

OMÓWIENIE RAPORTU MIĘDZYNARODOWEGO BIURA MIAR ZA ROK 2008

Dyrektor Międzynarodowego Biura Miar (BIPM), prof. Andrew Wallard, przedstawił coroczny raport z działalności BIPM za rok ubiegły oraz zarys planów badawczych na najbliższe lata. Poniżej omówiono najważniejsze zagadnienia przedstawione w powyższym raporcie.

Sprawy organizacyjne

Liczba państw członkowskich BIPM, która nie zmieniała się przez kilka ostatnich lat, wzrosła w grudniu 2008 r. wraz z akcesją Kazachstanu i wynosi obecnie 52. Należy spodziewać się, że liczba państw członkowskich będzie dalej wzrastać, ponieważ negocjacje z kilku innymi państwami przebiegają bardzo sprawnie. W roku 2008 status państw stowarzyszonych Generalnej Konferencji Miar (CGPM) uzyskały Boliwia i Gruzja. Tym samym liczba państw i organizacji stowarzyszonych z CGPM zwiększyła się do 27.

Na 97. posiedzeniu Międzynarodowego Komitetu Miar (CIPM), w październiku 2008 r., rozpoczęło pracę trzech nowych członków Komitetu. Na tym samym posiedzeniu CIPM zaaprobował powstanie nowej regionalnej organizacji metrologicznej AFRIMETS, która reprezentuje cały kontynent afrykański. W wyniku tej decyzji kilka krajów regionu afrykańskiego wyraziło zamiar ubiegania się o członkostwo BIPM lub status członka stowarzyszonego CGPM. Podobne zainteresowanie przejawia również kilka państw regionu Zatoki Perskiej, zaś kontakty w tej sprawie są nawiązywane poprzez Komitet Wspólny ds. Regionalnych Organizacji Metrologicznych i BIPM (JCRB).

Z uwagi na ograniczenia budżetowe i zgodnie z zaleceniem 23. konferencji CGPM, ostatnie posiedzenie CIPM było w znacznej mierze poświęcone określeniu priorytetów naukowych na lata 2009–2012. Zdecydowano, iż priorytetem badawczym BIPM będzie redefinicja kilku podstawowych jednostek układu SI, a w szczególności redefinicja i realizacja jednostki masy przy użyciu wagi Watta.

W czerwcu 2008 r. Parlament Republiki Francuskiej ratyfikował porozumienie między BIPM-em a rządem Francji, dotyczące kwestii formalno-prawnych związanych z usytuowaniem siedziby BIPM na terenie Francji. Strony porozumienia uznają m.in., iż właściwym do rozstrzygania ewentualnych sporów pracowniczych w BIPM jest Międzynarodowy Trybunał Administracyjny Międzynarodowej Organizacji Pracy (ILO); podobnie rozwiązanie przyjęły już wcześniej inne organizacje międzynarodowe.

Finanse

Ambitny program badawczy na najbliższe lata stawia BIPM przed niełatwym problemem sfinansowania zaplanowanych prac. W pierwszej kolejności odpowiednie finansowa-

nie otrzymają priorytetowe programy naukowe. Niektóre sfery bieżącej działalności będą jednak musiały być ograniczone, a część programów zaplanowanych przez CGPM na lata 2009 – 2012 zostanie przesunięta na lata 2013 – 2016. Zaproponowane zmiany będą przedłożone do zaakceptowania na konferencji CGPM w roku 2011. Przykładowo, zamknięta zostanie produkcja komórek jodowych używanych do stabilizacji laserów, które są stosowane m.in. w grawimetrii. BIPM zapewni jednak alternatywne źródło dostaw tych elementów. Zakończone zostaną niektóre projekty w dziedzinie elektryczności, promieniowania jonizującego i metrologii gazów.

Konieczność ograniczenia wydatków nie dotknie kadr BIPM. Odejścia na emeryturę będą uzupełniane nowymi pracownikami. Planowane jest wzmocnienie kadrowe personelu BIPM przez przyjęcia na staże podoktorskie, zatrudnianie pracowników na krótkoterminowych kontraktach oraz czasowe delegowane do pracy w BIPM specjalistów z niektórych krajowych instytucji metrologicznych (NMI). W szczególności, powiększony zostanie zespół pracujący nad wagą Watta, która jest wiodącym zadaniem badawczym realizowanym obecnie przez BIPM.

Kierownictwo BIPM czyni starania, aby zminimalizować wpływ ograniczeń finansowych na takie obszary swej odpowiedzialności jak wymiana informacji, transfer wiedzy technicznej, łączność z instytucjami naukowymi oraz z międzynarodowymi organizacjami rządowymi i międzyrządowymi, pomimo iż ta sfera działalności pochłania znaczną część budżetu BIPM.

Poczynione oszczędności ułatwią sprostanie najpoważniejszym wyzwaniom stojącym obecnie przed BIPM. Pomimo niełatwej sytuacji budżetowej, kierownictwo BIPM widzi możliwość sfinansowania wszystkich priorytetowych programów badawczych. Ten optymistyczny wniosek wynika ze zbilansowania potrzeb BIPM z szacowanymi wpływami. Głównym źródłem finansowania BIPM pozostają składki państw członkowskich i opłaty za wykonywane usługi, ale cenna jest również pomoc dobrowolnie zaoferowana przez niektóre NMI. BIPM rozważa również możliwość dofinansowania niezbędnych projektów infrastrukturalnych i inwestycyjnych ze środków rezerwowych.

Działalność szkoleniowa i przekaz informacji

W lipcu 2008 r. BIPM zorganizował już po raz drugi letnią szkołę metrologii (*Second BIPM Metrology Summer School*), która cieszyła się ogromnym powodzeniem i była bardzo wysoko oceniona przez uczestników. W ciągu dwu tygodni 90. młodych metrologów z 30. krajów wzięło udział w 45. wykładach i warsztatach szkoleniowych. Wykładowcami byli głównie eksperci z krajowych instytucji metrologicznych oraz zaproszeni goście specjalni, w tym trzech laureatów nagrody Nobla.

W październiku 2008 r. Sekcja Czasu, Częstotliwości i Grawimetrii BIPM zorganizowała warsztaty szkoleniowe w zakresie stosowania układu odniesienia związanego z Ziemią. Szczególną uwagę poświęcono problemom wynikającym z niejednostajnego obrotu Ziemi. Pracownicy tej Sekcji prezentują wyniki swych prac badawczych na licznych konferencjach naukowych oraz wygłaszają wykłady na zaproszenia z laboratoriów wielu krajów.

W kwietniu 2008 r. Sekcja Chemii BIPM, we współpracy z innymi organizacjami międzynarodowymi, zorganizowała warsztaty szkoleniowe w zakresie metod pomiaro-

wych i niepewności pomiaru. Uczestnikami warsztatów byli delegaci instytucji rządowych uczestniczący w szkoleniu na temat procedur analitycznych i metod pobierania próbek. W październiku 2008 r. Sekcja Chemii oraz US Pharmacopeia zorganizowała bardzo udane warsztaty szkoleniowe w zakresie pomiarów w dziedzinie szeroko pojętej ochrony zdrowia.

Pod koniec 2007 r. Komitet Wspólny ds. Spójności w Medycynie Laboratoryjnej (JCTLM), we współpracy z NIM i NIST, zorganizował w Pekinie sympozjum na temat spójności pomiarowej, wzorcowania i normalizacji w medycynie laboratoryjnej. Baza danych prowadzona przez JCTLM (www.bipm.org/jctlm/) cieszy się niezmiennie wielkim zainteresowaniem, odnotowując średnio ok. 1300 połączeń miesięcznie.

W związku z Igrzyskami Olimpijskimi w Pekinie, Dzień Metrologii w roku 2008 przebiegał pod hasłem „Nie ma igrzysk bez pomiarów”. Obchody Dnia Metrologii cieszyły się ogromnym zainteresowaniem w świecie, czego dowodzi np. przetłumaczenie przesłania Dyrektora BIPM na 28 języków i rozpowszechnienie 84. wersji językowych plakatów okolicznościowych. Była to doskonała promocja metrologii na całym świecie. Obecnie prowadzone są prace nad przygotowaniem obchodów Dnia Metrologii w roku 2009, które promować będą związek metrologii i handlu, a w tym kontekście zbliżający się jubileusz dziesięciolecia podpisania umowy o wzajemnym uznawaniu wzorców jednostek miar i świadectw pomiarowych, CIPM MRA, który ma kluczowe znaczenie w usuwaniu technicznych barier w handlu międzynarodowym.

Prace Komitetów Wspólnych

Prace Komitetu Wspólnego ds. Przewodników w Metrologii (JCGM)

W roku 2008 sfinalizowano prace nad trzecim wydaniem międzynarodowego słownika terminów metrologicznych VIM (*International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms*), które zostało już zatwierdzone przez BIPM. Wersja elektroniczna tej publikacji została udostępniona na stronie internetowej BIPM jako dokument JCGM 200:2008. Zasadnicze zmiany w nowym wydaniu VIM, w stosunku do wydania poprzedniego, dotyczą niepewności pomiaru. Odchodzenie od pojęcia błędu na korzyść pojęcia niepewności pomiaru wymagało ponownego przemyślenia terminologii związanej z tą problematyką. Praca nad nowym wydaniem Słownika dała również sposobność uwzględnienia wielu terminów ważnych w metrologii chemicznej.

Grupa robocza ds. niepewności pomiaru ukończyła w ubiegłym roku pracę nad pierwszym Suplementem do GUM (*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*), który zaleca stosowanie metody Monte Carlo przy obliczaniu niepewności pomiaru. Suplement ten został już formalnie zaakceptowany przez BIPM i jest udostępniony na stronie internetowej jako dokument JCGM 101:2008.

Ze względu na szybki rozwój metrologii, ukończenie prac nad obu dziełami zamyka jedynie kolejny etap pracy nad tymi publikacjami. Na spotkaniu komitetu JCGM w grudniu 2008 r. podjęto decyzję rozpoczęcia zakrojonych na kilka lat prac nad przeglądem, uaktualnieniem i dostosowaniem do nowych potrzeb ostatnich wersji obu przewodników. JCGM powołał również nową grupę roboczą ds. oprogramowania metrologicznego.

Prace Komitetu Wspólnego ds. Spójności Pomiarowej w Medycynie Laboratoryjnej (JCTLM)

Na posiedzeniu Komitetu Wykonawczego JCTLM w grudniu 2008 r. przedyskutowano wyniki prac grupy roboczej pracującej nad poprawkami do normy ISO 15194, dotyczącej wymagań stawianych materiałom odniesienia w diagnostyce medycznej oraz grupy roboczej analizującej zapisy normy ISO 15193, dotyczącej procedur odniesienia stosowanych w diagnostyce medycznej i badaniach próbek pochodzenia biologicznego. Rozpatrzono również normę ISO 15195 z punktu widzenia potrzeby przyspieszenia procesu akredytacji laboratoriów pomiarowych pracujących na rzecz medycyny laboratoryjnej.

Na warsztatach towarzyszących posiedzeniu Komitetu Wykonawczego omawiano krajowe i międzynarodowe systemy zapewnienia spójności pomiarowej. W dyskusji stwierdzono konieczność poświęcenia większej uwagi spójności pomiarowej w medycynie laboratoryjnej i medycynie klinicznej.

Prace Komitetu Wspólnego BIPM i Regionalnych Organizacji Metrologicznych (JCRB)

Jednym z głównych przedmiotów zainteresowania JCRB jest umowa międzynarodowa CIPM MRA, ze względu na wielką rolę jaką ten układ odgrywa w usuwaniu barier technicznych w handlu międzynarodowym. Miarą znaczenia tego układu jest liczba jego sygnatariuszy, która w ubiegłym roku wzrosła do 74 (45 państw członkowskich Konwencji Metrologicznej, 27 członków stowarzyszonych CGPM oraz 2 organizacje międzynarodowe). Do CIPM MRA przystąpiły również 122 Instytuty Desygnowane.

Warunkiem sprawnego funkcjonowania CIPM MRA jest zachowanie spójności pomiarowej. Dlatego nie tylko instytucje akredytujące, ale i inne zainteresowane strony zwracają uwagę na stopień równoważności między realizacjami jednostek układu SI w poszczególnych laboratoriach badawczych. BIPM promuje przede wszystkim spójność pomiarową z pierwotnymi realizacjami jednostek układu SI. Ze spójnością pomiarową ściśle związane są porównania kluczowe, których wyniki znajdują się w Bazie Danych Porównań Kluczowych (KCDB). Biuletyn KCDB, wydawany przez BIPM, ma znaczenie zarówno informacyjne jak i promocyjne, przyczyniając się do wzrostu wzajemnego zaufania między wszystkimi zainteresowanymi stronami, co pomaga eliminować powtarzanie badań i redukuje ich koszt. W bazie danych zawierającej zdolności wzorcowania i zdolności pomiarowe (CMC) znajduje się już ponad 20 tys. wpisów. Wspomnijmy, że wraz z porozumieniem między CIPM i ILAC (*Międzynarodowa Współpraca ds. Akredytacji Laboratoriów*) w sprawie wspólnej definicji CMC, pojęcie to zastąpiło pojęcie Najlepszej Zdolności Pomiarowej (*BMC – Best Measurement Capability*), które było stosowane przez instytucje akredytujące przez wiele lat.

W ubiegłym roku CIPM przyjął dwa ważne dokumenty. Jeden z nich dotyczy kwestii stosowania CIPM MRA, zaś drugi odnosi się do procedur CMC w kontekście CIPM MRA. Oba te dokumenty są udostępnione na stronie internetowej BIPM (www.bipm.org/en/cipm-mra/documents/).

Współpraca BIPM z innymi organizacjami międzynarodowymi

Mając przeświadczenie o skuteczności wspólnego działania, BIPM nawiązuje współpracę merytoryczną i organizacyjną z innymi wyspecjalizowanymi organizacjami między-

narodowymi. W kwestii spójności pomiarowej w dziedzinie nowych materiałów i technologii BIPM współpracuje z VAMAS (*Versailles Project on Advanced Materials and Standards*). Niezwykle ważny dla rozwoju handlu problem wzmocnienia struktury metrologicznej w krajach rozwijających się jest rozwiązywany wspólnie z UNIDO (*United Nations Industrial Development Organization*) z wykorzystaniem środków finansowych udostępnianych przez tę organizację.

Metrologiczne aspekty pomiarów meteorologicznych i monitorowanie zmian klimatycznych stanowi przedmiot współpracy BIPM z WMO (*World Meteorological Organization*). Pomimo, iż WMO nie dysponuje własnymi laboratoriami, organizacja ta wyraża wolę przystąpienia do CIPM MRA. Obecnie wypracowywana jest formuła prawna, która ma to umożliwić. BIPM i WMO planują zorganizowanie w roku 2010 konferencji, której tematem będzie metrologia i zmiana klimatu.

Układ jednostek miar SI

BIPM prowadzi intensywne prace nad redefinicją kilku jednostek układu SI. Kwestia redefinicji dotyczy przede wszystkim jednostki masy, kilograma. W opinii Komitetu Doradczego ds. Jednostek (CCU), ewentualna redefinicja jednostki masy, wiążąca kilogram ze stałą Plancka h i realizacja tej jednostki za pomocą wagi Watta jest bardziej perspektywiczna niż redefinicja jednostki masy w oparciu o stałą Avogadro N_A i realizacja tej jednostki przy użyciu kuli krzemowej. Jednakże dotychczasowe wyniki prac badawczych nie dają jeszcze podstawy do ostatecznego przesądzenia, która z powyższych możliwości jest lepsza. Nowe wyniki, które są spodziewane w ciągu ok. jednego roku, zostaną ocenione przez CIPM z punktu widzenia możliwości redefinicji jednostki masy w przewidywalnym czasie i przedłożenia odpowiedniej rekomendacji dla CGPM.

Komitet Doradczy ds. Elektryczności i Magnetyzmu (CCEM) oraz Komitet Doradczy ds. Jednostek (CCU) przyjęły wspólne stanowisko, iż nowa definicja ampera powinna być oparta na ustalonej wartości elementarnego ładunku elektrycznego e .

Komitet Doradczy ds. Termometrii (CCT) pracuje nad redefinicją kelwina opartą na wartości stałej Boltzmann k_B , której wartość planuje się wyznaczyć w ciągu najbliższych kilku lat ze znacznie większą dokładnością niż to jest obecnie możliwe.

Prace sekcji naukowych BIPM

Sekcja Masy

Naczelnym wyzwaniem stojącym obecnie przed BIPM jest nowa definicja jednostki masy i realizacja kilograma za pomocą wagi Watta. Sekcja Masy koordynuje całość prac konstrukcyjnych, a trzy osoby (z pięciu zatrudnionych w tej sekcji) poświęca znaczną większość swego czasu temu właśnie zagadnieniu. W pracach nad wagą Watta, Sekcja Masy ściśle współpracuje z Sekcją Elektryczności.

Projekt znany pod nazwą International Avogadro Coordination (IAC) ma na celu wykonanie wzorca jednostki masy w postaci kuli krzemowej. Sekcja Masy bierze udział w tym projekcie, ściśle współpracując z Komitetem Koordynacyjnym ds. Masy (CCM) oraz kilkunastoma NMI. Zarówno konstrukcja wagi Watta, jak i projekt kuli krzemowej są objęte programem iMERA-Plus EURAMET-u, co ułatwia sfinansowanie obu projektów.

Niepewność związana z przeniesieniem jednostki masy na wzorce niższego rzędu zależy od jakości użytego sprzętu. Dlatego Sekcja Masy prowadzi jednocześnie prace nad udoskonalonym komparatorem mas mogącym działać w atmosferze gazu szlachetnego, co wymaga np. zainstalowania manipulatorów rękawicowych.

Sekcja Masy kontynuuje wzorcowania prototypów kilograma i innych wzorców masy. Jednakże zauważono pewne niespodziewane zmiany w stosowanych wzorcach roboczych, w związku z czym czasowo zawieszono wydawanie świadectw wzorcowania (świadectw pomiarowych).

Na prośbę NPL, BIPM jest w trakcie badania nowej metody czyszczenia prototypów kilograma, z zastosowaniem promieniowania UV i ozonu. Aparat skonstruowany w NPL jest obecnie testowany w BIPM, a wyniki są analizowane przez dwie grupy zadaniowe ds. wzorców jednostki masy.

Spośród innych zadań wykonanych w ostatnim roku należy wymienić zainstalowanie automatu do zmiany mas w wadze pracującej w zakresie od 5 g do 100 g. Sekcja Masy BIPM opublikowała w ubiegłym roku pracę podającą sposób obliczania gęstości wilgotnego powietrza oraz sporządziła raport z porównania uzupełniającego dotyczącego wzorcowania ciśnienia w LNE.

Sekcja Czasu, Częstotliwości i Grawimetrii

Sekcja Czasu systematycznie oblicza czas TAI (*Time Atomic International*) oraz UTC (*Universal Time Coordinated*), a wyniki są publikowane co miesiąc w Okólniku T (*Circular T*); dane te są wykorzystywane w porównaniach kluczowych. Stabilność czasu TAI (odchylenie Allana), wynikająca z uśrednienia miesięcznego, jest nie gorsza niż $0,4 \cdot 10^{-15}$ dzięki wykorzystaniu 12. pierwotnych wzorców częstotliwości, z których aż 8 to fontanny cezowe. Roczna względna poprawka do TAI wyniosła $-3,6 \cdot 10^{-15}$. W ciągu ostatniego półtora roku, czas TAI wykazuje stabilność rzędu 10^{-15} .

Od października 2007 r. trwa badanie nowych możliwości wykorzystania odbiorników GPS (*Global Positioning System*) do porównywania zegarów atomowych. W kwietniu 2008 r. rozpoczął się eksperyment pilotażowy z udziałem 25. laboratoriów. Porównania wyników uzyskiwanych z zastosowaniem różnych rozwiązań technicznych są na bieżąco publikowane w Internecie.

Rosyjskim odpowiednikiem systemu GPS jest GLONASS. Chociaż BIPM zakończył już wzorcowanie elementów systemu GLONASS we współpracy z VNIIM (NMI Rosji), to problematyka ta będzie jeszcze kontynuowana. Sekcja Czasu, Częstotliwości i Grawimetrii współpracuje z VNIIM również w sprawie konstrukcji nowego grawimetru. Grawimetria, podobnie jak inne oddziaływania środowiskowe, jest istotna również w kontekście prac nad wagą Watta.

Sekcja Czasu współuczestniczy w pracach nad kondensatorem obliczeniowym (CC – *Calculable Capacitor*), gdzie interferometryczny pomiar długości odgrywa zasadniczą rolę. Współpracuje również z CCL (*Komitet Doradczy ds. Długości*) i CCTF (*Komitet Doradczy ds. Czasu i Częstotliwości*) w porównaniu kluczowym laserów stabilizowanych. W Sekcji wykonywane są także wzorcowania laserów oraz pomiary dla użytkowników wewnętrznych (z BIPM) i partnerów zewnętrznych.

Sekcja Elektryczności

Sekcja Elektryczności uczestniczy w kilku porównaniach kluczowych i międzynarodowych, które dotyczą zarówno pierwotnych, jak i wtórnych wzorców jednostki napięcia, oporu elektrycznego i pojemności elektrycznej (niektóre z porównań zostały już zakończone). Uczestnictwo w porównaniach z udziałem m.in. NIST, PTB i LNE pozwoli na weryfikację niepewności pomiarowych po dokonanych ostatnio zmianach kadrowych i modyfikacjach układów pomiarowych. Dotychczas otrzymane wyniki wykazują doskonałą zgodność przy bardzo małej niepewności pomiaru.

W dziedzinie pomiarów impedancji, znacznie zmniejszono niepewność związaną z przekazywaniem jednostki dzięki zmodyfikowaniu komparatora mostkowego. Sukcesem zakończyło się wdrożenie metody skorelowanych szeregów czasowych do opracowania wyników pomiarów. Zastosowanie tego rodzaju analizy statystycznej znacznie zmniejszyło niepewności związane z pomiarami mostkowymi w obecności korelacji czasowych.

Sekcja Elektryczności wykonuje liczne wzorcowania w zakresie napięcia, oporu i pojemności elektrycznej, szczególnie dla NMI tych krajów członkowskich, które nie posiadają jeszcze swych własnych wzorców pierwotnych danej jednostki miary.

Prace nad kondensatorem obliczeniowym (CC) prowadzone są we współpracy z NMI Australii. Obecnie testowany jest układ interferometryczny do pomiaru odległości między elektrodami tego kondensatora. Kondensator obliczeniowy będzie stanowić pierwotny wzorzec pojemności elektrycznej. Ponadto umożliwi on precyzyjne powiązanie jednostki pojemności i jednostki oporu elektrycznego. Kondensator obliczeniowy będzie również zastosowany do pomiaru stałej von Klitzinga $R_k = h/e^2$ z niepewnością względną rzędu 10^{-8} . Pomiar stałej von Klitzinga i stałej Josephsona $K_J = 2e/h$ z jak największą dokładnością jest bardzo istotny ze względu na powiązanie nowej definicji jednostki masy ze stałą Plancka poprzez iloczyn $R_k K_J^2 = 4/h$.

Powiększył się zespół osób pracujących nad elementami wagi Watta. Prace Sekcji Elektryczności, przebiegające w ścisłej kooperacji z Sekcją Masy, koncentrują się na konstrukcji magnesów, cewki indukcyjnej i wysoce stabilnego źródła prądu dla tego urządzenia. Wkrótce instalowana będzie izolacja całego urządzenia od drgań mechanicznych. W dalszej perspektywie planowana jest próba generalna działania wagi Watta w temperaturze pokojowej, a następnie w warunkach kriogenicznych.

Sekcja Promieniowania Jonizującego

Sekcja Promieniowania Jonizującego prowadzi prace nad wzorcowym źródłem promieniowania gamma (^{60}Co). Przyjęto nowe wartości kermy w powietrzu dla promieniowania emitowanego przez ^{60}Co . Badane są własności wnęk grafitowych, a w szczególności analizowane są zjawiska przepuszczalności, fluorescencji i rozpraszania promieniowania w szczeliny wnęki.

Ukończono konstrukcję kalorymetru do pomiaru dawki promieniowania absorbowanego w wodzie. Grupa Robocza ds. Dozymetrii Akceleratorowej zaproponowała najpierw przetestowanie tego urządzenia w LNE-LNHB (Francja), a następnie przeprowadzenie serii dwustronnych porównań z tymi NMI, które dysponują akceleratorami.

Sekcja Promieniowania Jonizującego współpracuje z Międzynarodową Agencją Energii Atomowej w dziedzinie dozymetrii termoluminescencyjnej. W dziedzinie dozymetrii

mammograficznej badana jest stabilność wzorca pierwotnego w zakresie podwyższonych energii. W roku 2008, w dziedzinie dozymetrii przeprowadzono ogółem 6 porównań. BIPM pilotuje obecnie 2 porównania kluczowe w dziedzinie promieniowania jonizującego.

W ostatnich latach stwierdzono zmniejszanie się liczby NMI biorących udział w porównaniach dotyczących aktywności radionuklidów. Ze sprzętową pomocą NPL, Sekcja prowadzi program International Reference System (SIR), testując aktywność radionuklidów, m.in. $^{99}\text{Tc}^m$ i ^{85}Kr . Prowadzone są prace nad rozszerzeniem programu SIR na emitery promieniowania beta.

Sekcja Chemii

W związku z coraz szerszym zakresem badań w dziedzinie metrologii chemicznej, Sekcja Chemii staje przed coraz to nowymi wyzwaniami. Jednym z wiodących tematów jest metrologia gazów atmosferycznych. Szczególnym zainteresowaniem cieszą się badania tych gazów, których zawartość w powietrzu jest przypisywana działalności człowieka i wiąże się ze zmianami klimatycznymi (efekt cieplarniany). Monitorowanie zawartości dwutlenku węgla, tlenków azotu i ozonu, zarówno w wymiarze globalnym, jak i lokalnym (obszary miejskie i przemysłowe) oraz w skali jednostkowej (analiza spalin) jest niezbędne do prowadzenia skutecznej ochrony środowiska naturalnego.

Metrologia gazów wymaga powszechnej dostępności gazowych materiałów odniesienia pełniących rolę wzorców pierwotnych (primary gas standards). W Sekcji Chemii przygotowano i opublikowano wyniki prac nad wzorcowymi materiałami odniesienia dla tlenku azotu (NO) oraz zakończono kolejny etap prac nad walidacją metody pomiaru stężenia dwutlenku azotu (NO_2) w systemie ciągłym.

Od 2007 r. trwa porównanie kluczowe dotyczące pomiarów stężenia ozonu, w którym osiem laboratoriów uczestniczy bezpośrednio, zaś dwa laboratoria uczestniczą w porównaniach za pośrednictwem swych regionalnych organizacji metrologicznych (RMO). Dwa państwowe wzorce odniesienia stosowane w tych porównaniach zostały skorygowane ze względu na błędy systematyczne. Kontynuowany jest program, którego celem jest budowa laserowego fotometru do pomiaru stężenia ozonu. Obecne konstrukcje dają wyniki pomiaru różniące się o mniej niż 5 % w stosunku do wyników otrzymanych za pomocą fotometru wykorzystującego lampę rtęciową.

Innym, szybko rozwijającym się działem metrologii chemicznej jest metrologia substancji organicznych, która koncentruje się na oznaczaniu czystości związków organicznych oraz badaniu zawartości określonych substancji w preparatach pochodzenia naturalnego. Sekcja Chemii, we współpracy z Komitetem Doradczym ds. Liczności Materii (CCQM), koordynuje porównania w dziedzinie oznaczania czystości próbek związków organicznych w celu uzyskania materiałów odniesienia do wzorcowania przyrządów pomiarowych. Największym współczesnym wyzwaniem stojącym przed metrologią chemiczną jest dziedzina analityki medycznej oraz zespół zagadnień pokrewnych, obejmujących oznaczanie wybranych, biologicznie czynnych substancji w preparatach pochodzenia naturalnego. Do tej samej grupy zagadnień należą pomiary w przemyśle farmaceutycznym i spożywczym. Sekcja Chemii BIPM prowadzi porównania metod oznaczania zawartości wybranych substancji w produktach żywnościowych, procedur oznaczania analitów klinicznych oraz metod analitycznych stosowanych w ekspertyzach sądowych. Zakończono walidację metod analitycznych stosowanych w badaniach glikozydów nasercowych.

Porównanie kluczowe dotyczące oznaczania hormonów steroidowych (sterydów) koordynuje CCQM. Preparat zawierający 17β -estradiol, przygotowany przez Wydział Organicznej Chemii Analitycznej NMIJ (Japonia), jest obecnie badany w BIPM. Grupa Robocza ds. Analiz Organicznych (OAWG) komitetu CCQM rekomenduje, aby udział w tym porównaniu kluczowym był obowiązkowy dla wszystkich NMI, które deklarują zdolności pomiarowe (CMC) w dziedzinie chemii organicznej. W 2008 r. Sekcja Chemii przeprowadziła 6 porównań międzynarodowych.

Wszystkie sekcje BIPM kontynuują misję wykonywania najwyższej jakości wzorcowań i pomiarów na rzecz krajowych instytucji metrologicznych państw członkowskich. Na początku roku 2009, na stronach internetowych BIPM można będzie znaleźć wartości niepewności dla wszystkich wykonywanych przez BIPM pomiarów i wzorcowań.

Zarys planów badawczych BIPM na lata 2009 – 2012

Głównym priorytetem badawczym BIPM, a w szczególności Sekcji Masy, jest konstrukcja wagi Watta i przygotowania do redefinicji jednostki masy, kilograma, co może nastąpić już w roku 2011. Najbliższym partnerem BIPM w tym projekcie jest NPL, ale utrzymywane są kontakty badawcze z innymi NMI, które pracują nad konstrukcją swoich własnych prototypów wagi Watta, np. z NIST-em. W najbliższym czasie instalowana będzie izolacja od drgań mechanicznych całego układu pomiarowego. Prace konstrukcyjne w BIPM koncentrują się na budowie i montażu podzespołów, które będą częścią składową międzynarodowego prototypu wagi Watta, np. elektromagnesu i cewki indukcyjnej. Jednym z najważniejszych podzespołów wagi Watta będzie wzorzec jednostki napięcia wykorzystujący nowy typ złącza Josephsona.

Wprowadzenie do użytku nowego typu złącza Josephsona spowodowało konieczność modyfikacji programu badań Sekcji Elektryczności. Planowane są różnego rodzaju porównania (kluczowe, międzynarodowe, międzylaboratoryjne) układów pomiarowych wykorzystujących nowy typ złącza; niektóre z tych porównań są już wykonywane. Przeprowadzenie porównań planuje się również dla układów pomiarowych wykorzystujących kwantowy efekt Halla.

Sekcja Elektryczności będzie kontynuować intensywne prace nad kondensatorem obliczeniowym, który ma w przyszłości służyć jako międzynarodowy wzorzec odniesienia jednostki pojemności elektrycznej. Kondensator obliczeniowy będzie również wykorzystany do jeszcze dokładniejszego pomiaru stałej von Klitzinga, która wraz ze stałą Josephsona zwiąże nową definicję jednostki masy ze stałą Plancka.

Sekcja Czasu, Częstotliwości i Grawimetrii BIPM planuje poczynić wewnętrzne oszczędności, aby sfinansować nowy program wzorcowania odbiorników GPS w celu zmniejszenia niepewności w krajowych skalach czasu. Kontynuowany będzie program atomowych zegarów optycznych. Międzynarodowe porównanie grawimetrów zaplanowane jest na rok 2009.

Prace Sekcji Promieniowania Jonizującego BIPM będą koncentrować się na modernizacji już istniejących urządzeń. Kontynuowany będzie program badań w dziedzinie dozimetrii akceleratorowej, zaś do pomiarów planuje się wykorzystanie akceleratorów liniowych w krajach członkowskich. Przygotowane będą propozycje rezolucji w dziedzinie dozimetrii akceleratorowej, które zostaną przedłożone do rozpatrzenia na następnej konferencji CGPM.

W związku z coraz ważniejszą rolą, jaką metrologia chemiczna odgrywa w medycynie, przemyśle farmaceutycznym i branży spożywczej, aktywność Sekcji Chemii w najbliższych latach będzie równie wysoka jak dotychczas. Spodziewany jest szybki postęp zarówno pod względem liczby nowych procedur pomiarowych, jak i osiągniętych niepewności pomiaru.

Doniosłym aspektem działalności BIPM jest i pozostanie krzewienie wiedzy metrologicznej oraz tworzenie płaszczyzn wymiany informacji w tej dziedzinie. Na następne cztery lata planuje się zorganizowanie serii warsztatów szkoleniowych podejmujących nowe zagadnienia metrologiczne wynikające z rozwoju technologicznego, takie jak np. pomiary w dziedzinie nanotechnologii lub metrologia parametrów biochemicznych i fizjologicznych organizmu człowieka.

Nowożytna metrologia wyrosła z praktycznych potrzeb handlu i przemysłu na przełomie XVIII i XIX wieku. Chociaż współczesna metrologia posiada status samodzielnej dyscypliny naukowej, to jej związki z gospodarką pozostają nadal równie silne. Cała światowa struktura metrologiczna jest pomyślana tak, aby jak najlepiej służyć rozwojowi produkcji i międzynarodowego handlu.

Z technicznego punktu widzenia, podstawą zaufania do pomiarów wykonywanych w odległych częściach świata jest wykazanie się laboratoriów badawczych akredytacją i spójnością pomiarową w zakresie wielkości mierzonych. Na 97. posiedzeniu CIPM przyjęto wytyczne w sprawie warunków stwierdzania spójności pomiarowej z jednostkami układu SI tych NMI, które deklarują CMC. Natomiast podstawą formalno-prawną uznawania równoważności wyników pomiarów wykonywanych przez laboratoria na całym świecie jest międzynarodowy dokument CIPM MRA, którego znaczenie w usuwaniu technicznych i administracyjnych barier w handlu trudno jest przecenić. Dla uczczenia dziesiątej rocznicy podpisania CIPM MRA, Międzynarodowy Komitet Miar planuje zorganizowanie dużej konferencji w październiku 2009 roku. Konferencji tej towarzyszyć będą kursy szkoleniowe w zakresie stosowania CIPM MRA.

Powyższe opracowanie powstało na podstawie raportu prof. Andrew Wallarda, Dyrektora Międzynarodowego Biura Miar, zatytułowanego *News from the BIPM – 2008*, opublikowanego w czasopiśmie *Metrologia* **46** (2009) 137 – 143.

dr Wojciech Chyla
Główny Urząd Miar