Galus, Zbigniew / Hulanicki, Adam

Profesor Wiktor Kemula i jego rola w chemii analitycznej i elektroanalizie

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 47/1, 33-46

2002

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

*Adam Hulanicki i Zbigniew Galus**
(Warszawa)

PROFESOR WIKTOR KEMULA I JEGO ROLA W CHEMII ANALITYCZNEJ I ELEKTROANALIZIE

Okres aktywności naukowej Profesora Wiktora Kemuli, to ponad pół wieku, pomniejszone o przerwę wywołaną II wojną światową i czas rekonstrukcji nauki polskiej po zakończeniu wojny. W chemii analitycznej okres ten oznacza niezwykle aktywny rozwój fizykochemicznych i fizycznych technik analizy chemicznej. Przede wszystkim jest to jednak okres zmian w rozumieniu roli i zadań chemii analitycznej. Okres, w którym chemia analityczna, poprzednio będąca głównie rutynowym narzędziem kontroli jakości produkcji w przemyśle, staje się samodzielną dyscypliną naukową, zyskującą solidne podstawy naukowe. Wynika to ze znacznego rozszerzenia metod chemii analitycznej, która nie ogranicza się do metod wagowych i miareczkowych, ale szybko przyswaja sobie nowe zdobycze innych działów chemii, a także, a może przede wszystkim, fizyki. Konsekwencją tego jest szeroki wzrost zastosowań analizy chemicznej nieomal we wszystkich dziedzinach aktywności człowieka.

Osiągnięcia profesora Kemuli w nauce rozpatrywać można w wielu aspektach. Jednym z nich jest rozwój w zakresie teorii i metodyki analitycznej, udokumentowany konkretnymi pracami badawczymi, które można traktować jako kamienie milowe postępu w nauce. Innym aspektem jest ocena działalności profesora Kemuli w zakresie organizacji nauki. Wreszcie można oceniać rolę profesora Kemuli przez pryzmat sposobu jego pracy oraz bezpośredniego oddziaływania na współpracowników i środowisko naukowe.

* Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego.

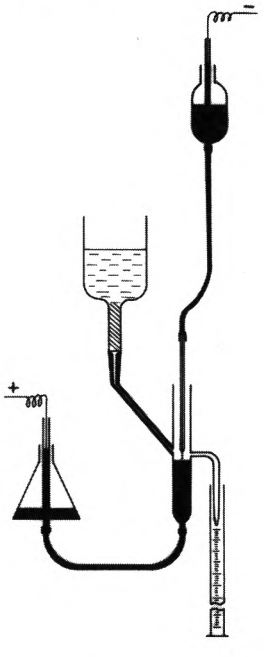
Kwartalnik Historii Nauki i Techniki R. 47: 2002 nr 1 s. 33–46

Profesor Kemula z wykształcenia był przede wszystkim fizykochemikiem. W takim też charakterze objął kierownictwo Katedry Chemii Fizycznej na Uniwersytecie Jana Kazimierza we Lwowie. I mimo, że w tym okresie jego działalności większość prowadzonych prac badawczych dotyczyła podstawowych zagadnień elektrochemii i fotochemii, to jednak zawierały one również elementy o istotnym znaczeniu dla chemii analitycznej. Kontynuując swoje badania prowadzone w zespole profesora Heyrovský'ego w Pradze, Kemula stwierdza po raz pierwszy zależność prądu granicznego od masy i powierzchni kroplowej elektrody rtęciowej[1, 2], co doprowadziło czeskiego badacza Ilkoviča do wyprowadzenia znanego i powszechnie stosowanego w badaniach polarograficznych *równania Ilkoviča*, opisującego zależność natężenia prądu granicznego w polarografii od współczynnika dyfuzji elektrolizowanej substancji, szybkości formowania się kropli rtęci i jej wielkości[3]. Profesor Kemula był również pierwszym, który wykazał możliwość określenia produktów elektrolizy na podstawie pomiaru natężenia prądu po przyłożeniu zmiennego potencjału[4]. Zasada ta wykorzystana była po kilkunastu latach przez Kalouska w opracowanej przez niego metodzie[5]. Jeszcze później została zaadaptowana przez Osteryoungów, w opracowanej przez nich odmianie woltamperometrii prostokątnofalowej[6].

Te wczesne prace badawcze profesora Kemuli zalicza się często do badań podstawowych, jednakże ich późniejsze konsekwencje w chemii analitycznej są ewidentne. Należy tu wyraźnie wskazać doskonałą intuicję Kemuli jako badacza. Chemia analityczna jest dość specyficzną dyscypliną naukową, wymagającą utrzymania równowagi między trywialną często z naukowego punktu widzenia rutyną analityczną, a oddalającymi się od praktyki analitycznej badaniami fizycznymi i fizykochemicznymi. Wielką zasługą Kemuli, wynikającą niewątpliwie ze zrozumienia faktu, że postęp w chemii analitycznej dokonuje się dzięki osiągnięciom w badaniach podstawowych, było umiejętne rozłożenie akcentów podstawowych i stosowanych. Przykładami prac o wyraźnym aspekcie analitycznym były w zakresie polarografii badania dotyczące ilościowego oznaczania sodu i potasu[7], a w zakresie metodyki spektroskopowej zastosowanie – wówczas rzadko stosowanej – metody spektrografii emisyjnej do oznaczania berylu w skałach i minerałach[8]. Innym czynnikiem łączącym oba aspekty – podstawowy i praktyczny – było zrozumienie i uznanie przez profesora Kemulę służebnej roli nauki wobec społeczeństwa.

Osiągnięciem, które trwale zapisało się w nauce, było opracowanie w 1952 r. metody chromato-polarograficznej. Jak wskazuje jej nazwa, było to sprzężenie dwóch dotychczas niezależnych technik analitycznych: polarografii i chromatografii. Niedostatkiem chromatografii, która w tym okresie była już stosunkowo nieźle ugruntowaną metodą rozdzielania składników cieczy, był brak specyficznych detektorów składników pojawiających się w eluacie. Intuicja profesora Kemuli, i doskonała znajomość możliwości polarografii jako metody analitycznej,

podpowiedziała mu, że interesujące rezultaty analityczne mogą być uzyskane przy sprzężeniu obu technik – chromatograficznego rozdziału i ciągłej (on-line) polarograficznej rejestracji prądów związanych z reakcjami elektrochemicznymi składników pojawiających się w eluacie opuszczającym kolumnę. Reakcje elektrochemiczne na typowej elektrodzie kapiącej wymagały stosowania chromatografii w odwróconym układzie faz, to znaczy eluat opuszczający kolumnę chromatograficzną powinien być fazą polarną[9, 10]. Sprzężenie dwóch technik analitycznych nie byłoby jednak możliwe, gdyby nie umiejętności eksperymentalne, a może przede wszystkim wyobraźnia typowego eksperymentatora i umiejętność własnoręcznego konstruowania nowego układu aparaturowego [Rys.1]. Profesor Kemula miał tę zdolność, obecnie tak rzadko spotykaną u chemików, których działanie sprowadza się często do zamówienia występujących w katalogach odpowiednich elementów pozwalających zestawić potrzebny układ.



Rys. 1. Aparatura stosowana przez profesora Kemulę w chromato-polarografii.

Kolejne prace z zakresu chromato-polarografii dotyczyły innych układów chromatograficznych, np. chromatografii bibułowej[11], oznaczania związków redukujących się przy jednakowym potencjale półfali, a także rozmaitych związków organicznych[12, 13, 14]. Chromatopolarografia była również techniką, w której po raz pierwszy zastosowano związki klatratowe jako wypełnienia kolumny chromatograficznej do rozdziału aromatycznych związków nitrowych[15]. Owocem tych prac było kilkadziesiąt publikacji, które inspirowały innych badaczy do wykorzystania tej techniki.

Chromato-polarografia była przykładem prototypowego zastosowania jako detektora chromatograficznego pomiaru prądowego, który obecnie jest często stosowany w wariancie detektorów amperometrycznych, a inspirująca rola badań profesora Kemuli w tym aspekcie jest w pełni uznawana. Na szczególne podkreślenie zasługuje jednak sama koncepcja chromato-polarografii, polegająca na połączeniu dwóch niezależnych technik. Ta idea może być uważana za pierwowzór technik sprzężonych (*hyphenated techniques*, *coupled techniques*), które są obecnie tak powszechnie stosowane w analizie złożonych układów, a zwłaszcza w analizie specjacyjnej. Koncepcja połączenia techniki rozdzielczej ze specyficzną detekcją, obecnie najczęściej z metodami spektrometrycznymi, pojawiła się w chemii analitycznej dopiero w latach 70.

Kolejnym znaczącym osiągnięciem profesora Kemuli, łączącym elektrochemię z chemią analityczną, było opracowanie koncepcji i praktyczna realizacja metody elektroanalitycznej, określanej obecnie jako woltamperometria inwersyjna (*stripingowa*). Prace te, prowadzone od 1956 r. przez Kemulę i Kublika[16], były kontynuowane przez wielu uczniów profesora Kemuli, a także w licznych innych ośrodkach badawczych i laboratoriach elektroanalitycznych. Wisząca nieruchoma elektroda, w postaci kropli rtęci zawieszonej na końcu słupka rtęci w kapilarze polarograficznej, pozwalała na połączenie zalet rtęci jako materiału elektrodowego z korzyściami płynącymi z obserwacji procesów elektrodowych na elektrodzie o stałej, niezmiennej powierzchni.

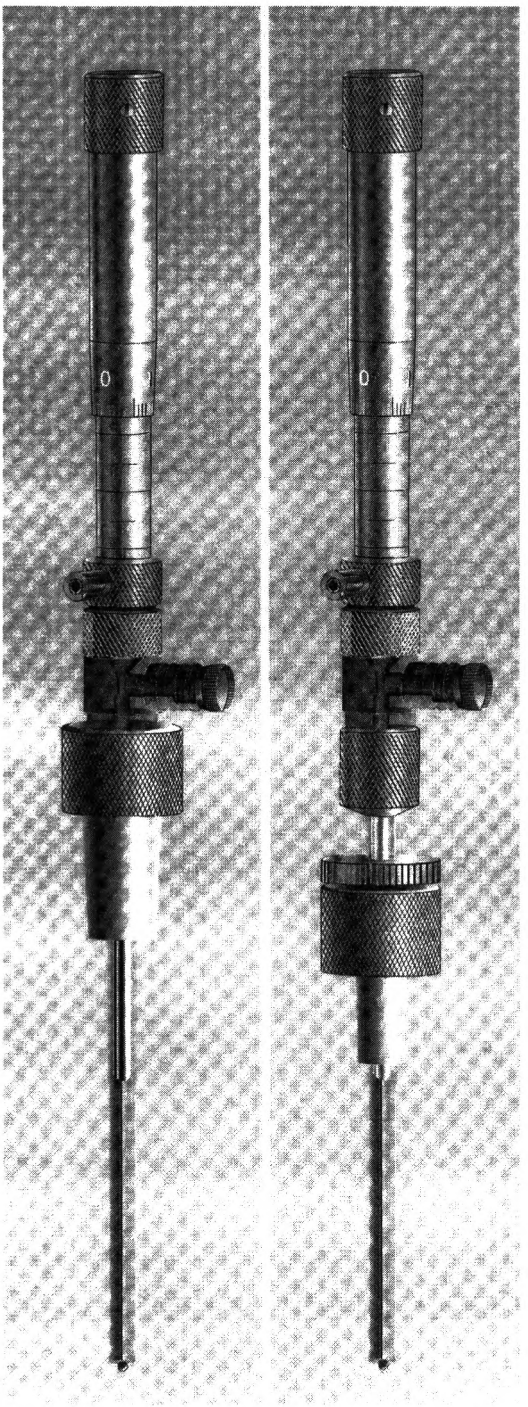
Profesor Kemula dojrzał szerokie perspektywy zastosowań elektrody w postaci „wiszącej kropli" w chemii analitycznej[17]. Możliwość prowadzenia wstępnej elektroredukcji w dłuższym, kontrolowanym czasie, na mikroelektrodzie przy stałym potencjale, pozwoliła na bardzo znaczne zatężenie zredukowanych jonów metali w kropli rtęci w postaci amalgamatu, a następnie na przeprowadzenie odwrotnego procesu elektrochemicznego utlenienia, podczas którego potencjał elektrody jest stopniowo zmieniany w kierunku potencjałów coraz bardziej dodatnich. W trakcie procesu anodowego rozpuszczania metali osadzonych na elektrodzie, lub rozpuszczonych w elektrodzie w postaci amalgamatu, zapisywany jest wykres zmian natężenia prądu w zależności od zmiany potencjału, na którym w postaci ekstremów rejestrowane są procesy elektrochemiczne odpowiadające utlenieniu poszczególnych analitów. Wytwarzanie złożonych amalgamatów przyczyniło się do rozwoju badań związków międzymetalicznych w rtęci i wpływu ich tworzenia na wynik analitycznego oznaczania[18].

Elektrolityczna redukcja jonów do metalu na elektrodach rtęciowych o małej objętości pozwala w odpowiednio długim czasie prowadzenia zatężania na znaczne zwiększenie ich stężenia w (lub na) kropli rtęci, a w konsekwencji na uzyskanie sygnałów użytecznych analitycznie, przy stężeniu badanej substancji o kilka rzędów wielkości mniejszym, niż to byłoby możliwe w bezpośrednim elektrochemicznym oznaczaniu bez zatężania. W ten sposób możliwe stało się

oznaczanie jonów metali na poziomie nawet 10^{-10} M[19]. W końcu lat 50. i w latach 60. żadna inna technika analityczna nie pozwalała na uzyskanie tak niskiej granicy oznaczalności. Było to możliwe dzięki oryginalnej koncepcji zatężania i uzyskiwania sygnałów analitycznych w jednym naczyńku elektrolitycznym, wskutek czego unikano kontaminacji próbki, która w wielu innych procedurach analitycznych stanowiła ograniczenie w oznaczaniu bardzo małych zawartości. Technika woltamperometrii inwersyjnej została w krótkim czasie zastosowana do oznaczeń śladowych zawartości szeregu metali w rzeczywistych materiałach, jak np. zanieczyszczeń w cynku wysokiej czystości[20], lub w solach uranu[21], a także ołowiu w moczu[22]. Badania zainicjowane tymi elektrodami rozwijają się nieustannie.

Ten klasyczny sposób postępowania jest nadal stosowany, ale był on także w sposób istotny rozwijany przez innych badaczy. Można wyróżnić dwa kierunki tego rozwoju. Pierwszy, w latach 70., polegał na wykorzystaniu błonkowej elektrody rtęciowej zamiast kroplowej elektrody rtęciowej[23]. Istotnie większy stosunek powierzchni do objętości umożliwiał, przy stosowaniu elektrody błonkowej, osiągnięcie przynajmniej o rząd lepszej wykrywalności oznaczanej substancji. Dalsze badania wykazały przydatność do tych celów innych, również stałych, elektrod[24]. Drugim, późniejszym kierunkiem, wynikającym z badań profesora Kemuli, było oznaczanie śladowych zanieczyszczeń za pomocą ich wstępnego adsorpcyjnego zatężania na powierzchni elektrod różnego rodzaju. Metoda ta jest wciąż intensywnie stosowana w chemii analitycznej. Do rejestracji sygnałów analitycznych wykorzystuje się, obok stosowanej wcześniej chronowoltamperometrii, również inne metody woltamperometryczne[25]. Dzięki temu można znacznie rozszerzyć asortyment oznaczanych składników i dalej obniżyć granice wykrywalności, a więc i oznaczalności. Oznaczanie tak małych stężeń, możliwe dzięki koncepcji prowadzenia obu etapów w jednym naczyniu, postawiło z całą ostrością problem zanieczyszczenia odczynników i sprzętu śladowymi ilościami oznaczanych składników. Wskazało to zarówno na źródła błędów, jak i na konieczność stosowania specjalnych sposobów postępowania i procedur zabezpieczania wszystkich etapów procesu analitycznego, co w ówczesnym okresie dopiero zaczęło pojawiać się w świadomości analityków.

Wspomniane dwa istotne osiągnięcia w zakresie chemii analitycznej związane były z głównymi kierunkami zainteresowań Profesora – a mianowicie elektrochemią i elektroanalizą. Oprócz aspektów analitycznych zainteresowania profesora Kemuli sięgały również zagadnień bardziej podstawowych. W badaniach procesów elektrochemicznych złożonych układów stwierdził on istnienie tzw. *ukrytych* prądów granicznych[26], powstających z zaburzenia stężenia reagenta w warstwie przyelektrodowej, które wynikają z oddziaływań chemicznych różnych składników. Badania bardziej skomplikowanych reakcji elektrodowych, zwłaszcza związków organicznych, zostały rozwinięte dzięki wykorzystaniu



Fot. 17. Współczesna konstrukcja wiszącej elektrody rtęciowej – typ WK2, wytwarzany przez Instytut Chemii Fizycznej PAN.

wiszącej kroplowej elektrody rtęciowej. Cykliczna polaryzacja elektrod rtęciowych pozwoliła na ustalenie stadyjności reakcji elektrodowych, a także oddziaływań produktów i związków pośrednich z substratami[27, 28]. Ten sposób postępowania stał się później powszechnie stosowany, również z zastosowaniem różnorodnych rodzajów elektrod, i jest uważany za klasyczny sposób postępowania w elektroanalizie.

Dobra znajomość wielu dziedzin chemii i fizykochemii, oraz intuicja naukowa, wskazały w wielu pracach badawczych, wykonywanych pod kierunkiem profesora Kemuli i z jego inspiracji, konieczność równoległego posługiwania się w zagadnieniach analitycznych różnymi technikami w osiąganiu tego samego celu. Przejawiło się to między innymi w wyposażeniu kierowanego przez profesora Kemulę Zakładu Chemii Nieorganicznej w aparaturę i chemikalia pozwalające na stosowanie różnorodnych technik analitycznych. Obok aparatury elektrochemicznej Zakład wyposażony był w aparaturę spektralną, i rozwijane były metody spektralnej analizy emisyjnej, badania podziałowe, chromatografia jonitowa. Już w latach 50. profesor Kemula sugerował, że jedynie uzyskanie przynajmniej dwiema niezależnymi metodami zgodnego wyniku pomiaru analitycznego może wskazywać na jego poprawność, a więc dostarczyć wiarygodnego wyniku[29]. Takie stwierdzenie wydaje się obecnie truizmem, lecz w latach 50. było przyjmowane z rezerwą i sugerowało zbyteczne dublowanie wysiłków.

Wielostronność podejścia przejawiała się również w wielu problemach o charakterze fizykochemicznym, jak np. w polarograficznym, potencjometrycznym i spektrometrycznym badaniu reakcji aldehydów aromatycznych[30, 31]. Wynikało to z zasady, że celem nie może być wykorzystywanie określonej techniki, ale jedynie rozwiązanie szerszego problemu niezależnie od stosowanej techniki i aparatury. Stanowisko takie z trudem torowało sobie drogę w ówczesnych realiach, gdy zdobycie odpowiedniej i kosztownej aparatury było niełatwe. W tym również przejawiała się niespożyta energia profesora Kemuli.

W chemii analitycznej odnajdywał profesor Kemula tematykę, która związana była z aktualnymi potrzebami społeczeństwa i gospodarki. Wspomnieć należy tu szereg prac, które powstały po 1956 r. w związku z aktualnymi wówczas badaniami jądrowymi, a dotyczyły, we współpracy z Instytutem Badań Jądrowych, oznaczeń wielu składników na poziomie śladowym w perhydrolu, fluorkach i fluorowodorze[32, 33]. Potrzeby metalurgii, np. analiza ferrytów i oznaczanie śladowych ilości domieszek w metalach wysokiej czystości, rozwiązywane były we współpracy z Instytutem Metali Nieżelaznych i Zakładem Materiałów Magnetycznych[34, 35, 36]. Prace te miały jednak szczególny aspekt. Oprócz rozwiązania potrzebnego praktycznego zagadnienia pozwalały na wynajdywanie nowych interesujących aspektów badawczych, które stawały się podstawą licznych publikacji. Można tu przytoczyć fizykochemiczne badania analitycznych odczynników organicznych[37, 38, 39, 40], które znajdywały zastosowanie w opracowywaniu

nowych metod analitycznych. Przejawiało się tu nie tylko dążenie do poznania nowych zjawisk i procesów, ale i wrażliwość profesora Kemuli na aktualne potrzeby społeczeństwa, co najlepiej wyraził w swym przemówieniu na zamknięcie III Ogólnopolskiej Konferencji Analitycznej, cytując słowa Stanisława Staszica:

> „Umiejętności dopótąd są jeszcze próżnym wynalazkiem, może czczym tylko rozumu wywodem albo próżniactwa zabawą, dopókąd nie są zastosowane do użytku narodów".

Stwierdzenie to nabiera szczególnej wymowy, jeśli przypomnimy, że wypowiedziane zostało w 1968 r., bezpośrednio po otrzymaniu zwolnienia z Uniwersytetu Warszawskiego.

Dla oceny sylwetki profesora Kemuli ogromne znaczenie miała jego działalność w zakresie organizacji nauki. Już w czasach lwowskich działał aktywnie w Polskim Towarzystwie Chemicznym, przez wiele lat był członkiem zarządu Towarzystwa, a dwukrotnie, w latach 1955–1959 i 1972–1974, pełnił funkcje jego Prezesa. Również aktywnie działał do 1939 r. w Lwowskim Towarzystwie Naukowym, a od 1946 r. w Towarzystwie Naukowym Warszawskim. Przyczynił się znacząco do reaktywowania TNW, po okresie zawieszenia działalności w latach 1952–1981, zostając jego prezesem w 1982 r.

Niezależnie od wspomnianych form działalności, w realiach polskiej sytuacji w latach 50. i w późniejszych, na szczególną uwagę zasługuje działalność organizacyjno-naukowa w zakresie chemii analitycznej. Zainicjowane przez profesora Kemulę, wraz z prof. Świętosławską, systematycznie odbywające się w Katedrze Chemii Nieorganicznej UW seminaria naukowe, poświęcone optycznym metodom analizy, stanowiły forum kształceniowe i dyskusyjne, grupując młodych analityków z wielu polskich ośrodków, którzy w owym okresie mieli ograniczone możliwości podnoszenia swych kwalifikacji. Seminaria te, kontynuowane przez kilka lat, były zaczynem, który doprowadził do utworzenia, w wyniku starań profesora Kemuli, Komisji Chemii Analitycznej. Komisja ta, działająca pod auspicjami Polskiej Akademii Nauk, przekształcona później w Komitet Chemii Analitycznej Polskiej Akademii Nauk, ma niewątpliwe zasługi w organizowaniu życia naukowego w Polsce w zakresie chemii analitycznej oraz w reprezentowaniu go poza granicami kraju. Od czasu powstania Komisji (1955), a następnie Komitetu Chemii Analitycznej (1975), profesor Kemula kierował jako przewodniczący działalnością tych instytucji aż do 1980 r., wspomagając następnie Komitet jako honorowy przewodniczący. Z jego inicjatywy odbywało się wiele konferencji krajowych, często z licznym udziałem badaczy z innych krajów, o tematyce ogólnoanalitycznej (1957, 1968, 1974) i konferencji specjalistycznych, jak np. polarograficzna (1956), szereg konferencji spektralnych (1962, 1975, 1981) i wiele innych. Autorytet profesora Kemuli oraz wysoka ranga jego osiągnięć naukowych i stworzonej przez niego szkoły naukowej

sprzyjały uczestnictwu uczonych zagranicznych w tych spotkaniach. Wynikało to z głębokiego przekonania, że osiągnięcia naukowe mają znaczenie przede wszystkim w skali międzynarodowej, i że nie można mówić o postępie naukowym we własnym kraju w oderwaniu od postępu w innych krajach. Umożliwiało to nawiązywanie i utrzymywanie kontaktów nauki polskiej z nauką światową, a także stwarzało podstawy młodym współpracownikom do zaistnienia na forum międzynarodowym. Stwierdzenia te mogą obecnie wydawać się truizmem, jednakże należy przypomnieć, że przez wiele lat istnienia PRL kontakty takie, zwłaszcza z krajami spoza tzw. bloku socjalistycznego, były poważnie, ze względów politycznych, utrudniane. Dlatego też, znając wszystkie ważniejsze języki europejskie i doceniając znaczenie dwóch długoterminowych pobytów badawczych w początkowych latach swej kariery naukowej w pracowniach wybitnych uczonych, profesora Heyrovskiego w Pradze i profesorów Weigerta i Debye'a w Lipsku, zwracał uwagę swym młodszym współpracownikom na znaczenie bezpośrednich, osobistych kontaktów naukowych.

Kontaktom międzynarodowym na różnych szczeblach przypisywał profesor Kemula szczególnie istotną rolę. W trosce o rozwój polskiego piśmiennictwa naukowego przez wiele lat publikował swe prace w czasopismach krajowych, jednakże najcenniejsze osiągnięcia starał się również w miarę możliwości prezentować na kongresach międzynarodowych. W jego gabinecie wisiała, widoczna dla współpracowników, dewiza Faraday'a: „*Work, Finish, Publish*". Już w 1934 r. uczestniczył w Kongresie Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej w Madrycie, a liczba ważnych kongresów i konferencji międzynarodowych, na których wygłaszał referaty, była ogromna. Wystarczy wspomnieć, że będąc już od kilkunastu lat na emeryturze, na parę godzin przed śmiercią, przygotowywał referat na międzynarodową konferencję chromatograficzną w Jałcie.

Pierwsze kontakty z organizacjami międzynarodowymi nawiązywał profesor Kemula już w podczas pracy w Uniwersytecie Jana Kazimierza we Lwowie, starając się je podtrzymywać i rozszerzać po drugiej wojnie światowej. Przez wiele lat aktywnie działał w Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej, będąc od 1955 r. członkiem Komisji Danych Elektrochemicznych, następnie wiceprezydentem, a w latach 1969–1973 prezydentem Wydziału Chemii Analitycznej. W 1972 r. był jednym z inicjatorów utworzenia, w ramach Federacji Europejskich Towarzystw Chemicznych, Grupy Roboczej Chemii Analitycznej, która stała się między innymi inicjatorem seryjnych konferencji „*Euroanalysis*". Piąta z tej serii europejskich konferencji, niewątpliwie dzięki autorytetowi profesora Kemuli, odbyła się w Krakowie w 1984 r.

Bardzo ważną rolę odgrywał profesor Kemula także w rozwoju polskiego piśmiennictwa naukowego. W latach 1950–1980 kierował zespołem redakcyjnym czasopisma „Roczniki Chemii" (obecnie „Polish Journal of Chemistry"), dbając zarówno o dobry poziom publikowanych prac, jak i rozpowszechnianie

wyników polskiej nauki na świecie. Profesor Kemula był współorganizatorem drugiego polskiego czasopisma chemicznego „Chemia Analityczna". Już od początku jego wydawania (1956), streszczenia publikowanych prac ukazywały się w międzynarodowych czasopismach. W latach 1956–1980 był naczelnym redaktorem „Chemii Analitycznej".

Profesor Kemula był wymagającym kierownikiem Katedry Chemii Nieorganicznej. Uważał, że pracownik naukowy powinien maksymalnie poświęcić się pracy badawczej. Jest rzeczą szczególną, że mimo bardzo wielu obowiązków, niemal aż do emerytury znajdował czas na własną pracę doświadczalną, zarówno w małym laboratorium przylegającym do gabinetu, jak i wizytując współpracowników w pracowniach. Wizyty te nie ograniczały się tylko do omawiania wyników lub dyskusji przygotowanych publikacji, lecz również do przyłożenia swej ręki do eksperymentu. Mimo wymagania od młodszych współpracowników intensywnej aktywności naukowej, profesor Kemula uważał, że żaden nauczyciel akademicki nie może lekceważyć pracy dydaktycznej ze studentami. Profesor Kemula nigdy nie zaniedbywał obowiązków dydaktycznych. Obecnie, gdy ocena nauczyciela akademickiego sprowadza się często jedynie do oceny jego postępów naukowych, działalność dydaktyczna jest niekiedy przysłowiowym piątym kołem u wozu. Szczególną wagę profesor przykładał do wykładu chemii nieorganicznej dla studentów pierwszego roku, w czasie którego demonstrował liczne eksperymenty, nieraz zresztą ku utrapieniu asystentów wykładowych, od których wymagał perfekcyjnego przygotowania doświadczeń. Zawsze interesował się programem zajęć laboratoryjnych, a w pracowniach studenckich pojawiał się niemal co tydzień, wychodząc z założenia, że *pańskie oko konia tuczy*. Zaliczenia uzyskiwane przez studentów na koniec semestrów były dyskutowane na seminariach całej Katedry, co często prowadziło do usprawnienia zajęć. Z tego też powodu odsunięcie profesora Kemuli, ze względów politycznych, od kontaktu ze studentami, na trzy lata przed zbliżającą się emeryturą, było dla niego bolesnym ciosem.

Spoglądając z perspektywy lat na sylwetkę i działalność profesora Wiktora Kemuli, wyraźniej może niż dawniej, widać jego zasługi dla nauki i dla społeczności naukowej w Polsce. Wiele jego wskazań i zasad postępowania zachowuje nadal swą ważność.

Przypisy

[1] W. Kemula: *Les recherches sur les courants de saturation par diffusion des cations a l'aide d'une électrode à gouttes de mercure d'après Kučera-Heyrovský*. „Trabajos del IX Congreso International de Quimica Pura y Applicada, Tomo II, Quimica-Fisica", Madrid 1934 s. 297–303.

[2] W. Kemula, B. Wenigerówna: *Badania polarograficzne. Pomiary prądów granicznych w roztworach czystych soli za pomocą elektrody kroplowej Kučery-Heyrovský'ego.* „Roczniki Chemii" 1934 **14** 406–413.

[3] D. Ilkovič: *Polarographic studies with the dropping mercury kathode.* Part XLIV. *The dependance of limiting current on the diffusion constant, on the rate of dropping and on the size of drops.* „Collection of Czechoslovak Chemical Communications" 1934 **6** 498–513.

[4] W. Kemula: *Polarographic studies with the dropping mercury kathode.* XIV. *A study of the discontinuities on curve obtained in solutions of mercuric cyanide.* „Collection of Czechoslovak Chemical Communications" 1930 **2** 502–519.

[5] M. Kalousek: *Processes at the dropping electrode with a discontinuously changing potential.* „Collection of Czechoslovak Chemical Communications" 1948 **13** 105–115.

[6] J. Osteryoung, J.J. O'Dea: *Square-wave voltammetry.* (w serii wydawniczej „Electroanalytical Chemistry"; A. J. Bard, ed.). New York 1986 M. Dekker **14** Chapter 3.

[7] W. Kemula, M. Michalski: *Recherches polarographiques: analyse quantitative du sodium et du potassium.* „Atti del Congresso Internationale di Chimica" Roma 1938 **3** 419–427.

[8] W. Kemula, J. Rygielski: *Spektrograficzne wykrywanie i oznaczanie berylu w minerałach i skałach.* „Przemysł Chemiczny" 1933 **17** 89–97.

[9] W. Kemula: *Badania chromato-polarograficzne.* I. „Roczniki Chemii" 1952 **26** 281–287.

[10] W. Kemula, A. Górski: *Badania chromato-polarograficzne.* II. *Warunki chromatograficznego rozdzielania jonów na tlenku glinowym.* „Roczniki Chemii" 1952 *26* 639–649.

[11] W. Kemula: *Chromato-polarograficzna analiza jonów na bibule.* I. *Analiza mieszanin jonów o jednakowym potencjale półfali.* „Roczniki Chemii" 1952 **26** 694–696.

[12] W. Kemula, D. Sybilska, J. Geisler: *Badania chromato-polarograficzne.* III. *Rozdzielanie mieszanin izomerów związków nitrowych metodą chromatografii podziałowej.* „Roczniki Chemii" 1955 **29** 643–652.

[13] W. Kemula, J. Paściak, D Sybilska: *Badania chromato-polarograficzne.* XVI. *Analiza produktów odwodornienia dwuetylobenzenu.* „Chemia Analityczna" 1961 **6** 807–812.

[14] W. Kemula: *Quantitative separation and determination of micro-quantities of mixtures of furazole and isomers of 5-nitrofuraldoxime by chromato-polarography.* „Proceedings Feigl Anniversary Symposium, Birmingham" 1962 228–230.

[15] W. Kemula, D Sybilska, A. Kwiecińska: *Badania chromato-polarograficzne.* XXIII. *Rozdzielanie mieszanin mononitrotoluenów z pomocą klatratów jako układu rozdzielczego.* „Roczniki Chemii" 1965 **39** 1101–1108.

[16] W. Kemula, Z. Kublik: *Zastosowanie nieruchomej „wiszącej" elektrody rtęciowej do badań oscylopolarograficznych.* „Roczniki Chemii" 1956 **30** 1005–1008.

[17] W. Kemula, Z. Kublik: *Zastosowanie nieruchomej „wiszącej" elektrody rtęciowej w chemii analitycznej*. „Chemia Analityczna" 1958 **3** 483–488.

[18] W. Kemula, Z. Galus, Z. Kublik: *Application of the hanging mercury drop method to an investigation of intermetallic compounds in mercury*. „Nature" 1958 **182** 1228–1229.

[19] W. Kemula, Z. Kublik: *Application de la goutte pendante de mercure a la determination de minimes quantités de différent ions*. „Analytica Chimica Acta" 1958 **18** 104–111.

[20] W. Kemula, Z. Kublik, S. Głodowski: *Analytical application of the hanging mercury drop electrode. Determination of impurities in high purity zinc*. „Journal of Electroanalytical Chemistry" 1959/60 **1** 91–100.

[21] W. Kemula, E. Rakowska, Z. Kublik: *Analytical application of the hanging mercury drop electrode. IV. Analysis of traces of impurities in uranium salts*. „Journal of Electroanalytical Chemistry" 1959/60 **1** 205–217.

[22] W. Kemula, Z. Kublik: *Application of the hanging mercury drop electrode to the direct evaluation of minute amounts of lead in urine*. „Nature" 1961 **189** 57.

[23] J. Wang: *Stripping analysis. Principles, instrumentation and applications*. VCH, Deerfield Beach 1985.

[24] K. Stulik: *Advances in electrochemical stripping analysis*. W: „Instrumentation in Analytical Chemistry" (J. Zyka, ed.). New York 1994 Ellis Horwood s.35–53.

[25] R. Kalvoda, M. Kopanica: *Adsorptive stripping voltammetry in trace analysis*. „Pure and Applied Chemistry" 1989 **61** 97–112.

[26] W. Kemula, Z.R. Grabowski: *Ukryte prądy graniczne i dyfuzyjne*. „Roczniki Chemii" 1952 **26** 266–280.

[27] W. Kemula, Z. Kublik: *Woltamperometria cykliczna z zastosowaniem nieruchomej wiszącej kroplowej elektrody rtęciowej. II. Badanie mechanizmu redukcji nitrobenzenu*. „Roczniki Chemii" 1958 **32** 941–954.

[28] W. Kemula, E. Rakowska: *Woltamperometria cykliczna wodnych roztworów zwiazków chromu na nieruchomej wiszącej elektrodzie rtęciowej*. „Roczniki Chemii" 1962 36 203–213.

[29] W. Kemula, A. Hulanicki, S. Rubel: *Oznaczanie domieszek ołowiu, kadmu, cyny i żelaza w cynku*. „Przemysł Chemiczny" 1955 **34** 102–106.

[30] E.T. Bartel, Z.R. Grabowski, W. Kemula, W. Turnowska-Rubaszewska: *Polarograficzne, potencjometryczne i spektrometryczne badanie kilku aldehydów aromatycznych w roztworach o różnych pH*. „Prace Konferencji Polarograficznej" 1956 333–338.

[31] E.T. Bartel, Z.R. Grabowski, W. Kemula, W. Turnowska-Rubaszewska: *Polarograficzne i spektrofotometryczne studium procesów redukcji oraz równowagi kwasowo-zasadowej p-dwumetyloamino-benzaldehydu i jodku p-benzaldehydo-trójmetyloamoniowego*. „Roczniki Chemii" 1957 **31** 13–26.

[32] W. Kemula, J. Kornacki: *Polarograficzne oznaczanie ołowiu w perhydrolu, fluorowodorze i fluorku amonu*. „Chemia Analityczna" 1958 **3** 825–830.

[33] W. Kemula, W. Brachaczek, A. Hulanicki: *Oznaczanie platyny w perhydrolu i fluorku amonu metodą miareczkowania ekstrakcyjnego.* „Chemia Analityczna" 1958 **3** 913–921.

[34] W. Kemula, K. Brajter, S. Cieślik, H. Lipińska: *Oznaczanie miedzi, żelaza i ołowiu w srebrze metalicznym.* „Chemia Analityczna" 1959 **4** 409–415.

[35] W. Kemula, S. Rubel: *Polarographische Bestimmung von Nickel, Zink, Mangan und Eisen in Ferriten.* „Acta Chimica Academiae Hungarica" 1961 **27** 133–136.

[36] W. Kemula, K. Brajter, S. Rubel: *Metody analizy ferrytów.* I. *Oznaczanie niklu i cynku w ferrytach manganowo-cynkowych i niklowo-cynkowych metodą polarograficzna i kompleksometryczną.* „Chemia Analityczna" 1961 **6** 331–341.

[37] W. Kemula, A. Hulanicki, W. Nawrot: *Potentiometric study of diethyldithiocarbamate complexes of mercury* (II). „Roczniki Chemii" 1962 **36** 1717–1718.

[38] W. Kemula, A. Janowski: *Budowa kompleksów metali z dwufenylokarbazonem.* I. *Widma w podczerwieni dwufenylokarbazonu, dwufenylokarbazydu, połączenia międzycząsteczkowego dwufenylokarbazonu z dwufenylokarbazydem i dwufenylotiokarbazonu (ditizonu).* „Roczniki Chemii" 1966 **40** 9–20.

[39] W. Kemula, J. Czarnecki: *Termograficzne i termograwimetryczne badanie kompleksowych połączeń rodanku niklawego z pikolinami.* „Roczniki Chemii" 1967 **41** 1463–1472.

[40] W. Kemula, K. Brajter: *Wyznaczanie stałych trwałości kompleksów ferronowych cynku i kadmu.* „Chemia Analityczna" 1968 **13** 503–508.

Adam Hulanicki and Zbigniew Galus

PROFESSOR WIKTOR KEMULA AND HIS SIGNIFICANCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY AND ELECTROANALYSIS

The period activity of Professor Wiktor Kemula in science coincided with the rapid development of chemistry, and particularly of electrochemistry and analytical chemistry. His early stay in the Herkovský's laboratory in Prague was specially fruitful in further research fields of Kemula. He contributed to several fundamental electrochemical concepts and later, in Lwów and in Warsaw, this was the main trend in his work. Among the main achievements are usually mentioned the creation of the new analytical techniques: *chromato-polarography* and the *cyclic voltammetry with the stationary mercury drop electrode.* The former, which combines the elements of separation and determination techniques into one coherent system, can be treated as a prototype of contemporary common coupled (or hyphenated) techniques, which became nearly a standard in complex analytical investigations. The latter developed continuously since the initial Kemula works, and is now termed *stripping* (or *inverse*) *voltammetry.* It is one of the most sensitive electroanalytical techniques, one of the cornerstones in inorganic trace analysis. In analytical chemistry Professor Kemula has foreseen that the quality problem is the basic

one and has indicated the necessity of controlling the analytical results by parallel determinations using basically different methods. He also paid much attention to the study of analytical procedures, which, beside of sound theoretical basis, should found an immediate application in practice.

Professor Wiktor Kemula was also much interested in teaching at the University, being involved in lecturing, inspecting the students laboratories, and improving the teaching programmes. He laid foundation of the Committee on Analytical Chemistry of the Polish Academy of Sciences, being its Chairman, and was a co-organiser of the Polish journal on analytical chemistry „*Chemia Analityczna*" and for many years its Editor-in-Chief.