



ĆWICZENIE <b>9a</b>	LABORATORIUM FIZYKI ATOMOWEJ I JĄDROWEJ <b>Pomiar skażeń powierzchni materiałami promieniotwórczymi</b>
------------------------	--

## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z metodami wykrywania skażeń promieniotwórczych.

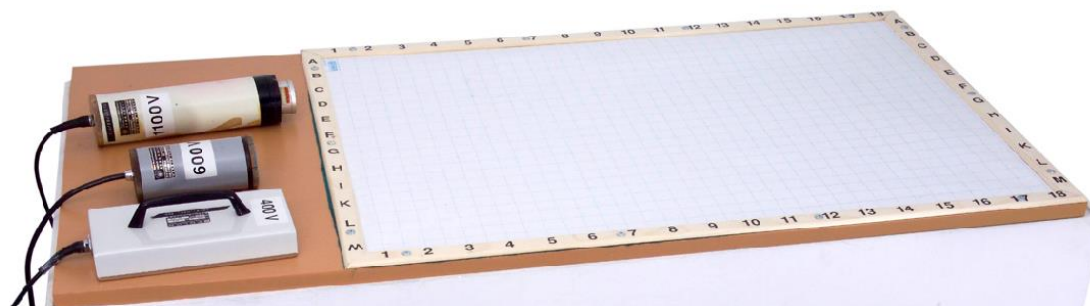
## 2. Układ doświadczalny

W skład zestawu ćwiczeniowego wchodzi:

- radiometr uniwersalny RUST 2S-2 (rys. 1),
- sonda z cienkookienkowym detektorem Geigera-Müllera (rys. 2),
- sonda z trzema detektorami Geigera-Müllera STS-6 (rys. 2),
- sonda z detektorem scyntylacyjnym promieniowania  $\gamma$  (rys. 2),
- stół z planszą imitującą skażenie powierzchniowe (rys. 2),
- zestaw przesłon z różnych materiałów o różnych grubościach.



Rys. 1. Radiometr RUST 2S-2



Rys. 2. Sondy i stół z planszą imitującą skażenia

### 3. Wstęp teoretyczny

#### 1. Promieniowanie jonizujące

*Promieniowaniem jonizującym* nazywamy strumienie cząstek (zarówno posiadających masę, jak i fotonów) o energiach umożliwiających wybijanie elektronów z atomów, czyli *jonizację*. Cząstki takie mogą być emitowane przez jądra atomowe i wtedy nazywa się je *promieniowaniem jądrowym*, a atomy, których jądra je emitują, nazywa się *radioaktywnymi (promieniotwórczymi)*.

Istnieją różne rodzaje promieniowania jądrowego, które nazywa się trzema pierwszymi literami alfabetu greckiego. Cząstki  $\alpha$  to jądra atomów helu, które intensywnie reagują z napotykanymi atomami i szybko tracą całą energię, więc ich zasięg jest niewielki (w powietrzu wynosi kilka centymetrów, zaś w ciałach stałych zaledwie ułamek milimetra). Cząstki  $\beta$  to elektrony lub pozytony, których oddziaływanie z materią jest mniej intensywne, a zasięg większy (w powietrzu dochodzi do kilku metrów, ale w ciałach stałych wynosi zwykle zaledwie kilka milimetrów). Cząstki  $\gamma$  to fotony, których oddziaływanie z materią jest najmniej intensywne, dzięki czemu zasięg jest największy (fotony o dużych energiach potrafią przelecieć przez osłony o grubościach nawet kilku metrów, choć zwykle spotykane promieniowanie  $\gamma$  ma zasięg kilkunastu lub kilkudziesięciu centymetrów – w zależności od materiału, przez który przechodzą).

#### 2. Skażenie powierzchniowe

Skażeniem nazywa się niepożądaną obecność substancji w miejscu, gdzie jej nie powinno być. Czasami jej nieobecność jest podyktowana względami bezpieczeństwa, czasami normami jakości. Jeśli substancja ta jest promieniotwórcza, mamy do czynienia ze skażeniem promieniotwórczym.

Skażenie powierzchniowe polega na wybrudzeniu daną substancją powierzchni, z którym ta substancja miała kontakt. Przykładowo, jeśli na powierzchnię stołu dostanie się roztwór zawierający atomy promieniotwórcze, to nawet po jego wytarciu lub wyschnięciu na stole może pozostać niewielka ilość promieniotwórczej substancji. Po dotknięciu te substancje mogą przenieść się na inne przedmioty dotykające skażonej powierzchni, w tym na odzież lub ciało.

Pomiar skażenia powierzchniowego różni się od pomiaru źródeł punktowych, gdyż skażenie powierzchniowe zwykle zajmuje znaczną powierzchnię, której nie da się przybliżyć do pojedynczego punktu, zwłaszcza gdy pomiaru dokonuje się z niewielkiej odległości. Niemniej nadal istnieje zależność natężenia promieniowania od odległości od skażonej powierzchni, ale często jest ona inna niż dla źródeł punktowych.

W ćwiczeniu skażenie powierzchni jest imitowane przez zamknięte powierzchniowe źródła promieniotwórcze o niewielkich wymiarach (rzędu kilku centymetrów). Są one schowane pod warstwą papieru oraz warstwą folii, co zabezpiecza wykonujących ćwiczenie przed bezpośrednim kontaktem ze źródłem promieniotwórczym.

#### 3. Działanie detektorów promieniowania jonizującego

Do pomiarów promieniowania jonizującego służą różnego rodzaju detektory, różniące się sposobem działania oraz czułością na różne rodzaje promieniowania.

Detektory Geigera-Müllera to zamknięte komory zawierające gaz o odpowiednim składzie, znajdujący się w polu elektrycznym wywołanym wysokim napięciem, jakim zasilany jest detektor. Promieniowanie jonizujące powoduje kaskadową jonizację gazu, w którym przepływają impulsy prądu odpowiadające swojej liczbą liczbie zarejestrowanych cząstek promieniowania. Wprawdzie impulsy powstające w detektorach Geigera-Müllera są takie same niezależnie od rodzaju mierzonego promieniowania, ale jonizacja gazu w komorze przez to promieniowanie jest ograniczona przez dwa czynniki. Pierwszym jest fakt, że cząstki mogą mieć trudność z dotarciem do wnętrza komory, dlatego w detektorach G-M przeznaczonych do pomiaru cząstek o małej przenikliwości obecne jest cienkie okienko ułatwiające ich przelot do wnętrza. Drugim czynnikiem jest fakt, że promieniowanie o dużej przenikliwości może przelecieć przez gaz nie wywoławszy w nim jonizacji, dlatego w detektorach do

pomiaru takiego promieniowania stosuje się obudowy z materiału o dużej gęstości, z którego dane promieniowanie skutecznie wybija elektrony i dopiero te elektrony jonizują gaz w detektorze. Oba te rozwiązania są ze sobą sprzeczne, stąd każdy detektor G-M ma ograniczony zakres promieniowania, do którego pomiaru jest przeznaczony.

Detektory scyntylacyjne to swego rodzaju fotokomórki zasilane wysokim napięciem (zwane *fotopowielaczami*) rejestrujące błyski światła powstające pod wpływem promieniowania jonizującego w odpowiednich kryształach (zwanych *scyntylatorami*). Każdy błysk światła odpowiada jednej cząstce i powoduje pojedynczy impuls w fotokomórce. Kryształ może być dobrany tak, by rejestrować tylko jeden rodzaj promieniowania, a wydajność jest zwykle dużo lepsza niż w detektorach Geigera-Müllera ze względu na większą gęstość kryształów w porównaniu z gazami. Niestety, również i tutaj dostęp cząstek do wnętrza detektora jest ograniczony ze względu na światłoszczelną obudowę, konieczną do wyeliminowania zakłóceń powodowanych światłem.

#### 4. Działanie radiometru uniwersalnego

Radiometr to urządzenie służące do pomiaru promieniowania jonizującego. Radiometr uniwersalny to urządzenie pozwalające na użycie w tym celu różnych sond z różnymi rodzajami detektorów o różnych napięciach zasilania. Radiometr uniwersalny umożliwia wybranie napięcia pracy oraz zlicza impulsy pochodzące z detektora, reprezentując ich częstość na wyświetlaczu (np. jako *cpm* z ang. „*counts per minute*” – „*impulsy na minutę*”).

#### 4. Przebieg doświadczenia

**A)** Podłączyć do radiometru wybraną sondę i ustawić odpowiednie napięcie zasilania zgodnie z dołączonym opisem.

**B)** Trzymając sondę z dala od stołu poczekać, aż wskazówka wyświetlacza częstości impulsów ustabilizuje się. Jeśli wskazówka nie mieści się w skali, dostosować zakres pomiarowy. Odczytaną wartość zapisać jako natężenie promieniowania tła  $I_{tlo}$ .

**C)** Powoli przesuwać sondę na stałej, niewielkiej wysokości nad stołem obserwować wskazania radiometru. W przypadku wykrycia podwyższonej ilości promieniowania jonizującego zlokalizować jego źródła. Zapisać położenie źródła (przykładowo: G11) wraz z maksymalną częstością impulsów jako natężeniem promieniowania  $I$ .

**Uwaga:** wykonując pomiary należy uważać, by nie dotykać sondą powierzchni stołu. Gdyby powierzchnia była faktycznie skażona, takie dotknięcie oznaczałoby ryzyko skażenia sondy i otrzymania fałszywych wyników!

**D)** Przeszukać całą dostępną powierzchnię planszy przy pomocy wszystkich dostępnych sond. Jakie są różnice pomiędzy różnymi sondami? Z czego mogą wynikać? Jak ograniczają one możliwości stosowania różnych sond?

**E)** Wstawiając dołączone przesłony pomiędzy detektor i zlokalizowane źródło promieniowania sprawdzić, jak zmienia się natężenie promieniowania  $I$ . Czy na podstawie tych zmian można określić, jaki rodzaj promieniowania jest emitowany z danego źródła?