

WFİIS	Imię i nazwisko: 1. 2.	ROK	GRUPA	ZESPÓŁ
LABORATORIUM FITJ	TEMAT:			NR ĆWICZENIA
Data wykonania:	Data oddania:	Zwrot do poprawy:	Data oddania:	Data zliczenia:
				OCENA

CEL ĆWICZENIA

Zapoznanie się z obsługą wielokanałowego analizatora amplitudy impulsów oraz metodą pomiaru i zapisu widm izotopów promieniotwórczych: ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{22}Na .

WSTĘP TEORETYCZNY

Promieniowanie gamma jest to samorzutna emisja kwantów gamma przez jądra atomowe. W wyniku emisji kwantów gamma jądro przechodzi ze stanu o większej energii wzbudzenia do stanu o mniejszej energii wzbudzenia (przejście radiacyjne). Energia kwantów gamma jest określona przez różnicę energii poziomów, między którymi zachodzi przejście radiacyjne.

1. Oddziaływanie promieniowania gamma z materią:

jądrowe rozpraszanie rezonansowe - jest to absorpcja fotonu przez jądro z natychmiastową reemisją fotonu wtórnego o takiej samej energii jak energia fotonu pierwotnego.

reakcje jądrowe (fotoreakcje) - jest to absorpcja fotonu przez jądro z natychmiastową emisją cząstki, np. protonu lub neutronu. Próg energetyczny dla takich reakcji jest stosunkowo wysoki: 8 - 30 MeV.

niekoherentne rozpraszanie fotonów na quasi-swobodnych elektronach walencyjnych (zjawisko Comptona) - foton traci część energii pierwotnej w wyniku zderzenia z prawie swobodnym elektronem walencyjnym, który może przejąć część energii i pędu fotonu, zyskując pewną energię odrzutu. Zmiana długości fali promieniowania rozproszonego zależy od kąta rozproszenia i energii pierwotnej. Przekrój czynny na rozproszenie komptonowskie ma postać:

$$\sigma \sim \frac{Z}{E_\gamma}$$

absorpcja fotoelektryczna - foton przekazuje całą energię elektronowi związanemu na wewnętrznej powłoce, wybijając go z atomu. Przekrój czynny na efekt fotoelektryczny ma postać:

$$\sigma \sim \frac{Z^5}{E_\gamma^{7/2}}$$

tworzenie par elektronowo - pozytonowych - polega na zamianie energii fotonu w polu kulombowskim jądra lub elektronu na masę pary cząstek: elektronu i pozytonu. Obecność jądra lub elektronu jest konieczna aby spełniona była zasada zachowania energii i pędu. Zjawisko to zachodzi dla fotonów o energii $E_\gamma \geq 1,02 MeV$. Przekrój czynny:

$$\sigma \sim Z^2 \ln 2E_\gamma$$

Spośród tych zjawisk najważniejszą rolę odgrywają trzy ostatnie.

2. Zasada działania licznika scyntylacyjnego:

Jednym z detektorów promieniowania gamma jest użyty w tym doświadczeniu licznik scyntylacyjny, który rejestruje impulsy świetlne (scyntyłacje).

Licznik scyntylacyjny składa się ze scyntylatora, w którym kwanty promieniowania gamma wywołują błyski luminescencyjne, fotopowielacza przekształcającego te błyski na impulsy elektryczne oraz układu elektronicznego do rejestracji impulsów.

Mechanizm powstawania scyntylacji w kryształach można wyjaśnić w oparciu o teorię pasmową ciała stałego. Według tej teorii skwantowane energie dozwolone elektronów w kryształach tworzą pewne pasma energetyczne oddzielone od siebie przedziałami energii wzbronionych. Wpadający do kryształu foton gamma wybija z niższych pasm energetycznych (pasem energii elektronów silnie związanych z jądrem) fotoelektron, o energii zależnej od energii zaobserwowanego fotonu. Uwolniony fotoelektron w procesie jonizacji wtórnej przerzuca elektrony z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa. Pojawiające się w ten sposób w paśmie przewodnictwa elektrony migrują w kryształach i napotykać na dziury w paśmie walencyjnym rekombinują. W wyniku czego uwalnia się pewna energia w postaci fotonu ultrafioletu. Ponieważ kryształ jest nieprzeźroczysty dla własnego promieniowania domieszkuje się go innym pierwiastkiem np. talem (TI). W ten sposób między pasmem przewodnictwa a pasmem walencyjnym powstaje poziom lokalny (metastabilny). Elektron przechodzi najpierw z pasma przewodnictwa na poziom lokalny, emitując foton światła niebieskiego, a dopiero później przechodzi do pasma walencyjnego. Fotony światła niebieskiego padając na fotokatodę, wybijają z jej powierzchni fotoelektrony. Te za pomocą pola elektrycznego kierowane są na układ dynod o wzrastającym potencjale dodatnim i wyzwalać z nich elektrony wtórne, które trafiają na anodę zbiorczą. W fotopowielaczu występuje wzmocnienie strumienia elektronów, współczynnik tego wzmocnienia określa wzór:

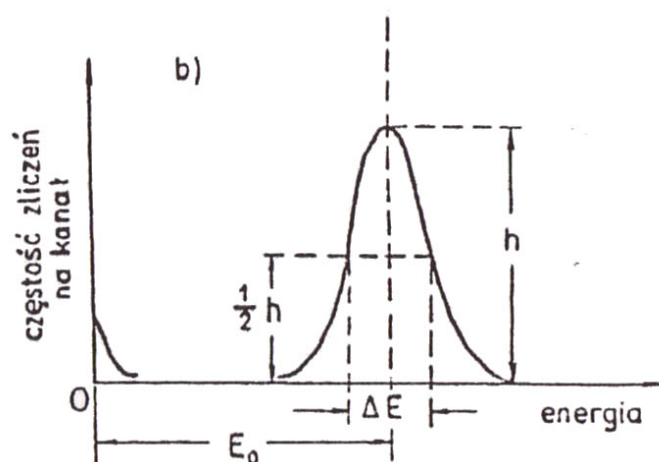
$$M_f = \delta^n$$

gdzie: δ - współczynnik emisji wtórnej (stosunek liczby elektronów wyzwanych z pierwszej dynody do liczby padających na nią fotoelektronów emitowanych przez fotokatodę) i n - liczba dynod w danym fotopowielaczu.

Strumień elektronów docierających do anody zbiorczej daje w obwodzie fotopowielacza impuls prądu, którego przepływ powoduje spadek potencjału na oporze, czyli impuls napięcia. Amplitudy impulsów napięciowych są proporcjonalne do energii fotonu gamma deponowanej w scyntylatorze. Impulsy przekazywane dalej są do wzmacniacza liniowego połączanego z wielokanałowym analizatorem amplitudy i oscyloskopem.

3. Energetyczna zdolność rozdzielcza:

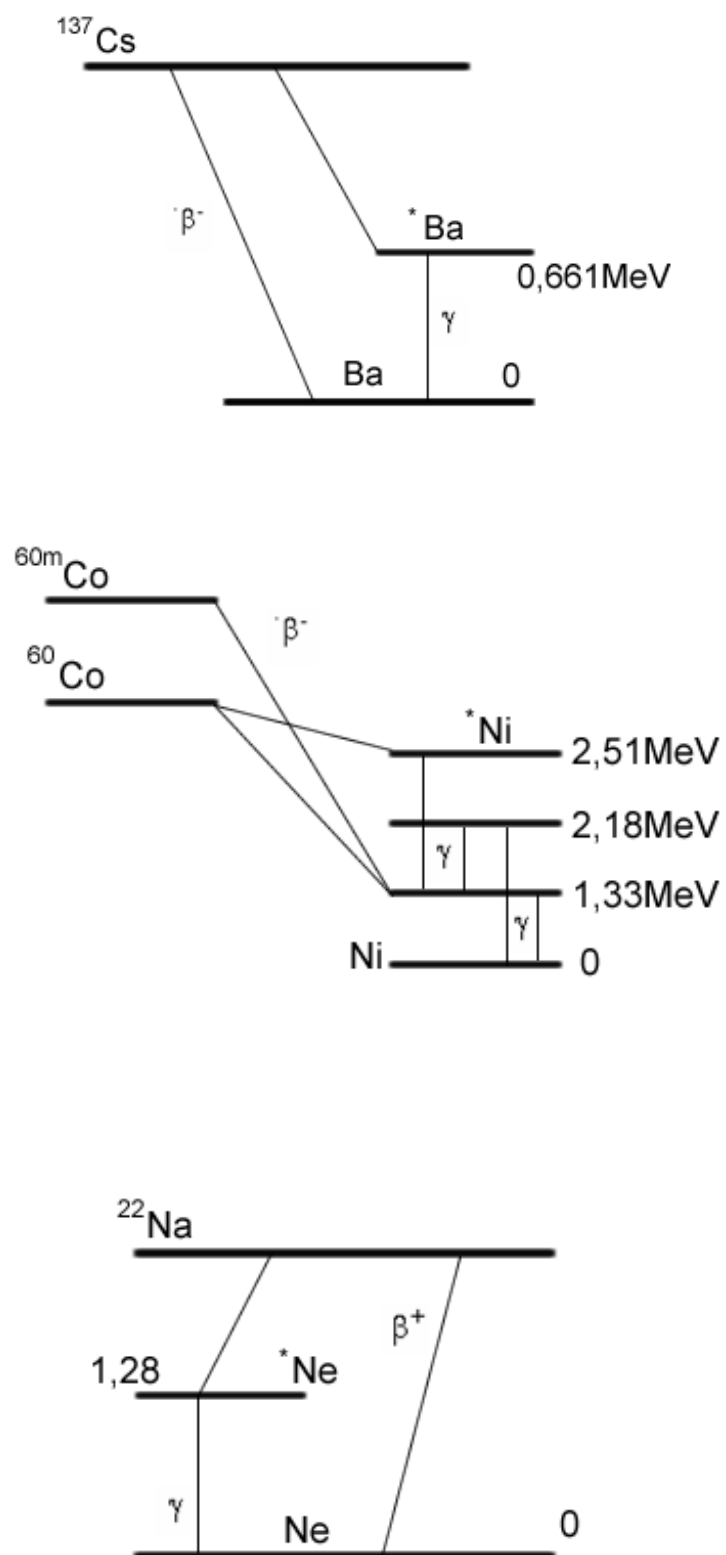
Miarą rozmycia piku widmowego jest jego szerokość (w skali energii) ΔE w połowie wysokości (w skali częstości zliczeń impulsów). Taka szerokość połówkowa ΔE piku w widmie energii określa z definicji energetyczną zdolność rozdzielczą danego układu spektrometrycznego. Wielkość tę można wyrazić w wartościach względnych ΔE lub bezwzględnych $\frac{\Delta E}{E_0}$.



Przyczynami rozmywania się linii widmowych są :

- statystyczne fluktuacje liczby par jonów wytwarzanych w detektorze w wyniku jonizacji pierwotnej;
- fluktuacje statystyczne współczynnika wzmocnienia gazowego;
- tak zwane szumy aparatury elektronicznej współpracującej z licznikiem;
- różne inne zjawiska związane między innymi z konstrukcją licznika i zakłóceniami jego pola elektrycznego.

3. Schematy rozpadu badanych izotopów.



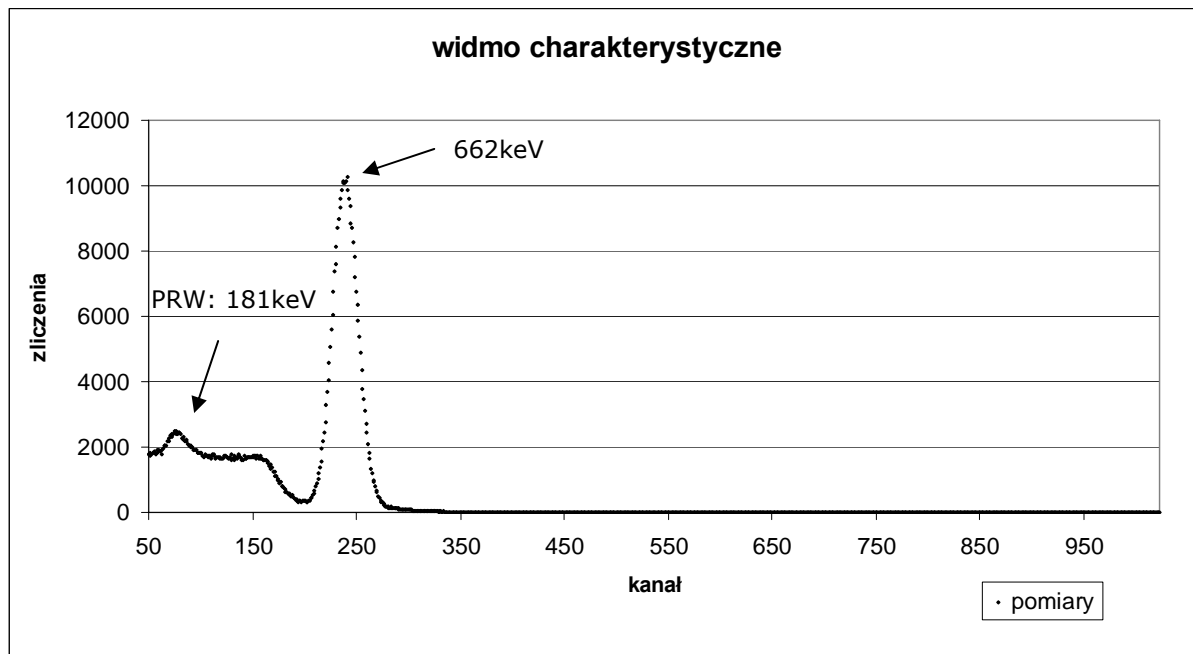
OPRACOWANIE POMIARÓW

1. Widma poszczególnych pierwiastków;

Poniżej zamieszczono widma charakterystyczne kolejnych izotopów. Na każdym wykresie zaznaczono energię pików. W celu opisu użyto skrótów:

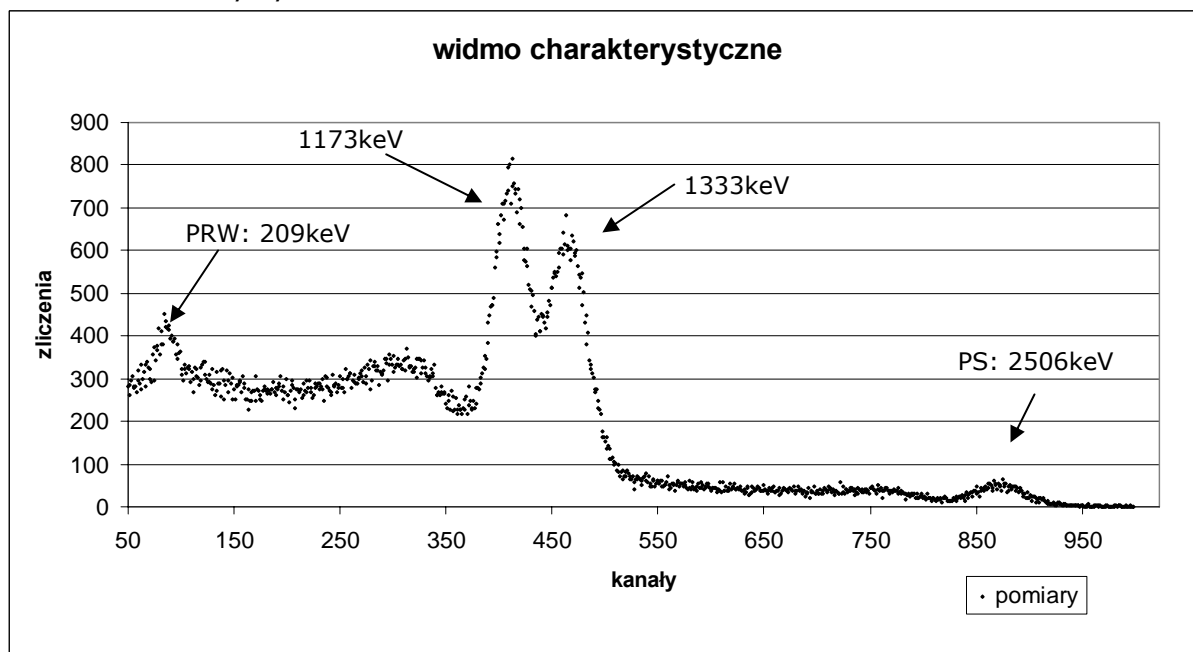
- pik sumacyjny - PS
- pik rozproszenia wstecznego – PRW

Widmo charakterystyczne ^{137}Cs :



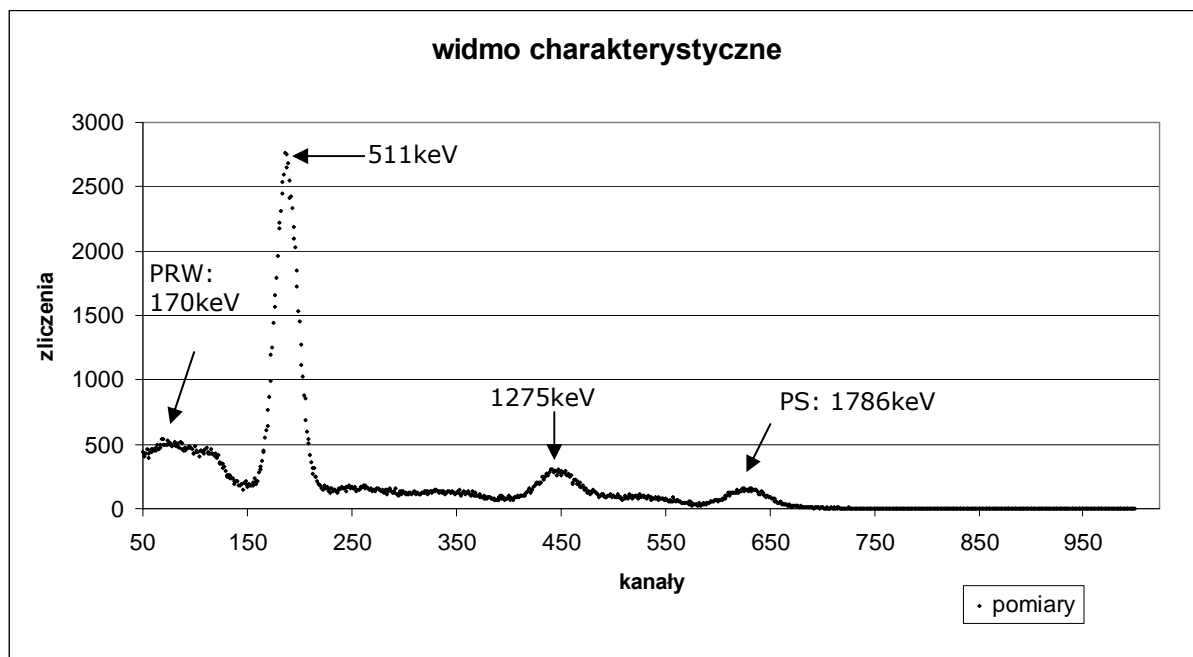
wykres 1

Widmo charakterystyczne ^{60}Co :



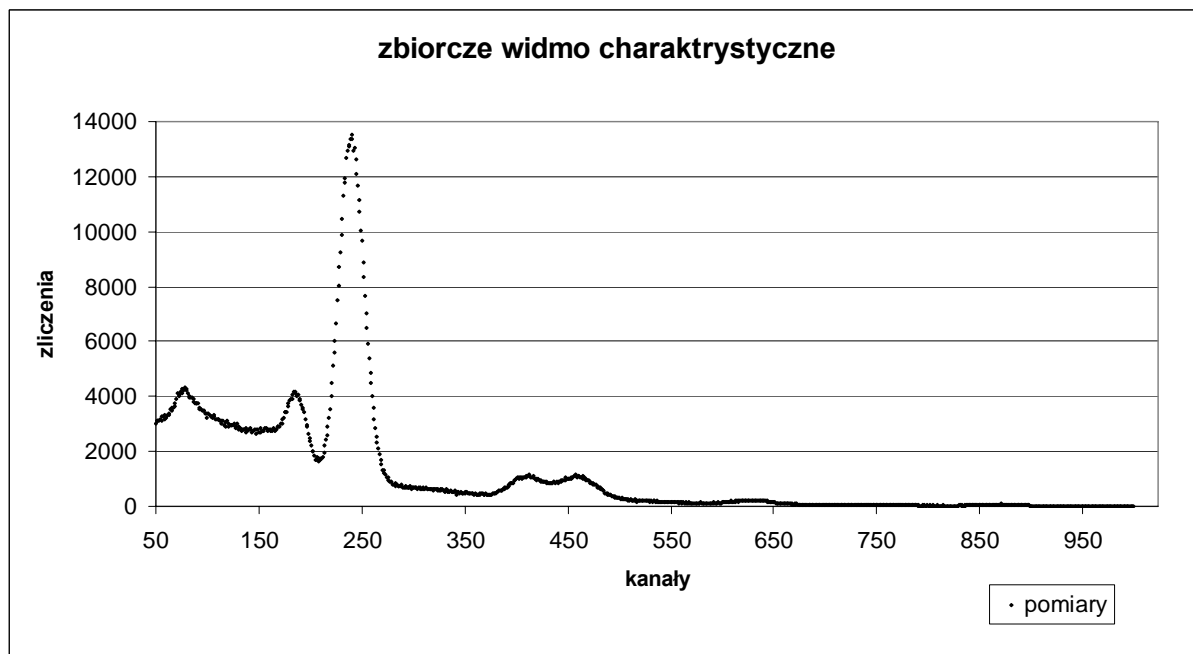
wykres 2

Widmo charakterystyczne ^{22}Na :



wykres 3

Widmo zbiorcze pierwiastków ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{22}Na :



wykres 4

2. Cechowanie licznika:

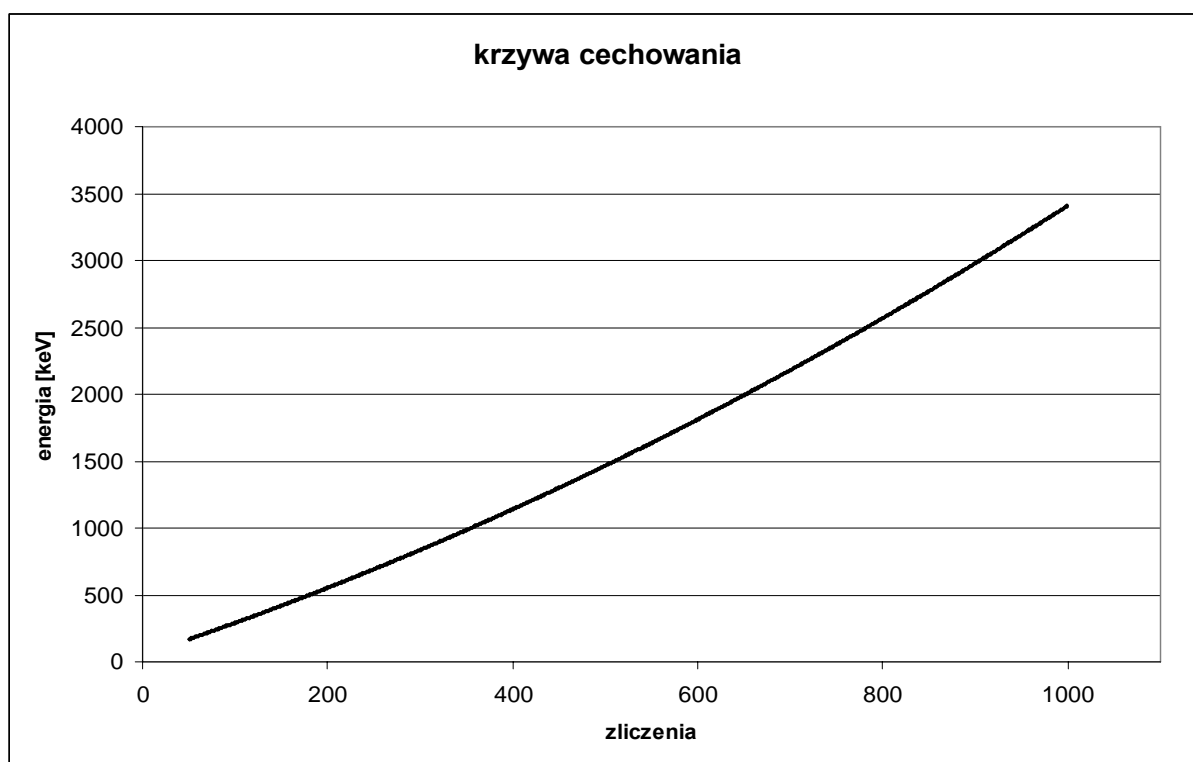
Poniżej (wykres 5) przedstawiono krzywą cechowania wyznaczoną za pomocą równania:

$$E = Ax^2 + Bx + C$$

gdzie: x to numer kanału, a E energia przypadająca na konkretny kanał. Współczynniki wynoszą:

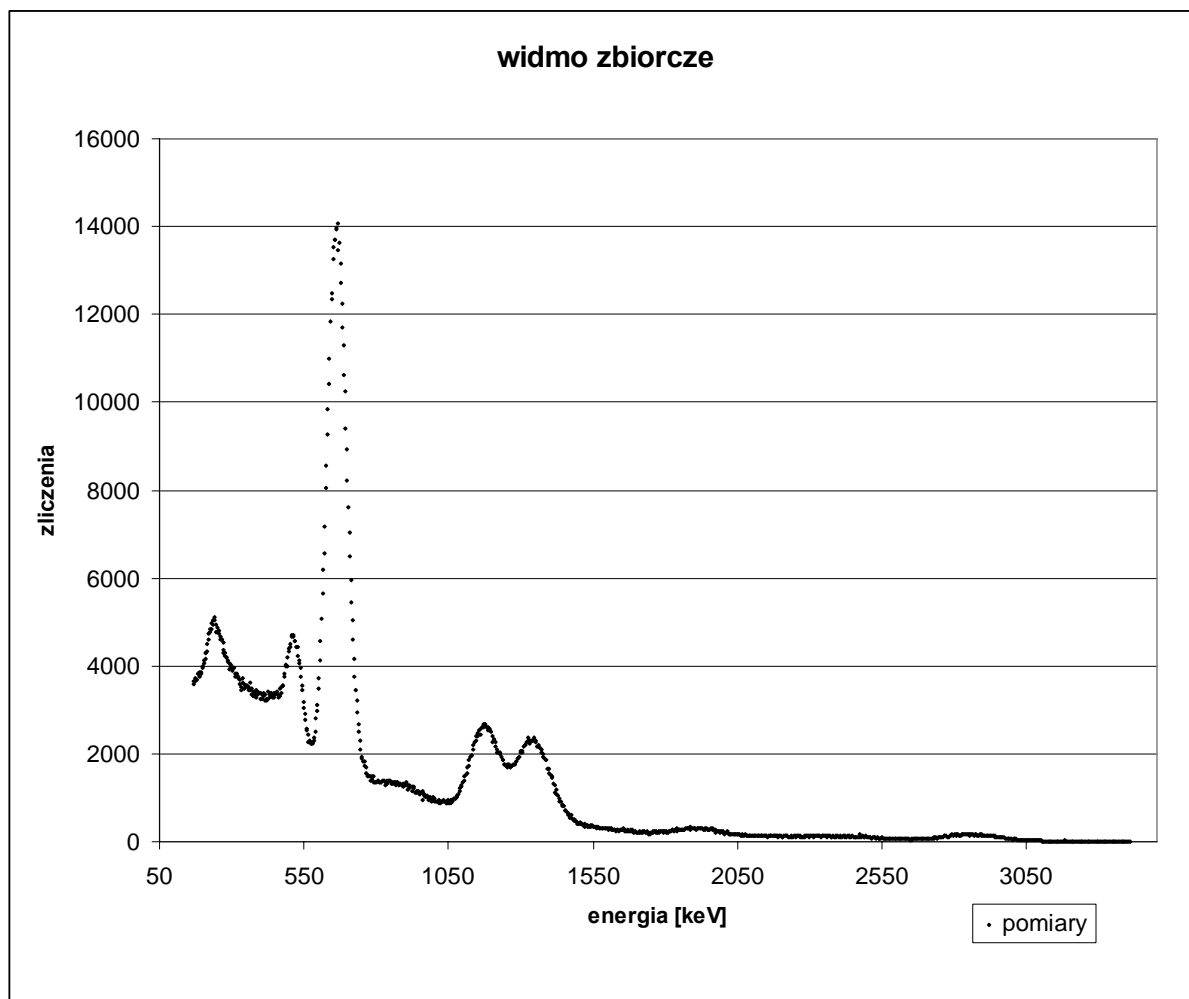
$$\begin{cases} A = 50,5 \\ B = 2,3 \\ C = 0,00106 \end{cases}$$

Krzywą tą wyznaczono za pomocą programu służącego do obsługi analizatora wielokanałowego.



wykres 5

Dzięki znajomości tej krzywej można wyznaczyć zbiorcze widmo charakterystyczne dla pierwiastków ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{22}Na (ilość zliczeń w funkcji energii).



wykres 6

W załączniku znajduje się widmo zbiorcze z opisanymi pikami.

3. Zdolność rozdzielcza:

Wyznaczono zdolność rozdzielczą dla pików głównego ^{137}Cs na podstawie wykresu 1 przeskalowanego na zależność częstości zliczeń impulsów w funkcji energii. Zdolność rozdzielczą wyznacza się ze wzoru:

$$R = \frac{\Delta E}{E_0}$$

Maksimum pików przypada na energię $E_0 \approx 666,37\text{keV}$ dla liczby zliczeń $N = 14059$. Ostatecznie otrzymano wartość:

$$R = 12,64\%$$

WNIOSKI

Na wykresie 6 można zauważyć, że brakuje jednego piku o energii 1275keV pochodzącego od ^{22}Na (dobrze widoczny na wykresie 3). Jest to spowodowane tym, że leży on w bardzo bliskim sąsiedztwie 'silniejszego' piku o energii 1333keV z ^{60}Co .

Dodatkowo można stwierdzić, że licznik scyntylacyjny poza rejestrowaniem samej cząstki zwraca także informację o jej energii podobnie jak liczniki półprzewodnikowe.

ZAŁĄCZNIKI

[1] – widmo zbiorcze pierwiastków ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{22}Na ;