

Ćwiczenie Nr 552.

I. Literatura

1. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, część II. Praca zbiorowa pod redakcją I. Kruk i J. Typka, Wydawnictwo Politechniki Szczecińskiej
2. Resnick D., Holliday, Fizyka t. II, PWN, Warszawa, 1998

I. Tematy teoretyczne:

Zderzenia sprężyste, rozpraszanie Comptona, komptonowska długość fali, promieniowanie X (Roentgena), prawo Braggów, dyfrakcja promieniowania elektromagnetycznego na sieci kryształu.

Rozpraszanie fotonu na elektronie jest zderzeniem sprężystym. Zmianę długości fali opisuje równanie:

$$\Delta \lambda = \lambda_s - \lambda_0 = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \alpha) = \lambda_C (1 - \cos \alpha) \quad (1)$$

gdzie λ_C - stała, jest to tzw. komptonowska długość fali ($\lambda_C = 2,426 \cdot 10^{-12}$ m).

Zjawisko dyfrakcji promieniowania X na sieci krystalicznej opisuje prawo Braggów:

$$2d \sin \theta = n \lambda, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

gdzie: d – stała sieci, λ - długość fali promieniowania, θ - kąt odbłyску, czyli kąt między kierunkiem promienia padającego a płaszczyzną kryształu, n – liczba całkowita, określająca rząd rozproszenia.

II. Wykaz przyrządów:

Wykaz przyrządów: lampa rentgenowska (X-ray basic unit, 35 kV) z zamontowanym w niej goniometrem oraz licznikiem promieniowania X, kolimatory promieniowania o średnicach 2mm i 5 mm, aluminiowy absorber – blaszka o grubości 1,44 mm w kształcie litery L, element rozpraszający i absorbujący – kryształ LiF, plastikowa kostka.

UWAGA: przed przystąpieniem do wykonywania ćwiczenia, niezbędne jest zapoznanie się z instrukcją obsługi lampy rentgenowskiej (X – ray BASIC unit) oraz z instrukcją wykonania ćwiczenia. Lampa rentgenowska jest urządzeniem nowoczesnym i bezpiecznym. Mamy jednak do czynienia z **promieniowaniem X – potencjalnie szkodliwym dla zdrowia, należy znać instrukcję obsługi i postępować zgodnie z instrukcją**. Znajomość instrukcji obsługi minimalizuje również ryzyko uszkodzenia tego kosztownego urządzenia. Lampa rentgenowska podłączona jest do komputera, a samo wykonanie ćwiczenia jest skomputeryzowane. **Jeżeli czegoś nie wiesz, spytaj się prowadzącego ćwiczenie!**

IV. Wykonanie ćwiczenia

Ćwiczenie wykonuje się w dwóch etapach:

Część pierwsza: ***Pomiar transmisji dla aluminium (w funkcji kąta)***

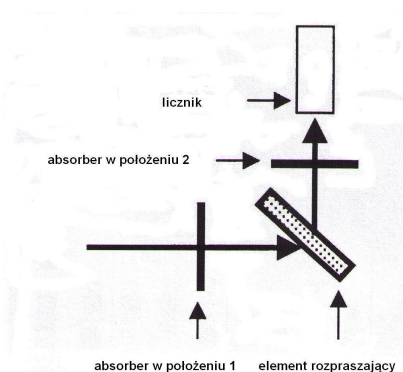
1. Uruchom komputer, włącz lampę rentgenowską (przycisk z tyłu), załóż konto Student i uruchom program „*Measure*” (ikona na pulpicie, stylizowana literka m)

2. Kliknij przycisk *New measurements* (pierwszy od lewej na pasku) lub *File/New measurements*,
3. Kliknij opcję *transmission curve* (krzywa transmisji), ustaw następujące parametry: napięcie anodowe $U_A=35$ kV, prąd anodowy (*emission current*) $I_A=1$ mA. Kąt rozpraszania ustalić w zakresie: (*starting angle*) $7,5^\circ$ – (*stopping angle*) $9,5^\circ$ z krokiem (*angle increment*) $0,1^\circ$. Po kliknięciu OK pojawi się nowe okienko – po kliknięciu *Start measurements* rozpocznie się pomiar. Czas pomiaru (*integration time*) – 100s. Przy tym czasie pomiar trwa dość długo. Po konsultacji z prowadzącym ćwiczenia można zmniejszyć nieco ten czas, np. do 50-60s, ale należy konsekwentnie stosować go przy wszystkich pomiarach.
4. Pojawi się okienko z napisem: *Please set up experiment without absorber. Afterwards close the door, please the red safety switch and click OK.* (Eksperyment bez absorbera. Proszę zamknąć drzwiczki, zablokować je obracając czerwonym pokrętkiem i kliknąć OK). Umieścić kolimator o średnicy 2 mm w rurze wylotowej lampy rentgenowskiej. Zamontować kryształ LiF. Zasunąć drzwiczki i zablokować je czerwonym pokrętkiem (wystarczy przekręcić). Kliknąć OK, aby zacząć doświadczenie. Akwizycję danych wykonuje komputer. Przy zadanym czasie pomiar trwać będzie ponad 30 minut. Proszę zwrócić uwagę na okienko: *Geometry* – pokazuje ono geometrię układu czyli bieg promieni i rozmieszczenie poszczególnych elementów układu.
5. Gdy pojawi się okienko z napisem: *Please place now the absorber between the crystal and GM - tube. Afterwards close the door, please the red safety switch and click OK.* (Proszę umieścić absorber między kryształem a licznikiem Geiger – Millera. Proszę zamknąć drzwi, zablokować je czerwonym pokrętkiem i kliknąć OK), umieścić absorber (metalowa blaszka) na dwóch metalowych prowadnicach między kryształem a licznikiem GM. Zamknąć i zablokować drzwiczki, kliknąć OK. Akwizycję danych wykonuje komputer. Przy zadanym czasie pomiaru zbieranie danych trwać będzie ponad 30 minut.
6. Po ukończeniu akwizycji program wyświetli okno z graficzną prezentacją zebranych danych. Jest to wykres Imp/s [Impulsy/ sek] funkcji kąta [theta]. Krzywa czerwona – bez Al (aluminium, absorber), krzywa niebieska – z Al (aluminium, absorber), krzywa zielona – krzywa transmisji. Dane liczbowe (nie wykres, lecz dane liczbowe) można wydrukować na drukarce sieciowej, która znajduje się w pokoju 619- tam odebrać wydruk po skończonych ćwiczeniach.

Część druga: **Rozpraszanie Comptona (pod kątem 90°).**

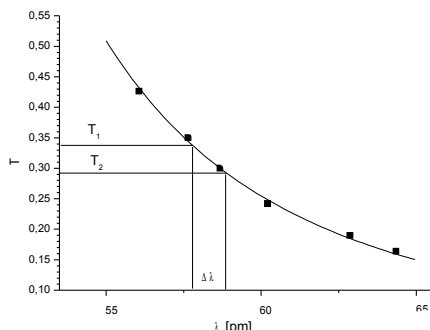
7. Usunąć kryształ. Kolimator o średnicy 2 mm zastąpić kolimatorem o średnicy 5 mm. Kliknąć przycisk *New measurements* (pierwszy od lewej na pasku) lub *File/New measurements*. Kliknąć opcję **Compton scattering**. Sprawdzić czy domyślne kąty wynoszą: 135° i 90° , czas pomiaru (*integration time*) na 100 sek (lub inny- wybrany w punkcie 3) i kliknąć OK. Pomiar wykonuje się w czterech etapach (zwrócić uwagę na okno *Geometry*, które podpowie jak mają być ułożone elementy układu).

8. Pojawia się okienko z napisem: *Please remove the scatterer and the absorber now. Afterwards close the door, please the red safety switch and click OK* Przy tym pomiarze nie ma ani elementu rozpraszającego (*scatterer*) ani absorbera (alumiowa blaszka). Jest to pomiar tła (N_t). Należy zamknąć i zablokować drzwiczki. Kliknąć OK.
9. Gdy pojawi się okienko z napisem: *Please insert the scatterer without the absorber now. Afterwards close the door, please the red safety switch and click OK* umieścić rozpraszacz (element plastikowy) na swoim miejscu (powinien znajdować się pod kątem 135°), zamknąć i zablokować drzwi. Kliknąć OK. Jest to pomiar z plastikowym elementem rozpraszającym, ale bez aluminiowego absorbera (N_3) (patrz rys. 1).
10. Po pojawieniu się okienka z napisem: *Please place now the absorber between the tube and the scatterer. Afterwards close the door, please the red safety switch and click OK* umieścić dodatkowo absorber pomiędzy kolimatorem promieniowania a elementem rozpraszającym. Zamknąć i zablokować drzwiczki. Kliknąć OK. Jest to pomiar z z plastikowym elementem rozpraszającym i z aluminiowym absorberem w pozycji 1 (N_4) (patrz rys. 1).
11. Po pojawieniu się okienka z napisem: *Please place now the absorber between the scatterer and the GM – cube. Afterwards close the door, please the red safety switch and click OK* przemieścić absorber na pozycję pomiędzy elementem rozpraszającym a licznikiem GM. Jest to pomiar z pomiar z plastikowym elementem rozpraszającym i z aluminiowym absorberem w pozycji 2 (N_5) (patrz rys. 1). Zamknąć i zablokować drzwiczki. Kliknąć OK.
12. Aby osiągnąć żadaną dokładność, należy każdy pomiar wykonywać trzykrotnie przyjmując czas pojedynczego pomiaru 100 s (lub inny- wybrany w punkcie 3). Punkty 7 – 11 powtarzamy 3 razy!
13. Otrzymane wyniki program prezentuje w nowym oknie w postaci wykresu. Dane liczbowe można wydrukować na drukarce sieciowej (patrz punkt 6). Obliczyć średnią wartość otrzymanych prędkości zliczeń. Aby otrzymać prawdziwą liczbę zliczeń N^* należy uwzględnić promieniowanie tła oraz tzw. czas martwy (patrz sekcja IV)
14. Następnie, korzystając z prawa Braggów, sporządzić wykres transmisji promieniowania dla aluminium w funkcji długości fali.
15. Wyliczmy T_1 , T_2 (Uwaga: $T_1 > T_2$) Z wykresu transmisji wyznaczyć komptonowską zmianę długości promieniowania X (przykład przedstawia rys. 2).



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego do pomiaru rozpraszania Comptona. Zaznaczono umiejscowienie aluminiowego absorbera odpowiednio przed (absorber w położeniu 1) lub za elementem rozpraszającym (absorber w położeniu 2, zawieszony na prętach).

Rys. 1.
Schemat
układu
pomiarowe
oo do



Rys. 2. Krzywa transmisji promieniowania dla aluminium w funkcji długości fali λ [pm] z zaznaczonymi punktami rozpraszania Comptona pod kątem 90° .

II. Ocena niepewności pomiarowych:

Wielkości T_1 , T_2 obliczamy z zależności:

$$T_1 = \frac{N_4^*}{N_3^*}; \quad (3)$$

$$T_2 = \frac{N_5^*}{N_3^*}; \quad (4)$$

gdzie N^* to prawdziwa wartość ilości zliczeń. Musimy uwzględnić promieniowanie tła oraz czas martwy licznika, która wynosi $\tau \approx 90 \mu s$. Dlatego prawdziwa wartość N^* jest określona przez zależność:

$$N^* = \frac{N}{1 - \tau N} \quad (5)$$

Skorygowana, poprawna wartość wielkości zliczeń powinna być użyta do obliczeń wielkości transmisji jako funkcji długości fali i do sporządzenia wykresu (rys. 2) Wielkości te muszą być wyznaczone z błędami. Względna niepewność pomiarowa impulsów – zmierzonej prędkości zliczeń, określona jest przez iloraz:

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{\sqrt{N}}{N} = \frac{1}{\sqrt{N}} \quad (6)$$

III. Podsumowanie i wyniki

Porównać otrzymaną wartość przesunięcia Comptona z wartościami tablicowymi. Czy te wielkości się różnią? Jeżeli tak, czy jest to znacząca różnica? Skąd się ona bierze?