



Szkoła z przyszłością

szkolenie współfinansowane przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Narodowe Centrum Badań Jądrowych, ul. Andrzeja Sołtana 7, 05-400 Otwock-Świerk

ĆWICZENIE 4	LABORATORIUM FIZYKI ATOMOWEJ I JĄDROWEJ Dobór optymalnego punktu pracy układu z detektorem scyntylicyjnym promieniowania gamma
Data pomiaru:	
Imię i nazwisko:	
Imię i nazwisko:	

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z zasadą działania detektora scyntylicyjnego i dobór optymalnego punktu pracy układu z tym detektorem.

2. UKŁAD DOŚWIADCZALNY

Zestaw ćwiczeniowy (rys. 1) stanowią:

- sonda scyntylicyjna,
- źródło promieniowania γ ,
- domek osłonowy,
- zasilacz wysokiego napięcia ZWN-41 (rys. 2),
- wzmacniacz impulsów WL-41 (rys. 2),
- dyskryminator progowy DP-21 (rys. 2),
- przelicznik impulsów P-44 (rys. 2).

3. WSTĘP TEORETYCZNY

Przejściu promieniowania jonizującego przez niektóre substancje towarzyszą błyski światła, zwanych scyntylacjami.

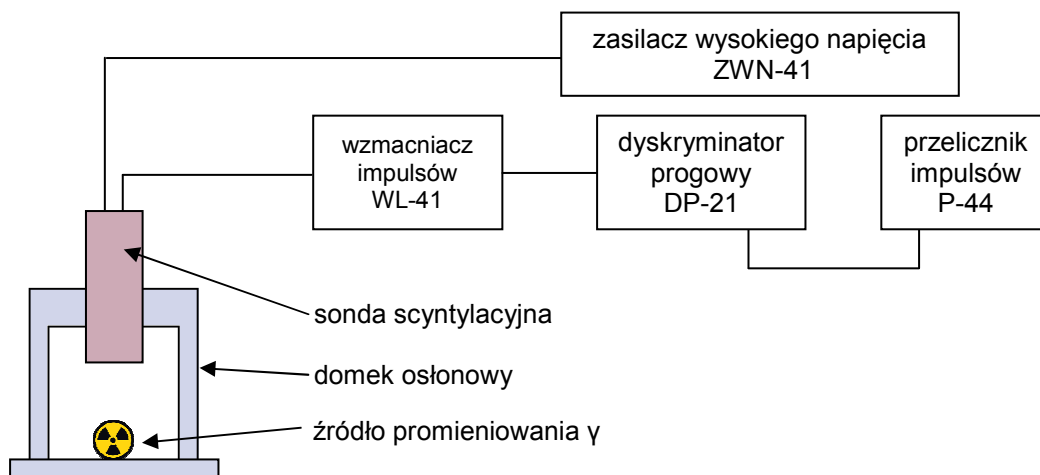
Typową sondę scyntylicyjną (rys. 3) tworzą scyntylator oraz fotopowielacz.

Fotony padające na katodę fotopowielacza powodują emisję elektronów, których liczba jest następnie powielana przez układ kilkunastu elektrod, zwanych *dynodami* – elektrony przyspieszane przez pole elektryczne pomiędzy każdą parą elektrod wybijają z ich powierzchni następne elektrony (typowa różnica potencjałów pomiędzy parą dynod wynosi 100-150 V). Narastający strumień elektronów tworzy impuls elektryczny, który jest rejestrowany przez odpowiednie urządzenie.

Współczynnik powielenia liczby elektronów jest rzędu 10^6 i zależy od całkowitego napięcia przyłożonego do fotopowielacza. Niekiedy celem polepszenia warunków zbierania światła ścianki scyntylatora pokryte są warstwą odbijającą, a odpowiedni światłowód doprowadza światło do fotopowielacza.

O jakości sondy scyntylicyjnej decydują:

- wydajność przetwarzania energii przechodzącego przez scyntylator promieniowania jonizującego na energię świetlną – może ona zostać zwiększona przez tzw. *domieszkowanie*, czyli dodanie innego materiału. Najczęściej stosowany scyntylator, jodek sodu, NaI, zawiera dodatek $\sim 0,2\%$ talu, Tl;

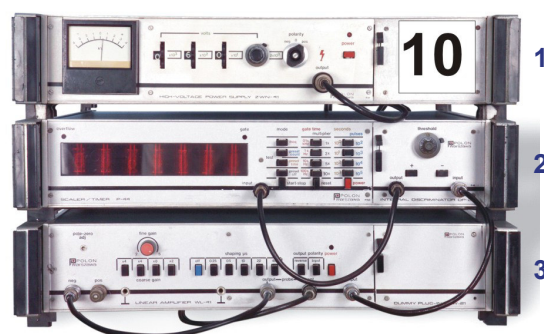


Rys. 1

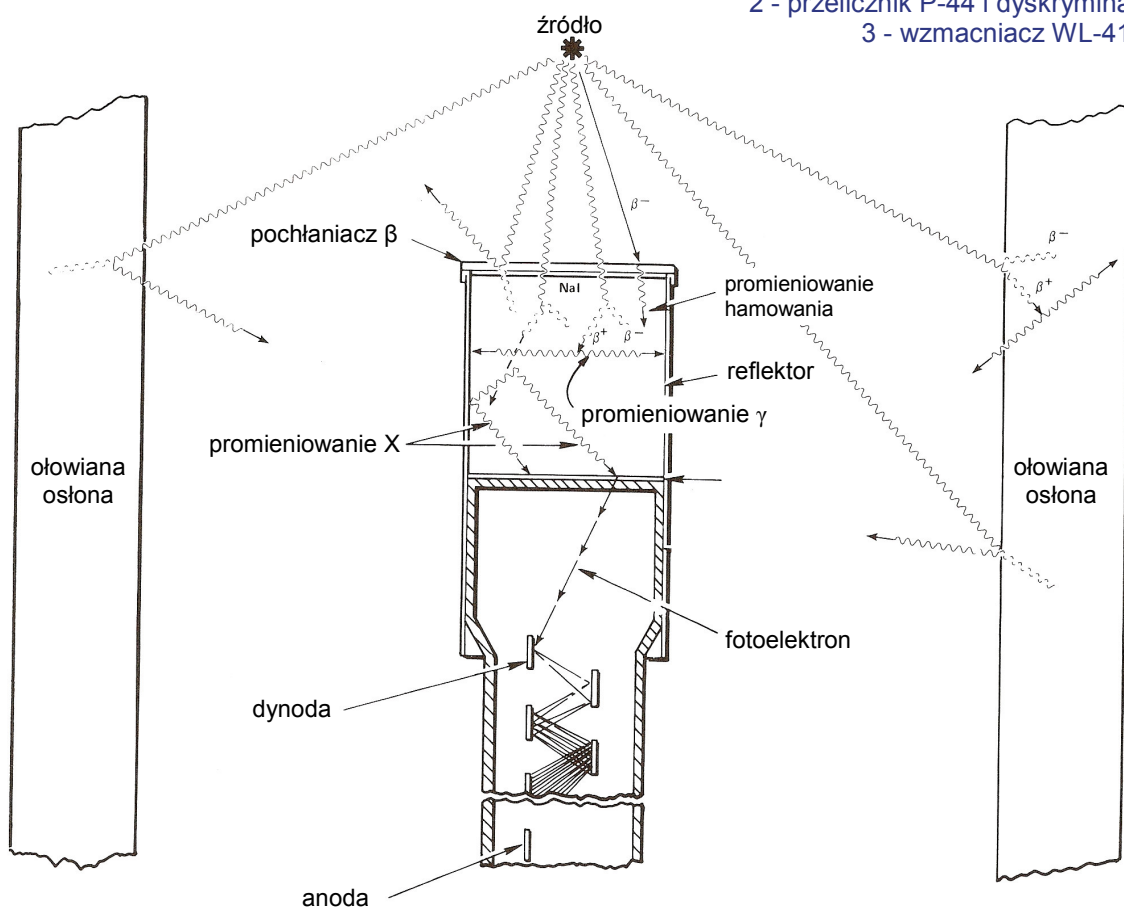
- przezroczystość i odpowiednio duży współczynnik załamania materiału scyntylatora – dla NaI(Tl) współczynnik załamania $n = 1,775$;
- czas zaniku świecenia.

Do rejestracji przechodzenia promieniowania gamma dobieramy materiał scyntylatora o odpowiednio dużej gęstości i dużej średniej liczbie atomowej Z .

Parametry typowego scyntylatora NaI(Tl): gęstość $d = 3,67 \text{ g/cm}^3$, średnie $Z \approx 32$, możemy oczekiwać ok. 40 tys. fotonów na 1 MeV pochłoniętej energii.



Rys. 2 (zasilacz ZWN-41, 2 - przelicznik P-44 i dyskryminator DP-21, 3 - wzmacniacz WL-41)



Rys. 3

4. PRZEBIEG DOŚWIADCZENIA

UWAGA: wszelkie operacje ze źródłami promieniowania przeprowadza obsługa laboratorium!

A) Przed włączeniem zasilacza należy ustawić elementy regulacyjne aparatury elektronicznej:

- zasilacz ZWN-41:
 - $U_L = \square^1$ V,
 - polaryzacja: „0”;
- dyskryminator DP-21:
 - polaryzacja „+”,
 - $U_d = \square$ V;
- wzmacniacz impulsowy WL-41:
 - wzmocnienie: $\square$,
 - kształtowanie impulsów („SHAPING”): $\square$ μ s;
- przelicznik impulsów P-44:
 - „PRESET TIME”: $\square \times \square$ s (ustali to czas pojedynczego pomiaru na $\square$ s),

B) Przygotować aparaturę elektroniczną do pomiarów:

- we wszystkich blokach układu pomiarowego włączyć zasilanie wciskając czerwony przycisk z opisem „POWER”;
- w zasilaczu ZWN-41 zmienić położenie przełącznika „POLARITY” z pozycji „0” na „POS” i sprawdzić, czy na wskaźniku „kV” ustali się napięcie $\square$ kV.

C) Wykonać pomiar liczby impulsów naciskając przycisk „START / STOP” (zaświeci się sygnalizacja „GATE”). Po czasie nastawionym układem przełączników „GATE TIME / MULTIPLIER” i „SECONDS / PULSES” zapisać wynik pomiaru w tabeli 1. Pomiar wykonać czterokrotnie, za każdym razem zerując licznik przy pomocy przycisku „RESET” i zapisując wyniki.

D) W bloku zasilacza ZWN-41 zmienić położenie przełącznika „POLARITY” z „POS” na „0”, ustawić wartość napięcia $U_L = \square$ V i ponownie przestawić przełącznik „POLARITY” na pozycję „POS”. **Uwaga: przy następnych pomiarach należy każdorazowo przed zmianą napięcia U_L przełączać „POLARITY” z „POS” na „0”, a po zmianie napięcia, ponownie przełączyć z „0” na „POS” i odczekać do chwili ustalenia się nastawionego napięcia.**

E) Pomiary z punktu C wykonać dla kilkunastu różnych napięć z zakresu od $\square$ V do $\square$ V ze skokiem nie mniejszym niż $\square$ V, wyniki zapisując w tabeli 1.

 F) Otworzyć domek osłonowy i pod scyntylatorem umieścić źródło promieniowania γ (np. ^{137}Cs lub ^{226}Ra). Zamknąć drzwiczki domku osłonowego.

G) Powtórzyć pomiary z punktu C dla tych samych napięć, co wcześniej bez źródła promieniowania, tym razem wyniki zapisując w tabeli 2.

H) Po zakończonych pomiarach wyłączyć napięcie polaryzacji detektora (tj. przestawić przełącznik „POLARITY” na pozycję „0”).

I) Uzupełnić tabele 1 i 2 o wartości średniej liczby impulsów N_{sr} i ich niepewności pomiarowych σN_{sr} . Na podstawie obliczonych danych wykonać wspólny wykres zależności średniej liczby impulsów N_{sr} od napięcia U_L dla promieniowania tła i promieniowania źródła (dobrać oddzielnie skale osi pionowej dla obu serii danych, natomiast skalę osi poziomej pozostawić wspólną).

J) Na otrzymanym wykresie znaleźć taki fragment, dla którego wraz ze zmianą napięcia liczba impulsów zmienia się najbardziej liniowo. Środek tego przedziału napięć można uznać za punkt pracy

¹ szczegółowe ustawienia aparatury podane zostaną w trakcie wykonywania ćwiczenia

detektora scyntylicyjnego z fotopowielaczem.

K) Ustawić w bloku zasilacza ZWN-41 napięcie wybrane jako punkt pracy i przestawić przełącznik „POLARITY” w pozycję „POS”.

L) W bloku dyskryminatora DP-21 ustawić zerową wartość progu dyskryminacji (w tym celu skrócić potencjometr wieloobrotowy dyskryminatora maksymalnie w lewo) i wykonać cztery pomiary liczby impulsów, których wyniki zapisać w tabeli 3.

M) Wykonać podobne pomiary dla kolejnych wartości progu dyskryminacji, zmienianych początkowo o $\square$ V, a począwszy od wartości $\square$ V zmienianych o $\square$ V.

 **N)** Po zakończonych pomiarach usunąć z domku osłonowego źródło promieniotwórcze.

O) Wyłączyć zasilanie aparatury pomiarowej:

- w zasilaczu ZWN-41 zmienić położenie przełącznika „POLARITY” na pozycję „0” i sprawdzić, czy na wskaźniku „kV” napięcie spadnie do zera;
- we wszystkich blokach układu pomiarowego wyłączyć zasilanie wciskając czerwony przycisk z opisem „POWER”.

P) Uzupełnić tabelę 3 o wartości średniej liczby impulsów N_{sr} i ich niepewności pomiarowych σN_{sr} .

Q) Przepisać odpowiednie wartości z tabeli 3 do tabeli 4 oraz dokonać numerycznego różniczkowania zależności N_{sr} od U_d . W tym celu uzupełnić tabelę 4 o zmiany średniej liczby impulsów ($\Delta N_{sr i} = N_{sr i+1} - N_{sr i}$) i zmiany napięcia dyskryminacji ($\Delta U_{d i} = U_{d i+1} - U_{d i}$) pomiędzy sąsiadującymi pomiarami oraz iloraz tych zmian ($\Delta N_{sr i} / \Delta U_{d i}$). Obliczyć także średnią wartość napięcia dyskryminacji pomiędzy tymi sąsiadującymi pomiarami ($U_{d sr i} = (U_{d i+1} + U_{d i}) / 2$). Wykonać wykres zależności $\Delta N_{sr i} / \Delta U_{d i}$ od $U_{d sr i}$ i przedyskutować jego kształt.

TABELA 1

Pomiar promieniowania tła

i	U_L [V]	N_1	N_2	N_3	N_4	$N_{\text{śr}} \pm \sigma N_{\text{śr}}$
1						$\pm$
2						$\pm$
3						$\pm$
4						$\pm$
5						$\pm$
6						$\pm$
7						$\pm$
8						$\pm$
9						$\pm$
10						$\pm$
11						$\pm$
12						$\pm$
13						$\pm$
14						$\pm$
15						$\pm$
16						$\pm$
17						$\pm$
18						$\pm$
19						$\pm$
20						$\pm$
21						$\pm$
22						$\pm$
23						$\pm$
24						$\pm$
25						$\pm$
26						$\pm$
27						$\pm$
28						$\pm$
29						$\pm$
30						$\pm$
31						$\pm$

TABELA 2

Pomiar źródła promieniowania γ

i	U_L [V]	N_1	N_2	N_3	N_4	$N_{\text{śr}} \pm \sigma N_{\text{śr}}$
1						$\pm$
2						$\pm$
3						$\pm$
4						$\pm$
5						$\pm$
6						$\pm$
7						$\pm$
8						$\pm$
9						$\pm$
10						$\pm$
11						$\pm$
12						$\pm$
13						$\pm$
14						$\pm$
15						$\pm$
16						$\pm$
17						$\pm$
18						$\pm$
19						$\pm$
20						$\pm$
21						$\pm$
22						$\pm$
23						$\pm$
24						$\pm$
25						$\pm$
26						$\pm$
27						$\pm$
28						$\pm$
29						$\pm$
30						$\pm$
31						$\pm$

TABELA 3

i	U_d [V]	N_1	N_2	N_3	N_4	$N_{\text{śr}} \pm \sigma N_{\text{śr}}$
1	0,00					$\pm$
2						$\pm$
3						$\pm$
4						$\pm$
5						$\pm$
6						$\pm$
7						$\pm$
8						$\pm$
9						$\pm$
10						$\pm$
11						$\pm$
12						$\pm$
13						$\pm$
14						$\pm$
15						$\pm$
16						$\pm$
17						$\pm$
18						$\pm$
19						$\pm$
20						$\pm$
21						$\pm$
22						$\pm$
23						$\pm$
24						$\pm$
25						$\pm$
26						$\pm$
27						$\pm$
28						$\pm$
29						$\pm$
30						$\pm$
31						$\pm$

TABELA 4

i	U_{di}	U_{di+1}	ΔU_{di}	$U_{d\acute{s}r}$	$N_{\acute{s}r\ i}$	$N_{\acute{s}r\ i+1}$	$\Delta N_{\acute{s}r\ i}$	$\Delta N_{\acute{s}r\ i} / \Delta U_{di}$
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								