



Politechnika  
Warszawska  
Wydział Fizyki

Wzorcowanie przyrządów  
dozymetrycznych - podstawy prawne  
oraz  
realizacja praktyczna

Autor: Małgorzata Andrzejewska

Praca zaliczeniowa z przedmiotu "Metody I Techniki Jądrowe"

Prowadzący: prof. dr hab. Jan Pluta

## 1. Wstęp

Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych jest bardzo istotnym zajęciem, które jest niezbędne do umożliwienia prawidłowego korzystania ze sprzętu dozymetrycznego. Sam termin wzorcowanie został zdefiniowany w International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology w 1993 roku jako „zbiór operacji ustalających w określonych warunkach relację między wartościami wielkości mierzonej wskazanymi przez przyrząd pomiarowy lub układ pomiarowy albo wartościami reprezentowanymi przez wzorzec miary lub przez materiał odniesienia, a odpowiednimi wartościami wielkości realizowanymi przez wzorce jednostki miary. Wynik wzorcowania pozwala na przypisanie wskazaniom odpowiednich wartości wielkości mierzonej lub na wyznaczenie poprawek wskazań. Wzorcowanie może również służyć do wyznaczenia innych właściwości metrologicznych, jak na przykład efektów wielkości wpływających. Wynik wzorcowania może być poświadczony w dokumencie, nazywanym świadectwem wzorcowania.”

W przypadku przyrządów dozymetrycznych czynność ta polega zazwyczaj na określeniu odpowiedzi miernika  $R$  i/lub współczynnika wzorcowania dla danej wielkości fizycznej, która została zdefiniowana jako jedna z wartości mierzonych przed dany przyrząd. Te odpowiedzi są następnie porównywane przez zestawienie wskazania przyrządu z wartości wzorcową, która została umownie ustalona.

Do wzorcowanych przyrządów dozymetrycznych można zaliczyć m.in. liczniki Geigera-Mullera, komory jonizacyjne, liczniki proporcjonalne, liczniki scyntylicyjne. Do niektórych typów tych przyrządów, w zależności od producenta, jest możliwość dołączenia sondy pomiarowej, która umożliwi np. poszerzenie zakresu pomiarowego.

Wzorcowanie jest bardzo istotne z punktu widzenia użytkowników przyrządów, gdyż niektóre z nieprawidłowości w działaniu są bardzo trudne do zdiagnozowania dla przeciętnego użytkownika, który nie jest w posiadaniu wzorcowego pola promieniowania.

Do takich istotnych problemów można zaliczyć między innymi: wady w budowie oraz firmware przyrządów, które mogą prowadzić nawet do braku sygnalizowania przekroczenia progu mocy dawki. Wady w działaniu mogą także wynikać z samego użytkowania przyrządów – wiekowe przyrządy mogą mieć coraz większe problem z prawidłowym działaniem. Również problemem może być użytkowanie urządzenia niezgodnie z instrukcją.

Jednym z bardzo ważnych problemów związanych z wadliwym działaniem przyrządów dozymetrycznych jest ich niewłaściwe przechowywanie przez korzystające z nich firmy, a także niezgodne z instrukcją użytkowanie w miejscu pracy. Wiele problemów wynika również z niewłaściwego transportowania tych urządzeń. Mogą one zostać uszkodzone np. podczas przesyłki pocztą.

Dodatkowo problem mogą sprawiać urządzenia, które funkcjonują wadliwie wskutek niefachowych napraw np. Zainstalowanie w RG-1 okienka wskaźnika wychyłowego z pleksi zamiast będącego w oryginalnej wersji ze szkła może prowadzić w wyniku przypadkowego potarcia okienka niekontrolowane wychylenie wskazówki, które jest spowodowane naelektryzowaniem się w wyniku potarcia i prowadzić to może do fałszywych wskazań przyrządu.

Regularne przeprowadzanie kontroli przyrządów podczas wzorcowania umożliwia wykrycie ewentualnych nieprawidłowości w działaniu sprawdzanych przyrządów, dzięki czemu zwiększa to znacząco bezpieczeństwo osób zawodowo

narażonych na działanie promieniowania jonizującego. Taka kontrola umożliwia następnie ewentualne skierowanie uszkodzonego przyrządu do serwisu naprawczego, w celu usunięcia wad działania. Każdorazowo dany przyrząd dozymetryczny po naprawie musi zostać ponownie wywzorcowany, nawet w przypadku, gdy posiada ważne świadectwo wzorcowania.

## 2. Podstawy prawne

Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych jest czynnością, której zasady wykonywania zostały ustalone w prawie. Do najważniejszych rozporządzeń w tym zakresie należy rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2002 roku (Dz.U nr 239 z 2002 roku, poz. 2032), które w artykule 10 określa częstość dokonywania wzorcowania i w oryginale brzmi następująco:

**„Wzorcowanie sprzętu dozymetrycznego przeprowadza się nie rzadziej niż:**

- 1) w przypadku sprzętu dozymetrycznego nieposiadającego kontrolnego źródła promieniotwórczego – raz na 12 miesięcy;**
- 2) w przypadku sprzętu dozymetrycznego posiadającego kontrolne źródło promieniotwórcze – raz na 24 miesiące.”**

Natomiast sam fakt obowiązku posiadania przez każdy przyrząd dozymetryczny świadectwa wzorcowania wydawanego przez uprawnione do tego laboratoria pomiarowe posiadające odpowiednią akredytację reguluje prawo atomowe, a dokładniej ustawa z dnia 29 listopada 2000 roku: Dz. U z 2001r. Nr 42., poz. 276 z późn. zm. W artykule 27 powyższej ustawy zostały przedstawione następujące obowiązki:

**„1. Przyrządy dozymetryczne stosowane do kontroli i oceny narażenia, niepodlegające obowiązkowi kontroli metrologicznej określonej w przepisach o miarach, powinny posiadać świadectwo wzorcowania.**

**2. Świadectwo wzorcowania, o którym mowa w ust.1, wydaje laboratorium pomiarowe posiadające akredytację otrzymaną na podstawie odrębnych przepisów.”**

Kolejnym ważnym dokumentem niezbędnym przy wzorcowaniu przyrządów dozymetrycznych jest norma PN-ISO 4037-3; „Wzorcowe promieniowanie rentgenowskie i gamma do kalibracji dawkomierzy i mierników mocy dawki oraz do określania ich charakterystyk energetycznych – Część 3: Wzorcowanie dawkomierzy otoczenia i dawkomierzy indywidualnych oraz określania ich charakterystyk energetycznych i kierunkowych”, która definiuje pojęcia używane przy wykonywaniu pomiarów takie jak:

Wzorcowanie – „ilościowe określenie wskazań dawkomierza w funkcji wartości mierzonych wielkości, w standardowych warunkach badania utrzymanych pod kontrolą.”

Współczynnik wzorcowania – „wartość umownie prawdziwa wielkości H, przewidzianej do mierzenia przez dawkomierz, podzielona przez wskazania M dawkomierza; w razie potrzeby wartość skorygowana,  $N=H/M$ ”

Odpowiedź (czułość)  $R$  – „iloraz wskazań (dawkomierza)  $M$  oraz wartości umownie prawdziwej mierzonej wielkości; zaleca się aby rodzaj odpowiedzi był określony  $R=M/H$ ” Źródło [1].

Pozostałe normy, które odnoszą się do wykonywania wzorcowania przyrządów dozymetrycznych to:

Norma PN-ISO 4037-1:2002; „Wzorcowe promieniowanie rentgenowskie i gamma do kalibracji dawkomierzy i mierników mocy dawki oraz do określania ich charakterystyk energetycznych – Część 1: Charakterystyki promieniowania oraz metody jego wytwarzania.”

Norma PN-ISO 4037-2:2002; „Wzorcowe promieniowanie rentgenowskie i gamma do kalibracji dawkomierzy i mierników mocy dawki oraz do określania ich charakterystyk energetycznych – Część 2: Dozymetria w ochronie przed promieniowaniem w zakresie energii od 8 keV do 1,3 MeV oraz od 4 MeV do 9 MeV.”

Norma PN-ISO 7503-1:2004; „Ocena skażeń powierzchni – Część 1: Emitery beta (maksymalna energia beta większa niż 0,1 MeV) i emitery alfa.”

Bardzo ważnym dokumentem, który jest wydawany przez laboratorium wzorcujące jest świadectwo wzorcowania. Jest to dokument, który potwierdza wykonanie wzorcowania przez laboratorium i jest on wydawany w formie pisemnej lub/i elektronicznej.

Wydanie świadectwa wzorcowania jest obwarowane wieloma zapisami. Musi ono zawierać wszystkie informacje, które zostały wyszczególnione w normie PN-EN ISO/IEC 17025. Natomiast same wyniki pomiarów dokonanych podczas wzorcowania wraz z obliczonymi ich niepewnościami pomiarowymi są podawane w świadectwie zgodnie z dokumentem EA-4/02.

Świadectwo wzorcowania wystawione przez laboratorium wzorcujące powinno zawierać informacje takie jak: tytuł, nazwę i adres laboratorium, niepowtarzalną identyfikację świadectwa oraz nazwę i adres klienta. Odnośnie procedury dokonywania wzorcowania muszą się w nim znaleźć informacje takie jak identyfikacja zastosowanej metody wzorcowania, a także opis, stan i jednoznaczna identyfikacja obiektu wzorcowania, data wzorcowania oraz szczegóły odnośnie użytych przy wykonywaniu wzorcowania źródeł promieniowania i wtórnych przyrządów wzorcowych. W świadectwie muszą zostać również uwzględnione opis warunków wzorcowania jego wyniki oraz obliczone niepewności pomiarowe. Na koniec musi zostać uwzględniony dowód spójności pomiarowej z wzorcem wyższego rzędu oraz nazwisko i podpis osoby, która wykonała wzorcowanie danego przyrządu. (Źródło [4]).

Wzór świadectwa wzorcowania znajduje się na stronie www Polskiego Centrum Akredytacji pod poniższym adresem:

[http://www.pca.gov.pl/doc/swiadectwo\\_wzorcowania\\_pl.pdf](http://www.pca.gov.pl/doc/swiadectwo_wzorcowania_pl.pdf)

Dodatkowymi procedurami regulującymi wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych są akredytacje poszczególnych laboratoriów, które



umożliwiają wydanie zezwolenia na wykonywanie ich pracy. Kompetencje techniczne i zgodność funkcjonującego systemu zarządzania laboratorium muszą być zgodne z normą PN-EN ISO/IEC 17025.

W wyniku przeprowadzonej akredytacji laboratorium otrzymuje certyfikat akredytacji, który potwierdza spełnienie wyżej wymienionych norm, które odnoszą się do odpowiedniego wyposażenia laboratorium, kompetencji technicznych personelu oraz systemu zarządzania, który gwarantuje bezstronność, niezależność oraz jakość świadczonych usług.

Wykaz laboratoriów wzorcujących akredytowanych w oparciu o normę PN-EN ISO/IEC 17025 został przedstawiony w Tabeli 1 (Źródło [2]).

Tabela 1. – wykaz lab. wzorcujących

Numer akredytacji	Nazwa instytucji	Nazwa laboratorium	Adres laboratorium
AP 029	Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk	Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych	ul. Radzikowskiego 152 31-342 Kraków
AP 057	Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej	Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radiologicznych	ul. Konwaliowa 7 03-194 Warszawa
AP 070	Narodowe Centrum Badań Jądrowych	Laboratorium Pomiarów Dozymetrycznych, Dział Kalibracji Aparatury Dozymetrycznej	Świerk 05-400 Otwock-Świerk
AP 073	Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii	Laboratorium Badawcze Radiometrów	al. gen. A. Chruściela „Montera” 105 00-910 Warszawa
AP 075	Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera	Laboratorium Wzorców Wtórych	ul. Św. Teresy od Dzieciątka Jezus 8 91-348 Łódź
AP 109	POLON-ALFA Spółka z o.o. Sp. K.	Laboratorium Wzorcujące Urządzeń Dozymetrycznych	ul. Glinki 155 85-861 Bydgoszcz
AP 155	Centrum Onkologii – Instytut im. Marii	Zakład Fizyki Medycznej Pracownia Wtórnych	Ul. W.K. Roentgena 5

	Skłodowskiej-Curie	Wzorów Dozymetrycznych	02-781 Warszawa
--	--------------------	---------------------------	-----------------

### 3. Procedury wzorcowania

Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych jest obarczone wieloma ograniczeniami oraz założeniami, które mają na celu dokładne wzorcowanie przyrządów z uwzględnieniem wielu czynników zewnętrznych, które mogą wpływać na wyniki pomiarowe. Również sam sposób pomiaru musi być w znacznym stopniu ustalony odgórnie, by była możliwość traktowania świadectw wzorcowania jako dokumentów uniwersalnych. Zostało opublikowanych wiele procedur wzorcowania, z których każda odnosi się do wzorcowania odpowiednich klas przyrządów dozymetrycznych oraz wykorzystywanego przy wzorcowaniu rodzaju promieniowania.

Poniżej zostały przedstawione niektóre z procedur wraz z ich krótkim opisem odnośnie ich stosowania. Lista ta jest listą procedur wykorzystywanych w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radiologicznych w CLOR. (Źródło [3])

QPP 1G – Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych z zastosowaniem promieniowania gamma.

QPP 3G – Napromienianie wzorcowymi dawkami promieniowania gamma dawkomierzy Indywidualnych i termoluminescencyjnych.

QPP 1R – Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych z zastosowaniem promieniowania rentgenowskiego.

QPP 2R – Napromienianie wzorcowymi dawkami promieniowania rentgenowskiego dawkomierzy indywidualnych filmowych i termoluminescencyjnych.

QPP 2S – Wzorcowanie mierników i monitorów powierzchniowej emisji promieniowania emiterami alfa i beta.

QPP B – Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania beta.

QPP 1WRn – Wzorcowanie przyrządów i ekspozycja wzorcowymi stężeniami detektorów i przyrządów do pomiaru stężenia radonu w powietrzu.

QPP 1WRn – Wzorcowanie przyrządów do pomiaru stężenia energii potencjalnej krótko-życiowych pochodnych radonu.

Każda z tych procedur zawiera komplet informacji wymaganych do poprawnego przeprowadzenia wzorcowania przyrządów. W każdej z niej zawarte są informacje na temat zakresu stosowania danej procedury – do jakiego typów przyrządów się odnosi, jakie wielkości pomiarowe są mierzone. Są również wyszczególnione definicje oraz oznaczenia wszystkich mierzonych wartości, takich jak np. dawka ekspozycyjna i jej moc, równoważnik dawki i jego mocy czy też przestrzenny równoważnik dawki i inne.

Najistotniejszą rzeczą w procedurze jest dokładny opis postępowania podczas przeprowadzania pomiarów oraz wzorcowania przyrządu, a także wyznaczenie wszystkich pożądanych wartości w celu stworzenia świadectwa wzorcowania.

Celem wzorcowania jest określenie kondycji metrologicznej wzorcowanego przyrządu, określającej jego przydatność do wykonywania pomiarów, a także do przekazywania jednostki miary. Wzorcowanie może mieć również na celu poświadczenie, że przyrząd spełnia pewnie wymagania metrologiczne, jednakże wynik wzorcowania takiego przyrządu musi zostać poświadczony w świadectwie wzorcowania.

Najważniejszą rzeczą, która musi zostać zachowana podczas wzorcowania przyrządu dozymetrycznego jest **spójność pomiarowa**, która jest zdefiniowana jako nieprzerwany ciąg odniesień do wzorca krajowego bądź też międzynarodowego.

Do najczęściej wykorzystywanych wartości podczas wzorcowania można zaliczyć:

a) przestrzenny równoważnik dawki

Jest on zdefiniowany jako równoważnik dawki w punkcie pola promieniowania, który zostałby wytworzony przez odpowiednio rozciągnięte i zorientowane pole w kuli ICRU na danej głębokości  $d$ , wzdłuż promienia o zwrocie przeciwnym do kierunku pola zorientowanego. Jego jednostką jest siwert, zdefiniowany jako:

$$1 \text{ Sv} = J \cdot \text{kg}^{-1}$$

b) indywidualny równoważnik dawki

$H_p(d)$  – jest to równoważnik dawki w miękkiej tkance dla odpowiedniej głębokości  $d$ , poniżej określonego punktu ciała, który jest miejscem reprezentatywnym dla oceny narażenia, gdzie jest noszony dawkomierz indywidualny. Stosowany jest np. dla przyrządów RAD-60s, Stephen 6000, EKO-OD.

c) kermę w powietrzu

$$K_a = \frac{dE_{tr}}{dm}$$

Jest to iloraz sumy początkowych energii kinetycznych cząstek naładowanych, uwolnionych w powietrzu o masie  $dm$  przez cząstki pośrednio jonizujące. Jej jednostką jest grej, [Gy], gdzie:

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Każde z innych akredytowanych laboratoriów wzorcujących posiada własne procedury wzorcowania, adekwatne do posiadanego sprzętu laboratoryjnego, np. Laboratorium Przyrządów Dozymetrycznych przy NCBJ w Świerku do wzorcowania dawkomierzy indywidualnych i środowiskowych stosuje procedurę DKAD-G1. (Źródło [4])

Najważniejszą rzeczą podczas wykonywania przez laboratorium procedur wzorcowania jest ich zgodność z obowiązującymi w kraju normami. Reguluje to wszystko wspomniana już wyżej norma PN-ISO 4037-1.

#### **4. Niepewności pomiarowe podczas wzorcowania**

Podczas wzorcowania przyrządów dozymetrycznych należy uwzględnić wiele różnych rodzajów niepewności pomiarowych, które mogą pojawić się w trakcie pracy. Należą do nich:

- niepewność współczynnika przeliczeniowego
- niepewność wynikająca z różnych odległości pomiarowych
- niepewność wynikająca z niejednorodności pola promieniowania w płaszczyźnie pomiarowej przekroju wiązki, spowodowana jej rozbieżnością
- niepewność spowodowana jednoczesnym napromienieniem kilku dawkomierzy
- niepewność wartości umownie prawdziwej: wg świadectwa wzorcowania
- niepewność dokładnego umieszczenia przyrządu wzorcowego i badanego
- niepewności wynikające z uproszczonych procedur
- niepewność wynikająca z długoterminowej zmiany odpowiedzi przyrządu

#### **5. Wzorcowe źródła promieniowania**

Podczas wzorcowania przyrządu dozymetrycznego wartości przez niego mierzone są porównywane z wartościami wzorcowymi („umownie prawdziwymi”). W celu ograniczenia niepewności wynikających z przypadkowego odczytu danych z wyświetlacza bądź też innych błędów przypadkowych zamiast jednej wartości na danym zakresie pomiarowym wykonuje się kilka bądź też kilkanaście pomiarów a następnie uśrednia. Dopiero tak otrzymana wartość średnia jest porównywana z wartością wzorcową. Takie wartości wzorcowe pochodzą od wzorcowych źródeł promieniowania i pól promieniowania.

Do przykładowych, najczęściej spotykanych wzorcowych źródeł można zaliczyć:

a) źródła promieniowania gamma

- Kobalt-60 (1250 keV)
- Cez-137 (662 KeV)
- Ameryk-241 (59,5 keV)

b) źródła promieniowania neutronowego

- $^{252}\text{Cf}$
- $^{241}\text{Am-Be}$



c) źródła promieniowania beta

- $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Yr}$  ( $E_{\beta\max} = 2,26 \text{ MeV}$ )
- $^{85}\text{Kr}$  ( $E_{\beta\max} = 0,687 \text{ MeV}$ )
- $^{14}\text{C}$  ( $E_{\beta\max} = 0,154 \text{ MeV}$ )
- $^{147}\text{Pm}$  ( $E_{\beta\max} = 0,225 \text{ MeV}$ )
- $^{36}\text{Cl}$  ( $E_{\beta\max} = 0,71 \text{ MeV}$ )
- $^{204}\text{Tl}$  ( $E_{\beta\max} = 0,77 \text{ MeV}$ )
- $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$  ( $E_{\beta\max} = 3,54 \text{ MeV}$ )

d) źródła promieniowania alfa

- $^{241}\text{Am}$
- $^{239}\text{Pu}$

## 6. Metody wzorcowania

Głównym celem wzorcowania przyrządów dozymetrycznych jest sprawdzenie poprawności ich wskazań. Efektem przeprowadzenia wzorcowania jest otrzymanie współczynnika wzorcowania, który jest stosunkiem wartości odniesienia do wskazań badanego przyrządu.

W celu określenia prawdziwej wartości mierzonej osoba wzorcująca powinna pomnożyć wartość odczytaną ze wskazań miernika przez współczynnik kalibracji, który znajduje się we wcześniejszym świadectwie wzorcowania danego przyrządu.

W zależności od rodzaju wzorcowanego przyrządu oraz wielkości pomiarowych, które mają być zmierzone wybierane są różne metody wzorcowania.

Gdy wzorcowany jest miernik mocy dawki, wtedy umieszczany on jest w określonym punkcie od wzorcowego źródła promieniowania, dla którego wcześniej została wyznaczona wzorcowa wartość mocy dawki promieniowania.

Natomiast dla mierników skażeń powierzchniowych za wartość wzorcową jest obierana tzw. Powierzchniowa emisja promieniowania z danego źródła powierzchniowego ( skażenia alfa oraz beta). W tym przypadku odległość pomiędzy przyrządem a wzorcowym źródłem nie powinna przekraczać 3 mm.

## 7. Warunki odniesienia

Podczas dokonywania wzorcowania przyrządów dozymetrycznych jedną z istotnych rzeczy jest uwzględnienie przy obliczaniu niepewności pomiarowych panujących podczas pomiaru warunków atmosferycznych oraz warunków w sali pomiarowej. Do każdego świadectwa wzorcowania jest obowiązek dołączenia informacji o warunkach w jakich było przeprowadzane wzorcowanie, gdyż może to mieć w pewnym stopniu wpływ na wartości wskazywane przez przyrząd. W tabeli 2 zostały przedstawione średnie warunki, tzw. warunki odniesienia a także standardowe warunki podczas których można dokonywać wzorcowania przyrządów.

Tabela 2. – Warunki odniesienia

Wielkość wpływająca	Warunki odniesienia	Standardowe warunki wzorcowania
Temperatura otoczenia T	20°C (293,15K)	Od 15°C do 25°C
Ciśnienie atmosferyczne p	1013 hPa	Od 860 do 1060 hPa
Wilgotność względna h	65%	Od 30% do 80%
Czas stabilizacji	15 minut	> 15 minut

## 8. Instytucje zajmujące się wzorcowaniem

### a) Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej CLOR

W CLOR wzorcowaniem przyrządów dozymetrycznych zajmuje się Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych. Laboratorium Wzorcowania zostało założone w 1967r. W latach 1995 – 1999 została zrealizowana inwestycja pozwalająca na spełnienie wymagań określonych dla Dozymetrycznych Laboratoriów Wzorcowych Wtórnych, które działają w sieci SSDL pod auspicjami IAEA/WHO.

W 2003 roku Laboratorium uzyskało Certyfikat Akredytacji Laboratorium Wzorcującego, który był potwierdzony przez PCA. Natomiast w 2010 roku Pracownia Wzorcowania została połączona z Pracownią Dozymetrii Radonu wskutek czego powstało Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych.



AP 057

Laboratorium to jest akredytowane przez PCA w dziedzinach:

- Wielkości dozymetrycznych (promieniowanie gamma – źródła Cs-137, Co-60 oraz Am-241, beta – źródła Sr-90/Y-90 i Kr-85 oraz X – seria widm wąskich N-40 do N-250)
- Powierzchniowej emisji promieniowania (źródło alfapromieniotwórcze Am-241 oraz źródła betapromieniotwórcze Sr-90, C-14 i Cl-36)
- Pomiarów radonu – jego stężenia oraz energii potencjalnej alfa
- Pomiarów promieniowania neutronowego

W zakresie pracy Laboratorium mieści się wzorcowanie dawkomierzy z komorami jonizacyjnymi, mierników mocy dawki i dawki promieniowania jonizującego, mierników powierzchniowych skażeń promieniotwórczych alfa i beta. Prowadzona jest także działalność w zakresie ekspozycji wzorcowymi stężeniami detektorów i przyrządów do pomiaru stężenia radonu oraz wzorcowania przyrządów do pomiaru stężenia radonu i stężenia energii potencjalnej produktów rozpadu radonu. Są również w Laboratorium prowadzone prace w zakresie dawkomierzy filmowych oraz TLD.

W laboratorium znajdują się następujące stanowiska kalibracyjne:

i. Stanowisko Kalibracyjne Gamma

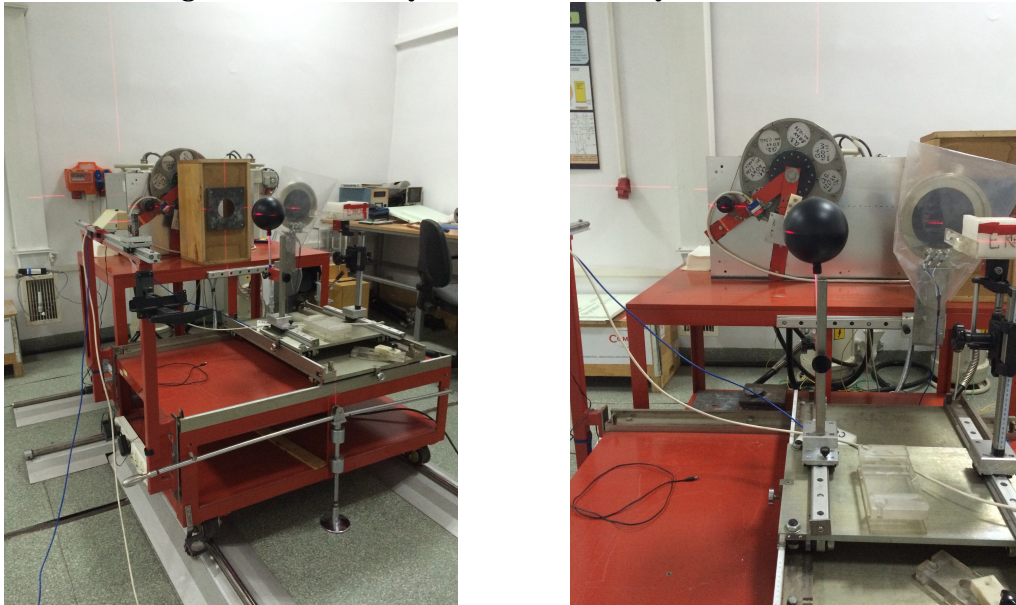
W jego zakres wchodzi wzorcowanie w zakresie mocy dawki i dawki w trzech energiach promieniowania –  $^{241}\text{Am}$  (59,54 keV),  $^{137}\text{Cs}$  (662 keV) oraz  $^{60}\text{Co}$  (1250 keV)



*Wózek na ławie kalibracyjnej (w sali Gamma)*

ii. Stanowisko Kalibracyjne RTG

Jest to stanowisko wyposażone w układ, który daje możliwość wytworzenia skolimowanej wiązki promieniowania X przy napięciach w zakresie 40-250 kV. Istnieje również możliwość generowania wiązek serii widm wąskich od N-40 do N-250.



*Stanowisko Kalibracyjne RTG z komorą jonizacyjną 1l*

iii. Stanowisko Kalibracyjne Skażeń Powierzchniowych

Stanowisko posiada wzorcowe źródła powierzchniowe promieniowania alfa ( $^{241}\text{Am}$ ) oraz beta ( $^{14}\text{C}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ).

iv. Stanowisko Kalibracyjne Beta

Jest to stanowisko posiadające wzorzec wtórnego promieniowania beta BBS-2. Jest wyposażone w zestaw dwóch źródeł: Sr-90/Y-90 i Kr-85. Poza zakresem akredytacji jest również dostępne źródło  $^{141}\text{Pm}$ .



*Stanowisko kalibracyjne beta*

v. Stanowisko Kalibracyjne Neutronowe

Stanowisko jest wyposażone w izotopowe źródło promieniowania neutronowego Am-Be o emisji neutronów  $1,1 \cdot 10^7 n/s$ .



*Stanowisko Kalibracyjne Neutronowe*

## vi. Stanowisko Kalibracyjne Radonowe

Jest to stanowisko wyposażone w radonową komorę kalibracyjną. Istnieje możliwość wytwarzania wzorcowych wartości stężeń radonu oraz jego produktów rozpadu. Ponadto można określić rozkłady wielkości aerozoli, które są nośnikami pochodnych radonu. Stężenie radonu jest mierzone w sposób ciągły za pomocą referencyjnego przyrządu AlphaGUARD firmy Genitron Instruments GmbH, który działa na zasadzie dyfuzyjnej komory jonizacyjnej.

## b) Narodowe Centrum Badań Jądrowych NCBJ

W NCBJ wzorcowaniem zajmuje się Laboratorium Pomiarów Dozymetrycznych (LPD). Zostało ono utworzone po połączeniu dwóch innych jednostek – Służby Ochrony Radiologicznej oraz Samodzielnego Laboratorium Dozymetrii Promieniowania Mieszanego.

Do działalności laboratorium w zakresie wzorcowania przyrządów dozymetrycznych zalicza się przede wszystkim wzorcowanie dozymetrycznej aparatury kontrolno-pomiarowej promieniowania gamma i neutronowego. Również wzorcowane są mierniki skażeń powierzchniowych alfa oraz betapromieniotwórczych.



AP 070



AB 567

Wykonywane są wzorcowania przyrządów dozymetrycznych, w tym wykonywane są wzorcowania objęte akredytacją. Ponadto prowadzone jest utrzymanie oraz rozwój wzorcowych pól promieniowania jonizującego a także przeprowadzanie pomiarów skażeń ludzi i skażeń środowiska oraz oceniania zagrożenia. Laboratorium także dokonuje wzorcowań zestawów pomiarowych.

Laboratorium Pomiarów Dozymetrycznych jest akredytowane przez Polskie Centrum Akredytacji w zgodzie z wymaganiami zawartymi w normie PN/EN ISO IEC 17025 w zakresie wzorcowania aparatury dozymetrycznej oraz pomiarów skażeń wewnętrznych i szacowania dawki skutecznej.



*Źródło promieniowania gamma w LPD  
[<http://www.ncbj.gov.pl/zaklady/lpd/opis>]*



*Ława kalibracyjna - Laboratorium Pomiarów Dozymetrycznych NCBJ  
[<http://www.ncbj.gov.pl/zaklady/lpd/opis>]*

#### d) Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera

Jest to instytucja znajdująca się w Łodzi. Laboratorium, które zajmuje się wzorcowaniem przyrządów dozymetrycznych w tym instytucie jest Laboratorium Wzorców Wtórnych.



Posiada ono od 2005r. akredytację Polskiego Centrum Akredytacji na wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych dla pól promieniowania X w zakresie od 15 keV do 208 keV.

AP 075

W laboratorium tym wykonywane są wzorcowania przyrządów dozymetrycznych zarówno analogowych jak i cyfrowych, które są stosowane w ochronie radiologicznej. Wzorcowany jest również sprzęt do kontroli jakości aparatury rentgenowskiej w zakresach stomatologicznym, ogólnodiagnostycznym oraz mammograficznym.

#### e) Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego PAN

W tym instytucie wzorcowaniem przyrządów dozymetrycznych zajmuje się Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych.

Laboratorium to zajmuje się wzorcowaniem radiometrów stosowanych w ochronie radiologicznej, takich jak mierniki promieniowania gamma, mierniki skażeń promieniotwórczych, dawkomierze elektroniczne oraz dawkomierze pasywne (termoluminescencyjne i inne).

W zakresie promieniowania gamma ze źródła Cs-137 wykonywane są wzorcowania radiometrów (np. RK-67, RKP-1-2), dawkomierzy elektronicznych (np. DMC 2000) i dawkomierzy pasywnych.

W zakresie promieniowania alfa ze źródeł Pu-239 oraz Am-241 a także promieniowania beta ze źródeł Sr-90/Y-90, Cl-36 oraz C-14 wykonywane są wzorcowania mierników skażeń promieniotwórczych powierzchni (np. RUST, EKO i in.).



AP 029

## 9. Przykładowe przyrządy dozymetryczne

W tym rozdziale zostaną przedstawione przykładowe, popularne przyrządy dozymetryczne, z którymi można często spotkać się podczas pracy w laboratorium wzorującym przyrządy dozymetryczne.

### EKO-C Polon – Ekolab

Źródło: <http://www.polon-ekolab.com.pl/ekoc/ekoc.htm>

<i>EKO-C</i>	
<i>Zasilanie</i>	<i>bateria akumulatorków NiMH 4x1.2V, 2Ah</i>
<i>Waga</i>	<i>500g</i>
<i>Wymiary</i>	<i>100mm x 170mm x 85mm (z uchwytem)</i>
<i>Warunki środowiskowe</i>	<i>temperatura -10°C do 40°C wilgotność względna do 80% przy 30°C</i>
<i>Pomiar Gamma i X</i>	
<i>Wielkość mierzona</i>	<i><math>\dot{H} * (10)</math></i>
<i>Detektor</i>	<i>licznik Geigera -Müllera</i>
<i>Zakres pomiarowy</i>	<i>moc dawki: 0.01 do 1000 <math>\mu</math>Sv/h</i>
<i>Zakres energetyczny</i>	<i>od 50 keV do 1.5 MeV, <math>\pm 30\%</math> (w odniesieniu do Cs-137)</i>
<i>Informacje dodatkowe</i>	<i>-</i>
<i>Pomiar Alfa i Beta</i>	
<i>Wielkość mierzona</i>	<i>emisja powierzchniowa</i>
<i>Detektor</i>	<i>licznik Geigera -Müllera</i>
<i>Zakres pomiarowy</i>	<i>skażenie powierzchni: 0.1 do 10000 Bq/cm<sup>2</sup> częstość impulsów: 0.1 do 10000 cps.</i>
<i>Zakres energetyczny</i>	<i>promieniowanie beta: powyżej 100keV promieniowanie alfa: powyżej 4 MeV</i>
<i>Informacje dodatkowe</i>	<i>-</i>





### EKO-P Polon – Ekolab

Źródło: [http://www.polon-ekolab.com.pl/Eko\\_p/ekop.htm](http://www.polon-ekolab.com.pl/Eko_p/ekop.htm)

<i>EKO-P</i>	
<i>Zasilanie</i>	<i>akumulatorki CdNi 4x1,2V, 400mAh</i>
<i>Waga</i>	<i>ok. 150g</i>
<i>Wymiary</i>	<i>70mm x 115mm x 28mm</i>
<i>Warunki środowiskowe</i>	<i>temperatura - od -10°C do +40°C wilgotność wzgl. - do 95% przy +35°C</i>
<i>Pomiar Gamma i X</i>	
<i>Wielkość mierzona</i>	<i><math>\dot{H}^*(10)</math></i>
<i>Detektor</i>	<i>licznik Geigera -Müllera</i>
<i>Zakres pomiarowy</i>	<i>moc dawki: od 0.01μSv/h do 999μSv/h</i>
<i>Zakres energetyczny</i>	<i>od 50keV do 1.5MeV, ±25%</i>
<i>Informacje dodatkowe</i>	<i>-</i>



### X5C – Graetz

Źródło: <http://www.graetz.com/x5c-plus+M52087573ab0.html>

<i>Graetz X5C</i>	
<i>Zasilanie</i>	<i>baterie 9V 6LR61 lub opcjonalnie akumulator 9V</i>
<i>Waga</i>	<i>400 g (z bateriami)</i>
<i>Wymiary</i>	<i>152 × 82 × 39 mm</i>
<i>Warunki środowiskowe</i>	<i>temperatura od -30 °C do +60 °C</i>
<i>Pomiar Gamma i X</i>	
<i>Wielkość mierzona</i>	<i><math>\dot{H}^*(10)</math></i>
<i>Detektor</i>	<i>licznik Geigera- Müllera</i>
<i>Zakres pomiarowy</i>	<i>moc dawki: od 0 nSv do 20 mSv</i>
<i>Zakres energetyczny</i>	<i>od 40 keV do 1,3 MeV</i>
<i>Informacje dodatkowe</i>	<i>brak</i>



Radiagem 2000 - Canberra

Źródła: USER MANUAL PORTABLE DOSE RATE METER RADIAGEM 2000

CODE 76687, August 2009

USER MANUAL STTC

CODE 83023, April 2010

USER MANUAL SB 100 / SABG 100

CODE 75864 / 81933, March 2007

<i>Zasilanie</i>	<i>Baterie AA x2</i>
<i>Waga</i>	<i>&lt;300 g</i>
<i>Wymiary</i>	<i>150 x 85 x 45 mm</i>
<i>Warunki środowiskowe</i>	<i>temperatura od -10 °C do +50 °C wilgotność wzgl. do 80% przy +35°C</i>
<i>Pomiar Gamma i X</i>	
<i>Wielkość mierzona</i>	<i><math>\dot{H} * (10)</math></i>
<i>Detektor</i>	<i>licznik Geigera-Müllera</i>
<i>Zakres pomiarowy</i>	<i>moc dawki: 0,01 <math>\mu</math>Sv/h to 100 mSv/h</i>
<i>Zakres energetyczny</i>	<i>od 40 keV do 1,5 MeV</i>
<i>Wielkość mierzona</i>	<i><math>\dot{H} * (10)</math></i>
<i>Sonda</i>	<i>STTC (Geiger-Müller)</i>
<i>Zakres pomiarowy</i>	<i>moc dawki: 0,3 <math>\mu</math>Sv/h to 10 Sv/h</i>
<i>Zakres energetyczny</i>	<i>od 58 keV do 1,5 MeV</i>
<i>Pomiar Alfa i Beta</i>	
<i>Wielkość mierzona</i>	<i>emisja powierzchniowa</i>
<i>Sonda</i>	<i>SAB-100</i>
<i>Zakres pomiarowy</i>	<i>0 – 10 000 cps</i>
<i>Zakres energetyczny</i>	<i><math>\alpha</math> – powyżej 3 MeV <math>\beta</math> – powyżej 150 keV</i>
<i>Waga</i>	<i>670g</i>
<i>Wymiary</i>	<i>313 x 84 x 55 mm</i>
<i>Informacje dodatkowe</i>	<i>Trzy tryby pracy <math>\alpha</math>, <math>\beta</math> i <math>\alpha\beta</math></i>



### GammaTwin – Graetz

Źródło: <http://www.graetz.com/gammatwin+M52087573ab0.html>

GammaTwin	
Zasilanie	baterie AAA x2
Waga	190 g (z bateriami)
Wymiary	26 × 66 × 103 mm
Warunki środowiskowe	temperatura od -20 °C do +60 °C
Pomiar Gamma i X	
Wielkość mierzona	$\dot{H}^*(10)$
Detektor	licznik Geigera-Müllera
Zakres pomiarowy	moc dawki: od 0,5 $\mu$ Sv do 70 mSv
Zakres energetyczny	od 45 keV do 1,3 MeV
Informacje dodatkowe	brak



### RAD-60s – RADOS

Źródła: [http://www.amale.com/PDF\\_files/rad60.pdf](http://www.amale.com/PDF_files/rad60.pdf)

[http://www.laurussystems.com/products/products\\_pdf/RAD60.pdf](http://www.laurussystems.com/products/products_pdf/RAD60.pdf)

RAD-60s	
Zasilanie	baterie AAA x1
Waga	80 g (z bateriami)
Wymiary	78 x 67 x 22 mm
Warunki środowiskowe	temperatura od -20 °C do +50 °C
Pomiar Gamma i X	
Wielkość mierzona	$\dot{H}_p^*(10)$
Detektor	detektor półprzewodnikowy
Zakres pomiarowy	dawka: od 1 $\mu$ Sv do 9,99 Sv moc dawki: od 5 $\mu$ Sv/h do 3 Sv/h
Zakres energetyczny	od 60 keV do 3 MeV
Informacje dodatkowe	brak



RK-100-2 POLON-ALFA

Karta katalogowa: [http://www.polon-alfa.pl/webfm\\_send/520](http://www.polon-alfa.pl/webfm_send/520)

<i>Rk-100-2</i>	
<i>Zasilanie</i>	<i>Baterie AAA x4</i>
<i>Waga</i>	<i>ok. 23 dag</i>
<i>Wymiary</i>	<i>brak danych</i>
<i>Warunki środowiskowe</i>	<i>temperatura od -25 °C do +40 °C</i>
<i>Pomiar Gamma i X</i>	
<i>Wielkość mierzona</i>	<i><math>\dot{H} * (10)</math></i>
<i>Detektor</i>	<i>licznik Geigera-Müllera</i>
<i>Zakres pomiarowy</i>	<i>moc dawki: 0,01 <math>\mu</math>Sv/h to 100 mSv/h</i>
<i>Zakres energetyczny</i>	<i>od 40 keV do 1,25 MeV</i>
<i>Informacje dodatkowe</i>	<i>Pomiar może być dokonany bez sondy lub z sondą</i>
<i>Pomiar Alfa i Beta</i>	
<i>Wielkość mierzona</i>	<i>emisja powierzchniowa</i>
<i>Sonda</i>	<i>RK-100 (okienkowy licznik Geigera-Müllera)</i>
<i>Zakres pomiarowy</i>	<i>do <math>10^4 s^{-1}</math></i>
<i>Zakres energetyczny</i>	<i>od 40 keV do 1,25 MeV</i>
<i>Waga</i>	<i>ok. 39 dag</i>
<i>Informacje dodatkowe</i>	<i>Do sondy dołączony jest zestaw filtrów</i>



PM-1401K POLON-ALFA

Karta katalogowa: [http://www.polon-alfa.pl/webfm\\_send/533](http://www.polon-alfa.pl/webfm_send/533)

<i>PM-1401K</i>	
<i>Zasilanie</i>	<i>bateria AA x1</i>
<i>Waga</i>	<i>ok. 650g</i>
<i>Wymiary</i>	<i>240 x 57 x 55 mm</i>
<i>Warunki środowiskowe</i>	<i>temperatura -30°C do 40°C</i>
<i>Rodzaje sygnalizacji</i>	<i>akustyczna, wibracyjna, świetlna</i>
<i>Pomiar Gamma i X</i>	
<i>Wielkość mierzona</i>	<i><math>\dot{H} * (10)</math></i>
<i>Detektor</i>	<i>licznik Geigera - Müllera</i>
<i>Zakres pomiarowy</i>	<i>moc dawki: od 0,1 do 10<sup>5</sup> <math>\mu</math>Sv/h</i>
<i>Zakres energetyczny</i>	<i>od 0,015 do 20,0 MeV</i>
<i>Informacje dodatkowe</i>	<i>-</i>
<i>Pomiar Alfa</i>	
<i>Wielkość mierzona</i>	<i>emisja powierzchniowa</i>
<i>Detektor</i>	<i>licznik Geigera - Müllera</i>
<i>Zakres pomiaru gęstości strumienia prom. <math>\alpha</math></i>	<i>(15 <math>\div</math> 10<sup>5</sup>) min<sup>-1</sup> · cm<sup>-2</sup></i>
<i>Informacje dodatkowe</i>	<i>-</i>
<i>Pomiar Beta</i>	
<i>Wielkość mierzona</i>	<i>emisja powierzchniowa</i>
<i>Detektor</i>	<i>licznik Geigera - Müllera</i>
<i>Zakres pomiaru gęstości strumienia prom. <math>\beta</math></i>	<i>(6,0 <math>\div</math> 10<sup>5</sup>) min<sup>-1</sup> · cm<sup>-2</sup></i>
<i>Informacje dodatkowe</i>	<i>-</i>
<i>Pomiar Neutronów</i>	
<i>Wielkość mierzona</i>	<i>impulsy</i>
<i>Detektor</i>	<i>licznik neutronów powolnych</i>
<i>Zakres wskazywania częstości impulsów</i>	<i>(0,04 <math>\div</math> 999) s<sup>-1</sup></i>
<i>Zakres energetyczny</i>	<i>(0,025 <math>\div</math> 14) MeV</i>



## 10. Bibliografia

1. PN-ISO 4037-1:2002. *Wzorcowe promieniowanie rentgenowskie i gamma do kalibracji dawkomierzy i mierników mocy dawki oraz do określania ich charakterystyk energetycznych.*
2. Rada Główna Instytutów Badawczych [online]. [dostęp 26 stycznia 2015r.]. Dostępny w Internecie: <http://www.rgibr.org.pl>
3. Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych [online]. [dostęp 26 stycznia 2015r.]. Dostępny w Internecie: <http://www.clor.waw.pl/oferta/wzorcowanie.htm>
4. Przyrządy dozymetryczne [online]. [dostęp 26 stycznia 2015r.]. Dostępny w Internecie: [http://brain.fuw.edu.pl/edu/Fizyka:Przyrządy\\_dozymetryczne](http://brain.fuw.edu.pl/edu/Fizyka:Przyrządy_dozymetryczne)
5. Ochrona Radiologiczna 1 – Przyrządy dozymetryczne, Jakub Ośko.[online]. [dostęp 26 stycznia 2015r.]. Dostępny w Internecie: [http://www.fuw.edu.pl/~szef/OchrRad/4\\_Przyrzady%20dozymetryczne.pdf](http://www.fuw.edu.pl/~szef/OchrRad/4_Przyrzady%20dozymetryczne.pdf)
6. Strony instytutów: CLOR - <http://www.clor.waw.pl> ; NCBJ - <http://www.ncbj.gov.pl/zaklady/lpd/opis>; Instytut Fizyki Jądrowej - <http://www.wzorcowanie.ifj.edu.pl> ; Instytut Medycyny Pracy - [http://www.imp.lodz.pl/home\\_pl/o\\_instytucie/structure/radio\\_prot\\_agency/lab\\_oratorium\\_wzorcow\\_wtornych/](http://www.imp.lodz.pl/home_pl/o_instytucie/structure/radio_prot_agency/lab_oratorium_wzorcow_wtornych/)