|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | ***Narodowe Centrum Badań Jądrowych***  ***Dział Edukacji i Szkoleń***  ***ul. Andrzeja Sołtana 7, 05-400 Otwock-Świerk*** | 20141007 logo DEiS20141007 logo DEiS20141007 logo DEiS |

|  |  |
| --- | --- |
| ĆWICZENIE  13e | LABORATORIUM FIZYKI ATOMOWEJ I JĄDROWEJ  Przechodzenie promieniowania X przez materię |

# 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zbadanie absorpcji promieniowania X z molibdenowej lampy rentgenowskiej w funkcji liczby atomowej absorbentu przy ustalonej długości fali (pomijając zjawisko krawędzi absorpcji).

# 2. Wstęp teoretyczny

## 1. Opis zjawiska

Promieniowanie X i γ, przechodząc przez materię, może ulec dwóm zjawiskom: absorpcji i rozproszeniu. Oba te zjawiska wpływają na to, że przez pochłaniacz o określonej grubości przechodzi dalej bez zmiany kierunku tylko określony odsetek promieniowania. Opisuje to zależność wykładnicza zwana *prawem Lamberta* i opisana równaniem:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

gdzie *R* i *R0* oznaczają natężenie przechodzące przez pochłaniacz oraz natężenie bez pochłaniacza, *d* jest grubością pochłaniacza, natomiast *μ* to tzw. *liniowy współczynnik pochłaniania*, charakterystyczny dla danego materiału. Można go przedstawić jako sumę współczynnika *τ*, opisującego absorpcję, oraz współczynnika *σ*, opisującego rozpraszanie promieniowania.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

Analogicznie można zdefiniować *atomowy współczynnik pochłaniania*, *μa*, który opisuje te same właściwości pochłaniacza, ale w odniesieniu do pojedynczego atomu, a nie warstwy pochłaniacza o określonej grubości. Pomiędzy liniowymi a atomowymi współczynnikami istnieją następujące zależności:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | (3) |

gdzie *ρ* to gęstość materiału pochłaniacza, *A* to średnia masa atomowa danego pochłaniacza, zaś *NA* to liczba Avogadro równa 6,022·1023 atomów/mol.

## 2. Hipoteza

Zarówno pochłanianie, jak i rozpraszanie promieniowania X (oraz γ) następuje na elektronach zawartych w materiale pochłaniacza. Zrozumiałe jest zatem, że współczynniki *μa*, *τa* i *σa* będą zależne od średniej liczby atomowej *Z* materiału pochłaniacza, która opisuje m.in. ile elektronów znajduje się w atomie danego pierwiastka. Nie jest to jednak prosta proporcjonalność. Teoria (której tutaj nie będziemy opisywać) przewiduje, że zależność atomowego współczynnika absorpcji od *Z* będzie typu:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

gdzie *n* jest wykładnikiem potęgi i powinno wynosić 4. Można to zweryfikować doświadczalnie dzięki odpowiednim przekształceniom matematycznym powyższego równania. Po zlogarytmowaniu obu stron można je przekształcić w równanie:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

które jest równaniem linii prostej *y* = *a*·*x* + *b*, której współczynnik nachylenia względem odpowiednio dobranych osi (*y* = ln*τa*, *x* = ln*Z*) jest równy poszukiwanemu wykładnikowi *n*. Można więc wyznaczyć *n* znając parametry materiału pochłaniacza oraz mierząc współczynnik pochłaniania *μ* i obliczając na jego podstawie *τa*. W używanym w ćwiczeniu układzie wynosi on:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

Oczywiście zjawiska takie jak pochłanianie i rozpraszanie promieniowania X zależą również od długości fali, czyli także energii pojedynczych fotonów, ale w tym ćwiczeniu nie będziemy zajmować się tą zależnością.

# 3. Przebieg doświadczenia

### **A)** Włączyć urządzenie pomiarowe X-Ray Apparatus w konfiguracji z monokryształem NaCl.

### **B)** Ustawić parametry pracy: U = 35,0 kV, I = 0,60 mA, Δβ = 0,0° oraz Δt = 50 s. Nacisnąć przycisk COUPLED i ustawić kąt β na 4,1° (ta wartość kąta pozwala ominąć zjawiska związane z tzw. *krawędzią absorpcji*).

### **C)** Uruchomić pomiar przyciskiem SCAN, a po jego zakończeniu nacisnąć przycisk REPLAY i z wyświetlacza na urządzeniu odczytać wartość średnią natężenia promieniowania. Odczytaną wartość zapisać w odpowiednim miejscu tabeli 1.

### **D)** Zamontować jeden z absorbentów przed detektorem i ponownie uruchomić pomiar. Po skończonym pomiarze odczytać wynik i wpisać w wierszu tabeli odpowiadający danemu absorbentowi.

### **E)** Powtórzyć pomiary dla pozostałych absorbentów.

### **F)** Po zakończonych pomiarach uzupełnić tabelę 1 o obliczone wartości *μ* i *τa* obliczone na podstawie wzorów (2) i (6).

### **G)** Uzupełnić w tabeli 1 kolumny *x* i *y*, a następnie wykonać wykres zależności *y* od *x*. Czy punkty układają się wzdłuż linii prostej?

### **H)** Do danych z kolumn *x* i *y* dopasować (graficznie lub numerycznie) linię prostą oraz wyznaczyć jej współczynnik nachylenia *a*. Czy zgadza się on z teoretyczną wartością *n* równą 4?

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tabela 1 | | | | | | *R*0 = .................. 1/s | | | |
|  | *Z* | *A* [g/mol] | *ρ* [g/cm3] | *d* [cm] | *R* [1/s] | *μ* | *τα* | *x* | *y* |
| Al | 13 | 26,98 | 2,70 | 0,050 |  |  |  |  |  |
| Fe | 26 | 55,85 | 7,86 | 0,050 |  |  |  |  |  |
| Cu | 29 | 63,55 | 8,92 | 0,007 |  |  |  |  |  |
| Zr | 40 | 91,22 | 6,49 | 0,005 |  |  |  |  |  |
| Ag | 47 | 107,87 | 10,50 | 0,005 |  |  |  |  |  |