabeli przedstawiono otrzymane w eksperymencie masowe współczynniki absorpcji porównane z wartościami tablicowymi μ_w . Przyjęto gęstość aluminium 2.69 g/cm³ i gęstość ołowiu 11.35 g/cm³. Kolorem żółtym zaznaczono wszystkie wyniki dla tych energii, dla których otrzymane μ_m nie zgadza się z wartością tablicową w zakresie niepewności pomiarowej.



Wnioski

Wszystkie otrzymane wyniki zgadzają się z wartościami tablicowymi z dokładnością do rzędu. Ponadto wyniki dla wyższych energii (1.275 i 1.333 MeV) zgadzają się z wartościami tablicowymi co do niepewności pomiarowej. Wyniki dla niższych energii (0.511 i 0.662 MeV) są bliskie wartościom tablicowym, choć nie mieszczą się w zakresie niepewności pomiarowej. Uzyskane rozbieżności prawdopodobnie wynikają z obecności domieszek w składzie użytych płytek metalowych oraz z migracji zdarzeń Comptonowskich zachodzących w absorbencie w zakres fotopiku.