

### [Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)  
[.net](#)  
[Innowacje](#)  
[Nauka](#)  
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Artykuły](#)

## Mierniki radioizotopowe - przykład zastosowania izotopów



Streszczenie

Mierniki radioizotopowe są jednym z najczęściej wykorzystywanych zastosowań izotopów promieniotwórczych. Mimo to zasada działania, budowa a często nawet zastosowanie nie są znane. Artykuł ten przybliży czytelnikowi podstawy ich działania oraz przedstawia w jakich pomiarach mogą być wykorzystane. Poniżej opisane zostały pomiary grubości, objętości, pokrycia i in. za pomocą mierników radioizotopowych.

**Słowa kluczowe:** *miernik radioizotopowy, radioizotopowy miernik odbiciowy, radioizotopowy miernik absorpcyjny*

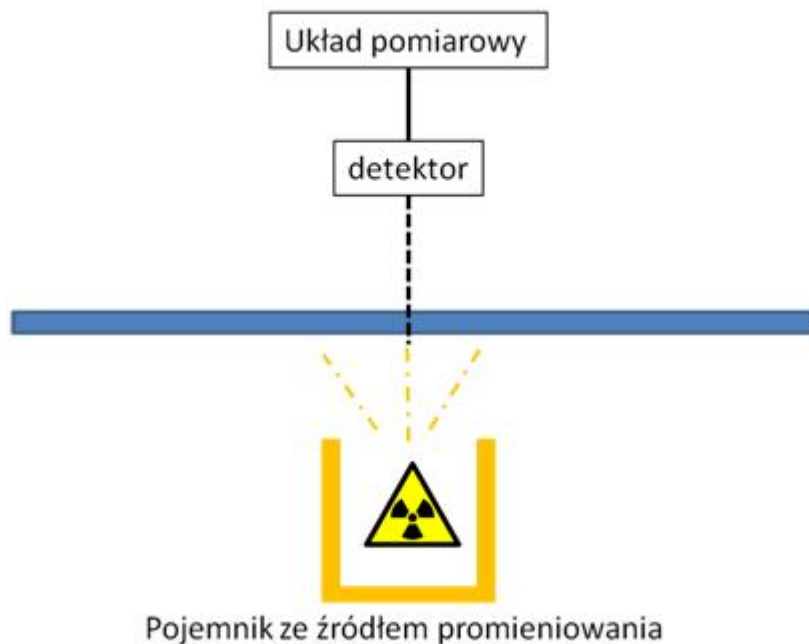
## **Wprowadzenie**

Miernik radioizotopowy zbudowany jest z zamkniętego źródła promieniowania, detektora oraz układu pomiarowego obrazującego wielkości zarejestrowane przez detektor. Stopień rozproszenia promieniowania na danym materiale (lub jego absorpcja), mówią o właściwościach tego materiału (grubość, gęstość). W zależności od budowy, a w szczególności położenia detektora względem źródła promieniowania wyróżnia się: radioizotopowe mierniki odbiciowe (źródło promieniowania i detektor po tej samej stronie względem próbki) lub absorpcyjne (dawniej zwane skrośnymi, gdzie źródło promieniowania i detektor są po przeciwnej stronie próbki). Jednak większe zastosowanie ma nazewnictwo mierników radioizotopowych względem ich zastosowania np. radioizotopowy miernik grubości, radioizotopowy miernik poziomu itp.

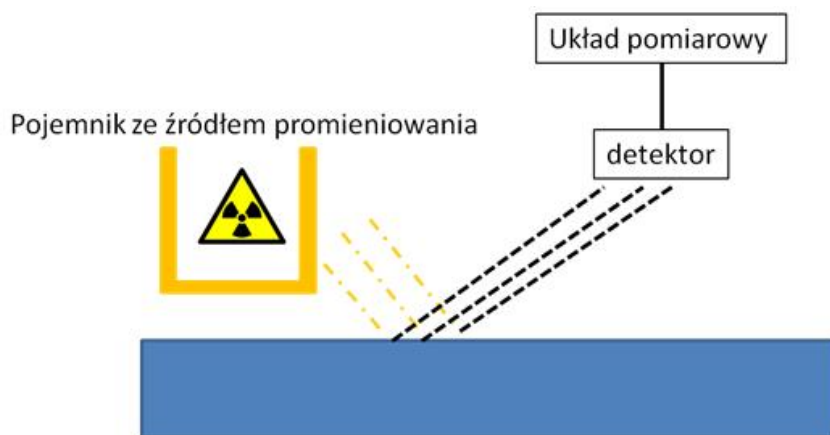
### **Mierniki radioizotopowe służą do wyznaczania:**

- grubości materiału jednorodnego,
- grubości pokrycia materiału na podłożu,
- gęstości badanego materiału
- poziomu wypełnienia zbiorników ciałem stałym lub cieczą (dotyczy np. odpadów radioaktywnych)
- przepływu
- położenia określonego przedmiotu
- zawartości popiołu lub dowolnie wybranego pierwiastka

Najczęściej wykorzystywane są mierniki absorpcyjne, oparte na zjawisku absorpcji promieniowania, gdyż dokładność pomiaru wykonana takim urządzeniem jest dokładniejsza w porównaniu z radioizotopowymi miernikami rozproszonymi. Radioizotopowe mierniki rozproszone wykorzystywane są w przypadkach, gdy radioizotopowy miernik adsorpcyjny nie może być zastosowany np. gdy dostępna jest tylko jedna warstwa materiału, który ma ulec badaniu. [ 1, 2 ]



**Rys.1** Miernik grubości oparty na zjawisku absorpcji promieniowania



**Rys. 2** Miernik grubości oparty na zjawisku rozproszenia promieniowania

Źródłami promieniowania w miernikach radioizotopowych są źródła zamknięte, w których znajduje się związek emitujący promieniowanie beta i gamma. Detektorami zatem są komory jonizacyjne lub liczniki promieniowania. Komory jonizacyjne ze względu na trwałość, a co za tym idzie możliwy długi okres użytkowania wykorzystuje się w miernikach służących do pomiarów ciągłych. Jednak komora jonizacyjna nie jest zbyt czuła stąd też zastosowanie jej jest możliwe przy źródłach o dużych aktywnościach. Liczniki promieniowania wykrywają nawet bardzo małe aktywności, jednak szybko ulegają zużyciu.

Mierniki radioizotopowe, podczas pomiaru, nie mają kontaktu z materiałem mierzonym, co pozwala na pomiary materiałów poruszających się, o wysokiej temperaturze, materiałów plastycznych, jak i medycznych (nie zanieczyszcza próbki). [1, 2, ]

### **Pomiary grubości materiałów**

Do pomiaru grubości materiałów stosuje się promieniowanie beta i gamma, gdyż natężenie tych rodzajów promieniowań maleje wykładniczo z odległością. Promieniowanie beta wykorzystywane do pomiarów grubości przybiera jednostkę określającą ciężar materiału przypadający na jednostkę powierzchni (g<sub>xcm</sub>-2). Ogromną zaletą tego rodzaju wyrażania promieniowania beta, jest jego

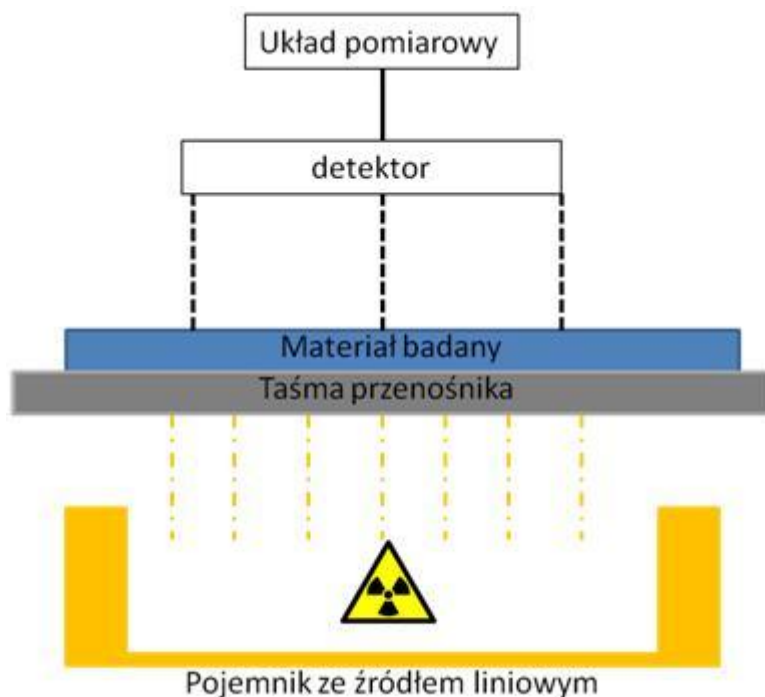
niezależność od rodzaju materiału. Osłabienie tego promieniowania zależy od gęstości elektronów w jednostce masy badanego materiału. Gęstość elektronów jest proporcjonalna do stosunku liczby atomowej do liczby masowej. Stosunek ten dla różnych pierwiastków różni się maksymalnie o 20%. Zasięg promieniowania beta jest rzędu  $1000 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ . Pomiary można prowadzić dla gramatury odpowiadającej 30% zasięgu (ok.  $200 - 300 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-3}$ ). W miernikach radioizotopowych służących do pomiaru grubości materiałów, jako źródła promieniowania stosuje się najczęściej izotop strątu  $^{90}\text{Sr}$  oraz talu  $^{204}\text{Tl}$ . Do materiałów o małej grubości mogą być stosowane izotopy ceru  $^{144}\text{Ce}$  i bromu  $^{144}\text{Br}$ . Do pomiarów w których nie można jako źródła promieniowania użyć emiterów promieniowania beta stosuje się źródła promieniowania gamma, którymi są kobalt  $^{60}\text{Co}$  i cez  $^{137}\text{Cs}$ .

Do pomiaru grubości materiału wykorzystywany jest także efekt Comptona. Efekt ten polega na rozpraszaniu wysokoenergetycznego promieniowania elektromagnetycznego (gamma lub rentgenowskiego) na słabo związanych elektronach. W wyniku rozpraszania elektron otrzymuje część pędu i energii padającego kwantu promieniowania, przez co rozproszony kwant promieniowania ma mniejszą energię, a tym samym większą długość fali. Mierniki wykorzystujące zjawisko Comptona służą do pomiaru jednej warstwy materiału, którego dostępna jest tylko jedna strona.

### Do pomiaru grubości materiału można zastosować dwie metody:

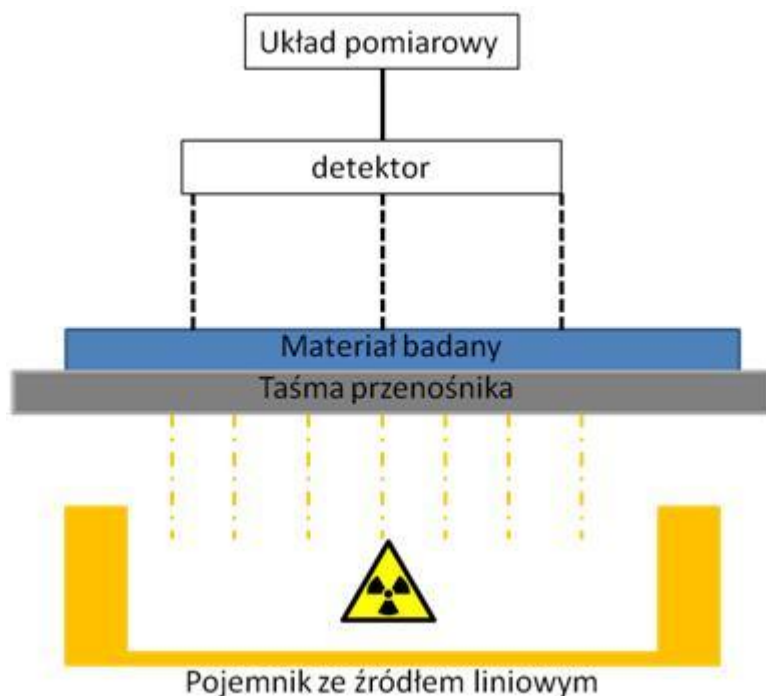
1. wykorzystująca komorę jonizacyjną z fotopowielaczem - stosowana, gdy materiał ma zmienną grubość
2. metoda kompensacyjna, wykorzystująca komorę jonizacyjną z komorą wzorcową - stosowana, gdy materiał ma stałą grubość

W praktyce wykorzystywane są także radioizotopowe mierniki grubości tzw. wagi izotopowe, których działanie oparte jest na absorpcji promieniowania (Rys.3). Źródłem promieniowania liniowego jest  $^{60}\text{Co}$  o aktywności MBq. Masę badanego materiału wyznacza się z krzywej kalibracyjnej. Masa jest proporcjonalna do stopnia pochłoniętej wiązki, warunkiem jest stała gęstość materiału. [1, 2]



**Rys. 3.** Przekrój poprzeczny przenośnika taśmowego wagi izotopowej opartej na zjawisku absorpcji promieniowania

Obecnie częściej wykorzystywane są wagi izotopowe wykorzystujące zjawisko rozproszenia (Rys. 4). Tak jak w poprzedniej pod taśmą znajduje się źródło promieniowania, które także daje wiązkę skoligowaną, ale skierowaną do góry o kącie  $120^\circ$ . Promieniowanie przechodzi przez taśmę i materiał badany. Jednak do detektora trafia jedynie promieniowanie rozproszone (nie pierwotne). Ze wzrostem grubości warstwy wzrasta częstość impulsów odbieranych przez detektor. Wagi izotopowe nie wymagają stałej kontroli a elementy nie ulegają zużyciu.



**Rys. 4** Przekrój poprzeczny przenośnika taśmowego wagi izotopowej opartej na zjawisku absorpcji promieniowania

Do pomiarów grubości pokrycia jednego materiału innym stosuje się zjawisko odbicia, czyli zmianie kąta padania od kąta odbicia, gdzie źródłem promieniowania są cząstki beta o aktywności kilku kBq (promet  $^{147}\text{Pm}$ , tal  $^{204}\text{Tl}$ , stront  $^{90}\text{Sr}$ ). Nie zachowanie prawa odbicia jest wywołane wzajemnym oddziaływaniem pól elektrycznych poruszających się cząstek naładowanych z jądrami atomów, z których zbudowany jest materiał badany. Pola jąder atomów są znacznie większe, stąd też zmieniają one (nawet kilkakrotnie) tor cząstek beta. Cząstki beta są rozproszone we wszystkich kierunkach także w stronę detektora. Częstość cząstek docierających do detektora jest zależna od grubości materiału. Wraz ze wzrostem grubości wzrasta intensywność rejestrowanych cząstek beta, ponieważ im grubsza warstwa tym większe rozpraszanie. Dla cienkich warstw badanych materiałów zależność ta jest liniowa i wraz ze wzrostem grubości materiału przechodzi w zależność krzywoliniową. Dla bardzo grubych warstw częstość zliczeń utrzymuje się na stałym poziomie. Częstość zliczeń rozproszonych cząstek beta zależy także od liczby atomowej. Wszystkie te zależności pozwalają stwierdzić, jeśli materiał pokrycia posiada liczbę atomową większą od liczby atomowej podłoża, że ze wzrostem grubości pokrycia wzrasta intensywność promieniowania rozproszonego. Pomiaru takie przeprowadzane są w wielu gałęziach przemysłu: elektroniczny, zdobniczym, chemicznym i innych. Stosowane są jako mierniki przeznaczone do wrywkowej kontroli detali lub przeznaczone do ciągłej kontroli, często zautomatyzowane. [1, 2, 3]

### **Pomiary gęstości miernikami radioizotopowymi**

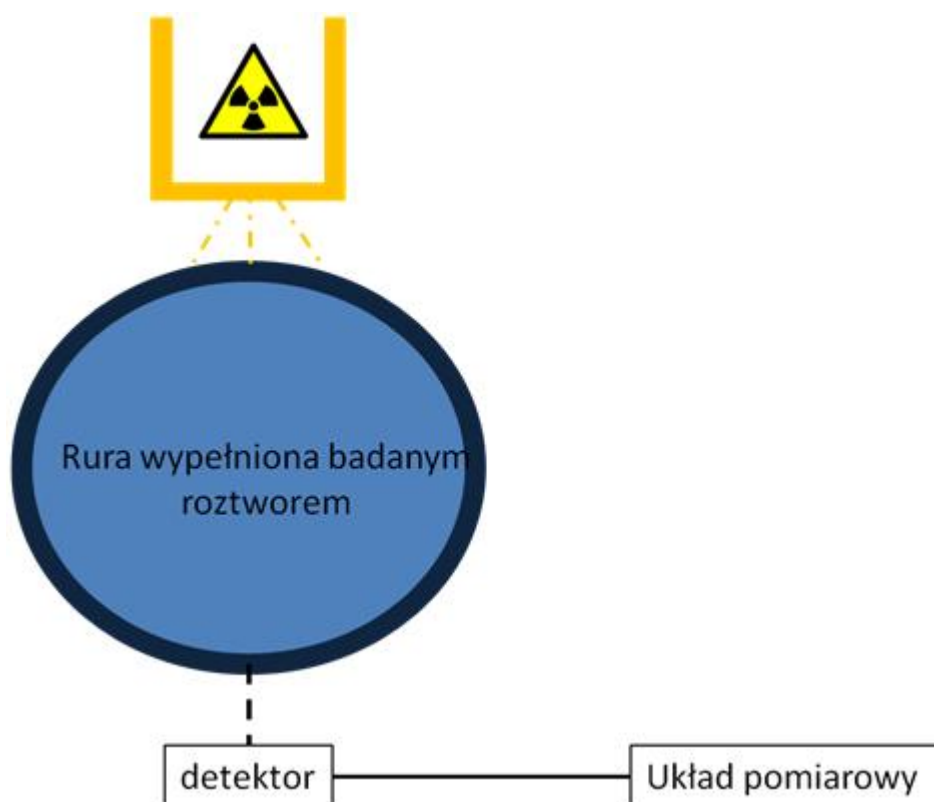
Do pomiaru gęstości materiałów wykorzystywana jest również absorpcja promieniowania na materiale badanym. Pomiar taki jest możliwy, gdy nie zmienia się grubość badanej próbki. Źródłem

promieniowania są emitery promieniowania gamma o aktywności niezbędnej dla określonego pomiaru, rzadziej emitery beta np. strą 90Sr. Radioizotopowe mierniki służące do pomiaru grubości są wykorzystywane w pomiarach:

- gęstości cieczy
- mieszanin cieczy
- stopów

oraz w produkcji:

- przemysł chemiczny (produkcja kwasu siarkowego(IV), wodorotlenku sodu)
- przemysł spożywczy (przetwory owocowe)
- przemysł papierniczy
- przemysł tytoniowy (upakowanie tytoniu w bibule)
- przemysł wydobywczy



**Rys. 5** Miernik gęstości

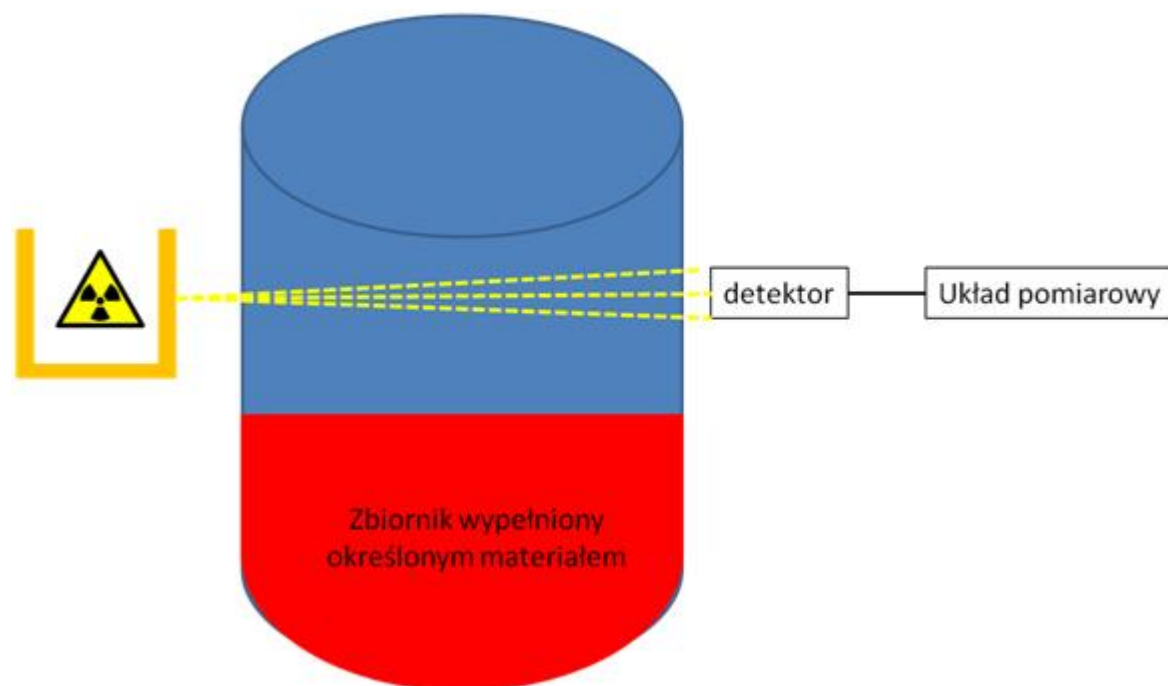
### **Badania objętości miernikami radioizotopowymi**

Jednym z głównych zastosowań mierników radioizotopowych jest pomiar wypełnienia zbiorników w różnego rodzaju zakładach przemysłowych (wypełnionych, bądź przepływowych), w których nie da się zamontować układu pomiarowego. Mierniki tego typu działają na zasadzie absorpcji promieniowania. Źródłem promieniowania najczęściej jest kobalt  $^{60}\text{Co}$  (aktywność 5 MBq -37 GBq). Emiter ten umieszczony jest w pojemniku ochronnym. Detektor, najczęściej licznik Geigera-Müllera, znajduje się w przekaźniku radioizotopowym. W przekaźniku tym jest także elektroniczny układ sterujący. Skolimowana wiązka pochodząca ze źródła skierowana jest na detektor znajdujący się po drugiej stronie zbiornika. Jeśli poziom wypełnienia zbiornika wzrośnie, zmniejszy tym samym częstotliwość impulsów na detektorze. Schemat budowy i działania przedstawiono na Rys. 6. W praktyce wykorzystuje się także dwa mierniki radioizotopowe, dzięki którym wyznaczony jest dolny i górny poziom napełnienia oraz pojedynczy ruchomy układ (źródło - detektor), śledzący

zmiany w całym zbiorniku. [1, 2, ]

Istnieją także mierniki radioizotopowe służące do pomiaru objętości oparte a rozpraszaniu promieniowania. W budowie którego, użyty jest przekaźnik przymocowany do pokrywy zbiornika. Gdy zbiornik się napełnia promieniowanie rozproszone dociera do licznika. W tym typie mierników wykorzystywane są źródła o bardzo małych aktywnościach (37 MBq) np. ces 137Cs.

Mierniki te zostały wykorzystane do sprawdzania zawartości butli gazowych i w gaśnicach pożarowych.



**Rys. 6** Radioizotopowy miernik poziomu wypełnienia zbiornika

### **Analizatory chemiczne**

Do mierników radioizotopowych wykorzystywanych jako analizatory chemiczne zalicza się np. miernik zawartości siarki. Miernik ten pozwala określić ilość siarki w ciekłych węglowodorach (benzyna, olej opałowy i napędowy, ropa). Miernik ten oparty jest na zasadzie małej dawki, gdzie wartość pochłonięta promieniowania jest zależna od wypadkowego współczynnika absorpcji. Wartość tego współczynnika jest taka sama dla wodoru i węgla a więc zależna jedynie od atomów siarki. Założenie to jest prawdziwe dla stałej grubości próbki. Podobnymi miernikami można badać zawartość ołowiu.

### **Podsumowanie**

Radioizotopy wykorzystywane są powszechnie w różnych gałęziach przemysłu. Jednym z postaci są mierniki radioizotopowe, dzięki którym możemy precyzyjnie i tanio wyznaczyć większość parametrów technicznych np. gęstość, objętość i inne.

**Autor: Karolina Wójciuk**

### **Literatura**

[1 ] J. Art. 1991. Zastosowanie izotopów promieniotwórczych. Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

[2 ] <http://www.if.pw.edu.pl>

[3 ] <http://www.introl.pl>

[ ] <http://www.polonizot.pl>

<https://laboratoria.net/arttykul/13683.html>

**Informacje dnia:** [Ruszyła IV edycja konkursu Pomosty Przyszłości Kleszcz to tylko pośrednik Jak rower zmienił świat Polacy opracowują aparaturę dla teleskopów europejskiej misji kosmicznej](#) [Badanie: portale społecznościowe nie chronią przed samotnością](#) [Norowirusy - biegunka brudnych rąk](#) [Ruszyła IV edycja konkursu Pomosty Przyszłości Kleszcz to tylko pośrednik Jak rower zmienił świat Polacy opracowują aparaturę dla teleskopów europejskiej misji kosmicznej](#) [Badanie: portale społecznościowe nie chronią przed samotnością](#) [Norowirusy - biegunka brudnych rąk](#) [Ruszyła IV edycja konkursu Pomosty Przyszłości Kleszcz to tylko pośrednik Jak rower zmienił świat Polacy opracowują aparaturę dla teleskopów europejskiej misji kosmicznej](#) [Badanie: portale społecznościowe nie chronią przed samotnością](#) [Norowirusy - biegunka brudnych rąk](#)

## **Partnerzy**