METROLOGIA

Biuletyn Informacyjny Głównego Urzędu Miar

Nr 1(9) **marzec 2008**



Szanowni Państwo

W pierwszym tegorocznym biuletynie przedstawiamy problematykę związaną z wytwarzaniem materiałów odniesienia stosowanych w absorpcyjnej spektrometrii atomowej. Przybliżamy również tematykę dotyczącą realizacji Europejskiego Programu Badań w Metrologii.

W końcu ubiegłego roku odbyła się konferencja pt. ***Rozwój polskiej metrologii w kontekście współpracy naukowej w Europie – projekt iMERA i Europejski Program Badań Naukowych w Metrologii****. Przedstawiamy krótkie jej omówienie wraz z wybranymi streszczeniami wystąpień.*

Życzymy interesującej lektury
Redakcja

METODY WYTWARZANIA MATERIAŁÓW ODNIESIENIA STOSOWANYCH W ABSORPCYJNEJ SPEKTROMETRII ATOMOWEJ

Absorpcyjna spektrometria atomowa (AAS) jest jedną z najczęściej stosowanych technik w nieorganicznej analizie chemicznej. Przy pomiarach w tej technice wykorzystuje się oddziaływanie promienia elektromagnetycznego w zakresie widzialnym lub bliskiego nadfioletu z atomami pierwiastków wchodzących w skład próbki. Do tej pory opisano w literaturze procedury oznaczeń ok. 70 pierwiastków. AAS jest metodą preferowaną do oznaczania mikroelementów oraz śladowych ilości pierwiastków chemicznych obecnych w produktach przemysłu chemicznego lub metalurgicznego, oraz w wodzie pitnej, ściekach, czy też w próbkach pochodzenia biologicznego. Ze względu na fakt, iż metoda AAS należy do metod porównawczych, ilościowe oznaczenie pierwiastków polega na pomiarze porównawczym absorpcji promieniowania próbki o nieznanym stężeniu analizowanego pierwiastka z próbką o zdefiniowanym jego stężeniu. Aby uwiarygodnić stosowaną w oznaczeniach procedurę, każde laboratorium musi dysponować certyfikowanymi materiałami odniesienia, które zawierają analit w ilości dokładnie znanej i podobnej do oznaczanej w próbkach. Przy tworzeniu spójnego na skalę ogólnoświatową programu dotyczącego przygotowywania materiałów odniesienia decydującą rolę odegrała Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna ISO. Zgodnie z jej zaleceniami materiały odniesienia do AAS (najczęściej w postaci roztworów wodnych) są przygotowywane z surowców wejściowych o wysokiej klasie czystości i zaopatrzone w odpowiednie świadectwo, w którym wartościom jego odpowiednich właściwości jest przypisana niepewność na określonym poziomie ufności. Certyfikowanie materiałów odniesienia odbywa się na podstawie wiarygodnych metod referencyjnych, w trakcie pomiarów prowadzonych niezależnymi metodami w wyspecjalizowanych do tego celu laboratoriach. Spójność pomiarową uzyskuje się w nich poprzez nieprzerwany łańcuch porównań, który zapewnia, że wynik pomiarów jest powiązany z odniesieniem na najwyższym międzynarodowym poziomie, czyli z wzorcem pierwotnym. Wśród takich laboratoriów dominującą pozycję na świecie zajmuje Państwowy Instytut Wzorców i Technologii (NIST) w USA. Jednakże laboratoria wykonujące materiały odniesienia i równocześnie zapewniające powiązanie z wzorcami najwyższego międzynarodowego poziomu istnieją w wielu państwach w ramach krajowych instytucji metrologicznych. Wśród nich można wyliczyć: w Japonii (Krajowy Instytut Metrologii – NMIJ), w Niemczech (Federalny Instytut Badania Materiałów i Testowania – BAM oraz Federalny Instytut Metrologii – PTB), na Słowacji (Laboratorium Materiałów Odniesienia Zakładu Chemii Słowackiego Instytutu Metrologicznego – SMÚ), a także w Polsce (Laboratorium Gęstości, Lepkości i Analizy Spektralnej w Zakładzie Fizykochemii Głównego Urzędu Miar w Warszawie oraz Laboratorium Wzorców Chemicznych Wydziału Chemii Analitycznej Okręgowego Urzędu Miar w Łodzi). Materiały odniesienia do AAS opatrzone odpowiednimi certyfikatami są również produkowane przez laboratoria niektórych firm komercyjnych.

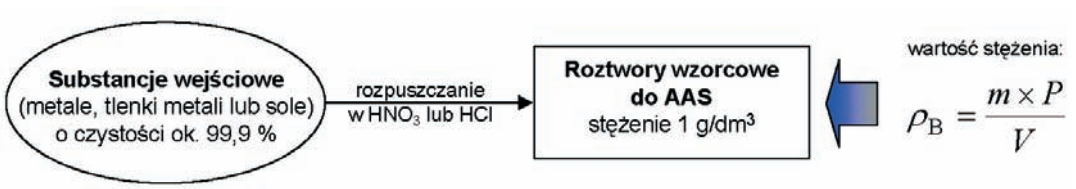
Metody stosowane przez Główny Urząd Miar i Okręgowy Urząd Miar w Łodzi

W Polsce wzorcowe roztwory wodne do AAS wytwarzane są w Głównym Urzędzie Miar (GUM) oraz w Okręgowym Urzędzie Miar (OUM) w Łodzi.

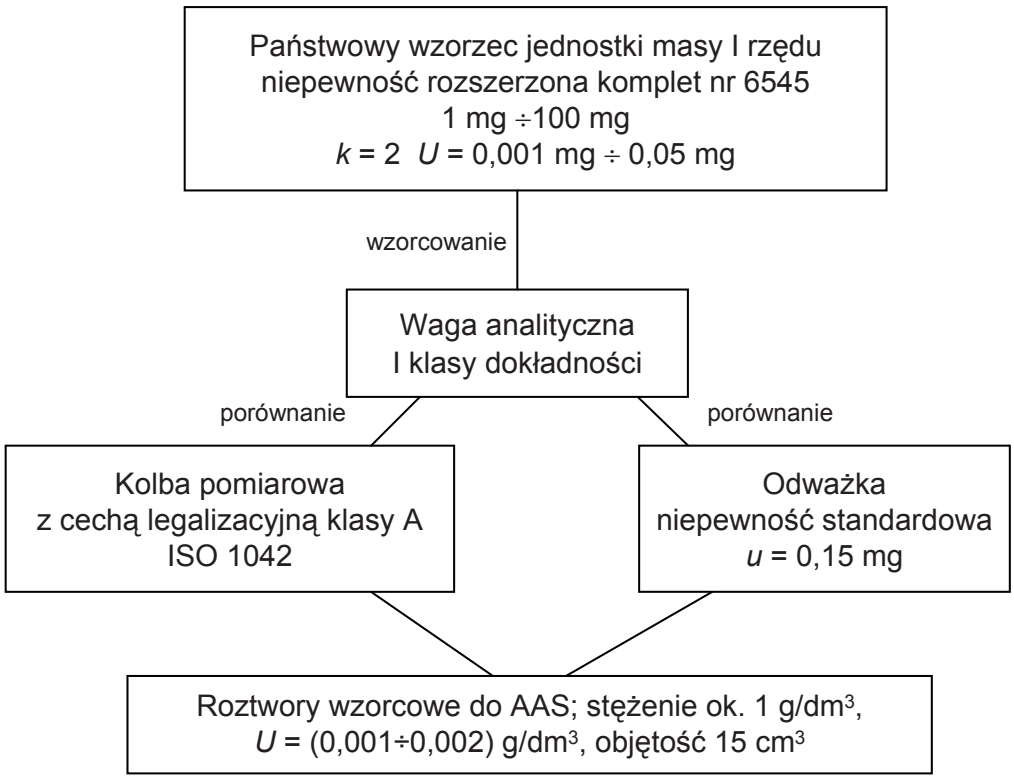
W GUM jednoskładnikowe wzorcowe roztwory wodne do spektrometrii emisyjnej i absorpcyjnej są wytwarzane w postaci 33 różnych serii w Laboratorium Gęstości, Lepkości i Analizy Spektralnej. Wszystkie one charakteryzują się wartością stężenia na poziomie 1,000 g jonów metalu w 1 dm^3 roztworu. Materiałem wejściowym stosowanym do ich tworzenia jest zazwyczaj sam metal, jego tlenek lub sól posiadające wysoki stopień czystości (klasy czystości certyfikowane przez producenta na poziomie 99,9 %). Matrycę roztworów wzorcowych stanowi woda redestylowana (o oporności elektrycznej ok. 18 MΩ × cm w temperaturze 25 °C) z dodatkami kwasów nieorganicznych (przeważnie HNO_3 lub HCl o spektralnej czystości). Roztwory wzorcowe sporządzane są poprzez odważenie odpowiedniej ilości substancji wejściowej i rozpuszczenie jej w kolbie miarowej (klasy A) w roztworze stosownej matrycy w temperaturze (22 ± 1) °C. Wartość stężenia odtwarzana przez wzorzec została odniesiona do państwowego wzorca jednostki miary masy poprzez stosowanie wagi nieautomatycznej 1 klasy dokładności, wzorcowanej za pomocą wzorców jednostki masy II rzędu. Z kolei objętość została wyznaczona metodą wagową z zastosowaniem wzorca masy III rzędu. Właściwie przechowywany roztwór wzorcowy zachowuje swoją trwałość przez okres 1 roku. Do każdego wytworzonego roztworu wzorca dołączone jest świadectwo materiału odniesienia.

W latach osiemdziesiątych XX w. opracowano procedurę w celu sprawdzenia poprawności wyznaczanej wartości nominalnej wzorca polegającą na przeprowadzaniu pomiarów kontrolnych z użyciem tradycyjnych metod analitycznych (np. miareczkowań kompleksonometrycznych).

Na przełomie lat 2006 i 2007 cztery roztwory wzorcowe do AAS wybrane losowo spośród 33 rodzajów wytwarzanych przez GUM zostały sprawdzone w pomiarach porównawczych wykonanych przez Laboratorium OUM w Łodzi. Wartości stężeń i niepewności uzyskane w pomiarach porównawczych wykazały dużą zgodność z wartościami podawanymi w świadectwach materiałów odniesienia wydawanymi dla tych roztworów przez GUM.



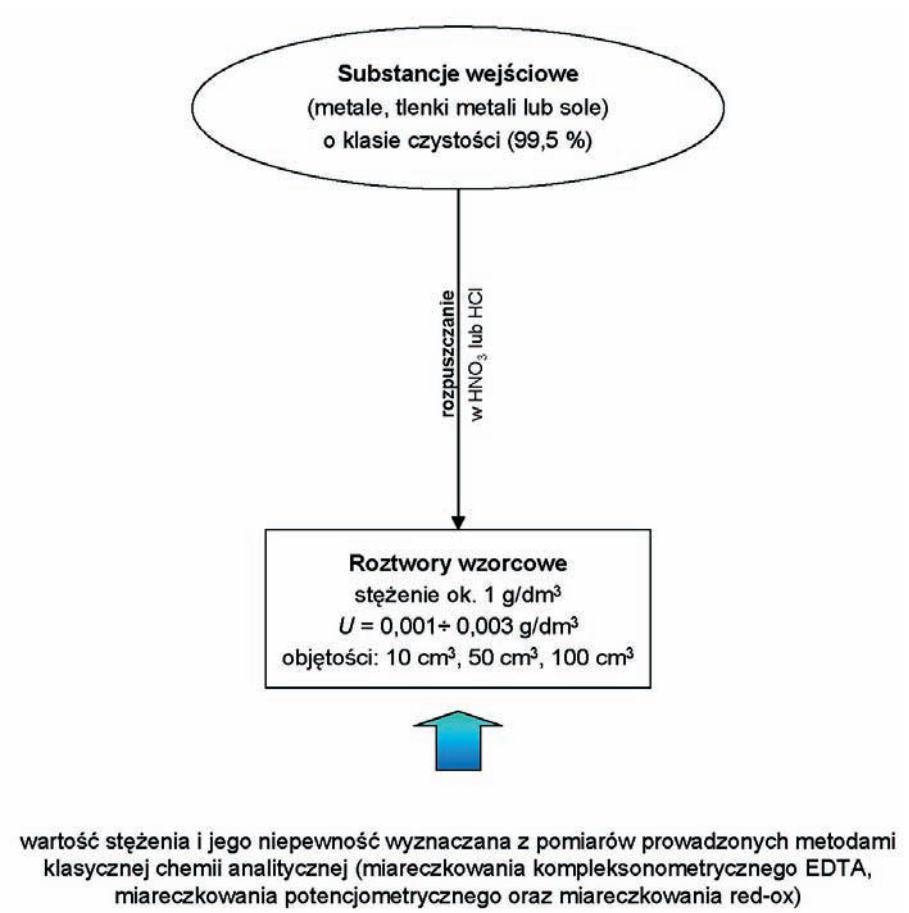
Spójność pomiarowa pomiaru masy i objętości dla roztworów wzorcowych wytwarzanych przez Główny Urząd Miar





Metoda stosowana przez Główny Urząd Miar

Wydział Chemii Analitycznej Zespołu Laboratoriów Wzorcujących OUM w Łodzi opracował szereg procedur, dla których substancjami wejściowymi do przygotowywania roztworów wzorcowych mogą stać się tylko odczynniki chemiczne zawierające powyżej 99,5 % głównego składnika. Jeśli związki chemiczne nie spełniają tego wymogu czystości, są poddawane procesowi oczyszczania poprzez rekrystalizację bądź wyprażanie. W następnym kroku postępowania przy tworzeniu roztworów wzorcowych rozpuszcza się odważkę substancji wejściowej (metalu, tlenku metalu lub soli) w wodnym roztworze kwasu (odpowiednio HNO_3 lub HCl o różnych stężeniach). Rozpuszczanie odważek substancji wejściowych należy przeprowadzać w kolbach miarowych o pojemności 1 dm^3 termostatowanych w temperaturze (20,0 ± 1) °C. Woda używana do sporządzania takich roztworów powinna być dwukrotnie destylowana i powinna się charakteryzować przewodnictwem elektrolitycznym nie przekraczającym 0,2 mS/m. Stężenie przygotowywanych przez OUM roztworów wzorcowych jest bliskie 1 g/dm^3. Do oznaczenia analitycznego stężenia roztworów wzorców ASA w OUM stosowane są różne metody: grawimetryczna, miareczkowanie kompleksonometryczne (najczęściej roztworem wersenianu dwusodowego – EDTA, wobec różnych wskaźników), miareczkowanie potencjometryczne (np. miareczkowanie roztworem $AgNO_3$ w ogniwie z elektrod: chlorosrebrowej i kalomelowej) oraz miareczkowanie red-ox



Metoda stosowna przez Okręgowy Urząd Miar (OUM) w Łodzi

(np. bromianometryczne). Inwestycja zrealizowana na przełomie lat 2005 i 2006 umożliwiła Laboratorium OUM zakup nowoczesnego aparatu do miareczkowania wraz z dodatkowym wyposażeniem w postaci elektrody kombinowanej do argentometrii, fototrody oraz elektrody jonoselektywnej. Po wdrożeniu odpowiednich procedur pomiarowych aparat ten ma za zadanie zastąpić wysłużone już spektrofotometry. W przypadku roztworów wzorcowych jonów metali do oznaczania stężenia najczęściej stosowana jest metoda miareczkowania kompleksonometrycznego. Analiza ta jest oparta na reakcji roztworu EDTA z jonami metalu i utworzeniu rozpuszczalnych kompleksów chelatowych o stechiometrii 1 jon metalu na 1 cząsteczkę ligandu EDTA. Miareczkowanie takie prowadzi się wobec wskaźników kompleksonometrycznych (np. oranż ksylenolowy, mureksyd lub czerń eriochromowa T), które w punkcie końcowym miareczkowania uwolnione z kompleksu z metalem mają inna barwę niż jego kompleks chelatowy. Znając objętość i dokładne stężenie roztworu EDTA zużytego na zmiareczkowanie próbki roztworu wzorcowego można policzyć stężenie analizowanego tą metodą roztworu wzorcowego. Dokładne stężenie roztworu EDTA ustala się także na podstawie miareczkowań przy użyciu specjalnie przygotowanego kontrolnego roztworu jonów Zn^{2+} (wykonanego z bardzo dokładnie odważonej masy cynku metalicznego o czystości 99,999 % rozpuszczonego w kwasie HNO_3 i wodzie redestylowanej).

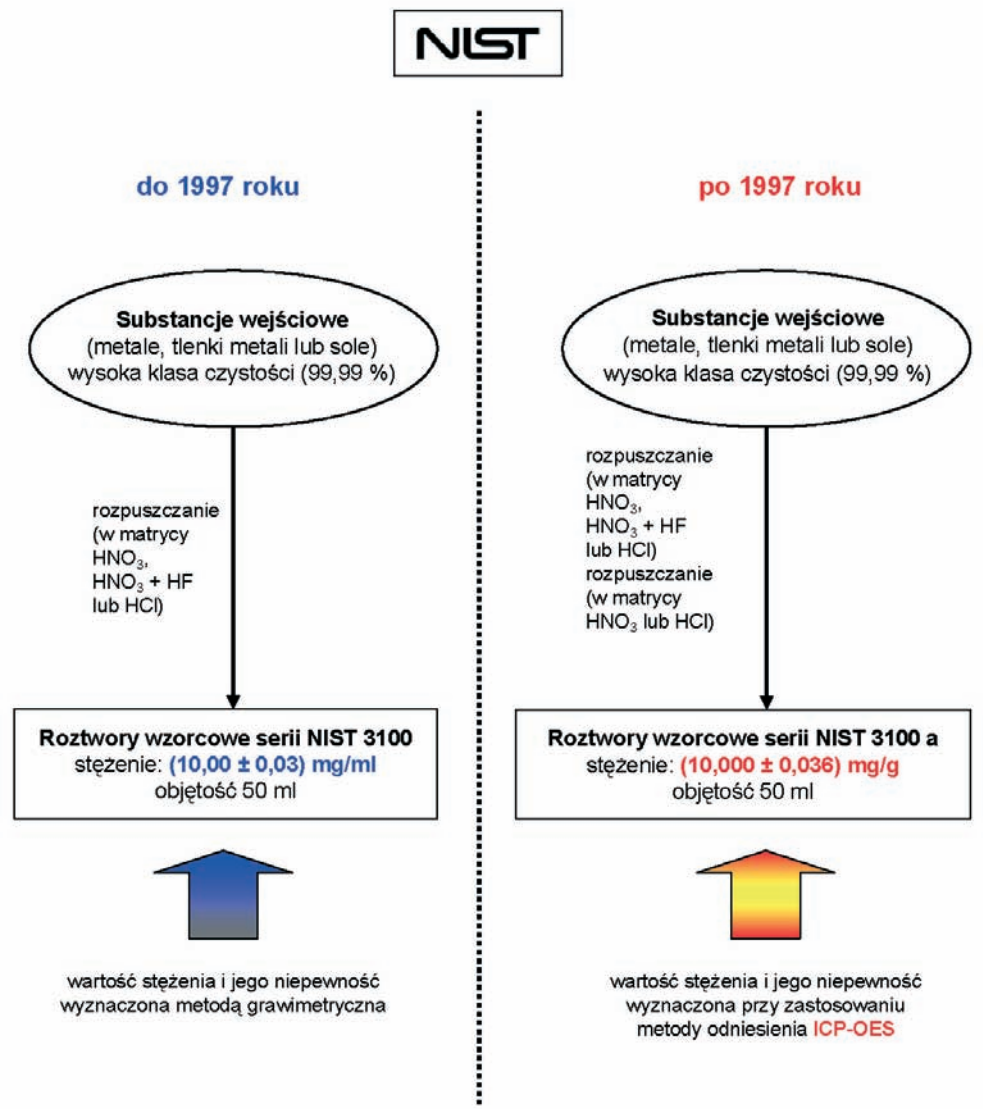
Wyznaczając stężenie dla każdego roztworu wzorcowego należy wykonać miareczkowanie co najmniej 8 próbek pochodzących z tej samej partii roztworu, a następnie należy przystąpić do szacowania niepewności jego wartości. Składowymi niepewności w tym przypadku są błędy związane z ważeniem, przygotowywaniem odpowiedniej objętości roztworu oraz z samą metodą analityczną. Dla roztworów wzorcowych wytwarzanych w OUM w Łodzi wartości rozszerzonej niepewności zawierają się w przedziale od 0,001 g/dm^3 do 0,003 g/dm^3.

Przygotowywane zgodnie z tą procedura roztwory nie tracą swych właściwości przez rok, pod warunkiem ich właściwego przechowywania w szczelnie zamkniętych oryginalnych opakowaniach polietylenowych (o objętości: 10 cm^3, 50 cm^3 lub 100 cm^3). Należy podkreślić, iż od stycznia 2006 roku Zespół Laboratoriów Wzorcujących OUM w Łodzi posiada akredytację Polskiego Centrum Akredytacyjnego, która obejmuje swoim zakresem 29 (spośród 40 opracowanych) procedur wytwarzania jednoskładnikowych wzorców do analizy instrumentalnej jonów.

Metody stosowane przez zagraniczne instytucje metrologiczne

Państwowy Instytut Wzorców i Technologii (NIST) w USA

Za opracowanie profesjonalnych procedur dotyczących procesu wytwarzania roztworów wzorcowych do AAS w ramach NIST odpowiedzialne jest Laboratorium ds. Nauk Chemicznych i Technologii (CSTL), a konkretnie wyodrębniony w nim Wydział Chemii Analitycznej. Jest on uznawany w USA za państwowe laboratorium referencyjne. Jego zespół badawczy stworzył odrębne procedury służące do wytwarzania 69 jednoskładnikowych roz-



Metody stosowane przez NIST w USA

tworów wzorcowych określanych łącznie mianem materiałów odniesienia (SRMs) należących do jednej serii NIST 3100.

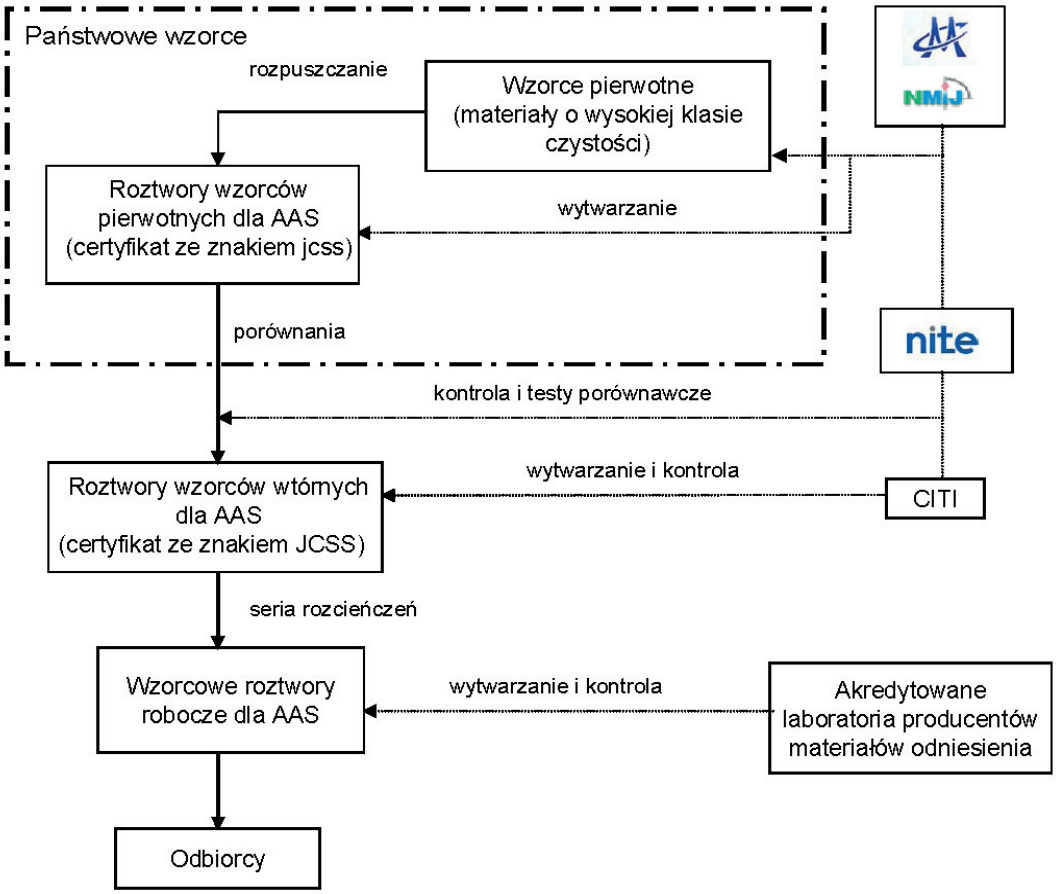
Do roku 1997 roztwory wzorcowe pochodzące z wyżej wymienionej serii NIST były przygotowywane metodą grawimetryczną, poprzez rozpuszczenie substancji wejściowych (np. metali, tlenków metali lub soli) o wysokiej klasie czystości (na poziomie 99,99 %), w odpowiedniej matrycy (najczęściej złożonej z 10 % roztworu wodnego HNO_3 lub HCl). Wszystkie tak sporządzane roztwory wzorcowe dla poszczególnych pierwiastków charakteryzowały się zawsze tą samą zawartością jonów, równą 10,00 mg/ml, oraz tą samą objętością, równą 50 ml. Niepewność względna stężenia roztworu wzorcowego potwierdzana świadectwem nie mogła przekroczyć wartości z zakresu ± 0,3 %. Świadectwo dołączane przez NIST do przygotowanych roztworów wzorcowych ściśle określało także okres ich trwałości. Na podstawie własnych obserwacji NIST gwarantował roczną stabilność swoich produktów,

pod warunkiem właściwego ich przechowywania w oryginalnie zamkniętych szklanych ampułkach (zabezpieczających roztwór przed parowaniem). Dokument ten również opisywał procedurę przygotowywania roboczych roztworów z tych materiałów odniesienia. Polegała ona na serii rozcieńczeń roztworu wzorcowego przy zachowaniu stałej temperatury na poziomie (22 ± 1) °C.

Po roku 1997 metodyka wykonywania roztworów wzorcowych do AAS stosowana przez NIST uległa zmianie. W dalszym ciągu zachowano tę samą procedurę przygotowywania roztworów wykorzystującą metodę grawimetryczną oraz najwyższej klasy czystości substancje wejściowe. Utrzymano również poprzednią objętość roztworów wzorcowych, równą 50 ml. Wprowadzono jednakże dwie zmiany: 1) nowy sposób wyrażania nominalnego stężenia roztworu wzorców zapisywany jako ułamek masowy: mg/g; 2) użyto optycznej emisyjnej spektrometrii z jonizacją w indukcyjnie sprzężonej plazmie (ICP-OES) jako metody porównawczej do wyznaczania stężenia. Wartości wyznaczonego ułamka masowego podane w certyfikacie NIST (seria 3100 a) są najczęściej bliskie 10 mg/g. Nowe świadectwa NIST zawierają także dokładną instrukcję sposobu przygotowywania roztworów roboczych (w zakresie od 10 mg/kg do 100 mg/kg) z produkowanych materiałów odniesienia metodą wagową lub objętościową.

Instytucje metrologiczne w Japonii

Na mocy obowiązującego w Japonii od roku 1974 systemu prawnego dotyczącego pomiarów (nowelizowanego w latach 1992 i 1997) instytucjami wyznaczonymi do utrzymywania i rozwoju państwowych wzorców (w tym również wzorcowych roztworów do AAS) są: Narodowy Instytut ds. Badań Chemicznych (NIMC), Krajowy Instytut Metrologii (NMIJ) [do roku 2000 był on Narodowym Laboratorium Badawczym ds. Metrologii (NMRL)] oraz Narodowy Instytut Techniki i Ewaluacji (NITE). Instytucje te wytwarzają pierwotne wzorce, a także opracowują dokładne metody sprawdzania klasy czystości substancji wejściowych oraz wzorców pierwotnych. Na podstawie wytworzonych przez nie wzorców pierwotnych przygotowywane są wzorce wtórne, których oceną i kontrolą zajmuje się specjalnie powołany organ jakim jest Inspekcja ds. Kontroli Chemicznej (CITI). Działania wszystkich tych instytucji są koordynowane poprzez wprowadzenie jednolitego systemu określanego jako Japan Calibration Service System (JCSS). Sporządzaniem roboczych roztworów wzorcowych przeznaczonych dla użytkowników zajmują się z kolei akredytowane laboratoria producentów materiałów odniesienia. Procedury wytwarzania tych ostatnich zostały ściśle określone przez Japoński Komitet ds. Norm Przemysłowych (JSA) i są wydane w jednej wspólnej serii oznaczonej jako JIS K na potrzeby inżynierii chemicznej. Sporządzane zgodnie z tymi normami robocze jednoskładnikowe roztwory wzorcowe podzielono na 11 klas w zależności od charakteryzującego je stężenia pierwiastka. Są one przygotowywane poprzez serię odpowiednio przeprowadzonych rozcieńczeń roztworów wzorców wtórnych. Oznaczenia stężeń poszczególnych klas wytworzonych wzorcowych roztworów roboczych dokonuje się przy zastosowaniu: metod miareczkowych (najczęściej kompleksonometrycznych), metodą płomieniowej AAS oraz metodą spektrofotometryczną.



Struktura japońskiego systemu zapewnienia spójności pomiarowej przy wytwarzaniu roztworów wzorcowych do AAS

Miareczkowanie komplesonometryczne prowadzi się przy użyciu roztworu wersenianu dwusodowego (EDTA) o mianowanym stężeniu wyznaczonym na podstawie miareczkowania pierwotnego roztworu wzorcowego jonów Zn^{2+} (roztwór przygotowywany przez odpowiednia agendę państwową z wysokiej klasy czystości metalicznego cynku). Dla każdej klasy roztworu pomiary powtarza się od trzech do pięciu razy i korzystając z odpowiednich dla stosowanej metody analitycznej wzorów wyznacza się wartości stężeń oraz ich niepewności. Tak przygotowane robocze roztwory wzorcowe rozlewa się do szczelnie zamykanych pojemników z dołączonymi informacjami dotyczącymi terminu ich ważności oraz warunków koniecznych do zachowania ich właściwości (np. o użytkowaniu wzorców w badaniach prowadzonych najlepiej w temperaturze 20 °C, bowiem dla takiej temperatury oznaczane było ich stężenie nominalne).

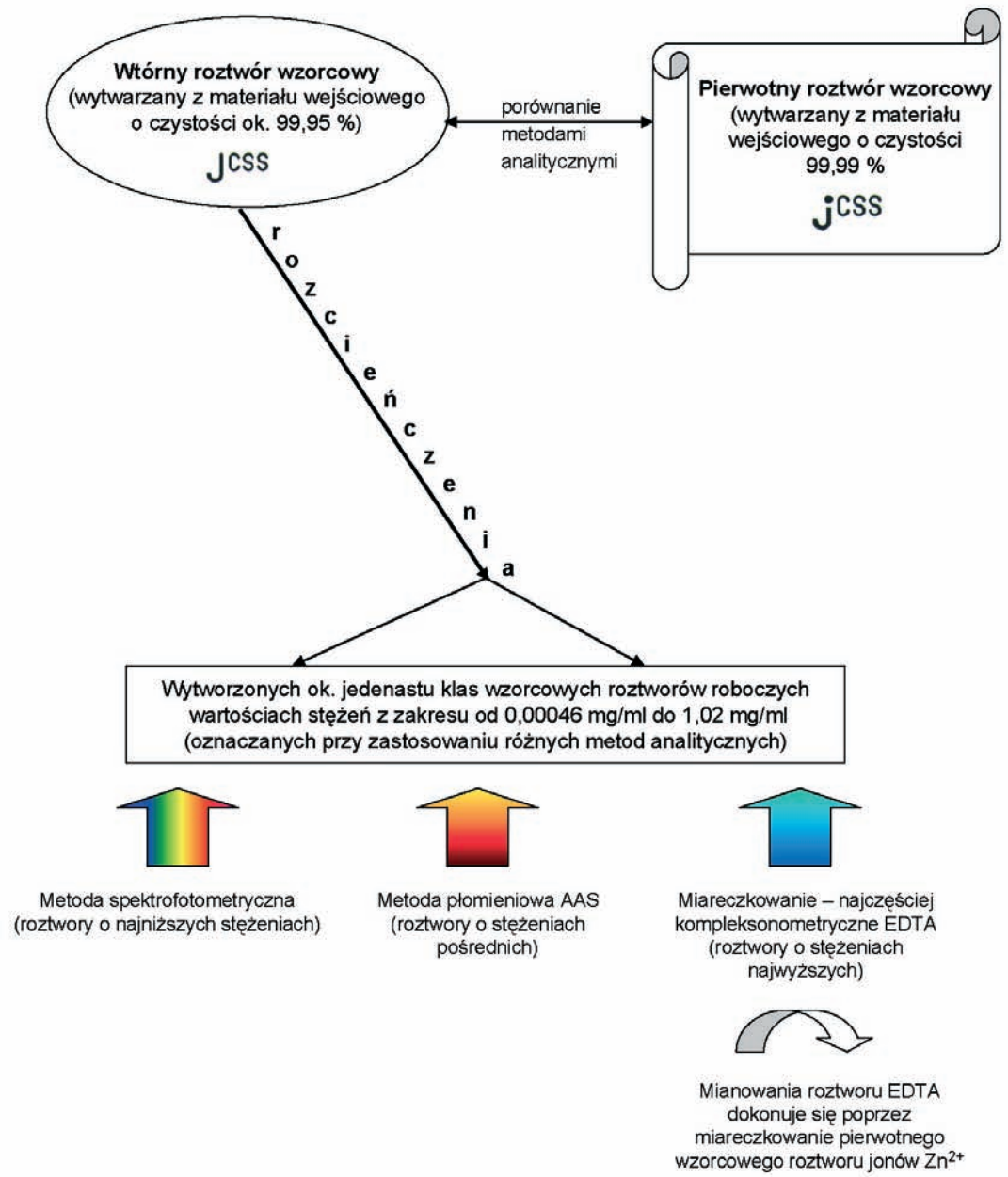
Instytucje metrologiczne w Niemczech

Niemcy opracowali swój system zapewnienia spójności pomiarowej na potrzeby chemii analitycznej w oparciu o wysokiej klasy czystości substancje wejściowe, które są traktowa-

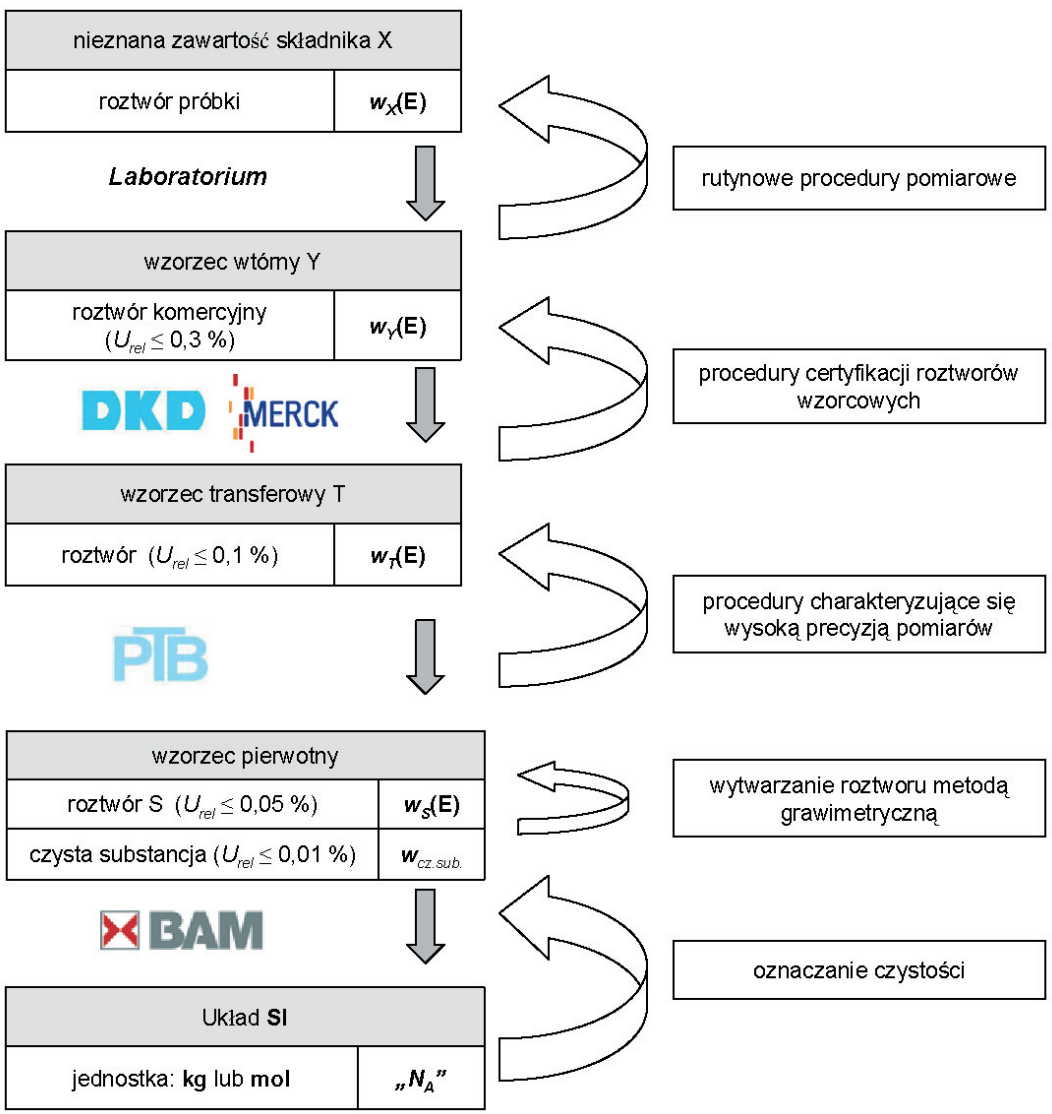
ne jako wzorce krajowe. Wytwarzane są one w niewielkich ilościach i spełniają one najwyższe wymagania metrologiczne. Wytwarzaniem ich zajmuje się Federalny Instytut Badania Materiałów i Testowania (BAM). Przy zastosowaniu najnowszych i najdokładniejszych metod pomiarowych (m.in. HR-ICP-MS, ICP-OES, czy ET AAS) oznaczane są w laboratoriach BAM ilości głównego składnika takich wzorcowych substancji wejściowych oraz wszelkie zanieczyszczenia. Niepewność względna oznaczeń dla tych substancji jest określona na poziomie (0,01÷0,05) %. Z tych substancji wejściowych metodą grawimetryczną przygotowywane są jednopierwiastkowe roztwory wzorców pierwotnych. Za ich sporządzenie i certyfikację odpowiedzialne są laboratoria Federalnego Instytutu Metrologii (PTB). Dysponują one równie precyzyjnymi metodami pomiarowymi jak BAM (np. ICP-OES i AAS) i odpowiednio zwalidowanymi procedurami badawczymi do przygotowywania roztworów wzorców transferowych, dla których stężenia głównego składnika oznaczane są z niepewnością względną na poziomie 0,1 %. Wytwarzaniem wzorców wtórnych przeznaczonych do sprzedaży dla użytkowników zajmują się akredytowane przez Niemiecki Serwis Kalibracyjny (DKD) laboratoria (np. firmy Merck KGaA). Ich sprzęt analityczny jest kalibrowany w oparciu o transferowe roztwory wzorcowe z PTB. Stężenie głównego składnika wtórnych roztworów wzorcowych jest oznaczane z niepewnością rzędu 0,3 %. Do chwili obecnej w Niemczech tym systemem objęte jest wytwarzanie roztworów wzorcowych takich pierwiastków jak: Cu, Fe, Bi, Ga, Na, K, Sn, W i Pb. Trwają już prace na rozszerzeniem tej procedury na wszystkie wytwarzane wzorce pierwiastkowe.

Słowacki Instytut Metrologiczny

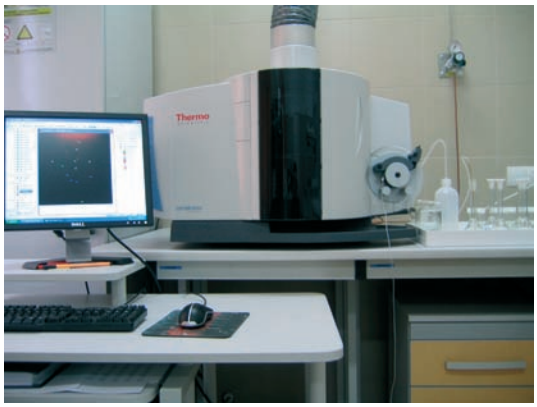
Na mocy ustawy „Prawo metrologiczne" na terenie Republiki Słowackiej działają następujące instytucje: Słowacki Urząd Normalizacji, Metrologii i Badań (ÚNMS SR), Państwowe Centrum Akredytacji (SNAS), Słowacki Instytut Normalizacyjny (SUTN) oraz Słowacki Instytut Metrologiczny (SMÚ) o randze krajowej instytucji metrologicznej. Do kluczowych zadań SMÚ należy między innymi: prowadzenie prac naukowo-badawczych w dziedzinie metrologii, uczestnictwo w międzynarodowych programach porównaniach międzylaboratoryjnych oraz zapewnienie gwarancji najwyższej jakości wytwarzanych w laboratoriach SMÚ certyfikowanych materiałów odniesienia. Wytwarzaniem i badaniem właściwości certyfikowanych materiałów odniesienia w ramach struktury organizacyjnej SMÚ zajmuje się Centrum Chemiczne, w którego skład wchodzi Laboratorium Wytwarzania Materiałów Odniesienia. Na potrzeby technik pomiarowych takich, jak atomowa emisyjna spektrometria (AES) i atomowa absorpcyjna spektrometria (AAS) oraz innych metod wymagających kalibracji sprzętu wykonywanych jest 37 rodzajów jednopierwiastkowych roztworów wzorcowych. Charakteryzujące je wszystkie takie samo co do wartości stężenie masowe 1 g/dm^3 jest oznaczane poprzez zastosowanie metod miareczkowych o wysokiej dokładności (m.in. wagowo-objętościowe miareczkowanie kompleksonometryczne przy użyciu EDTA). Podawana w świadectwach wartość rozszerzonej niepewności dla wszystkich roztworów wzorcowych jest taka sama i równa 0,002 g/dm^3, a ich termin trwałości określony jest na okres dwóch lat.



Metody stosowane przez instytucje metrologiczne w Japonii



Metody stosowane przez instytucje metrologiczne w Niemczech (BAM, PTB, DKD)





Wszystkie opisane dotychczas metody wytwarzania wzorcowych roztworów do absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS) opierają się na procedurach rozpuszczania odważek substancji wejściowych o wysokiej klasie czystości (powyżej 99,5 %) w odpowiednich matrycach. Roztwory te różnią się jednak między sobą wartościami stężeń, nieznacznie składem matryc (pod względem stężeń stosowanych kwasów nieorganicznych), a także objętością próbek dostępnych komercyjnie. W związku tymi właściwościami można przypuszczać, że mogą się one także różnić certyfikowanym terminem ich trwałości. Przeważnie producenci podają roczny termin ważności (np. NIST), jednakże można się spotkać również z okresem dwuletniej trwałości (np. roztwory sporządzane przez SMÚ).

Najistotniejszą różnicą pomiędzy procedurami wytwarzania i certyfikowania wzorcowych roztworów do atomowej spektrometrii absorpcyjnej są metody używane w różnych ośrodkach metrologicznych do oznaczania stężenia przygotowywanych serii roztworów. Wiodące ośrodki na świecie (np. NIST, BAM czy PTB) stosują optyczną emisyjną spektrometrię z jonizacją w indukcyjnie sprzężonej plazmie (ICP-OES). Pozostałe ośrodki wykorzystują na ogół w tym samym celu metody klasycznej chemii analitycznej, czyli miareczkowania (np. kompleksonometryczne, potencjometryczne lub red-ox).

Inwestycja zrealizowana w połowie roku 2007 przez Główny Urząd Miar w Warszawie wyposażyła laboratorium wytwarzające wzorce do AAS w optyczny spektrometr emisyjny ICP-OES. Zastosowanie tej techniki analitycznej umożliwi dostosowanie usług świadczonych przez GUM do standardów wiodących laboratoriów metrologicznych. W chwili obecnej rozpoczęto intensywne prace mające na celu opracowanie odpowiednich procedur przeznaczonych do wyznaczania stężeń głównych składników roztworów wzorcowych do AAS, a także określania poziomu zanieczyszczeń takich roztworów. Wdrożenie tej metody pomiarowej pozwoli Laboratorium Gęstości, Lepkości i Analizy Spektralnej GUM na przystąpienie do programu porównań międzylaboratoryjnych (krajowych, np. GUM i OUM w Łodzi, oraz zagranicznych), jaki i do programu badań biegłości. Po wypełnieniu wszystkich tych warunków GUM będzie się mógł ubiegać o umieszczenie wytwarzanych wzorców do AAS na listach CMC.

Dr Agnieszka Zoń
Laboratorium Gęstości, Lepkości i Analizy Spektralnej, Zakład Fizykochemii GUM

ZARYS MERYTORYCZNY EUROPEJSKIEGO PROGRAMU BADAŃ NAUKOWYCH W METROLOGII (EMRP)

Metrologia to dziedzina naukowo-techniczna o szerokim horyzoncie poznawczym obejmującym problematykę pomiarową z obszaru prawie wszystkich dyscyplin technicznych i przyrodniczych. Jej interdyscyplinarność charakteryzuje się wspólną dla tych dziedzin metodologią dotyczącą sposobu opracowania wyniku pomiaru. U jej podstaw leży metodyka obliczania niepewności pomiaru, towarzyszące jej matematyczne modelowanie wielkości mierzonej oraz zagadnienie spójności pomiarowej. Wielkość mierzona, niezależnie od dziedziny poznania, wyrażana jest przy użyciu liczby i jednostki miary. Aby zapewnić porównywalność wyników w obszarze metrologii działa rozbudowana struktura międzynarodowa, na czele z Międzynarodowym Komitetem Miar odpowiedzialnym za definiowanie jednostek miar w taki sposób, aby zapewnić wystarczającą dokładność ich realizacji, adekwatną do aktualnych potrzeb rozwijającej się cywilizacji światowej oraz funkcjonują struktury krajowe odpowiedzialne za przekazywanie tych jednostek, poprzez system wzorców, do przyrządów i systemów pomiarowych, stosowanych w każdej dziedzinie gospodarki narodowej. Obecnie przyjęte definicje podstawowych jednostek miar już nie spełniają oczekiwań i w najbliższych latach ulegną zmianie tak, aby zapewnić ich wzajemne powiązanie poprzez stałe fizyczne, zmniejszyć niepewność związaną z ich realizacją i umożliwić w ten sposób budowę nowych stanowisk pomiarowych służących do odtwarzania ich z niespotykaną do tej pory dokładnością. Proces ten będzie dotyczył wszystkich podstawowych jednostek miar z wyjątkiem jednostki miary długości, której definicja, przyjęta przez Generalną Konferencję Miar w 1983 roku, oparta na stałej prędkości światła w próżni, spełnia wymagania współczesnej techniki i jest dobrym przykładem dla sposobu definiowania podstawowych jednostek w oparciu o stałe fizyczne. Te natomiast muszą być wyznaczone z możliwie największą dokładnością, możliwą do osiągnięcia przy zaangażowaniu ultranowoczesnych technologii, co związane jest z poniesieniem znacznych nakładów finansowych przez społeczność międzynarodową. To wyzwanie cywilizacyjne zaowocowało powstaniem europejskiego programu badań w dziedzinie metrologii (*European Metrology Research Programme*), w którym mogą uczestniczyć wszystkie podmioty naukowe krajów Unii Europejskiej. Komisja Europejska pragnie przeznaczyć na ten cel w najbliższych latach 250 M€. Pogram ten obejmował będzie również badania metrologiczne dla osiągnięcia kluczowych celów społeczno-ekonomicznych w dziedzinie zdrowia, energii, środowiska naturalnego i nowych technologii. Dla usprawnienia realizacji jego celów powołano do życia w 2007 roku europejską organizację metrologiczną o nazwie EURAMET.

Metrologia dla ochrony zdrowia ma wskazywać na rozwój technik pomiarowych, które służą dokładniejszej i pewniejszej diagnostyce medycznej. Działanie to wiążę się z opracowaniem nowych materiałów odniesienia najwyższego rzędu, w porozumieniu z laboratoriami medycznymi i Międzynarodową Federacją Chemii Klinicznej. W obszarze tym również wyzwaniem jest idea „człowieka wirtualnego", dotyczącego modelu funkcjonal-

no-anatomicznego organizmu ludzkiego, stanowiącego określony standard dla przemysłu związanego z wytwarzaniem sprzętu medycznego i rehabilitacyjnego oraz służącego szkoleniu personelu związanego z opieką zdrowotną. Tu też zawarta jest diagnostyka prowadzona na podstawie graficznej informacji cyfrowej uzyskiwanej dzięki technikom przetwarzania obrazu, stosowanym coraz częściej w nowoczesnej medycynie. Programem objęte jest również oprzyrządowanie służące do analizy biosygnałów, zastosowania biomarkerów, rezonans magnetyczny, tomografia komputerowa, technika ultradźwiękowa i tradycyjnie promieniowanie jonizujące stosowane w celach diagnostycznych i terapeutycznych.

Metrologia w obszarze energetyki ma skoncentrować się na doskonaleniu przyrządów pomiarowych w celu poprawienia jakości energii elektrycznej uzyskiwanej ze źródeł odnawialnych oraz poprawienia wydajności systemów energetycznych cieplnych i jądrowych poprzez zapewnienie dokładniejszych urządzeń sterujących temperaturą i ciśnieniem w elektrowniach. Szczególny wysiłek będzie podjęty w dziedzinach związanych z technologią wodorową, ogniw paliwowych oraz związanych z wykorzystaniem energii wiatru, słońca czy biomasy. Działania mają być związane również ze zwiększeniem wydajności, elastyczności, bezpieczeństwa i niezawodności aktualnie wykorzystywanych sieci energetycznych oraz służących poprawieniu oszczędności poprzez wdrożenie inteligentnych sieci energetycznych.

Metrologia dla środowiska naturalnego skoncentruje się na problematyce opracowania nowych, stabilnych wzorców pomiarowych stosowanych w procesie ciągłego monitorowania zmian klimatycznych, jak również nowatorskich czujników do globalnych pomiarów temperatury i składu chemicznego oceanów i atmosfery, z wykorzystaniem technik satelitarnych. Zajmie się również zagadnieniem pomiaru przepływu i koncentracji gatunków chronionych prawem, wydajnym i zrównoważonym użytkowaniem zasobów naturalnych, określeniem właściwości chemicznych materiałów odpadowych dla ich wtórnego przerobu, długoterminowym wiązaniem dwutlenku węgla oraz oceną i zarządzaniem hałasem w środowisku.

Metrologia związana z nowymi technologiami dotyczy przede wszystkim nanotechnologii. W tym obszarze kluczowymi wyzwaniami jest rozwój mikroskopii optycznej z użyciem sondy skanującej do analizy powierzchniowej nanostruktur w produkcji półprzewodników, rozwój systemów nanoelektronicznych, nanomagnetycznych i nanoelektromechanicznych, pomiar profilów przestrzennego rozkładu temperatur nanobwodów. Istotnym zagadnieniem jest tu również dziedzina nanomateriałów z uruchomieniem badań toksyczności, kształtu, rozkładu wielkości, charakterystyk chemicznych nanocząsteczek, takich jak nanorurki i produkty spalania.

Programem objęte są również tradycyjne obszary naukowe metrologii stosowanej, takie jak pomiary długości, elektryczność i magnetyzm, czas i częstotliwość, mechanika, termometria, promieniowanie czy pomiary w chemii.

W dziedzinie związanej z pomiarami długości zwraca się uwagę na rozwój technik pomiarowych i przyrządów do pomiaru w zakresie mikro- i nanometrycznym, w tym mikroskopii i interferometrii opartej na promieniowaniu rentgenowskim, pozwalającej na osią-

gnie rozdzielczości na poziomie pikometrycznym. Metrologia wymiarowa umożliwi rozwój technik współrzędnościowych dla zaawansowanej technologicznie produkcji w przemyśle motoryzacyjnym i lotniczym. Metrologia dużych odległości przyczyni się do stworzenia dokładnych globalnych map umożliwiających precyzyjną lokalizację i nawigację opartą na satelitarnych systemach pozycjonowania.

W dziedzinie związanej z elektrycznością i magnetyzmem celem jest rozwój zdolności pomiarowych dla oceny jakości i wydajności energii elektrycznej oraz dla monitorowania i ochrony sieci i urządzeń elektrycznych. Istotne jest ustalenie wskaźnika absorpcji częstotliwości radiowych i pomiary siły pola elektromagnetycznego w częstotliwościach szeroko wykorzystywanych publicznie. Te działania metrologiczne konieczne są dla rozwiązywania problemów zdrowia i bezpieczeństwa w związku z rozpowszechniającym się używaniem mobilnych urządzeń radionadawczych. Konieczna jest również rozbudowa metod pomiarowych do zakresu częstotliwości terahercowych, wspierających dalsze postępy w technologiach informatycznych i łączności o dużej szybkości. Kolejne wyzwanie w tym obszarze to rozwój ultraczułych narzędzi pomiarowych, pozwalających na kontrolę zachowania pojedynczych jednostek kwantowych, mających zastosowanie w nanoelektronicznych i nanomagnetycznych technologiach jutra. Wiąże się to również z opracowaniem mobilnych elektrycznych wzorców kwantowych, odtwarzających stabilnie wielkości, niezależnie od miejsca stosowania, czasu i wpływu warunków środowiskowych.

W dziedzinie związanej z czasem i częstotliwością konieczny jest rozwój zegarów atomowych o wyjątkowej dokładności. Obecne wzorce pierwotne czasu i częstotliwości oparte na atomach cezu powinny być zastąpione nowymi o niepewności 10^{-17}. Umożliwi to udoskonalenie i rozwój systemów nawigacji satelitarnej takiej jak systemy GPS lub Galileo.

Mechanika, która obejmuje wielkości takie jak masa, siła, moment obrotowy, ciśnienie, akustyka, drgania, ultradźwięki i przepływ, jest kluczowym narzędziem dla przemysłu, badań i społeczeństwa z powodu szerokiego zakresu zastosowań w robotyce, mikro- i nanotechnologiach, produkcji, a nawet do wspomagania diagnostyki medycznej. W konsekwencji, konieczne są niezawodne wzorce, jak również badania w celu ich ulepszenia. Zostały określone główne ścieżki działań dotyczących: innowacyjnych systemów dla dynamicznych pomiarów w produkcji, wzorców ciśnienia wysokiej próżni, zaawansowanych metod pomiaru przepływu, rozwiązań mechanicznych dla zastosowań medycznych, biotechnologicznych i farmakologicznych oraz zagadnień w dziedzinie akustyki, ultradźwiękach i drgań. W tym ostatnim obszarze myśli się o technikach pomiarowych dla przemysłu lotniczego, naftowego, gazowego, farmaceutycznego i nuklearnego, zastosowaniach ultradźwięków i drgań o wysokiej częstotliwości w medycynie i opracowaniu rozwiązań w dziedzinie bioakustyki.

W termometrii konieczne są badania związane z określeniem nowych punktów termodynamicznych wysokich temperatur i technik przetwarzania obrazu termicznego. W związku z powstawaniem nowych materiałów potrzebne są techniki służące do określania ich właściwości termicznych, jak: pojemność i przewodność cieplna, izolacyjność termiczna, topnienie, wrzenie czy sublimacja. Ocieplenie klimatu stawia w tym obszarze wyzwania związane z inteligentnym monitoringiem wilgotności w skali globalnej. Kontrola wilgoci służy również zapewnieniu oszczędności energetycznej budynków mieszkalnych i jest konieczna przy produkcji, obróbce i składowaniu materiałów organicznych.

W dziedzinie promieniowania jonizującego mamy do czynienia z koniecznością opracowania nowych metod radiodiagnostyki i lecznictwa z wykorzystaniem protonów, neu-

tronów i ciężkich jonów oraz tworzeniem wysokiej jakości metod dozymetrii trójwymiarowej i rozwoju nowej radiofarmaceutyki. W obszarze fotometrii i radiometrii konieczna jest nowa metrologia świetlna dotycząca nowoczesnych urządzeń, materiałów fotonowych dla poprawy jakości życia człowieka poprzez monitoring optyczny i technologie przetwarzania światła. Mamy tu: nowe źródła iluminacji, problematykę wyświetlaczy i detektorów optycznych, opracowanie wzorców kwantowo-fotonowych jako źródeł pojedynczych fotonów, stworzenie systemów jednoczesnego pomiaru widma, mocy, rozkładu przestrzennego, koherencji i polaryzacji promieniowania. Istotnym problemem jest też zagadnienie wizualnej percepcji jakości produktów pozwalających na ich ocenę na podstawie wyglądu, bez konieczności odwoływania się subiektywnej wrażliwości oka ludzkiego. Wiąże się to z opracowaniem nowych technik kolorymetrycznych.

Metrologia w chemii uważana jest z jeden z najszybciej rozwijających się obszarów. Największym wyzwaniem jest tu opracowanie różnych analitów dla sieci laboratoriów europejskich zajmującymi się badaniami w obszarze chemii klinicznej, medycyny sądowej, jakości żywności czy zanieczyszczenia środowiska naturalnego, w postaci analizy śladowej, zastosowań biomarkerów, identyfikacji DNA czy toksyczności nanomolekuł. Istnieje w tej dziedzinie również potrzeba opracowania stosownych zharmonizowanych norm i przepisów prawnych.

Programem objęte są również zagadnienia związane z nowymi wyzwaniami dla metrologii związanymi z biotechnologią, nowymi materiałami oraz zastosowaniami nowoczesnych narzędzi matematycznych i informatycznych.

Problematyka bio-metrologii koncentrować się będzie wokół ochrony zdrowia poprzez prognozowanie, diagnozowanie, monitoring nowych metod leczenia, farmaceutyków, szczepionek, żywności oraz orzekaniu ich zgodności z wypracowanymi przepisami i zaleceniami. Obejmie również bioprodukcję w zakresie kontroli jakości i monitoringu bioprocesów. Zajmie się też bezpieczeństwem poprzez ocenę ryzyka związanego z toksycznością, patogenami a nawet bio-terroryzmem.

Problematyka metrologii dla nowych materiałów skoncentruje się na zagadnieniach inżynierii nowoczesnych implantów medycznych, fotoogniw, biomateriałów, wielofunkcyjnych i inteligentnych materiałów hybrydowych. Należy tu prowadzić prace nad określeniem ich właściwości fizykochemicznych oraz badania związane z ich analizą strukturalną, a także związane z samym procesem ich modelowania.

Problematyka matematycznych i informatycznych narzędzi w metrologii skupi się na modelowaniu analitycznym i numerycznym wielkości mierzonej, na obliczaniu niepewności pomiaru w oparciu o symulację Monte Carlo i statystykę bayesianowską oraz na metodyce oceny wyniku porównań kluczowych, których celem jest wypracowanie nowych zleceń w dziedzinie opracowania danych zgodnie z wypracowaną koncepcją, wspólną dla całego obszaru metrologii. Myśli się o stworzeniu oprogramowania komputerowego spełniającego wymagania standardów metrologicznych w dziedzinie opracowania danych pomiarowych oraz je zabezpieczających.

Opracowanie powstało na podstawie dokumentu
European Metrology Research Programme Outline 2007

Paweł Fotowicz

KONFERENCJA „ROZWÓJ POLSKIEJ METROLOGII W KONTEKŚCIE WSPÓŁPRACY NAUKOWEJ W EUROPIE – PROJEKT iMERA I EUROPEJSKI PROGRAM BADAŃ NAUKOWYCH W METROLOGII”

W dniu 17 grudnia 2007 roku w Warszawie odbyła się konferencja zorganizowana przez Główny Urząd Miar pt. *Rozwój polskiej metrologii w kontekście współpracy naukowej w Europie – projekt iMERA i Europejski Program Badań Naukowych w Metrologii.* Jej celem przewodnim było zapoznanie polskiego środowiska metrologicznego z projektem iMERA, który ma intensyfikować współpracę naukową między krajowymi instytucjami metrologicznymi oraz z ideą Europejskiego Programu Badań w Metrologii (EMRP). Konferencja zgromadziła 90 przedstawicieli środowiska metrologów z całego kraju, zarówno z ośrodków naukowych, jak i laboratoriów akredytowanych oraz przedstawicieli przemysłu przyrządów pomiarowych.



Pani Janina Maria Popowska
Prezes GUM

W konferencji wzięli udział członkowie Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej Polskiej Akademii Nauk, **prof. dr hab. inż. Janusz Gajda** i **prof. dr hab. inż. Stanisław Adamczak**. Konferencję otworzyła Pani **Janina Maria Popowska**, Prezes Głównego Urzędu Miar, która powitała przybyłych gości, w tym także gości zagranicznych: **dr Wolfganga Schmida**, Sekretarza EURAMET-u z Physikalisch-Technischen Bundesanstalt-u (Niemcy) oraz **dr Pavla Klenovskiego**, Dyrektora Czeskiego Instytutu Metrologicznego i **dr Włodzimierza Lewandowskiego** z Sekcji Czasu i Częstotliwości Międzynarodowego Biura Miar. Po oficjalnym otwarciu Pani **Elżbieta Michniewicz**, Dyrektor Zakładu Elektrycznego GUM, przedstawiła – w imieniu Pani Barbary Lisowskiej, Wiceprezes GUM – prezentację *Główny Urząd Miar jako Krajowa Instytucja Metrologiczna*. **Dr Wolfgang Schmid** zaprezentował referat *iMERA and the creation of EURAMET as the new European RMO* (iMERA i utworzenie EURAMET-u jako nowej europejskiej organizacji metrologicznej), a **dr Pavel Klenowsky** przedstawił prezentację *iMERA Plus – a next phase in coordinated European research*



Uczestnicy konferencji



Pan dr Pavel Klenovsky



Pan dr Wolfgang Schmid
i Pani Dobrosława Sochocka



Pan dr Włodzimierz
Lewandowski

in metrology (iMERA Plus – następna faza koordynowanych europejskich badań naukowych w metrologii). Następnie Pani **Dobrosława Sochocka** z Zakładu Promieniowania i Wielkości Wpływających omówiła nowe możliwości rozwoju metrologii europejskiej związane z Europejskim Programem Badań Naukowych w Metrologii i wynikające z nich nowe zadania dla metrologii w Polsce. Po przerwie został przedstawiony cykl referatów prezentujących dorobek w zakresie międzynarodowej współpracy metrologicznej. **Dr Włodzimierz Lewandowski** z Sekcji Czasu i Częstotliwości Międzynarodowego Biura Miar przedstawił referat *Wyzwania dla współczesnej metrologii*, a **prof. dr hab. Ewa Bulska** z Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego zapoznała zgromadzonych z europejską edukacją akademicką w zakresie metrologii chemicznej (współpraca wyższych uczelni z GUM). Następnie **dr hab. Anna Szmyrka-Grzebyk** z Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN przedstawiła referat *Doświadczenia zdobyte we współpracy naukowej z zagranicznymi instytutami metrologicznymi w zakresie termometrii*, a **dr inż. Marian Jerzy** Korczyński z Politechniki Łódzkiej przedstawił prezentację *Współpraca międzynarodowa szansą rozwoju metrologii*. Prezentację przykładów udanej międzynarodowej współpracy naukowej zakończył **dr hab. Piotr Szymański** z Instytutu Problemów Jądrowych referatem *Współpraca międzynarodowa w fizyce cząstek elementarnych na przykładzie eksperymentu przy akceleratorze SPS*. Po dyskusji dotyczącej przyszłości i dalszego rozwoju metrologii w Polsce oraz roli Głównego Urzędu Miar w świetle wyzwań przedstawionych w Siódmym Programie Ramowym i Europejskim Programie Badań Naukowych w Metrologii Pani Wiceprezes **Barbara Lisowska** zakończyła konferencje dziękując zebranym za udział.



Pani Barbara Lisowska
Wiceprezes GUM

Poniżej przedstawiamy krótkie streszczenia niektórych wystąpień na konferencji:

Europejski Program Badań Naukowych w Metrologii – nowe możliwości rozwoju metrologii europejskiej

Nadrzędnym celem Europejskiego Programu Badań Naukowych w Metrologii (EMRP) jest zwiększenie innowacyjności i konkurencyjności badań naukowych w metro-

logii poprzez wymianę doświadczeń i konsolidację działań krajowych instytucji metrologicznych.

Tworzenie wspólnych europejskich programów badawczych powiązanych z krajowymi programami badań w metrologii pozwoli na rozwój nowych możliwości, które będą mieć strategiczne znaczenie w Europie i dostarczą nowych lepszych narzędzi komunikacji pomiędzy metrologami.

Wspólne programy badawcze będą realizowane w oparciu o Artykuł 169 Traktatu Europejskiego, który pozwala na wsparcie wspólnych działań przez Komisje Europejską. Idea EMRP odgrywa ważną rolę w konstruowaniu Europejskiej Przestrzeni Badawczej (ERA).

Na podstawie dostępnych dokumentów przygotowano informację o najważniejszym w Europie przedsięwzięciu obejmującym obszar metrologii. Referat przybliża ideę związaną z powstaniem w Europie programu naukowego EMRP oraz zadań z niego wynikających dla krajowych instytucji metrologicznych.

Dobrosława Sochocka
Główny Urząd Miar

Europejska edukacja akademicka w zakresie metrologii chemicznej – współpraca wyższych uczelni z Głównym Urzędem Miar


Pani prof. Ewa Bulska

Wymagania stawiane absolwentom wyższych uczelni przez pracodawców, szczególnie w zakresie nauk przyrodniczych, obejmują wiedzę w zakresie metrologii czyli nauki o pomiarach. W wielu zawodach, między innymi, chemika, biologa czy geologa podejmowanie decyzji wymaga wykorzystywania wyników pomiarów. Niestety na wielu uczelniach europejskich program nauczania w dalszym ciągu nie obejmuje podstawowych zagadnień z zakresu metrologii. Stąd od kilku lat podejmowane są wysiłki w kierunku wprowadzenia zajęć, w czasie których studenci mieliby możliwość poznania podstawowych zasad prowadzenia pomiarów oraz zapewnienia jakości otrzymywanych wyników. Działania te, podejmowane na poziomie europejskim przez grupę nauczycieli akademickich, są również realizowane w Polsce przy współpracy z Głównym Urzędem Miar. Pierwszym efektem tych działań było utworzenie Centrum Metrologii Chemicznej (CMCh) przy Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego (WCh UW). Założycielami CMCh są poza WCh UW i GUM, Polskie Centrum Akredytacji oraz Europejski Instytut Materiałów i Pomiarów Odniesienia (EC-JRC-IRMM) i Międzynarodowe Biuro Miar (BIPM). Najważniejszym osiągnięciem CMCh jest uruchomienie pierwszych w Europie studiów podyplomowych w zakresie Metrologii Chemicznej. Drugim ważnym osiągnięciem jest wprowadzenie do programu studiów dziennych zajęć z metrologii chemicznej, nie tylko na WCh UW ale również na innych uczelniach, na wydziałach chemicznych: Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu, Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Uniwersytetu w Białymstoku oraz Politechniki Radomskiej. Uczelnie te weszły również w skład konsorcjum

kilkunastu uniwersytetów europejskich starających się o przyznanie tytułu do nadawania dyplomu „Euromaster in Measurement Science in Chemistry".

Prof. Ewa Bulska
Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego

Doświadczenia zdobyte we współpracy naukowej z zagranicznymi instytutami metrologicznymi w zakresie termometrii

Laboratorium Wzorca Temperatury w Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu od 1978 r. współpracuje z Instytutem Metrologii im. G. Colonnetii – IMGC (obecnie Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica – INRiM) w Turynie w ramach umowy o współpracy naukowej między Akademiami Nauk polską i włoską. Efektem tej współpracy było wykonanie w INTiBS wzorca jednostki miary temperatury dla zakresu niskich temperatur, który posiada od 2001 roku status wzorca państwowego na mocy decyzji Prezesa Głównego Urzędu Miar. Efektem współpracy z IMGC było także nawiązanie kontaktów naukowych z innymi instytutami metrologicznymi w Europie i na świecie. Laboratorium uczestniczy w realizacji szeregu międzynarodowych projektów naukowych współfinansowanych przez Unię Europejską i Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Pracownicy Laboratorium są współautorami publikacji naukowych ukazujących się w czasopismach zagranicznych oraz referatów przedstawianych na konferencjach międzynarodowych z zakresu metrologii; są także członkami komitetów programowych tych konferencji oraz organizatorami spotkań naukowych w Polsce, w których biorą udział goście zagraniczni.

Międzynarodowa współpraca naukowa Laboratorium Wzorca Temperatury INTiBS rozwija się ściśle we współpracy z Głównym Urzędem Miar.

Doc. Anna Szmyrka-Grzebyk
Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN

Współpraca międzynarodowa w fizyce cząstek elementarnych na przykładzie eksperymentu przy akceleratorze SPS



Pan dr hab. Piotr Szymański

Przedstawiono metody pracy międzynarodowych zespołów zajmujących się budową i wykorzystaniem detektorów działających przy największych światowych akceleratorach cząstek elementarnych.

Dr hab. Piotr Szymański
Instytut Problemów Jądrowych

HARMONOGRAM SEMINARIÓW GŁÓWNEGO URZĘDU MIAR W 2008 ROKU

Lp.	Data	Tytuł	Autor
1.	15 stycznia	Projekty dokumentów BIPM związane z problematyką niepewności pomiarów	Paweł Fotowicz GUM-M2
2.	19 lutego	Wytwarzanie nanokrystalicznych materiałów objętościowych i badanie ich właściwości	Dr Lech Olejnik Zakład Obróbki Plastycznej Instytut Technologii Materiałowych, Wydział Inżynierii Produkcji PW Dr Andrzej Rosochowski Design Manufacture & Engineering Management, University of Strathclyde
3.	18 marca	Państwowy wzorzec jednostki długości jako przykład praktycznej realizacji metra	Jerzy Walczuk GUM-M1
4.	15 kwietnia	Materiały odniesienia w metrologii chemicznej	Jacek Lipiński GUM-M5
5.	20 maja	Analiza metod stosowanych przez krajowe i międzynarodowe instytucje metrologiczne do wytwarzania roztworów wzorcowych do AAS	Dr Agnieszka Zoń GUM-M5
6.	17 czerwca	Międzynarodowy Słownik Metrologii Nowe rozstrzygnięcia terminologiczne Wspólnego Komitetu ds. Przewodników w Metrologii (JCGM)	Dr Jerzy Borzymiński GUM-GP
7.	15 października	Państwowe wzorce jednostek napięcia elektrycznego i rezystancji	Edyta Dudek GUM-M4
8.	18 listopada	Wzorcowanie przyrządów do pomiaru wilgotności i temperatury powietrza oraz wykorzystanie i interpretacja wyników wzorcowania dla celów monitorowania warunków środowiskowych	Krzysztof Flakiewicz, Rafał Jarosz, Mariola Krawczyk, Iwona Wiśniewska, Martyna Zagożdżon GUM- M5
9.	16 grudnia	Państwowy wzorzec jednostek czasu i częstotliwości – jak zapewnić jego funkcjonalność i operatywność	Dr Albin Czubla GUM-M4

Seminaria odbywają się w sali nr 105 Głównego Urzędu Miar w godzinach 11^{00}-13^{00}.

Serdecznie zapraszamy.

Wydawca: **Główny Urząd Miar**

Redakcja: **Stanowisko ds. Koordynacji Współpracy Naukowej**
Dobrosława Sochocka tel. (22) 581 92 93, e-mail: d.sochocka@gum.gov.pl
Paweł Fotowicz tel. (22) 581 94 37, e-mail: uncert@gum.gov.pl

Prezes
JANINA MARIA POPOWSKA
tel. 581 95 45, fax 620 84 11,
e-mail: prjp@gum.gov.pl

Wiceprezes odpowiedzialny za sprawy metrologii naukowej
BARBARA LISOWSKA
tel. 581 95 49, fax 620 84 11, e-mail: vprbl@gum.gov.pl

Wiceprezes odpowiedzialny za sprawy metrologii prawnej
DOROTA HABICH
tel. 581 93 26, fax 624 25 73,
e-mail: vprdh@gum.gov.pl

Dyrektor Generalny Urzędu
ELŻBIETA SOIKA
tel. 581 93 78, fax 624 02 68, e-mail: dgu@gum.gov.pl