

Pomiary izotopowe część 1

Ludzie znaleźli dla izotopów bardzo wiele zastosowań: do diagnozowania i leczenia chorób, do sterylizacji żywności lub instrumentów medycznych, do wytwarzania energii.

W tym wykładzie ograniczymy obszar naszego zainteresowania do zastosowań w pomiarach przemysłowych. Przedstawimy podstawy fizyczne tych pomiarów, omówimy najważniejsze pojęcia i pokażemy praktyczne zastosowania izotopów. Powiemy też kilka słów o najważniejszych zasadach ochrony radiologicznej. Wykład ten pokaże nam niewątpliwie zalety pomiarów izotopowych. Odpowie także na pytanie co robić, aby bezpiecznie się nimi posługiwać.

Najważniejsze pojęcia

Najlepiej znany model budowy atomu przedstawia go jako jądro, składające się z neutronów i protonów, otoczone przez powłoki z rozmieszczonymi na nich elektronami. Ilość neutronów i protonów w jądrze atomowym determinuje właściwości fizyczne i chemiczne danego pierwiastka. Wiele pierwiastków występuje w kilku odmianach różniących się od siebie ilością neutronów. Odmiany te mają podobne właściwości chemiczne lecz różne właściwości fizyczne. Jądra atomów tego samego pierwiastka zawierające różne ilości neutronów nazywamy **izotopami**. Izotopy różnią się między sobą stabilnością: jedne są trwałe, inne istnieją tylko przez pewien czas i, ulegając rozpadowi, przekształcają się w odmiany stabilne. W tym miejscu możemy wprowadzić pojęcie **promieniotwórczości**. Definicja mówi, że „promieniotwórczość to zjawisko samorzutnego rozpadu jąder atomów, któremu towarzyszy wysyłanie promieniowania α , β i γ ”. Substancją promieniotwórczą (lub inaczej radioaktywną) będziemy więc nazywali taką, która emituje któryś z wymienionych rodzajów promieniowania.

Czym się charakteryzują poszczególne typy promieniowania? Promieniowanie α polega na emisji cząstek składających się z dwóch protonów i dwóch neutronów. Promieniowanie β natomiast to emisja elektronów. Oba rodzaje promieniowania zaliczamy do promieniowania korpuskularnego, czyli cząsteczkowego. Promieniowanie γ ma inny charakter. Jest to promieniowanie elektromagnetyczne, którego fale mają długość rzędu $10^{-10} \dots 10^{-14}$ metra. Różne typy promieniowania występują łącznie,



ale przeważnie jeden z typów jest znacząco silniejszy, i tylko on jest brany pod uwagę. Dla przykładu: rozpadowi atomów izotopu kobaltu Co-60 towarzyszy emisja promieniowania β i γ . Ponieważ promieniowanie β jest pochłaniane, kobalt Co-60 jest traktowany jedynie jako źródło promieniowania γ . Dodajmy, że w zdecydowanej większości pomiarów przemysłowych wykorzystywane jest właśnie promieniowanie γ .

Jak już wiemy, promieniowanie jest związane z rozpadami jąder atomów. Istnieje prosta zależność: im więcej atomów ulega rozpadowi, tym więcej kwantów promieniowania zostaje wyemitowanych. Pojęcie aktywności źródła pozwala ocenić, czy dane

czyli czas, po którym połowa jąder uległa rozpadowi. Zakładając, że początkowa ilość jąder izotopu promieniotwórczego wynosi N_0 , a okres półrozpadu oznaczmy jako $T_{1/2}$, możemy powiedzieć, że po upływie czasu $T_{1/2}$ ilość jąder tego izotopu wyniesie $\frac{1}{2}N_0$, po upływie kolejnego $T_{1/2}$ wyniesie $\frac{1}{4}N_0$ itd. Przedstawiając te zależności w postaci wykresu otrzymamy tzw. **krzywą rozpadu** (rys. 1) opisaną następującym wzorem:

$$N = N_0 \cdot \text{EXP}^{-\frac{0,693 \cdot t}{T_{1/2}}}$$

Gdzie:

N_0 – początkowa ilość atomów izotopu promieniotwórczego

N – ilość atomów tego izotopu po upływie czasu t

$T_{1/2}$ – okres półrozpadu tego izotopu

Wartości okresu półrozpadu dla najczęściej stosowanych pierwiastków podano w tabeli 1.

Taka sama zależność jest prawdziwa w odniesieniu do aktywności źródła:

$$A = A_0 \cdot \text{EXP}^{-\frac{0,693 \cdot t}{T_{1/2}}}$$

Gdzie:

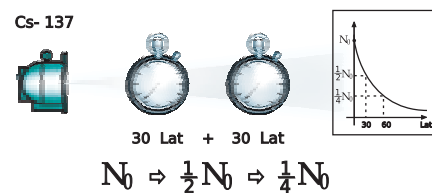
A_0 – aktywność początkowa

A – aktywność po upływie czasu t

$T_{1/2}$ – okres półrozpadu izotopu

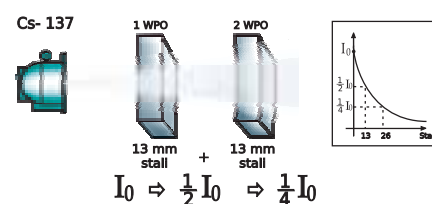
Substancje promieniotwórcze mogą mieć różną postać fizyczną: proszku, cieczy, drutu itd. Aby zabezpieczyć użytkownika przed bezpośrednim kontaktem z materiałem promieniotwórczym oraz uniemożliwić niekontrolowane rozprzestrzenianie się tego materiału, w przemyśle stosuje się tzw. zamknięte źródła izotopowe. Źródło takie ma postać hermetycznie zamkniętej, metalowej kapsułki (tzw. źródła punktowe) lub rurki (źródła liniowe).

Ważną własnością promieniowania jest jego przenikliwość. Przenikliwość ma związek zarówno z charakterem promieniowania (cząsteczkowe lub falowe), jak i niesioną przez nie energią. Promieniowanie



Rys. 1. Okres półrozpadu

źródło jest silne, czy słabe. **Aktywność źródła** izotopowego to wielkość określająca liczbę rozpadów jąder zachodzących w danej substancji w jednostce czasu. Obowiązującą jednostką aktywności jest 1 Bq (bekerel), który oznacza 1 rozpad w ciągu 1 sekundy. Jest to jednak jednostka bardzo mała, na co dzień używa się zatem jednostek pochodnych: 1 MBq (megabekerel), oznaczający milion rozpadów na sekundę, oraz 1 GBq (gigabekerel), odpowiadający 1 miliardowi rozpadów w ciągu sekundy.



Rys. 2. Warstwa połowicznego osłabiania

Wielkością charakterystyczną dla każdego izotopu jest tzw. **okres półrozpadu**,

cząsteczkowe α i β mają stosunkowo małą przenikliwość np. cząstki α są całkowicie zatrzymywane przez kartkę papieru, a β – przez cienką warstwę szkła. Przenikliwość promieniowania γ jest bez porównania większa. O tym rodzaju promieniowania mówimy, że jest „twarde”.

Powiedzmy przy okazji kilka słów o **warstwie połowicznego osłabienia**. Pojęcie to, w odniesieniu do każdego materiału oraz rodzaju promieniowania, oznacza taką grubość warstwy tego materiału, po przejściu przez którą natężenie promieniowania maleje o połowę (rys. 2.). Z tabeli 1 wynika, że grubość tej warstwy jest zależna od rodzaju materiału oraz od energii emitowanego promieniowania (czyli od zastosowanego izotopu). Im większa gęstość materiału prześwietlanego, tym większe osłabienie promieniowania. Porównując dane z tabeli zauważymy także, że energia promieniowania emitowanego przez kobalt jest znacznie większa od tego, które wysyła cez. Aby uzyskać odpowiednią ochronę przed promieniowaniem, należy zastosować materiał o dużej gęstości lub grubą warstwę ochronną. Pojemniki ochronne stosowane w przemyśle są najczęściej wykonane ze stali (mocna konstrukcja) i wypełnione ołowiem (duża gęstość, lepsze pochłanianie).

Ostatnim wprowadzanym pojęciem jest **promieniowanie tła**. W przypadku pomiarów przemysłowych oznacza ono promieniowanie pochodzące ze źródeł naturalnych (promieniowanie kosmiczne, promieniowanie od substancji zawartych w skorupie ziemskiej lub materiałach budowlanych) oraz sztucznych (np. promieniowanie od znajdujących się w otoczeniu izotopowych układów pomiarowych). Wartość promieniowania tła stanowi poziom odniesienia dla prowadzonego pomiaru.

W następnym numerze: budowa izotopowych układów pomiarowych, zastosowania i ochrona radiologiczna.



Autor artykułu:
Jerzy Janota

Absolwent Wydziału Automatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach.
W INTRÓLU od 14 lat, z czego prawie połowę zajęło mu prowadzenie Działu Pomiarów Izotopowych.

tel. 032 7890025
e-mail: izotopy@introl.pl