

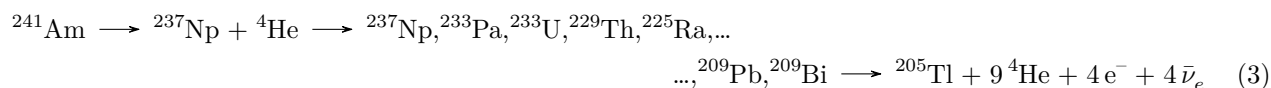
WFİS	Imię i nazwisko: 1. Filip Baran 2. Miłosz Kulczycki		Rok: 3	Grupa: 1	Zespół: 1
PRACOWNIA JĄDROWA WFİS AGH	Temat: Spektrometr promieniowania gamma z licznikiem półprzewodnikowym HPGe				Nr ćw.: 3
Data wykonania: 27.10.2022	Data oddania: 10.11.2022	Zwrot do pop.: 10.11.2022	Data oddania: 12.01.2023	Data zaliczenia:	OCENA

1 Wprowadzenie

Półprzewodnikowe detektory promieniowania wykorzystują energię rejestrowanych cząstek do przenoszenia elektronów do pasma przewodnictwa. W przypadku detekcji promieniowania gamma foton jest absorbowany przez niskie pasmo, co powoduje wyrzucenie elektronu i powstanie dziury. Następnie ta jest zapalniana przez elektron z wyższego pasma, co prowadzi do jej „wędrowki” do pasma walencyjnego. Uporządkowany ruch powstałych ładunków powoduje spadek napięcia w obwodzie licznika, który może być odpowiednio przeliczony.

Do detekcji wysokoenergetycznych kwantów gamma wykorzystuje się liczniki germanowe ze względu na ich lepsze właściwości absorbcyjne. Odmiana HPGe (*high purity germanium*) nie wymaga już nieustannego chłodzenia ciekłym azotem w celu uniknięcia „wyparowania” litu, którym półprzewodnik był dryfowany, ale procedura ta jest niezbędna podczas pracy urządzenia. W związku z tym układ pomiarowy będzie zawierał detektor firmy Canberra, naczynie Dewara, układ zasilający, wzmacniacz i analizator wielokanałowy oraz ołowiany bunkier do umieszczania próbek. Dane zbierane przez licznik będą analizowane w programie komputerowym Genie-2000.

Wykorzystane źródła promieniowania rozpadają się według równań (1)-(5).



Wydażność energetyczną detektora możemy wyrazić za pomocą równania

$$\varepsilon(E) = \frac{N(E)}{tAp(E)} \underbrace{C_s C_c \dots}_{\approx 1}, \quad (6)$$

gdzie $N(E)$ jest liczbą zliczeń netto w pikie odpowiadającym energii E , t czasem, $p(E)$ prawdopodobieństwem emisji kwantów gamma o energii E na jeden rozpad nuklidu, $C_s C_c \dots$ współczynnikami poprawkowym, a A aktualną aktywnością źródła daną przez równanie

$$A = A_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{t/T_{1/2}}, \quad (7)$$

gdzie A_0 jest aktywnością początkową wyznaczoną w znanym czasie oraz $T_{1/2}$ jest czasem połowicznego rozpadu nuklidu.

2 Wykonanie ćwiczenia

W detektorze umieszczano kolejno różne źródła promieniotwórcze w postaci pastylek ^{241}Am , ^{133}Ba , ^{60}Co , ^{137}Cs i ^{22}Na , jedną nieznaną próbkę wzorcową oraz jedną naturalną. Pomiaru dokonywano każdorazowo przez 100 s a następnie zapisywano plik z danymi i rozpoczynano analizę otrzymanego widma.

Kolejnym krokiem było przeprowadzenie kalibracji energetycznej spektrometru na podstawie uzyskanych pików źródeł wzorcowych oraz wyznaczenie jego rozdzielczości. Później można było przejść do próby identyfikacji nieznannej próbki wzorcowej oraz naturalnej.

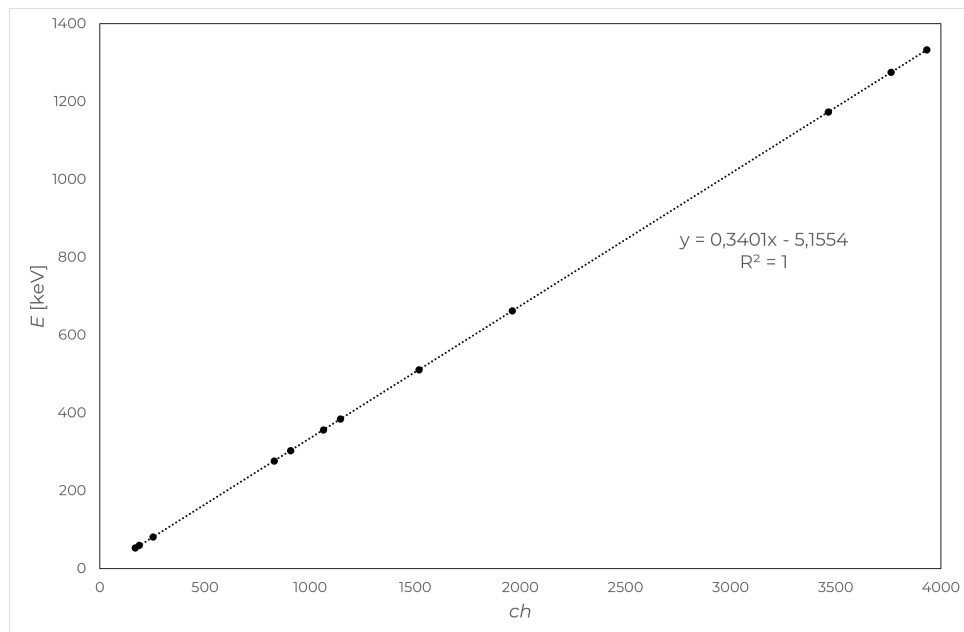
3 Analiza danych

Dane odczytane dla pastylek źródeł wzorcowych zamieszczono w tabeli 1. Pozwoliły one na kalibrację energetyczną spektrometru przez dopasowanie prostej regresji dla zależności energii pików, odczytanej z tablic, od numeru kanału spektrometru, widocznej na rysunku 1. Otrzymane widma źródeł wzorcowych są widoczne na rysunkach 4-8.

TAB. 1: Zebrane dane pomiarowe dla znanych źródeł.

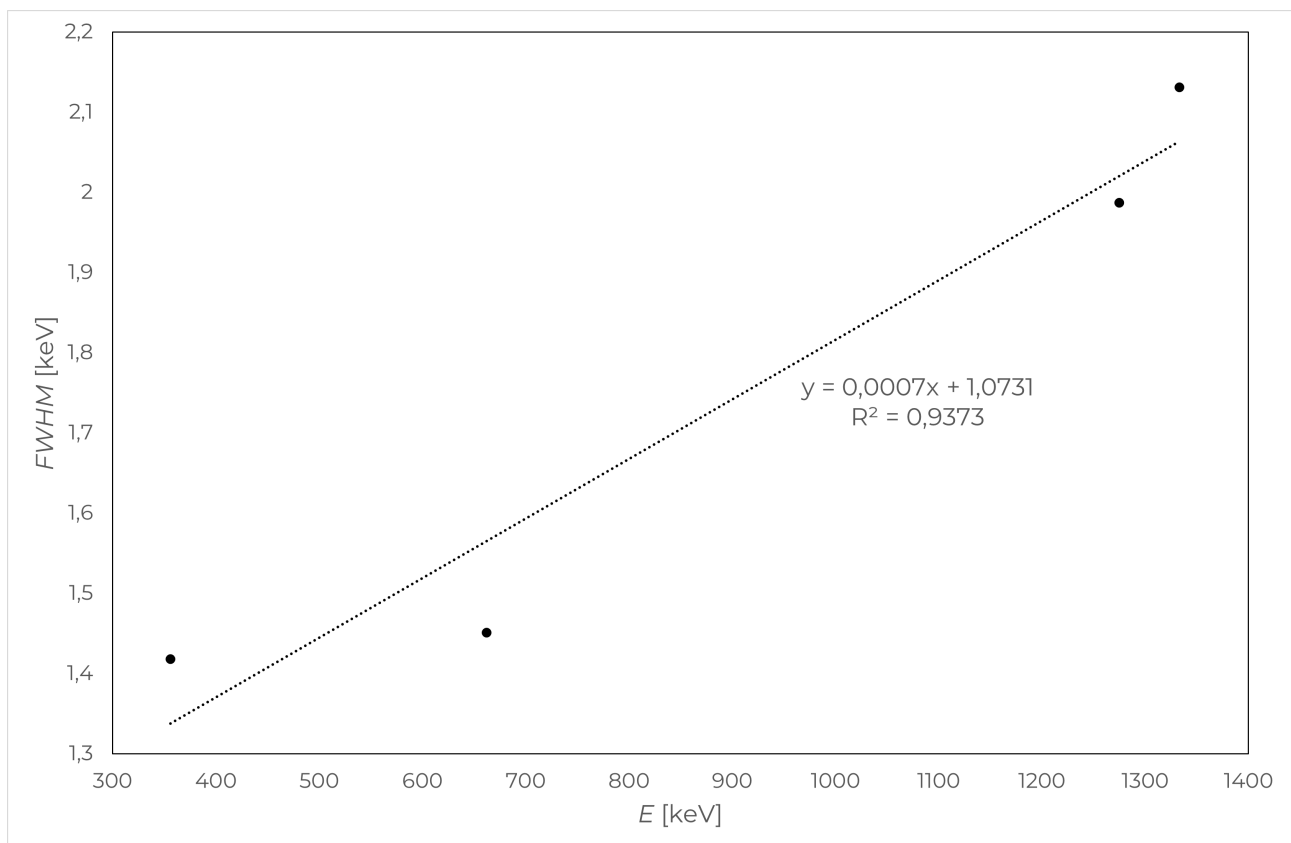
nuklid	⁶⁰ Co		¹³⁷ Cs	²⁴¹ Am	²² Na	
centroid	3465	3933	1961	188	1518	3763
E [keV]	1173,347	1332,521	661,81	58,79	511,14	1274,70
$E_{\text{teo.}}$ [keV]	1173	1333	662	60	511	1275
area	1205	1108	61865	57498	30081	6020
$FWHM$ [keV]	1,916	2,131	1,451	0,858	2,524	1,987

nuklid	¹³³ Ba					
centroid	169	253	830	907	1064	1145
$E_{\text{teo.}}$ [keV]	53	81	276	303	356	384
area	825	35027	4892	12054	36901	5581
$FWHM$ [keV]	1,019	1,031	1,285	1,305	1,418	1,437

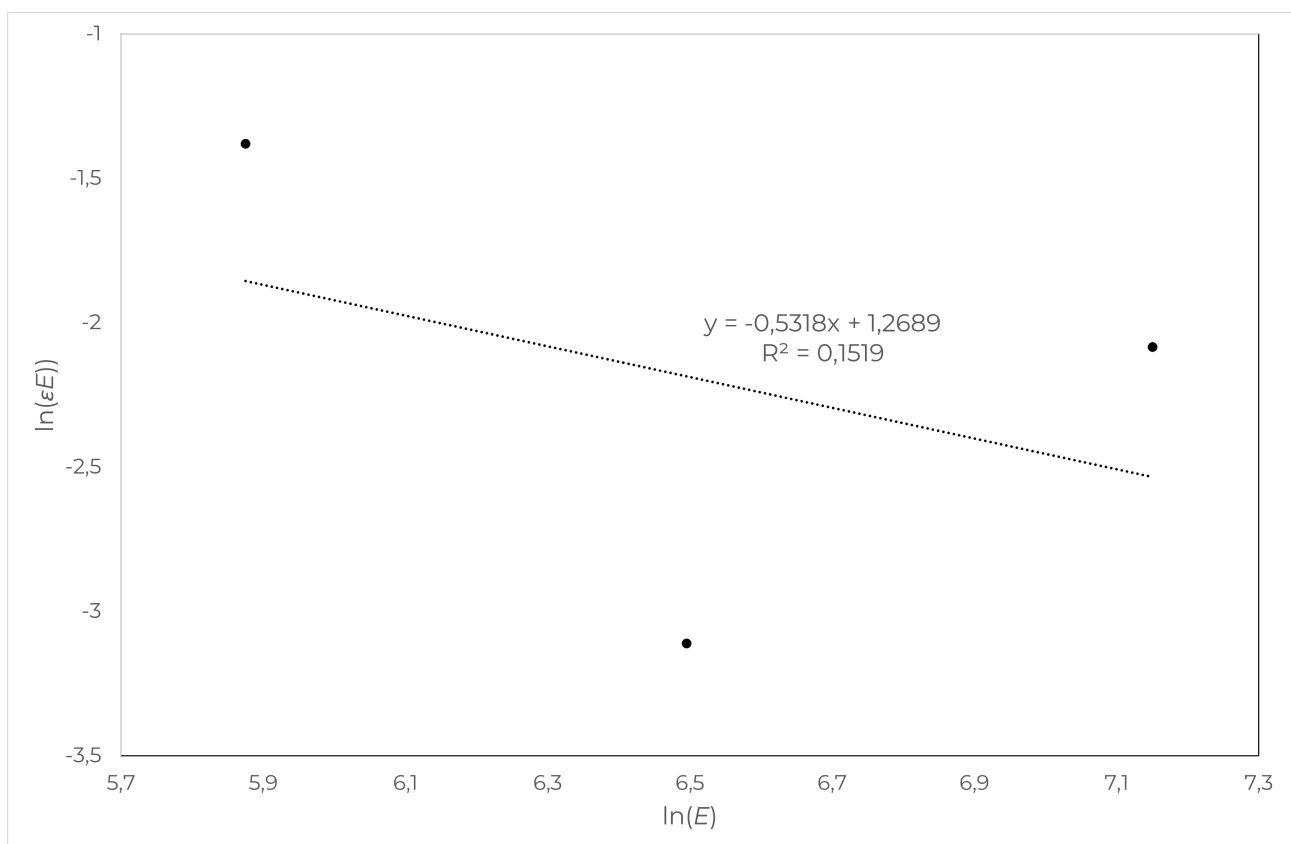


RYS. 1: Energia pików głównych przypadających na dany kanał detektora wraz z krzywą kalibracyjną o równaniu umieszczonym na wykresie.

Na podstawie zebranych danych można także wyznaczyć rozdzielczość energetyczną detektora widoczną na rysunku 2. Porównując ją z deklarowaną przez producenta wynoszącą 2 keV dla ⁶⁰Co (pik 1333 keV) można stwierdzić, że licznik nie jest urządzeniem najnowszym z uwagi na pogorszenie rozdzielczości o 6,55%.



RYS. 2: Energetyczna zdolność rozdzielcza detektora.



RYS. 3: Zależność logarytmu naturalnego wydajności detektora od logarytmu naturalnego energii.

Dane potrzebne do wyliczenia wydajności detektora zebrano w tabeli 3.

TAB. 2

Pik	A [kBq]	$\epsilon(E)$
^{133}Ba 356 keV	1,18	25,17 %
^{137}Cs 662 keV	8,16	4,46 %
^{22}Na 1275 keV	0,24	200 %

Zależność logarytmu wydajności od logarytmu energii nie przypomina liniowej, co zostało uwidocznione na rysunku 3.

TAB. 3: Zestawienie liczby zliczeń $N(E)$ pików o energii E po czasie t dla odpowiednich nuklidów. Dodatkowo podano prawdopodobieństwo emisji kwantów gamma $p(E)$, czas połowicznego rozpadu $T_{1/2}$ oraz aktywność źródła A_0 na dzień podany w kolumnie obok.

nuklid	E [keV]	$N(E)$	t [s]	$p(E)$	A_0 [kBq]	$T_{1/2}$ [y]	kiedy A_0	A_k	$\epsilon(E)$
^{133}Ba	356	36901	200	0,62	124	10	01/05/1976	1,16	255,9
^{137}Cs	662	61865	200	0,85	38,5	30	01/05/1976	8,11	44,8
^{22}Na	1275	6020	200	1	455,8	2,6	02/04/2003	0,23	132,8

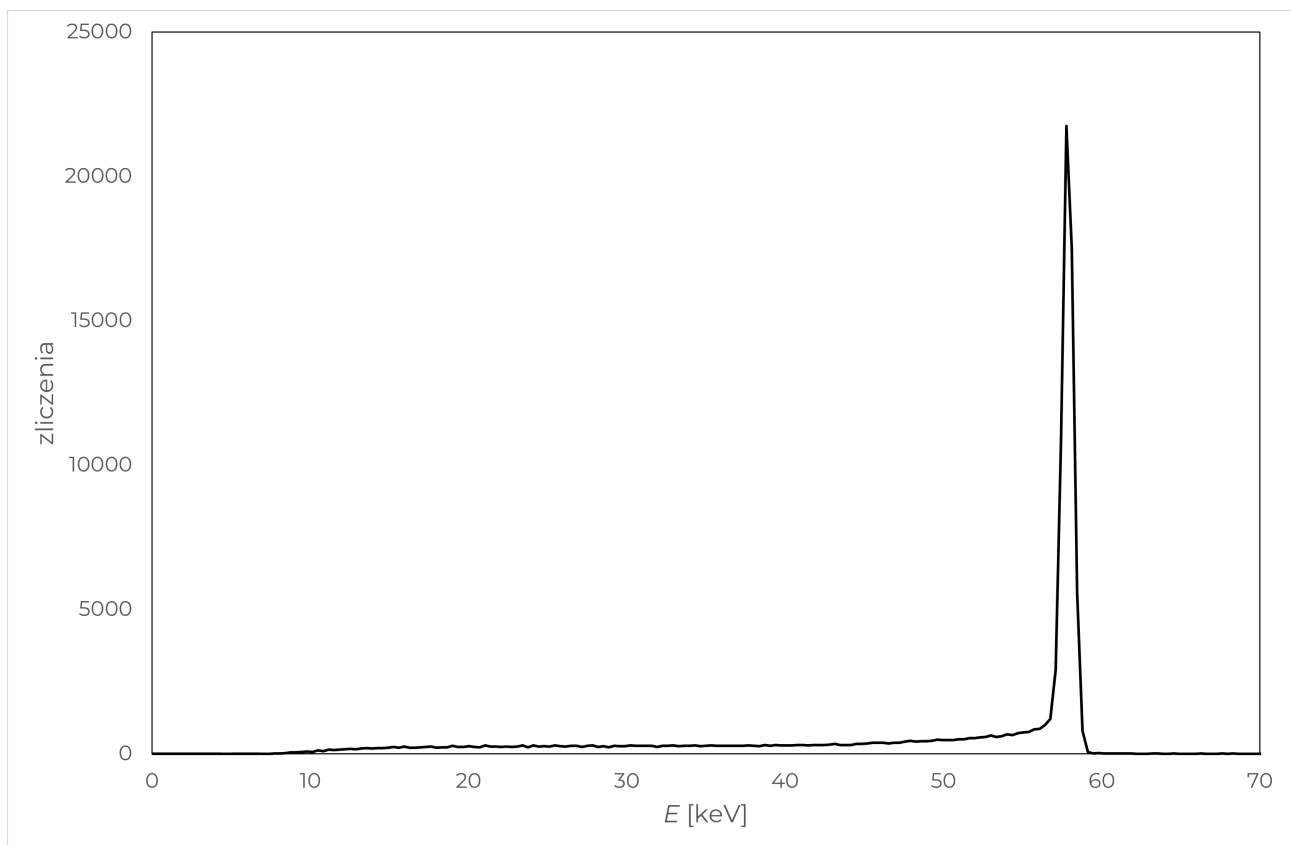
Pomiar nieznanej próbki wzorcowej wykazał piki dla energii 122,5 keV, 245,9 keV, 345,3 keV oraz 1408 keV. Korzystając z serwisu internetowego [1] przy nastawieniu tolerancji energii równej 3 keV oraz czasu połowicznego rozpadu powyżej 100 dni, z uwagi na długoletnie przechowywanie próbek w pracowni, określono nuklid odpowiadający ostatniemu pikowi jako ^{152}Eu .

Widmo źródła naturalnego widoczne jest na rysunku 10, a zestawienie energii jego pików oraz rozpoznanych nuklidów znajduje się w tabeli 4.

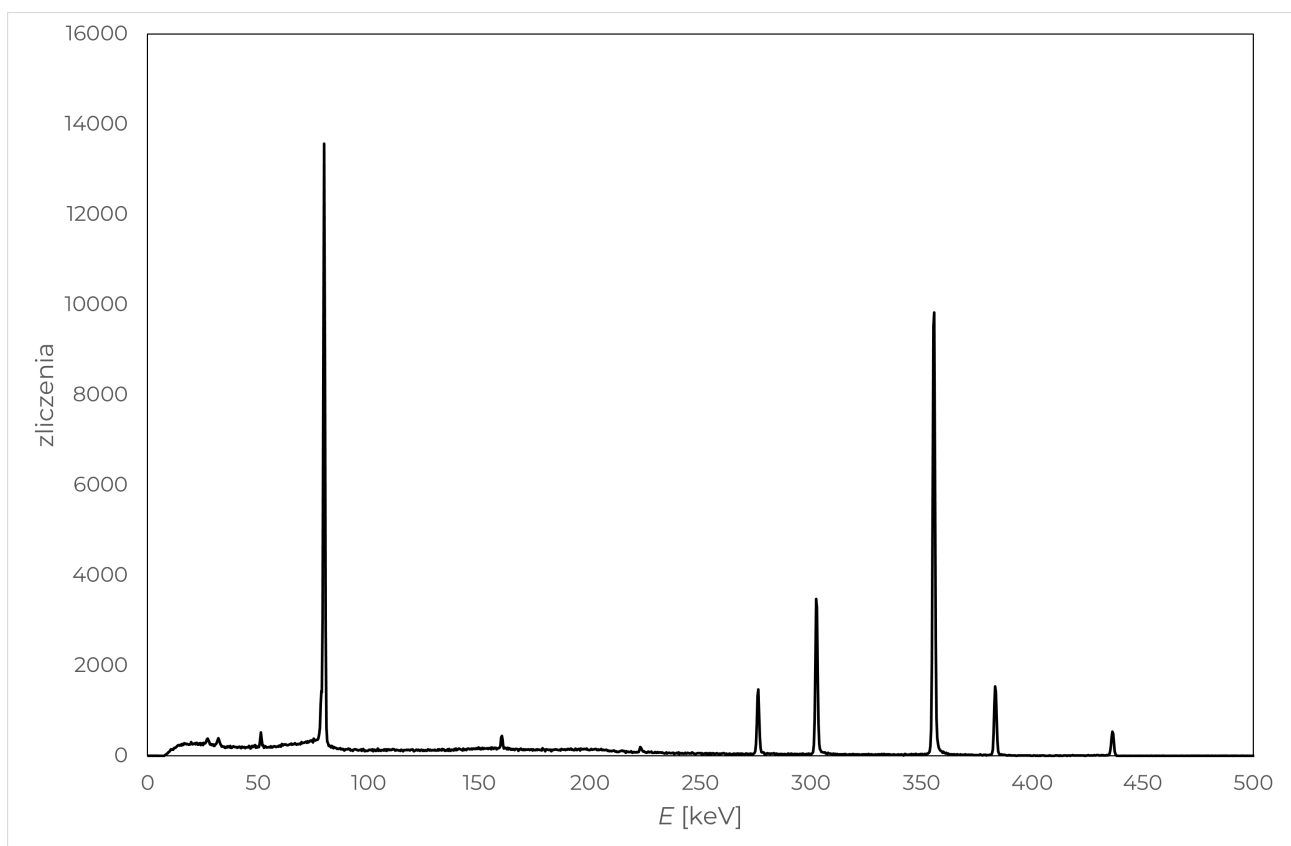
TAB. 4: Energie pików widma naturalnego źródła promieniowania wraz z dopasowanymi nuklidami szeregów ^{232}Th i ^{238}U .

E [keV]	szereg ^{228}Th	szereg ^{238}U	E [keV]	szereg ^{228}Th	szereg ^{238}U
74	^{228}Th		338		
89			352		^{218}Pb
130	^{228}Th		464		
209			510	^{208}Tl	
238	^{212}Pb		583	^{208}Tl	
270			610		^{214}Bi
277	^{208}Tl		726		
300	^{212}Pb		910		
338			968		

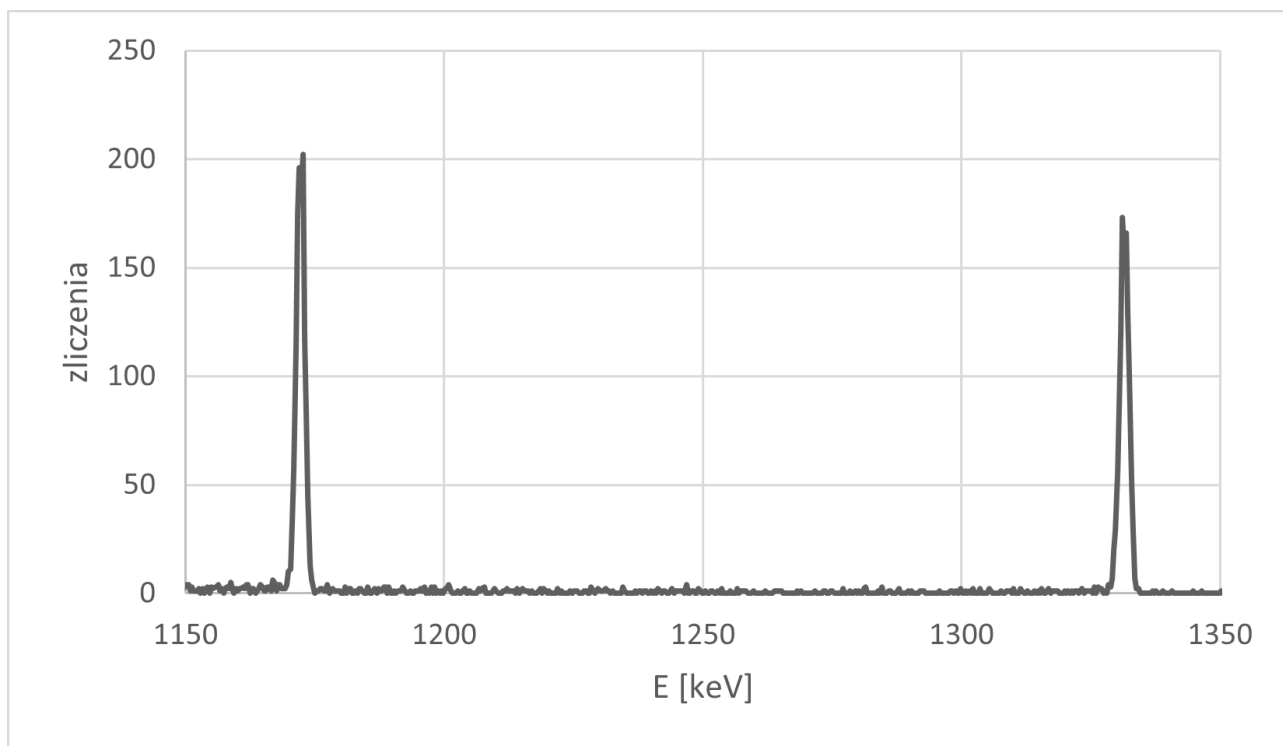
Brakuje pików radu 226



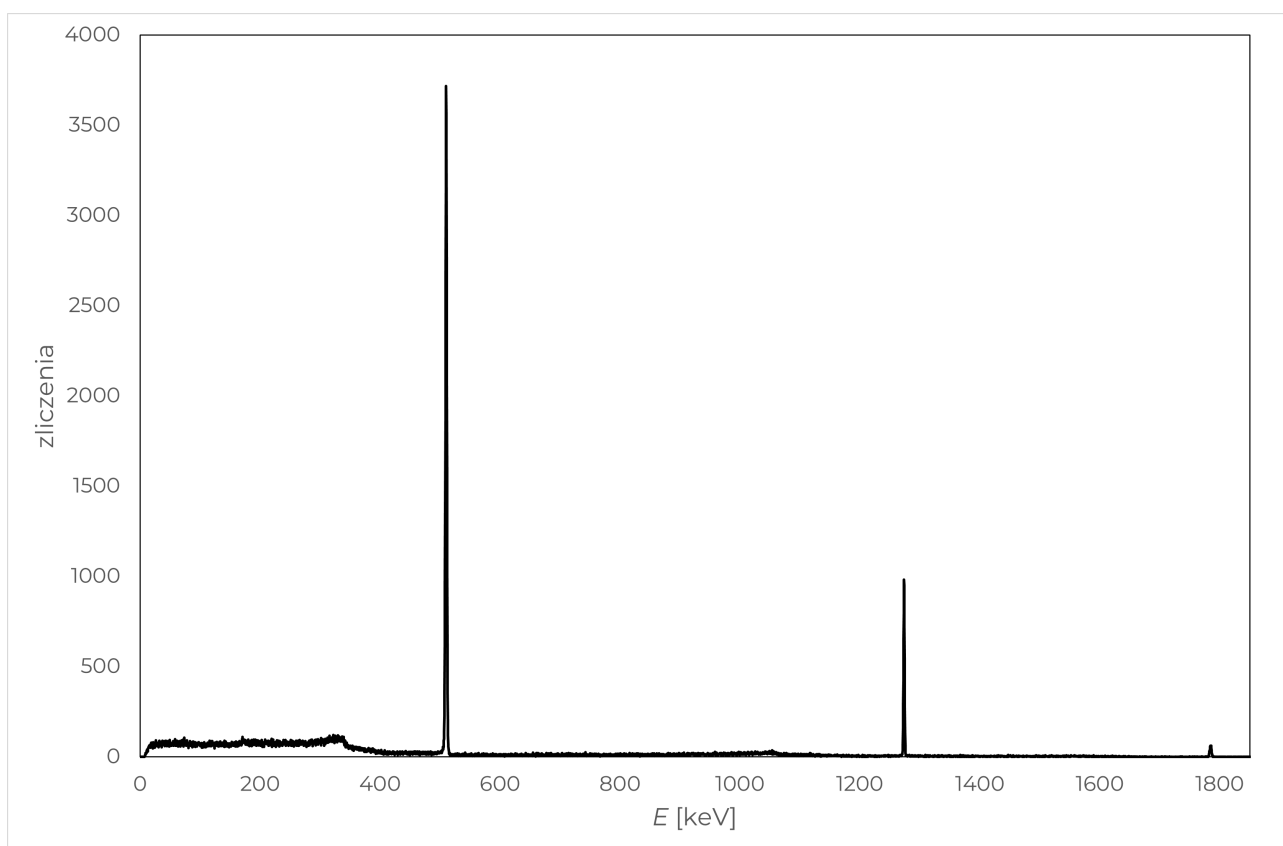
Rys. 4: ^{241}Am .



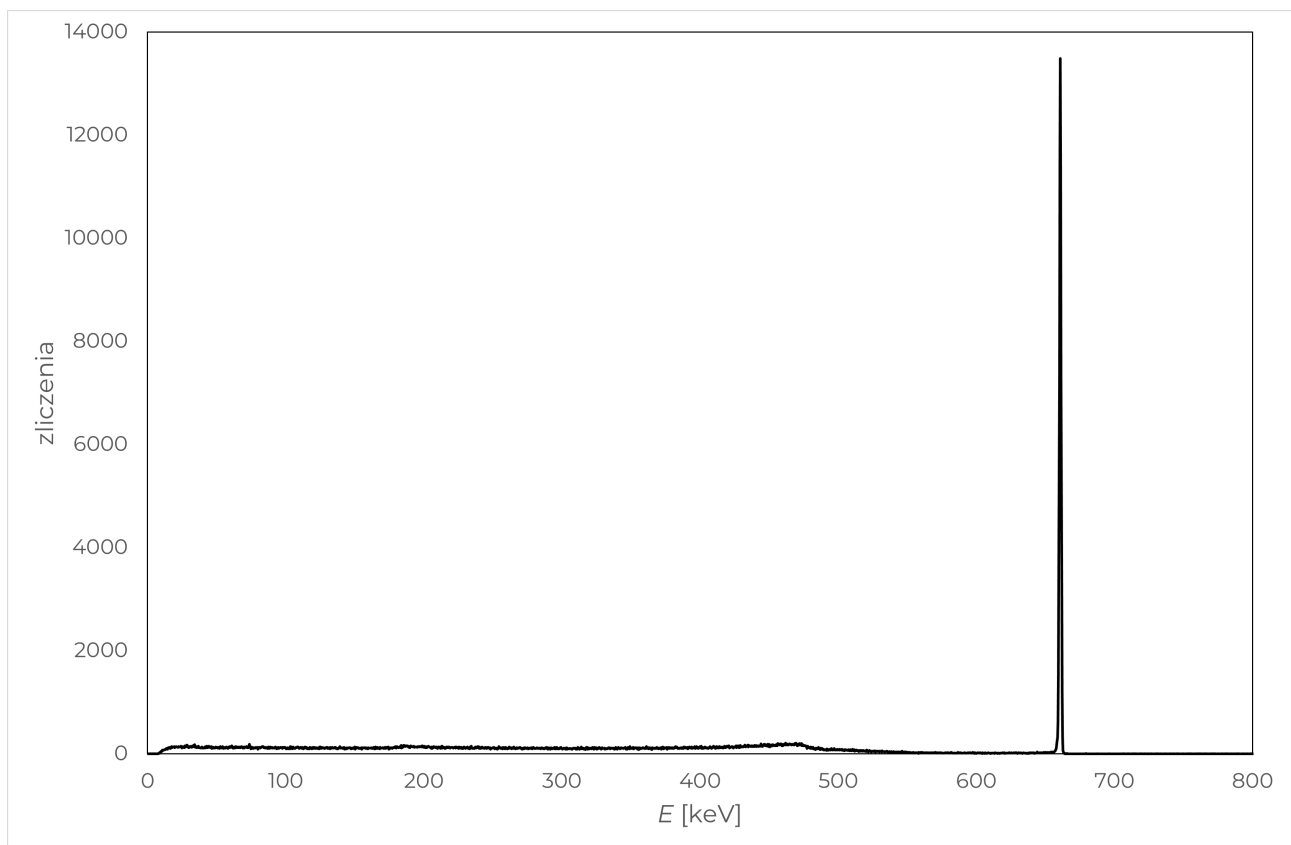
Rys. 5: ^{133}Ba .



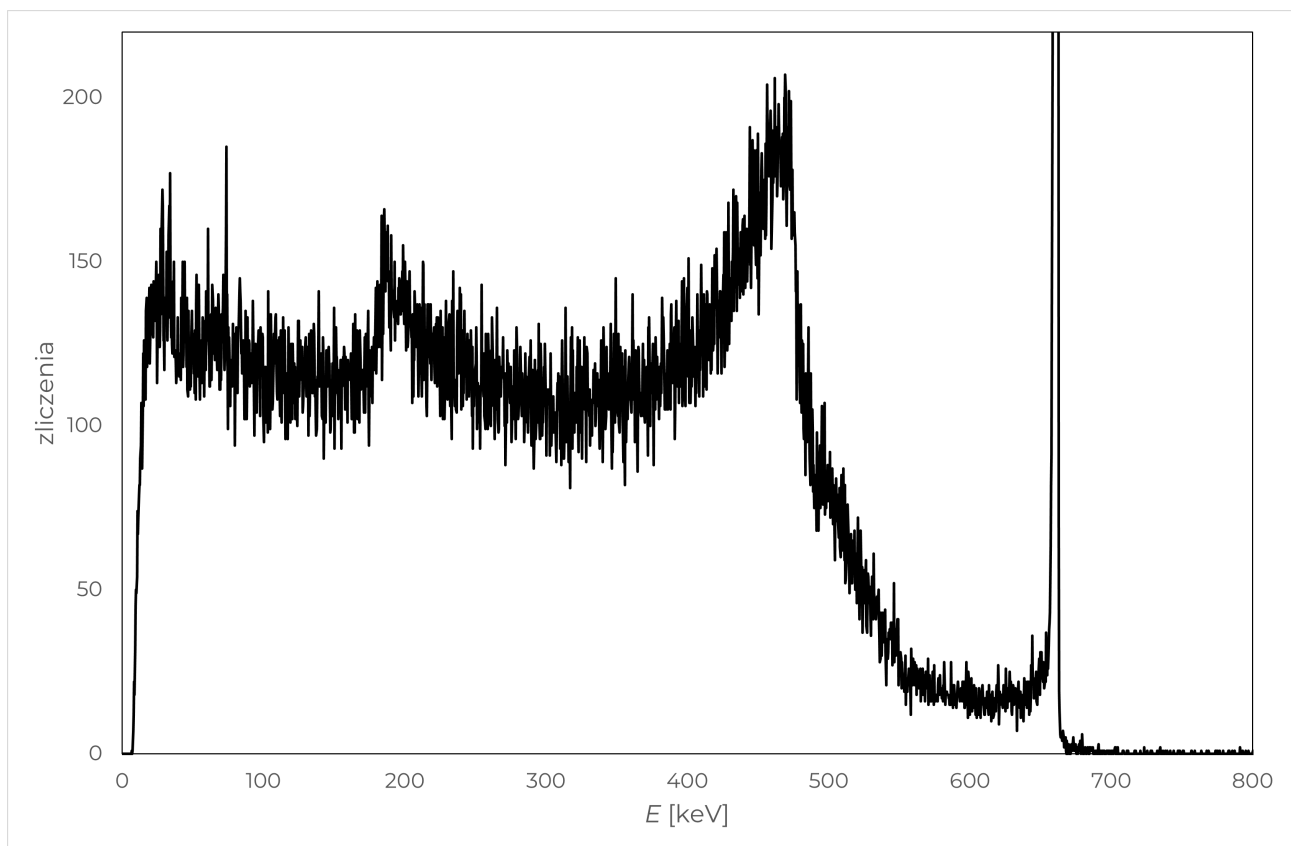
Rys. 6: ^{60}Co .



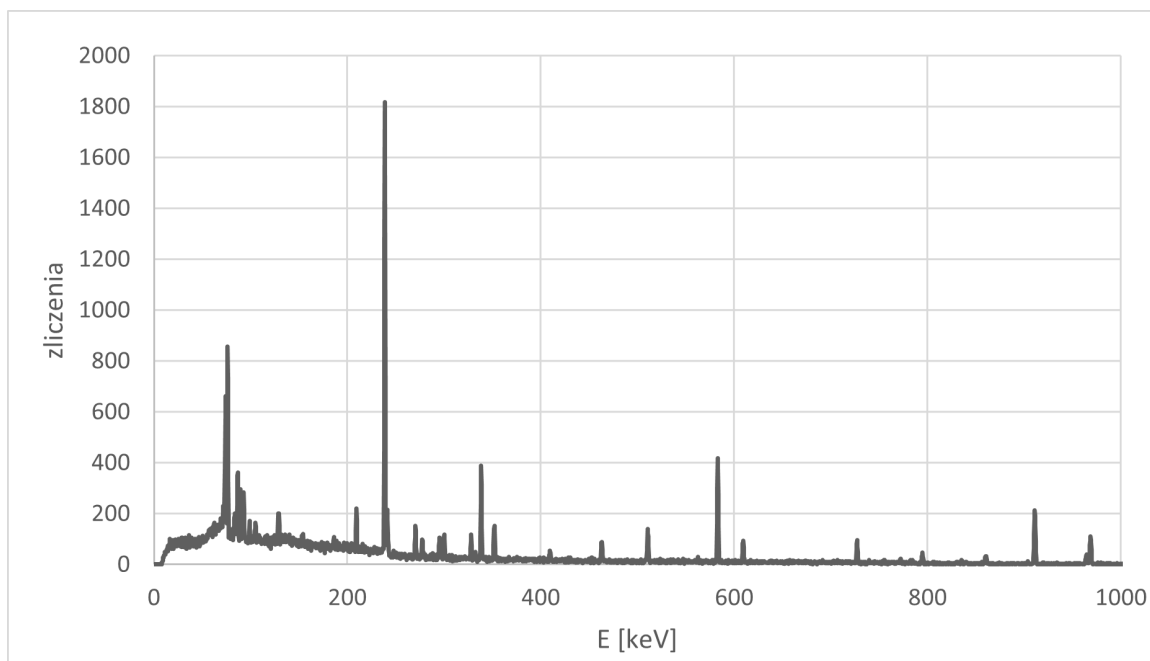
Rys. 7: ^{22}Na . Zauważalny jest pik sumacyjny dla energii $511\text{ keV} + 1275\text{ keV} = 1786\text{ keV}$.



Rys. 8: ^{137}Cs .



Rys. 9: Przybliżony wykres widma ^{137}Cs by uwidocznic pik rozproszenia wstecznego dla energii około 200 keV, który wybija się z kontinuum comptonowskiego.



RYS. 10: Widmo promieniowania źródła naturalnego.

Literatura

- [1] <http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi/Gamma.asp?sql=&Min=1406&Max=1410&HlifeMin=8640000&tMinStr=100+d>. Dostęp: 9 listopada 2022 r.
- [2] B. Dziunikowski, S. Kalita. *Ćwiczenia laboratoryjne z jądrowych metod pomiarowych*. Wydawnictwa AGH, Kraków, 1995.