

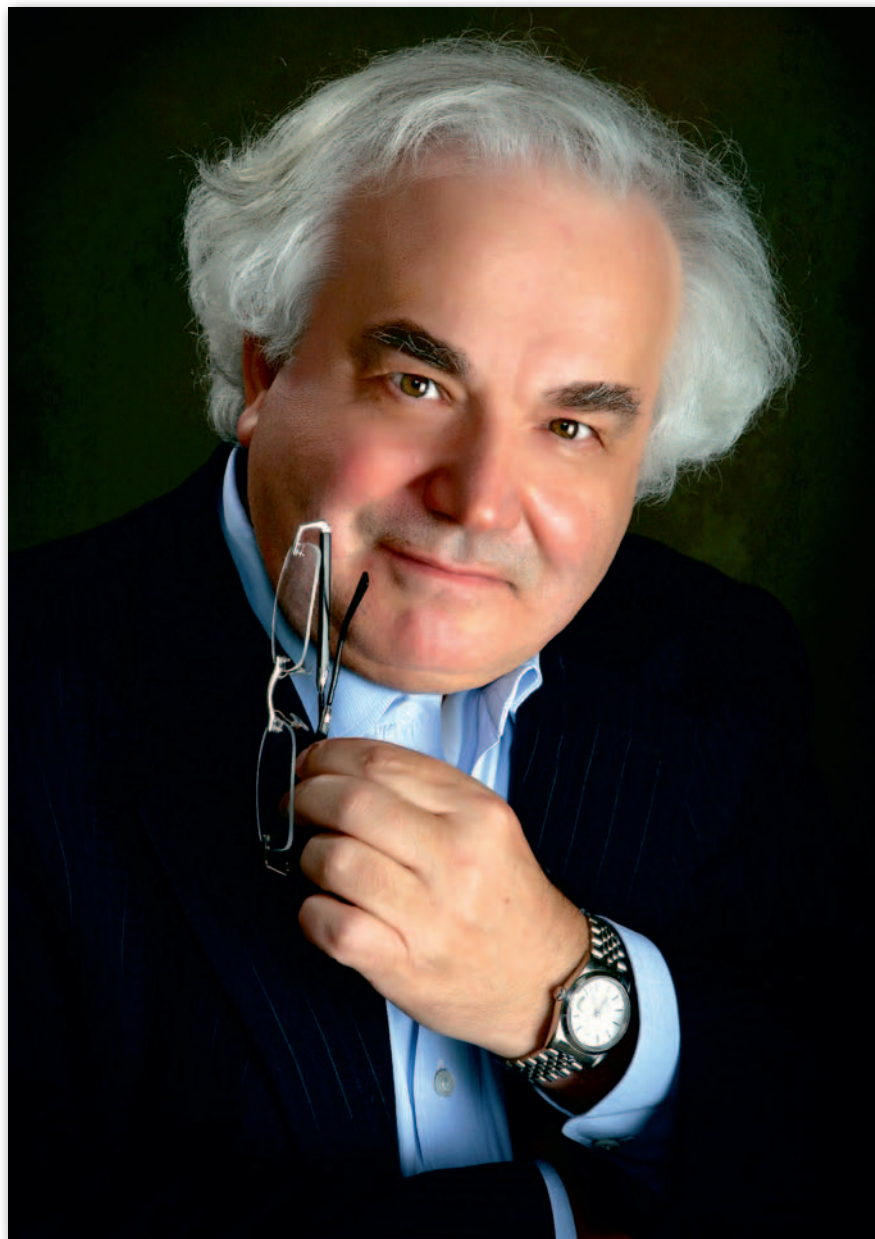
NASZ CZŁOW

Rozmowa
z **WŁODZIMIERZEM LEWANDOWSKIM**,
naczelnym fizykiem
w Międzynarodowym
Biurze Wag i Miar
w Sèvres pod
Paryżem, absolwentem
Wydziału Geodezji
i Kartografii Politechniki
Warszawskiej, który
na emigracji osiągnął
zawodowy sukces,
a do Polski przyjeżdża
nie na wakacje,
lecz by pomagać.

JERZY PRZYWARA: Na wizytówce
widnieje tytuł „fizyk”, ale jest pan ab-
solwentem Wydziału Geodezji i Karto-
grafii Politechniki Warszawskiej z ro-
ku 1975.

WŁODZIMIERZ LEWANDOWSKI:
Zacznijmy od tego, że z miłości do na-
tury chciałem być leśnikiem, następnie
budować statki, ale te szkoły były dale-
ko od Łodzi i w końcu dość przypadko-
wo trafiłem do technikum geodezyjnego
w rodzinnym mieście. To uwarunkowało
mój wyjazd do Warszawy na studia geo-
dezyjne na Politechnice Warszawskiej.
I choć kierunek ten nie okazał się mo-
im powołaniem, bo geodezja praktyczna
niezbyt mnie interesowała, były to bar-
dzo dobre studia. Życie tej uczelni mnie
fascynowało i ono mnie ukształtowało,
zarówno naukowo, jak i społecznie.

Sam przebieg nauki był dość nietypo-
wy. Jako pierwszy na wydziale przeszed-



FOT. TIMEONFILM

łem na tryb indywidualny. Na czwartym
roku zrezygnowałem z przedmiotów
związanych z katastrami i pomiarami
specjalnymi, w to miejsce wybrałem fi-
zykę i astronomię na Uniwersytecie War-
szawskim oraz matematykę na studium
doktoranckim.

Studia przedłużyły mi się o prawie rok
z powodu organizacji 6-miesięcznej stu-
denckiej wyprawy naukowej do Nepalu
i Indii, która miała miejsce w 1974 roku.

Głównym punktem programu był foto-
grametryczny pomiar posągów Buddy
w dolinie Bamjanu w Afganistanie, tych
słynnych figur zniszczonych przez tali-
bów w 2001 roku. Poza tym odwiedza-
liśmy obserwatoria satelitarne znajdujące
się na trasie naszej podróży.

A po dyplomie?

Poszedłem na studia doktoranckie do
Instytutu Geofizyki PAN, a konkretnie
do Zakładu Geodezji Planetarnej, który

IEK W SÈVRES

przekształcono później w Centrum Badań Kosmicznych. Jak głosi anegdota, stało się to za sprawą lotu Mirosława Hermaszewskiego w kosmos. Z Moskwy padło wtedy pytanie, czy mamy w Polsce jakąś agencję kosmiczną, więc towarzysze z KC PZPR zadzwonili w tej sprawie do PAN. Ponieważ nie mieliśmy, trzeba było coś stworzyć. I tak powstało CBK, instytucja, która ma bardzo dobrą, choć myłą nazwę, nie jest bowiem agencją kosmiczną, lecz instytutem naukowym.

Do dzisiaj utrzymuję ściśle kontakty z poznanymi wtedy ludźmi, jestem również członkiem rady naukowej Centrum Badań Kosmicznych, choć doktorantem w Zakładzie Geodezji Planetarnej byłem tylko rok. Następnie dzięki stypendium francuskiego Państwowego Instytutu Geograficznego (IGN) w Saint Mandé pod Paryżem kontynuowałem studia doktoranckie we Francji przy aktywnym wsparciu moich polskich promotorów, szczególnie prof. Janusza Zielińskiego

Oczywiście po francusku?

Języka najpierw uczyłem się na Politechnice, a później miałem „przyspieszony” kurs, bo moja przyszła żona była Francuzką. To zresztą był główny motyw wyjazdu. Inaczej nie podjąłbym takiego kroku.

Czyli skok na głęboką wodę.

Pobyty we Francji otworzył mi oczy na świat. Wyjechałem w listopadzie 1976 roku. Studia doktoranckie w IGN trwały do 1981 roku. Po uzyskaniu doktoratu próbowałem zatrudnić się w Polsce, ale nic z tego nie wyszło, poza tym sprawy osobiste nie pozwoliły mi na powrót.

A w grudniu 1981 r. wprowadzono stan wojenny...

Tak, stan wojenny niezwykle zagałtował moją sytuację. Okres 1982-89 to były dla mnie lata exodusu politycznego. Zaangażowałem się bowiem w ruch „Solidarności” w Paryżu. Byłem jednym z założycieli i dziennikarzy Radia Solidarność przez rok nadającego na region paryski. To był bardzo trudny okres walki politycznej.

Tak po prostu przeniósł się pan z IGN do radia?

To była przygoda związana z dużymi emocjami. Społeczność francuska reagowała w pierwszym okresie z dużym zaangażowaniem i sympatią. Ludzie przychodzili do nas po pracy, każdy pomagał, jak mógł. Podejmowaliśmy różne akcje dla Polski: informowanie i mobilizowanie francuskiej opinii publicznej, promowanie kultury polskiej, ale również koordynowanie pomocy więźniom politycznym, wysyłania podarunków ich rodzinom itp. Program nadawaliśmy codziennie od siódmej rano do późnego wieczora.

Ile osób było w to zaangażowanych?

Stowarzyszenie Radio Solidarność liczyło 50-60 osób, ale program robiło może 20. Audycje miały oddźwięk zarówno w Paryżu, jak i w Polsce. W „Trybunie Ludu” [organ prasowy KC PZPR – red.] oczywiście okropnie nas wtedy opisano.

Jak wyglądało działanie radia od strony technicznej?

Kilka miesięcy wcześniej we Francji uwolniono częstotliwości radiowe UKF. W rezultacie uruchomiono wiele wolnych rozgłośni, bo wystarczyło do tego mieć nadajnik, żadne zezwolenie nie było wówczas wymagane. Na wzgórzu Montmartre, tuż przy bazylice Sacré-Coeur, powstało radio Frequence Montmartre, które miało nadawać piosenki francuskie. Ale faktycznie nie działało, zajęło tylko częstotliwość. I my korzystaliśmy z ich częstotliwości, nadajnika i anteny. Lokalu użyczył nam nieodpłatnie właściciel budynku, artysta malarz (na dole miał pracownię, na piętrze było radio).

Czym pan się zajmował w radiu?

Byłem dziennikarzem, organizatorem, inżynierem. Rozgłośnia przyciągała tamtejszych intelektualistów. Poznałem wtedy wielu wybitnych Francuzów, z którymi najczęściej prowadziłem wywiady. Na falach naszej rozgłośni gościli: poeta Claude Roy, słynny pisarz okresu okupacji Vercors, wybitny socjolog Alain Touraine, aktorka Simone Signoret i wielu innych. Rozmawiałem na antenie także z Polakami, którzy do nas przyjeżdżali, chociażby ze Stefanem Kisielewskim czy Danielem Olbrychskim.

Z tym pierwszym wiele godzin przedyskutowałem. Gdy wspominałem o moich rozterkach działalności politycznej i odcięciu od kraju, Kisielewski z przekorą pytał: a po co to panu? A potem dodał: mój syn też podskakuje, aż go zamkną.

Kiedyś zrobił mi kawę. Odwiedziłem go u księży pallotyńców, gdzie się zatrzymał w Paryżu, i wychodząc z pokoju zapomniałem okrycia. Gdy byłem już w innym pokoju u jednego z księży, nagle ktoś puka i wchodzi... mój kożuszek, a pod nim ukryty oczywiście Stefan Kisielewski.

Radio nie działało jednak zbyt długo.

Od 13 grudnia 1981 r. bardzo intensywnie funkcjonowało przez około rok, potem jego działalność zaczęła drastycznie topnieć. W stowarzyszeniu połowę stanowili Francuzi, jedną trzecią Polacy, resztę inne narodowości. Byli tam ludzie od skrajnej lewicy po prawicę. Kiedy opadły emocje, zaczęły się uwidaczniać duże podziały polityczne. Ponadto nikt nie miał stałych dochodów, żyliśmy z dnia na dzień. Radio nic nie płaciło. Ja wykonywałem drobne prace na boku, miałem jakieś oszczędności. Taka sytuacja nie mogła jednak trwać wiecznie. Szczególnie naciskały kobiety, które chciały stabilizacji. W pewnym momencie wycofałem się, bo dalsze pozostawanie w radiu nie miało już większego sensu.

Ale droga powrotu do kraju była dla pana zamknięta.

Zgadza się, dlatego szukałem zajęcia na miejscu. Pomogli mi moi promotorzy z IGN André Fontaine i Claude Boucher, dzięki którym dostałem staż postdoktorancki w Obserwatorium Paryskim w Międzynarodowym Biurze Czasu.

A jak pan trafił do Sèvres?

Z mojej strony nie był to jakiś świadomy wybór, zdecydował los. W marcu 1985 r. Międzynarodowe Biuro Czasu zostało przeniesione do Międzynarodowego Biura Wag i Miar (Bureau International des Poids et Mesures, BIPM) w Sèvres pod Paryżem. Było to planowane od dawna, bo w Sèvres do kompletu brakowało tylko jednostki czasu, która z powodów historycznych od 1911 r. znajdowała się właśnie w obser-

watorium. Mój szef Bernard Guinot, który przechodził do Sèvres i kompletował zespół, zaproponował mi przeniesienie się tam wraz nim. Dla mnie było to wybawienie z kłopotu i pozwoliło zająć solidną pozycję.

Po co geodeta w Międzynarodowym Biurze Wag i Miar?

Pracę zaproponowano mi właśnie dlatego, że jestem geodetą, bo w służbie czasu, którym biuro się także zajmuje, geodezja satelitarna jest jedną z kluczowych technik. Piastuję jednak stanowisko naczelnego fizyka, a od strony formalnej jestem urzędnikiem międzynarodowym. W historii BIPM jestem jedynym, jak do tej pory, obywatelem polskim zatrudnionym na stałym etacie.

BIPM to dość specyficzna organizacja.

Biuro w Sèvres jest organizacją międzynarodową (międzynarodową), eksterytorialną, o statusie podobnym do ONZ, złożoną z personelu pochodzącego z państw członkowskich. Zostałem więc urzędnikiem międzynarodowym, ze wszelkimi przywilejami, jak chociażby zakwalifikowanie do kategorii nie-rezydenta o statusie dyplomatycznym. Rozwiązało to moją sytuację jako obywatela polskiego przebywającego stale we Francji. Z pracą w Sèvres wiązały się i inne przywileje, jak samochód na numerach dyplomatycznych, zwolnienie z płacenia podatków, a nawet... mandatów. (*śmiech*)

BIPM jest więc po części urzędem i instytucją badawczą?

Tak. Zadaniem BIPM jest świadczenie usług naukowych państwu członkowskim, by zaś te usługi były na najwyższym poziomie, muszą być prowadzone badania.

Jak Biuro jest zorganizowane?

Pracuje w nim tylko około 70 osób, ale wraz z zewnętrznymi instytucjami stanowi całą machinę organizacyjną. Poza laboratoriami istnieje piramida komitetów, rada nadzorcza i sieć współpracujących z nami krajowych instytucji metrologicznych (National Metrology Institutes, NMIs), których odpowiednikiem w Polsce jest Główny Urząd Miar.

Aktem założycielskim, swego rodzaju konstytucją, do której często odnosimy się w dokumentach, jest Konwencja Metryczna z 1875 roku podpisana przez 17 krajów. Nasza władza legislacyjna to Konferencja Generalna Wag i Miar (CGPM, Conférence Générale des Poids et Mesures). Jest to zgromadzenie przedstawicieli rządów państw członkowskich, które zbiera się raz na cztery lata w Paryżu i ustala budżet oraz ogólne zarysy programu. W konferencji bierze udział 55 krajów członkowskich plus ok. 30 krajów stowarzyszonych (bez prawa głosowania).

Niżej jest CIPM (Comité International des Poids et Mesures), czyli rodzaj rady nadzorczej. To 18-osobowe ciało

zbiera się zawsze jesienią. Posiedzenie trwa tydzień, składane są wtedy raporty przygotowane przez BIPM, odbywają się przesłuchania. Członkami CIPM są wybitni metrologowie, zdarzają się nawet nobliści. W przeszłości należał do tego grona Dmitrij Mendelejew. Ciekawostką jest to, że na początku XX wieku pracowała w BIPM na kontrakcie Maria Skłodowska-Curie.

W jaki sposób odbywa się rozpoznawanie systemu miar?

W strukturze organizacyjnej BIPM niezwykle ważne są Komitety Konsultatywne (CC, Consultative Committee). Każda jednostka miar (czasu, długości, masy itd.) ma swój komitet, który składa się z najwybitniejszych ekspertów światowych. W każdym z 10 komitetów zasiada 20-30 osób. Zbierają się raz na 2-3 lata i wydają rekomendacje. Na jednym posiedzeniu zgłasza się do 10 rekomendacji. Dotyczą one z reguły spraw bardzo specjalistycznych i porządkujących obszar naszego działania, np. otwieranie nowych prac badawczych, zmiany formatu danych, ale również, a raczej przede wszystkim, zmian definicji jednostek podstawowych SI. Rekomendacje nie są poleceniami, ale są wykonywane przez wszystkie kraje członkowskie. Te najważniejsze, przejmowane przez CIPM czy CGPM, są rekomendacjami wyższego rzędu. Tak się zdarza, gdy trzeba zmienić definicję jednostki, co jest bardzo po-

JAK TO BYŁO Z CZASEM

● **3500 p.n.e.** - znany jest gnomon - najprostszy zegar, jego cień wskazuje położenie Słońca.

● **3000 p.n.e.** - Sumerowie dzielą dzień na 12 części.

● **2000 p.n.e.** - Babilończycy dzielą dzień na 24 godziny, a godzinę na 60 minut.

● **2000-1500 p.n.e.** - w Mezopotamii stosowane są zegary wodne.

● **45** - w Cesarstwie Rzymskim wprowadzono kalendarz juliański.

● **XIV wiek** - powstają pierwsze zegary mechaniczne.

● **1582** - bulla papieża Grzegorza XIII wprowadza kalendarz gregoriański (niweluje on opóźnienia w stosunku

do roku zwrotnikowego, które miał kalendarz juliański).

● **1656** - Christian Huygens wykonał model wahadła, którego okres nie zależał od kąta wychylenia.

● **1761** - zegar skonstruowany przez Johna Harrisona (model H4) rozwiązał główny problem nawigacji: pomiar długości geograficznej na morzu.

● **1832** - Carl Gauss zdefiniował sekundę jako 1/86 400 część średniej doby słonecznej. Sądzone wtedy, że ruch obrotowy Ziemi jest stały.

● **1884** - Międzynarodowa Konferencja ds. Południka przyjęła astronomiczny czas słoneczny średni na południ-

ku zerowym (przechodzącym przez obserwatorium w Greenwich) jako czas standardowy i rozpropagowała go jako GMT. Czas liczony był od południa (godz. 12.00).

● **1928** - powstaje pierwszy oscylator kwarcowy.

● **1929** - wprowadzenie czasu uniwersalnego UT, który odnosił się do GMT, lecz liczony był od północy; UT jest skalą czasu opartą na rotacji Ziemi. Z chwilą wynalezienia zegarów kwarcowych i atomowych okazało się, że UT nie jest skalą jednostajną. W jego miejsce wprowadzono UTO - czas uniwersalny prawdziwy, UT1, i UT2 - czas uniwersalny quasi-jednostajny.

● **1949** - w amerykańskim National Bureau of Standard powstaje pierwszy zegar atomowy, maser amoniaku, ale jest on mniej dokładny od zegarów kwarcowych.

● **1954** - zdefiniowanie czasu efemeryd (ET); wyznaczany był na podstawie ruchu orbitalnego Ziemi wokół Słońca, co miało wyeliminować wpływ nierównomierności ruchu obrotowego Ziemi.

● **1955** - Pierwszy dokładny zegar atomowy bazował na danych przejść między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu cezu-133, zbudował go Louis Essen w National Physical Laboratory w Anglii. To dopro-



FOT. BIPM

Pawilon główny Międzynarodowego Biura Wag i Miar

ważną sprawą, bo do tego potrzebna jest zgoda państw członkowskich. Wszystkie rekomendacje idą w dół bezpośrednio do NMI na całym świecie.

Czy właśnie wydawanie tych rekomendacji jest misją BIPM?

Naszą misją jest definiowanie, utrzymanie i rozpowszechnianie systemu SI. BIPM powstało nie dla jakichś górno-łotnych idei naukowych czy tworzenia abstrakcyjnego systemu, ale dla celów praktycznych, konkretnie handlowych. Sensem naszego działania jest to, by w życiu codziennym ludziom było łatwiej funkcjonować. Rekomendacje, o których mówię, ułatwiają handel i wymianę międzynarodową. Współczesne

społeczeństwa mogą się bardzo szybko rozwijać m.in. dzięki spójnemu wspólnemu systemowi miar. I cała nasza organizacja pracuje nad udoskonalaniem tego systemu. On przenika do tkanki gospodarczej, naukowej, handlowej całego świata.

Przypomnijmy, że powstanie GPS wiąże się ściśle z ogromnym postępem w metrologii czasu. Odpowiednie technologie i rekomendacje w dziedzinie czasu powstawały już w latach 50. i 60., gdy zaś do użycia weszły zegary atomowe, powstała atomowa skala czasu. A GPS pozwolił m.in. na rewolucję w geodezji, która przeszła od optyki do metod satelitarnych.

Jak odbywa się finansowanie działalności BIPM?

Budżet wynosi około 14 mln euro i pochodzi ze składek państw członkowskich. Są z tym pewne problemy, bo od kilku lat Stany Zjednoczone nie zgadzają się na podwyższenie składki. Wiąże się to z ogólną polityką tego kraju dotyczącą organizacji międzynarodowych, takich jak UNESCO czy ONZ, a nie z zastrzeżeniami do naszej działalności. Z drugiej strony wypada zauważyć, że USA są pod względem metrologii samowystarczalne.

Kto liczy się najbardziej w BIPM?

Te kraje, które mają potężne instytucje metrologiczne, czyli: USA, Wlk. Brytania, Niemcy, Francja, Rosja, Chiny. Odbija się w tym oczywiście wielka polityka.

Jak na tym tle wygląda Polska?

Polska bierze udział w pracach trzech komitetów konsultacyjnych na dziesięć. W przeszłości Polacy pojawiali się w składzie CIPM. Najdłużej członkiem CIPM był inż. Zdzisław Rauszer (1936-52), ojciec założyciel polskiej metrologii, potem byli prof. Niewodniczański (1967-1968) i prof. Tomasz Plebański (1983-1994). Teraz nie ma nikogo i pewnie długo nie będzie, bo nasza metrologia jest w zapaści instytucjonalnej.

wadziło do przyjętej na całym świecie definicji sekundy opartej na czasie atomowym.

- **1955** - zdefiniowanie UT1 - czasu średniego uniwersalnego, czyli średniego czasu słonecznego chwilowego południka Greenwich odniesionego do chwilowej osi obrotu Ziemi.
- **1956** - nowa definicja sekundy: $1/31\,556\,925,9747$ część roku zwrotnikowego w 1900 r.
- **1958** - początek atomowej skali czasu (1 stycznia, godz. 0.00 wg czasu uniwersalnego UT2).
- **1964** - czas uniwersalny koordynowany UTC stanowi podstawę czasu cywilnego i wypiera GMT.
- **1967** - kolejna zmiana definicji sekundy, jest to czas trwania $9\,192\,631\,770$ okresów promieniowania odpo-

wiadającego przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu cezu 133.

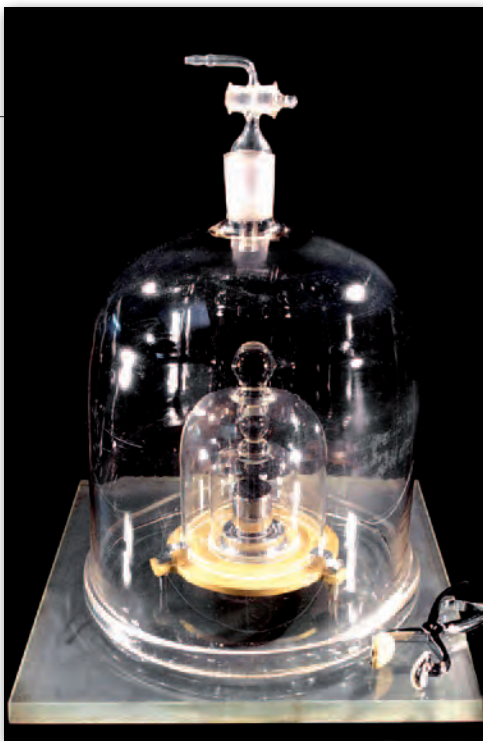
- **1970** - określono skalę czasu atomowego TAI. Nie jest ona związana z ruchem obrotowym Ziemi, natomiast sekundzie SI odpowiada sekunda czasu atomowego uzyskana na obracającej się geoidzie. Czas atomowy został wyskalowany do związanego z epoką 1900.0 czasu astronomicznego efemerydalnego.
- **1978** - do użytku wchodzi system nawigacji satelitarnej GPS. System bazuje na czasie GPS time wyznaczanym przez własne zegary atomowe. Różnica między TAI a GPS time jest stała i wynosi 19 sekund.
- **1972** - początek ciągłego monitorowania TAI przez Mię-

dzynarodowe Biuro Czasu (BIH) w Paryżu.

- **1972** - wprowadzenie sekundy skokowej do UTC.
- **1976** - zdefiniowanie czasów dynamicznych: ziemskiego TDT i barycentrycznego TDB opisującego ruch planet (środek tego układu znajduje się w środku ciężkości Układu Słonecznego). Od 1977 r. TDT zastąpił ET.
- **1983** - Konferencja Generalna Wag i Miar (CGPM) powiązała definicję metra z sekundą, według niej metr jest to odległość równa drodze przebytej przez światło w próżni w czasie $1/299\,792\,458$ sekundy.
- **1985** - BIPM w Sèvres pod Paryżem rozpoczyna liczenie TAI i utrzymanie UTC.
- **1991** - Zgromadzenie Generalne IUG zatwierdza

czas ziemski TT - skalę czasu będącą odniesieniem dla pozornych efemeryd geocentrycznych. Czas TT zastąpił TDT. Zgromadzenie wprowadza także definicję czasu współrzędnych geocentrycznych TCG. Jest to czas w czterowymiarowej czasoprzestrzeni - Niebieskim Geocentrycznym Systemie Odniesienia, który porusza się w przestrzeni wraz z ruchem orbitalnym Ziemi wokół barycentrum Układu Słonecznego.

- **2000** - IUG definiuje na nowo UT1.
- **2000** - Międzynarodowa Unia Telekomunikacji (ITU), agenda ONZ, rozpoczyna prace w Genewie nad redefinicją UTC w celu wyeliminowania sekundy skokowej (prze-
stępniej).■



Wzorce kilograma i metra przechowywane w BIPM



FOT. BIPM

Jak do tego doszło?

Grzech pierworodny popełniono w 1918 roku. Przed I wojną światową w Warszawie istniał V Oddział Carskiej Izby Miar. Gdy Rosjanie się wycofywali, zabrali część sprzętu, pozostał polski personel i nieco wyposażenia. Zdzisław Rauszer pracował wtedy w Petersburgu w rosyjskiej Izbie Miar, gdzie był uczniem ojca założyciela współczesnej metrologii rosyjskiej Dymitrija Mendelejewa. Kiedy tworzyło się państwo polskie, Rauszer przyjechał do kraju i od Rady Warszawy dostał zadanie zorganizowania polskiej metrologii. Jeszcze za istnienia Królestwa Polskiego Rau-

szer stworzył nowoczesny i dalekosiężny projekt polskiej instytucji metrologicznej i nazwał ją Królewskim Instytutem Metrologii. Przedsiębiorcy i liczne inne środowiska popierali projekt Rauszera, ale naukowcy, wpływowi profesorowie Politechniki Warszawskiej, go storpedowali. Mieli w tym swój interes, bo prowadzili laboratoria, w których robiono jakieś kalibracje, i zmiany były im nie na rękę. Czyli zostało tak, jak za caratu. Zamiast więc zbudować nowoczesny instytut na wzór niemiecki czy brytyjski według projektu Rauszera, stworzono tylko jego okrojona namiastkę o nazwie Główny Urząd Miar,

o korzeniach sięgających carskiej biurokracyjnej instytucji. Rauszer to odchorował.

Rauszer był szefem GUM do II wojny oraz tuż po jej zakończeniu.

Ten wybitny fachowiec robił w istniejących uwarunkowaniach, co mógł. Prowadził GUM profesjonalnie. Bardzo szybko został członkiem CIPM. W czasach stalinowskich oczywiście usunięto go ze stanowiska, wkrótce po tym zmarł.

GUM istniał do 1965 roku, stara nazwa powróciła jednak w 1993 roku.

W czasach peerelowskich nazwę zmieniano trzykrotnie, w 1965 roku na Centralny Urząd Jakości i Miar, w 1972 – na Polski Komitet Normalizacji i Miar, a w 1979 – na Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości. Ale wtedy działały chociaż rady naukowe. Jak na ironię, dopiero za trzeciej RP, po powrocie do pierwotnej nazwy, doszło do zapaści: Radzie Naukowej podziękowano, a etaty naukowe zlikwidowano.

Dlaczego tak się stało?

Wynikło to ze słabości państwa polskiego, które nie stworzyło wystarczająco silnego zewnętrznego kolektywnego nadzoru merytorycznego (istnieje taki przy wszystkich NMI), a brak wizji ówczesnych włodarzy polskiej metrologii kierowanych krótkowzrocznym interesem ekonomicznym dopełnił reszty. Taki system jest chory. Jesteśmy na ostatnim miejscu w badaniach metrologicznych w Unii. Nasza składka na europejski program tych badań jest na poziomie małej Estonii. Nie bez powodu 18 lat temu

ZANIM POWSTAŁ UKŁAD SI

Metrologia od najdawniejszych czasów miała ścisły związek z handlem. Już starożytni greccy kupcy korzystali z kopii wzorców jednostek miar stosowanych przez inne śródziemnomorskie kraje. Własne wzorce jednostek długości, masy i objętości miały lokalne targowiska. Gdy władcy opodatkowali handel, wzorcowe miary stały się naprawdę ważne.

Różne miary długości służyły do różnych pomiarów. I tak, w Polsce w średniowieczu łokcie służyły do mierzenia mniejszych przedmiotów, sążeń (1,7 m) – do pomiaru

większych/dłuższych, a miła – do mierzenia odległości między miejscowościami. Statut Krakowski z 1420 roku mówił o ustanowieniu corocznie „miar zboża, sukien i innych rzeczy ziemnych wwożonych na targ”. W 1507 roku próbowano uporządkować miary, Statuty Piotrkowskie mówią np. o unifikacji łokcia krakowskiego z poznańskim, a lwowskiego z lubelskim.

Na Sejmie Koronnym w 1551 roku uchwalono, żeby „w ratuszach korce były sprawiedliwej miary, które darmo mają być da-

wane ludziom ku mierze, które równo, bez każdego wierzchu mierzyć mają, to jest pod strych, a ten, kto sprzedaje, mierzyć ma, a nie ten, co kupuje. A innymi korcami aby mierzone nie było”. W 1656 roku Sejm Piotrkowski uchwalił ustawę *na wagi y na miary*, która funkcjonowała przez bez mała dwieście lat.

Nie wykluczyło to jednak mnogości używanych miar, tylko w latach 1764-1818 można naliczyć aż 13 miar powierzchni stosowanych na obszarze Polski. Podobnie było w całej Europie.

W Niemczech niemal każde miasto miało swoje jednostki, podobno w samej Badenii w 1810 roku doliczono się 112 różnych wzorców łokcia. Rozwój gospodarczy, w tym rozwój przemysłowy, wzrost wymiany handlowej, a także rozwój nauki sprawiły, że stosowanie licznych wzorców stało się przeżytkiem skutecznie hamującym postęp.

W XVIII wieku ustanowienie spójnego systemu miar stało się polem dyskusji naukowców, głównie angielskich i francuskich. Chodziło nie tylko o uzyskanie jak naj-

Tomasz Plebański, polski członek CIPM, powiedział mi: „Polska metrologia idzie w kierunku kalibracji odważników dla babć na targowisku”.

Niestety, głos decydujący mają u nas urzędnicy, którzy zajmują się głównie metrologią prawną, bo tworzyć przepisy jest łatwiej, niż prowadzić badania. Przepisy w metrologii są ważne, bo bez nich byłby w gospodarce chaos, ale jest to tylko mała część metrologii. We współczesnej metrologii liczy się przede wszystkim postęp technologiczny i jego przełożenie na przemysł. Co prawda w GUM są laboratoria, pracują w nich fachowcy, ale badania nie są priorytetem tej instytucji, ludzie się marnują, a Polska pozostaje w zapaści cywilizacyjnej

Czy jest szansa na zmianę tej sytuacji?

Kilka lat temu, jeszcze za czasów administracji Jarosława Kaczyńskiego, do którego pisałem w sprawach kosmosu i metrologii w Polsce, zainicjowano pracę dwóch grup roboczych. Powołano wtedy w Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego zespół ds. kosmosu, a w Ministerstwie Gospodarki – ds. metrologii. Choć kosmos to inna dziedzina, ale też związana z geodezją i metrologią czasu.

W 2009 r. udało mi się sprowadzić do Polski Brytyjczyka Terryego J. Quinna, byłego długoletniego dyrektora BIPM, wybitnego specjalistę od spraw instytucjonalnej metrologii. Na zlecenie Ministerstwa Gospodarki przygotował on raport na temat polskiej metrologii, który potwierdził wyniki prac naszej gru-

py, w której byłem szefem podzespołu ds. metrologii naukowej. Na tej podstawie opracowano założenia nowej ustawy *Prawo o miarach*, które na początku stycznia tego roku trafiły pod obrady Komitetu Stałego Rady Ministrów.

Co zaproponowano w założeniach?

Przewiduje się powołanie Polskiego Instytutu Metrologii w miejsce dotychczasowego GUM i utworzenie Rady Metrologii umocowanej przy ministrze gospodarki, która miałaby w dużym stopniu nadzorować prace instytutu (praktyka powszechnie stosowana w rozwiniętych krajach). Jednak ostatnio pojawiły się rozbieżności między tym, co proponuje Ministerstwo Gospodarki, a opinią Rządowego Centrum Legislacji, które niechętnie widzi odejście od urzędu. Ministerstwo Gospodarki chce natomiast zerwać z instytucją urzędu centralnego, czyli jednoosobowego organu państwa (który dla wielu jest kuriozum), i proponuje utworzenie instytutu badawczego o charakterze agencji wykonawczej. Projekt ten ma przeciwników nie tylko w RCL, ale i w dyrekcji samego GUM. Bo gdy powstanie profesjonalny instytut, to trzeba się będzie wziąć do roboty merytorycznej, zostanie odchudzona administracja itd. RCL proponuje dla laboratoriów badawczych mało znaną formułę instytucji gospodarki budżetowej wydzielonej z urzędu drogą rozporządzenia. Ministerstwo Gospodarki i środowisko metrologów obawiają się, że ranga takiej instytucji byłaby wtedy zbyt

GŁÓWNE CELE BIPM

- definiowanie, utrzymanie i rozwój Międzynarodowego Układu Miar i Jednostek SI;
 - prowadzenie badań naukowych, utrzymanie i rozwój unikalnych referencyjnych instalacji używanych przez NMI w celu prowadzenia porównania oraz kalibracji wzorców i związanych z tym studiów;
 - współpraca z innymi podmiotami w celu podnoszenia poziomu światowej metrologii;
 - promocja metrologii poprzez organizowanie warsztatów ukierunkowanych na zaawansowane zastosowania SI.
- Szacuje się, że używanie jednolitego międzynarodowego systemu miar przynosi gospodarce światowej setki milionów dolarów oszczędności rocznie.

niska, bo m.in. powołana zostałaby mocą rozporządzenia, a nie ustawy, i nadzorowana byłaby nadal przez zbiurokratyzowany urząd. RCL wychodzi tu poza ramy swoich obowiązków, które powinny ograniczać się do weryfikacji poprawności legislacyjnej składanych tekstów, nie oceny zawartości merytorycznej, do której nie ma kompetencji

Z krajowego podwórka wróćmy jeszcze do BIPM. Czy w określaniu precyzji wzorców miar nie doszliśmy już do ściany?

Zawsze pojawia się pytanie: czemu to ma służyć? Dlatego w CIPM i komitetach konsultacyjnych dyskutuje się o tym, jaką ścieżkę rozwoju wybrać. Są oczywiście zastosowania praktyczne, które wyma-

większych dokładności w pomiarach, ale i o możliwość porównywania wzorców. Naukowe dysputy przetrwały wkrótce w powstanie zunifikowanego systemu. System metryczny opracowała grupa francuskich naukowców na polecenie Ludwika XVI i Zgromadzenia Narodowego. System taki oparty na metrze dziesiątym przyjęto w 1793 roku. Dwa lata później wprowadzono kolejne jednostki – gram i kilogram. Oficjalnie system metryczny przyjęto we Francji w 1799 roku. W 1832 roku Carl Gauss zaproponował stworzenie metrycznego systemu jednostek fizycznych na bazie centymetra (długość), grama (masa) i sekundy (czas), co dzięki

wsparciu Brytyjskiego Stowarzyszenia Nauk Zaawansowanych (BAAS) zaowocowało w 1874 r. systemem o nazwie BAAS CGS opartym na tych fundamentalnych jednostkach. Co istotne, wprowadzono wtedy prefiksy (od mikro do mega) do wyrażania dziesiątych krotności. System nie był jednak zbyt wygodny, zwłaszcza dla rozwijających się szybko dziedzin elektryczności i magnetyzmu, o jego rozszerzenie wnosili sławni fizycy.

W roku 1870 w Paryżu odbyła się Międzynarodowa Konferencja z udziałem naukowców z całego świata, której celem było wprowadzenie systemu metrycznego, jako światowego

standardu. Wybuch wojny francusko-pruskiej pokrzyżował te plany, ale kolejna konferencja w 1872 r. dała podwaliny do podpisania 20 maja 1875 roku przez 17 państw Konwencji Metrycznej, która ustanowiła BIPM. Był to punkt przełomowy w rozwoju metrologii (Polska przystąpiła do Konwencji w 1925 r.). Można było rozpocząć prace nad zdefiniowaniem międzynarodowego wzorca metra i kilograma. W 1889 roku Konferencja Generalna Wąg i Miar (CGPM) przyjęła takie wzorce. Wraz z astronomiczną sekundą jednostki te tworzyły trójwymiarowy system o nazwie MKS. W końcu XIX wieku, m.in. dzięki pracom Maxwella, wiado-

mo było, że zjawiska elektryczne nie mogą być wyjaśniane na bazie jednostek długości, masy i czasu. W 1901 roku włoski inżynier elektryk Giovanni Giorgi zaproponował połączenie mechanicznych jednostek (metr-kilogram-sekunda) z jednostkami elektrycznymi. W efekcie w 1935 r. przyjęto system MKS Ω , czwartą fundamentalną jednostką stał się ohm, a w 1954 roku dołączono kolejne: amper, kelwin, kandelę. W 1960 roku podczas 11. Konferencji Generalnej Wąg i Miar uchwalono system SI mający dzisiaj siedem fundamentalnych jednostek: metr, kilogram, sekunda, amper, kelwin, mol, kandelę. W Polsce obowiązuje on od 1966 roku. ■

gają lepszej metrologii, ale bywa i tak, że choć nie widać obecnie sensu dalszego poprawiania jednostki, to prace takie są prowadzone.

Postępu nie zatrzymamy, poza tym trudno przewidzieć, co przyniesie rozwój danej technologii. Kiedy na początku lat 50. powstawały zegary atomowe, pewnie też padały pytania, czemu ma to służyć, nikt nie myślał o czymś takim jak GPS ani o tym, że to właśnie GPS, czyli metrologia czasu, dokona rewolucji w geodezji. Zmiany nastąpiły niezwykle szybko i były nieprzewidywalne.

Większość jednostek miar odwołuje się dzisiaj do zjawisk fizycznych, ale jest też archaiczny kilogram masy.

Trwa właśnie dyskusja nad definicją kilograma masy. Nie z powodów praktycznych, bo pomiar masy odbywa się na poziomie zapotrzebowania, tylko filozoficznych. Definicja kilograma masy bazuje bowiem na sztucznym wzorcu z platyny i irydu. Metrologowie uważają, że jest ona zacofana, bo oparta na kawałku metalu, który ulega zmianom chemicznym, poza tym z różnych powodów może ulec zniszczeniu. Powstaje zatem nowa definicja oparta na stałej Plancka i zjawiskach elektrycznych. Sądzę, że w ciągu dekady wejdzie w życie.

W metrologii stale coś się dzieje, chociaż działania BIPM są, jak sądzę, dosyć rozciągnięte w czasie.

Tak, na przykład został zlikwidowany Departament Długości, ale wciąż istnieje Komitet Konsultatywny Długości, bo cały czas notujemy postęp w pomiarze elementów, które składają się na definicję metra. Komitet to monitoruje, daje rekomendacje itd., choć nie jest już potrzebne centralne laboratorium i wzorzec fizyczny. Podobnie będzie w przyszłości z kilogramem.

A kto rządzi czasem?

Czasem rządzi BIPM, które jest egzekutywą wykonującą rekomendacje Komitetu Konsultatywnego Czasu i Częstotliwości (CCTF). Warto przy tym pamiętać, że miara czasu jest złożona, bo występują w niej definicja sekundy i skala czasu. Wiadomo, co to jest sekunda, natomiast skala czasu to sekundy SI dodawane jedna po drugiej. I tym zajmuje się nasze biuro – realizuje międzynarodową skalę czasu, czyli UTC (Universal Time Coordinated).

Jak to się robi?

Oczywiście nie ma jakiegoś jednego superzegara. Na fabrykę czasu pracującą 24 godziny na dobę składa się sieć około 350 zegarów atomowych, rozsianych na kuli ziemskiej. Zegary te (cezowe i masery

wodorowe) są ze sobą porównywane bez przerwy technikami satelitarnymi (m.in. GPS), a raz w miesiącu, z wykorzystaniem specjalnego algorytmu powstaje średnia ważona, która jest materializowana w formie poprawek do zegarów. W rzeczywistości zegarów się nie poprawia, wiadomo, że każdy z nich chodzi inaczej, są lepsze i gorsze. To służy tylko do ich monitorowania.

Średnia z 350 zegarów, czyli wolna skala atomowa (EAL), nie jest jednak odpowiednio dokładna i nie realizuje definicji sekundy. Poziom wyżej są wzorce laboratoryjne. To ogromne maszyny budowane przez największe laboratoria, w których pracują najwybitniejsi specjaliści fizyki atomowej. Odczyty z tych podstawowych wzorców częstotliwości, które pracują zwykle okresowo (włączane na godzinę, dwie, czasami na dzień), poprawiana jest EAL. One „wstrzykują” tę najlepszą definicję sekundy i dlatego mają największą wagę. W ten sposób powstaje skala atomowa TAI (Temps Atomique International). Następnie po dodaniu sekundy skokowej (przestępnej) powstaje dopiero skala międzynarodowa UTC, która w częstotliwości jest równa TAI, ale różni się o pewną liczbę sekund.

Istnieją także lokalne realizacje UTC utrzymywane w około 100 nanosekundach w stosunku do UTC liczonego w BIPM. W Polsce blisko 15 zegarów atomowych tworzy polską skalę czasu atomowego (TA(PL)) bazującą na sieci krajowych laboratoriów i jednego laboratorium na Litwie. Jest to jedna z nielicznych takich sieci na świecie. Pozwoliła ona Polsce przystąpić do budowy europejskiego systemu nawigacji satelitarnej Galileo. To m.in. efekt mojej pracy z dr. Jerzym Nawrockim z Obserwatorium Astrogeodynamicznego Centrum Badań Kosmicznych PAN w Borowcu, które jest wiodącym laboratorium tej sieci.

O co chodzi z tą sekundą skokową?

Są z nią obecnie same problemy, bo zakłóca pracę nowych technologii. Jak wiadomo, sekunda przestępna jest potrzebna do zsynchronizowania czasu atomowego z czasem astronomicznym, wynikającym z rotacji Ziemi. W latach 60. używano w ciągu roku wielu milisekundowych poprawek. Było to niewygodne, dlatego w 1972 r. uproszczono system i ustanowiono sekundę skokową, którą można wprowadzać nawet co miesiąc (ostatniego dnia miesiąca).

Trzeba pamiętać, że na początku lat 70. do wyznaczenia długości geograficznej potrzebna była znajomość czasu UT1

na morzu, UTC nadawane drogą radiową było dla nawigatorów łatwą metodą dojścia do UT1. Dzisiaj tamte czasy to już epoka kamienia łupanego i utrzymywanie sekundy skokowej jest przestarzałe i uciążliwe. Są jednak konserwatyści, którzy uważają, że czas musi być związany z obrotem kuli ziemskiej, bo inaczej koguty się pogubią, zwierzęta oszaleją, a ludzie będą źle funkcjonować. Zapominają przy tym, że dwa razy w roku przestawiamy zegary o godzinę.

To pozostawmy tę sekundę.

Wprowadzanie sekund skokowych przy obecnych technologiach powoduje jednak spore perturbacje, szczególnie w systemach nawigacyjnych i telekomunikacyjnych. Jest to potencjalne źródło błędów i nadużyć, np. w bankowości. GPS ma swoją skalę czasu, która nie uwzględnia sekundy skokowej, ale z kolei Rosjanie wprowadzają ją do skali swojego systemu nawigacyjnego GLONASS, co powoduje problemy z jego poprawnym funkcjonowaniem. Co ciekawe, przeciwko zniesieniu sekundy skokowej są Brytyjczycy. Bo oni UT1 nazywają GMT (Greenwich Mean Time), którego, co prawda, od dziesięcioleci nikt nie utrzymuje, ale dla Brytyjczyków GMT to jest tradycja, spadek historyczny, wartość kulturalna. A zlikwidowanie sekundy skokowej oznaczałoby, że UTC zacznie się oddalać od południka Greenwich (w ciągu 100 lat będzie to około 60 sekund). Oczywiście dla życia codziennego niezauważalnie, ale dla nich to jest problem polityczny. Okazało się, że przeciw zmianom są też Chińczycy. Ci z kolei powołują się na wieloletnią tradycję czasu słonecznego w Chinach, a tak naprawdę chodzi o interesy chińskich astronomów w budowie systemu nawigacyjnego Compass.

Jak wiele wspólnego z TAI czy UTC ma zwykły zegarek?

Kiedyś będąc w Genewie, rozmawiałem z producentami słynnych mechanicznych zegarków o ich dokładności i kilku podstawowych instrumentach pomiaru niepewności w metrologii czasu. Nie mieli o tych zagadnieniach pojęcia. Dla nich liczy się wygląd, estetyka, materiał (złoto, platyna, brylanty), ale nie dokładność. Jeden z producentów powiedział mi, że jak chcę sobie sprawić dokładny zegarek, to muszę kupić jakieś kwarcowe „badziewie”.

Czy zastanawiał się pan kiedyś nad tym, czym tak naprawdę jest czas?

Nie, nie mam na to czasu. *(śmiech)*

Rozmawiał JERZY PRZYWARA