

Wydział: WFiIS	Imię i nazwisko: 1. Axel Zuziak 2. Marcin Węglarz	Rok <b>II</b>	Grupa <b>B</b>	Zespół <b>03</b>
<b>LABORATORIUM TECHNIK JĄDROWYCH</b>	Temat: <b>Rentgenowska analiza fluorescencyjna.</b>			Nr ćwiczenia <b>14</b>
Data wykonania: 06.05.2015	Data oddania: 20.05.2015	Zwrot do poprawy:	Data oddania:	Data zaliczenia:
				OCENA:

## 1 Wstęp

Celem ćwiczenia było zapoznanie się z działaniem licznika proporcjonalnego oraz z podstawami analizy fluorescencyjnej.

### 1.1 Licznik proporcjonalny

Licznik proporcjonalny jest gazowym detektorem promieniowania jonizującego, w którym energia padającego promieniowania jest proporcjonalna do wyjściowego impulsu elektrycznego.

Kluczową rolę w tego rodzaju detektorach pełni napięcie zasilania. Musi być ono tak dobrane, aby elektrony, powstałe wskutek jonizacji pierwotnej, przyspieszane polem  $E$  miały wystarczającą energię do dalszej jonizacji gazu detektora. Zjawisko to nosi nazwę jonizacji wtórnej i prowadzi do powielenia jonów absorbowanych na elektrodach (wzmocnienie gazowe). Ponieważ jonizacja wtórna zachodzi blisko anody, w praktyce wartość współczynnika wzmocnienia gazowego nie zależy od miejsca jonizacji gazu detektora.

Z powyższych rozważań możemy zapisać następującą proporcję:

$$U_w \propto \frac{kM\Delta E}{W} \quad (1)$$

Gdzie:

$U_w$  - impuls po wzmocnieniu, trafiający do analizatora

$k$  - współczynnik wzmocnienia impulsu wychodzącego z detektora

$M$  - współczynnik wzmocnienia gazowego

$\Delta E$  - część energii promieniowania padającego deponowana w objętości czynnej detektora

$W$  - średnia wartość energii potrzebnej do wytworzenia jednej pary jonów.

### 1.2 Zjawisko fluorescencji

W przypadku padania promieniowania  $\gamma$  na atom danego pierwiastka, możliwe jest wybicie (foto)elektronu z wewnętrznych powłok ( $K, L$ ). W wyniku tego zjawiska elektron z wyższej powłoki dążąc do stanu o najniższej energii zapęłni powstałą dziurę, emitując jednocześnie kwant promieniowania  $X$  o energii równej różnicy energii pomiędzy powłokami.

Promieniowanie to nosi nazwę promieniowania charakterystycznego i jest podstawą analizy fluorescencyjnej. Nazwa tego promieniowania bierze się z faktu, że jest to promieniowanie charakterystyczne dla danego pierwiastka (każdy pierwiastek ma inne), dzięki czemu badając widmo takiego promieniowania jesteśmy w stanie określić jaki pierwiastek badamy.

Zjawiskiem konkurencyjnym do promieniowania charakterystycznego jest emisja elektronów Augera. Jeżeli różnica pomiędzy progami energetycznymi powłok jest większa od energii progowej powłoki na którą elektron chce "wskoczyć", to może on zostać wyemitowany.

W przeprowadzanym doświadczeniu źródłem kwantów gamma wywołujących zjawisko fluorescencji był  $^{238}\text{Pu}$ .

## 2 Przebieg doświadczenia

### 2.1 Wyznaczanie wzmocnienia gazowego

W pierwszej części doświadczenia wyznaczano współczynnik wzmocnienia gazowego dla napięcia zasilania równego 1500V.

W tym celu do aparatury włożono źródło  $^{238}\text{Pu}$  promieniujące jedynie do góry i przykryto je płytką wykonaną z żelaza. Promieniowanie charakterystyczne powstające w żelaznej tarczy było następnie rejestrowane przez detektor umieszczony pod źródłem neutronowym (wymiary źródła były mniejsze od płytki, aby "nie zasłaniać" detektora). Następnie zmniejszano napięcie zasilania, aż do momentu, w którym pik (będący promieniowaniem charakterystycznym dla żelaza) pokrywał się z szumem.

Centrum pików dla wartości napięcia 1500V przypadało dla wartości 4V w wykorzystywanym analizatorze wielokanałowym. Przy każdorazowym zmniejszaniu napięcia detektora regulowano, przy pomocy współczynnika  $k$  wzmocnienia wzmacniacza (sygnału wyjściowego z detektora), tak, aby centrum pików nie zmieniało swojego położenia (4V). Wyniki przedstawiono w tabeli ??.

W chwili, gdy szum pokrywa się z naszym pikiem przyjmujemy, że wzmocnienie gazowe detektora wynosi  $M = 1$ . Ponieważ wartość  $U_w$  pozostaje cały czas stała, korzystając ze wzoru (1) możemy napisać:

$$k_{1500}M_{1500} = k_{1200}M_{1200}$$

W powyższej równości uwzględniono fakt, że szum pokrył się z badanym pikiem dla napięcia detektora równego 1200V. Stąd:

$$M_{1500} = \frac{k_{1200}M_{1200}}{k_{1500}} = \frac{1395.2 \cdot 1}{56.8} \approx 25$$

Tabela 1: Tabela zawiera wartości napięcia detektora, a także odpowiadające im wartości wzmocnienia wzmacniacza  $k$ .

Lp.	Napięcie $U_d$ [V]	Współczynnik $k$	Stosunek $\frac{k_i}{k_0}$
1	1500	56.8	1
2	1480	79.2	1.39
3	1460	88.8	1.56
4	1440	111.2	1.96
5	1400	166.4	2.93
6	1360	281.6	4.96
7	1320	384	6.76
8	1280	576	10.14
9	1240	832	14.65
10	1220	1190.4	20.96
11	1200	1395.2	24.56

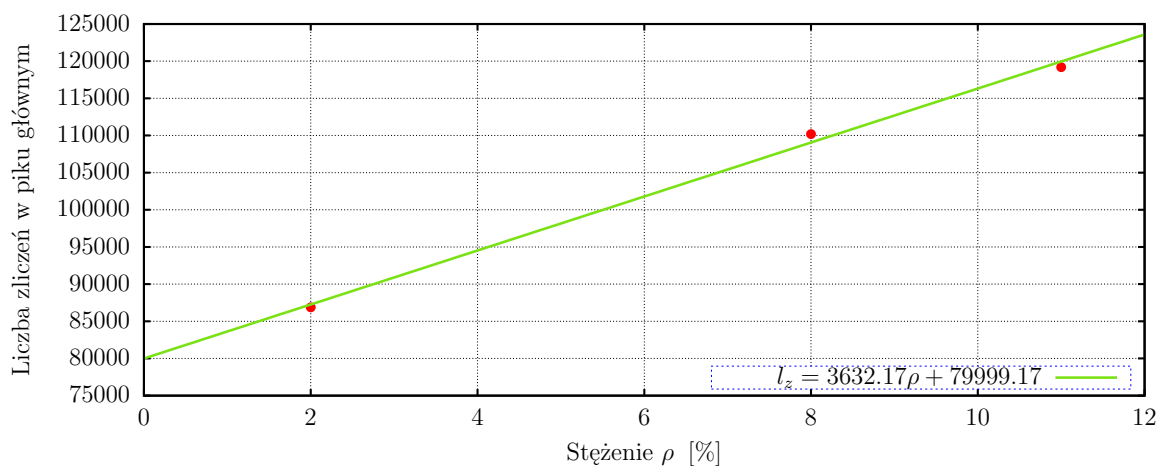
Powyższa metoda nie jest metodą dokładną, ponieważ założenie, że dla napięcia 1200V  $M=1$  jest przybliżeniem. Pozwala ona jednak na wyznaczenie rzędu wielkości wzmocnienia gazowego w detektorze proporcjonalnym.

### 2.2 Rentgenowska analiza fluorescencyjna.

Ćwiczenie rozpoczęto od pomiaru widm różniczkowych trzech źródeł o znanej zawartości procentowej żelaza. Na podstawie otrzymanych wyników przedstawiono na wykresie 1 zależność liczby zliczeń w pikcie głównym od stężenia żelaza. Pomiary dla poszczególnych próbek trwały 100 sekund.

Za pomocą programu *GNUplot* i funkcji *fit* dopasowano prostą do otrzymanych danych. Otrzymano równanie:

$$l_z = 3632,17 \cdot \rho + 79999,17 \quad (2)$$



Rysunek 1: Zależność liczby zliczeń w piku głównym żelaza od stężenia procentowego.

Gdzie  $l_z$  oznacza liczbę zliczeń w piku głównym.

Następnie analogiczny pomiar liczby zliczeń w czasie 100 sekund przeprowadzono dla próbki o nieznannej zawartości procentowej żelaza. Otrzymano 110323 zliczeń. Korzystając ze wzoru 2 otrzymujemy, że stężenie badanej próbki wynosi:  $\rho = 8,35\%$ .

### 3 Wnioski

Celem drugiego ćwiczenia było zapoznanie się z podstawami rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej i wyznaczenie zawartości żelaza w nieznannej próbce. W tym celu wykonano trzy pomiary dla próbek wzorcowych o zawartości żelaza 2%, 8% oraz 11%. Przy pomocy programu Gnuplot wyznaczono zależność liniową pomiędzy liczbą zliczeń w piku głównym a stężeniem żelaza w badanej próbce. Otrzymano, że badana "nieznana" próbka zawiera 8,35 % żelaza.

## Literatura

- [1] <http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi/>
- [2] B. Dziunikowski, S.J. Kalita *Ćwiczenia laboratoryjne z jądrowych metod pomiarowych*, Wydawnictwa AGH, Kraków 1995