

Józef Szudy

Instytut Fizyki UMK, Toruń

ORCID 0000-0001-7048-5435

O ZWIĄZKACH WALTHERA HERMANNA NERNSTA Z NAUKĄ POLSKĄ

The connections of Walther Hermann Nernst with Polish academic life

SUMMARY

A brief account of connections between Walther Hermann Nernst and Polish scientists involved in research in the fields of physical chemistry as well as pure physics is given. Particular attention is focused on the research done by Stanisław Tołłoczko, who in 1893 arrived in Göttingen and in 1898 received his PhD in chemistry under the guidance of Nernst. It turned out that Tołłoczko's stay in the Nernst school became a milestone in the history of Polish science, as it has given rise to the establishment of studies in physical chemistry first at the Jagiellonian University in Kraków, and later at the University of Lvów. In later years one of Tołłoczko's coworkers, Wiktor Jakób, initiated research in physical chemistry at the Technical University at Lvów. He is regarded as the founder of research in coordination chemistry in Poland.

Other topics discussed in the article include a rich legacy related to the names of Walther Nernst and Jan Czochralski, who invented a method of crystal growth used to obtain single crystals of semiconductors.

Keywords: biography of Walther H. Nernst, history of physical chemistry in Poland, Stanisław Tołłoczko and his legacy

Słowa kluczowe: biografia Walthera H. Nernsta, historia chemii fizycznej w Polsce, Stanisław Tołłoczko i jego dziedzictwo

1. Pierwszy etap na drodze życiowej Nernsta: od narodzin w Wąbrzeźnie do doktoratu w Würzburgu

Zasadniczym powodem, który skłonił mnie do poszukiwania związków Walthera Hermanna Nernsta, wybitnego chemika i fizyka niemieckiego oraz laureata Nagrody Nobla z chemii, z nauką polską jest fakt, że miejsce jego urodzenia oraz śmierci znajdują się na terytorium Polski. Nernst urodził się 25 czerwca 1864 r. w Wąbrzeźnie, które już od I rozbioru Polski, mając oficjalną nazwę Briesen, wchodziło w skład zaboru pruskiego. Zmarł 18 listopada 1941 r. w swej posiadłości w Ober Zibelle koło Bad Muskau na Łużycach, która po II wojnie światowej pod nazwą Niwica (pow. Żary, woj. lubuskie) znalazła się na terytorium Polski. Całe swoje dzieciństwo i młodość spędził na Ziemi Chełmińskiej należącej wówczas do Prus Zachodnich.

Walther Nernst urodził się w rodzinie niemieckiej wywodzącej się z Brandenburgii i nie miał żadnych więzów krwi z polskością. Jego ojciec, Gustav Nernst, był pracownikiem pruskiego sądu w Wąbrzeźnie, a następnie sędzią w Grudziądzu. Gdy Walther Hermann był jeszcze dzieckiem zmarła jego matka Ottilie (z d. Nenger), zaś w wieku młodzieńczym stracił ojca. Wówczas zaopiekowali się nim oraz czworgiem jego rodzeństwa (Walther był trzecim pod względem starszeństwa) wujostwo Rudolf i Anna Nenger, którzy dzierżawili majątek o powierzchni 671 ha w Pokrzywnie (niem. Engelsburg), niedaleko Grudziądza. Pokrzywno było przez wiele lat ulubionym miejscem Walthera Nernsta, do którego powracał wielokrotnie po studiach – nawet wówczas, gdy był już profesorem uniwersyteckim¹.

W latach 1874–1883 Nernst uczęszczał do ewangelickiego Gimnazjum Królewskiego w Grudziądzu (Königliches evangelisches Gymnasium zu Graudenz), które pierwotnie mieściło się w budynku przy obecnej ul. Klasztornej, a od 1881 r. w nowo wybudowanym gmachu przy obecnej ul. Sienkiewicza 27 (niem. Börgerstrasse). Gmach ten istnieje do dziś, a obecnie mieści się w nim I Liceum Ogólnokształcące im. Bolesława Chrobrego. To w tym gimnazjum objawiły się uzdolnienia Nernsta w zakresie nauk przyrodniczych. Największy wpływ na kształtowanie się jego zainteresowań wywarł nauczyciel matematyki i fizyki, Christian Friedrich Röhl². Wiosną 1883 r. Nernst zdał egzamin maturalny, a następnie rozpoczął studia na Wydziale Filozoficznym Uniwersytetu w Zurychu, aby – jak napisał w swoim życiorysie – poświęcić się studiom fizyki, chemii i matematyki³. Według niektórych źródeł powodem tego, że wybrał ten wówczas stosunkowo młody, założony w 1833 r. Uniwersytet jako swoją pierwszą *Alma*

¹ M. Niedzielska, *Walther Hermann Nernst (1864–1941). Vita*, [w:] M. Niedzielska, J. Szudy, *Walther Hermann Nernst Noblista z Pomorza*, Toruń 2014, s. 7.

² Tamże, s. 10.

³ H.G. Bartel, R.P. Huebener, *Walther Nernst: Pioneer of Physics and of Chemistry*, Singapore 2007 (dalej cyt.: Bartel, Huebener), s. 17.

Mater był fakt, że tamtejsze katedry nauk ścisłych miały opinię bardzo nowoczesnych. To tam profesor fizyki Heinrich Weber rozpoczął pionierskie badania zależności ciepła właściwego pierwiastków od temperatury. Wówczas w fizyce obowiązywał pogląd, że ciepło właściwe nie zależy od temperatury. Pogląd taki był oparty na wynikach doświadczeń przeprowadzonych w 1819 r. przez fizyków francuskich P.L. Dulonga i A.Y. Petita, którzy na podstawie pomiarów przeprowadzonych w temperaturach pokojowych stwierdzili, że tzw. *atomowe* ciepło właściwe, czyli ciepło potrzebne do ogrzania jednego gramoatomu o jeden stopień jest dla wszystkich pierwiastków występujących w stanie stałym jednakowe i w przybliżeniu równe trzykrotnej stałej gazowej. Jest to tzw. *reguła Dulonga-Petita*, którą w XIX w. traktowano jako coś w rodzaju prawa fizyki, tym bardziej że znalazła ona uzasadnienie w ramach fizyki klasycznej⁴.

W 1875 r. Weber wykonał w Zurychu pomiary zależności ciepła właściwego od temperatury dla diamentu, grafitu, boru oraz krzemu i stwierdził, że reguła Dulonga-Petita jest spełniona dla nich jedynie w temperaturach odpowiednio wysokich. W przeciwieństwie do tego, gdy oziębiał te ciała do temperatury -79°C , zmierzone przez niego wartości ciepła właściwego były znacząco mniejsze od wartości wynikającej z reguły Dulonga-Petita. Było to doniosłe odkrycie, które przez długi czas pozostało niezrozumiałe, gdyż stało w sprzeczności z przewidywaniami opartymi na klasycznej zasadzie ekwipartycji energii⁵. Po trzydziestu latach okazało się, że doświadczenia Webera dostarczyły argumentów na słuszność teorii kwantów, podanej przez Maxa Plancka w 1900 r. Stało się to za sprawą Alberta Einsteina, który w 1907 r. opierając się na teorii kwantów odrzucił klasyczny punkt widzenia na ekwipartycję energii i na tej podstawie wyprowadził wzór na ciepło właściwe w funkcji temperatury. Wzór ten dla wysokich temperatur był zgodny z regułą Dulonga-Petita, ale w miarę obniżania temperatury przewidywał malejące wartości ciepła właściwego, dążące do zera dla temperatur bliskich zera bezwzględного. Einstein dokonał porównania wyników obliczonych z jego wzoru z wynikami pomiarów Webera dla diamentu i stwierdził, że jego teoria tłumaczy zagadkowy wówczas fakt zmniejszania się ciepła właściwego w temperaturach niskich. Jednakże wyniki teoretyczne Einsteina nie były zgodne z wynikami pomiarów, co skłoniło później Petera Debye'a do opracowania bardziej realistycznego modelu.

Nie wiemy, czy wiosną 1883 r. wraz z rozpoczęciem przez Nernsta studiów w Zurychu, zdawał on sobie sprawę z doniosłości doświadczeń Webera i czy w ogóle o nich wiedział. Warto jednak nadmienić, że w *curriculum vitae* napisanym własnoręcznie po łacinie w 1890 r. wymienia Heinricha Webera obok Börnsteina, Boltzmana, Kohlrauscha i von Ettingshausena jako tych nauczycieli

⁴ A.K. Wróblewski, *Historia fizyki*, Warszawa 2006, s. 336.

⁵ S. Szczeniowski, *Fizyka doświadczalna, Cz. II: Ciepło i fizyka cząsteczkowa*, Warszawa 1976, s. 241.

fizyki, którym zawdzięcza to, co osiągnął w nauce⁶. Co więcej, po latach sam zainteresował się problemem zależności ciepła właściwego od temperatury i przeprowadził niezwykle dokładne pomiary dla możliwie najniższych temperatur, znacznie niższych od tych, które stosował Weber.

Po jednym semestrze spędzonym w Zurychu, w październiku 1883 r. Nernst przeniósł się na Uniwersytet w Berlinie, skąd w kwietniu 1884 r. powrócił do Zurychu i studiował tam aż do jesieni 1885 r., kiedy to zapisał się na Uniwersytet w Grazu, w Austrii. Jego nauczycielami akademickimi byli tam Ludwig Boltzmann i Albert von Ettingshausen, o czym sam wspominał z wielkim uznaniem w swoim *curriculum vitae*. Pod kierownictwem von Ettingshausena Nernst prowadził badania doświadczalne dotyczące wpływu pola magnetycznego na przepływ prądu elektrycznego i ciepła. Ważnym wynikiem tych badań było odkrycie w 1886 r. nieznanego dotąd zjawiska polegającego na tym, że gdy płytkę metalową, przez którą płynie strumień ciepła umieścimy w poprzecznym polu magnetycznym, wówczas w kierunku prostopadłym do kierunku prądu ciepła i pola magnetycznego powstaje napięcie elektryczne proporcjonalne do wielkości pola magnetycznego i do różnicy temperatur odpowiedzialnej za przepływ ciepła. Jest to *efekt Ettingshausena-Nernsta* wywołany działaniem siły Lorentza, która odchyła nośniki ładunków w kierunku prostopadłym do pola magnetycznego. Mechanizm tego zjawiska jest analogiczny do efektu Halla, z tą różnicą, że w tym przypadku nośniki ładunków elektrycznych uzyskują swoją szybkość pod wpływem gradientu temperatury, a nie pod wpływem pola elektrycznego. Wyniki doświadczeń przeprowadzonych przez Nernsta w Grazu zostały opublikowane w postaci kilku prac oraz weszły w skład jego rozprawy doktorskiej. Ponieważ w owym czasie Uniwersytet w Grazu nie miał uprawnień do nadawania doktoratów, obrona pracy doktorskiej odbyła się na Uniwersytecie w Würzburgu. Nernst przeniósł się tam jesienią 1886 r. Pod kierunkiem Friedricha Kohlrauscha ukończył pisanie pracy doktorskiej, na podstawie której 11 maja 1887 r. otrzymał tytuł doktora. Praca doktorska została opublikowana w czasopiśmie „*Annalen der Physik und Chemie*”⁷ i wywarła znaczny wpływ na rozwój fizyki oraz chemii w następnych dekadach. Pobyt Nernsta w zespole Kohlrauscha okazał się niezwykle ważny dla jego dalszej kariery naukowej, gdyż w tym samym czasie pracował tam przybyły ze Szwecji Svante Arrhenius. Pod jego wpływem Nernst skierował swoje zainteresowania ku zagadnieniom chemii fizycznej.

⁶ Bartel, Huebener, dz. cyt., s. 17; M. Niedzielska, dz. cyt., s. 19.

⁷ W.H. Nernst, *Über die elektromotorischen Kräfte, welche durch den Magnetismus in von einem Wärmestrome durchflossenen Metalplatten geweckt werden*, „*Annalen der Physik und Chemie*”, Neue Folge, Band 31, 1887, s. 760–789.

2. Drugi etap w życiu Nernsta: chemia fizyczna w Lipsku

Kilka miesięcy po doktoracie Nernst wraz z Arrheniusem pojechali do Grazu, aby spotkać się z przebywającym tam wybitnym chemikiem Wilhelmem Ostwaldem, dotychczasowym profesorem na uniwersytecie w Rydze. W tym czasie został on powołany na katedrę chemii fizycznej na uniwersytecie w Lipsku i przed objęciem tej posady odbywał podróż naukową po Europie, włącznie z wizytą w Grazu na zaproszenie Boltzmanna i von Ettingshausena. Ostwald zaproponował Nernstowi stanowisko asystenta w jego katedrze w Lipsku, co jak się później okazało miało ważne konsekwencje dla dalszego rozwoju nauki. Nernst przyjął tę propozycję i jesienią 1887 r. przybył do Lipska rozpoczynając bardzo owocną współpracę z Ostwaldem, który w krótkim czasie stworzył w Lipsku wielki Instytut Chemii Fizycznej. Instytut ten stał się wkrótce światowym centrum badań w zakresie chemii fizycznej, która odtąd zyskała rangę niezależnej dyscypliny naukowej. W 1887 r. Ostwald i holenderski chemik Jacobus van't Hoff założyli w Lipsku czasopismo *Zeitschrift für physikalische Chemie*, które odegrało ważną rolę w rozwoju nauk przyrodniczych. Rok 1887, Oswald nazwał *punktem zwrotnym dla nauki*⁸.

Po przybyciu do Lipska Nernst rozpoczął badania dotyczące podstawowych problemów elektrochemii, przede wszystkim zagadnień dysocjacji elektrolitycznej i przewodnictwa elektrolitów. Ostwald zlecił Nernstowi wnikliwe zbadanie pewnych kontrowersji dotyczących niezgodności wyników obliczeń opartych na termodynamicznej teorii ogniw galwanicznych, rozwiniętej przez Hermanna von Helmholtza, a wynikami pomiarów termochemicznych, uzyskanymi przez kilku badaczy sugerujących niestosowalność teorii Helmholtza do niektórych elektrolitów. Nernst przeprowadził z dużą dokładnością pomiary dla tych elektrolitów i stwierdził, że wcześniejsze pomiary były obarczone błędami oraz jednocześnie potwierdził pełną stosowalność teorii Helmholtza⁹.

Kolejnym problemem, który stał się przedmiotem jego badań w Lipsku była sprawa powstawania siły elektromotorycznej w ogniwach galwanicznych. Nie znano wtedy odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób procesy elektrochemiczne w roztworach elektrolitycznych powodują powstawanie różnicy potencjałów pomiędzy elektrodami ogniwa. Aby wyjaśnić tę sprawę Nernst przyjął punkt widzenia zaproponowany przez van't Hoffa, który to zwrócił uwagę na analogię pomiędzy zachowaniem się gazu doskonałego i roztworu rozcieńczonego. Mianowicie według van't Hoffa cząsteczki ciała rozpuszczonego w roztworze podlegają dokładnie prawom gazu doskonałego pod warunkiem, że przez ciśnienie będziemy rozumieli ciśnienie osmotyczne p_{os} . Na tej podstawie można sformułować rów-

⁸ Bartel, Huebener, dz. cyt., s. 40.

⁹ W. Nernst, *Über die Bildungswärme der Quecksilberverbindungen*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1888, 2, s. 23–28.

nianie stanu dla roztworu rozcieńczonego w postaci: $p_{os} V = nRT$, gdzie n oznacza liczbę moli ciała rozpuszczonego w danej objętości V w temperaturze T , zaś R jest uniwersalną stałą gazową. Ten sam punkt widzenia przyjął Arrhenius w swej teorii dysocjacji elektrolitycznej, której sformułowanie traktuje się jako kamień milowy w rozwoju elektrochemii. Na przełomie lat 1888/1889 Nernst, opierając się na pracach van't Hoffa i Arrheniusa opracował ogólną teorię przewodnictwa roztworów elektrolitycznych. Głównym założeniem tej teorii jest przyjęcie, że istotnym czynnikiem mającym wpływ na ruch jonów w elektrolicie jest gradient ciśnienia osmotycznego, który te jony wywierają. W celu wyprowadzenia ogólnego wyrażenia na siłę elektromotoryczną, powstającą na pograniczu elektrody metalowej i elektrolitu, Nernst zastosował teorię dyfuzji podaną przez Adolfa Ficka i wprowadził bardzo ważne pojęcie *Lösungstension*¹⁰. Balter i Huebener w swej monografii¹¹ pojęcie to określają angielskim terminem *solution tension*, natomiast Szczepan Szczeniowski używa polskiego terminu *elektrolityczna prężność roztwórcza*¹². Zgodnie z teorią Nernsta, gdy zanurzamy metal do roztworu, to jego prężność roztwórcza jest tym czynnikiem, który powoduje przechodzenie jego jonów do roztworu, natomiast jony znajdujące się w roztworze wywierają pewne ciśnienie osmotyczne, które z kolei powoduje wydzielanie się jonów z roztworu. W efekcie końcowym ustala się równowaga dynamiczna polegająca na tym, że między metalem a roztworem powstaje różnica potencjałów o takiej wartości, która równoważy działanie prężności roztwórczej wpływem ciśnienia osmotycznego. W ramach takiego podejścia Nernst wyprowadził ogólne równanie pozwalające wyrazić potencjał elektrody V za pomocą elektrolitycznej prężności roztwórczej jonów p_m i ciśnienia osmotycznego p_{os} , które ma postać następującą:

$$V = \frac{RT}{zF} \ln \frac{p_m}{p_{os}}, \quad (1)$$

gdzie F oznacza stałą Faradaya, zaś z wartościowość jonu, przy czym parametry p_m i p_{os} można wyrazić za pomocą stężeń substancji biorących udział w procesie elektrodowym.

Jest to słynne *równanie Nernsta*, które jako podstawowa zależność elektrochemiczna stanowi do obecnej chwili klasyczny element monografii i podręczników dotyczących chemii fizycznej. Odnosząc się do prac z lat 1888/89, które dopro-

¹⁰ W. Nernst, *Die elektromotorische Wirksamkeit der Ionen*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1889, 4, s. 129–181.

¹¹ Bartel, Huebener, dz. cyt., s. 47.

¹² S. Szczeniowski, *Fizyka doświadczalna, Cz. III: Elektryczność i magnetyzm*, Warszawa 1972, s. 199–200.

wadziły do sformułowania tego równania, Max Bodenstein¹³ wyraził się, że dzięki nim Nernst dołączył do grona wielkiej trójki twórców chemii fizycznej. Byli nimi: van't Hoff, który stworzył teorię roztworów, Arrhenius – twórca teorii dysocjacji elektrolitycznej oraz Ostwald – autor fundamentalnych prac nad równowagą chemiczną i szybkością reakcji chemicznych. Wszyscy oni otrzymali później Nagrody Nobla z chemii: van't Hoff w 1901, Arrhenius w 1903, Ostwald w 1909, a Nernst w 1920 r. Te cztery nazwiska tworzą *kwartet twórców chemii fizycznej*.

Warto zauważyć, że współcześnie równanie Nernsta odgrywa kluczową rolę w biofizyce i neurologii. Istnieje bowiem analogia pomiędzy ogniwem elektrolitycznym a komórką nerwową – neuronem. Błona komórki nerwowej charakteryzuje się większą przepuszczalnością dla jonów potasu niż dla jonów sodu. W wyniku tego stężenie jonów potasu wewnątrz komórki ρ_w jest znacznie większe niż stężenie ρ_z na zewnątrz. Równanie Nernsta (1) można wówczas przepisać w postaci:

$$V = \frac{RT}{zF} \ln \frac{\rho_z}{\rho_w}, \quad (2)$$

Wstawiając do tego równania wartości tych stężeń można wyznaczyć różnicę potencjałów po obu stronach błony neuronu. Okazuje się, że ta różnica potencjałów gra kluczową rolę w przenoszeniu sygnałów nerwowych.

Wyniki powyżej omówionych badań Nernsta weszły w skład jego rozprawy pt. *Die elektromotorische Wirksamkeit der Ionen*, na podstawie której w 1889 r. uzyskał w Lipsku habilitację¹⁴. Opisowi tych wyników poświęcił Nernst także oddzielne prace opublikowane w *Sprawozdaniach Królewskiej Pruskiej Akademii Nauk*¹⁵ i w założonym przez Oswalda i van't Hoffa czasopiśmie *Zeitschrift für physikalische Chemie*¹⁶. Wkrótce po habilitacji tj. latem 1889 r. Nernst przeprowadził się do Heidelbergu na zaproszenie Juliusa Brühla, który zaoferował mu stanowisko asystenta. Zanim jednak opuścił Lipsk, zdołał zakończyć pracę z Ostwaldem, w której dokonali podsumowania dotychczasowych badań w zakresie przewodnictwa elektrolitów oraz rozstrzygnęli kilka kontrowersji dotyczących spraw dysocjacji elektrolitycznej, wywołanych przez niektórych oponentów teorii dysocjacyjnej¹⁷.

¹³ M. Bodenstein, *Walther Nernst (25.6.1864–18.11.1941)*, „Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft” 1942, 75, 6A, s. 79–104.

¹⁴ W. Nernst, *Die elektromotorische Wirksamkeit der Ionen, Habilitationsschrift, Universität Leipzig*, Leipzig 1889.

¹⁵ W. Nernst, *Zur Theorie umkehrbarer galvanischer Elemente*, Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1889, 83–95.

¹⁶ W. Nernst, *Die elektromotorische Wirksamkeit der Ionen*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1889, 4, s. 129.

¹⁷ W. Ostwald, W. Nernst, *Über freie Ionen*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1889, 3, s. 120.

3. Etap trzeci: Getynga (1890–1905)

3.1. Przyznanie *Veniam legendi* w zakresie fizyki

Według Bartela i Huebenera¹⁸ głównym powodem, dla którego Nernst przeniósł się na uniwersytet w Heidelbergu było to, że jedną z czołowych postaci wśród tamtejszych chemików był wybitny uczony Robert Wilhelm Bunsen, który wspólnie z Gustawem Robertem Kirchhoffem stworzył podstawy analizy spektralnej. Okazało się jednak, że w końcu 1889 r. Bunsen odszedł na emeryturę, co zniechęciło Nernsta do dalszego przebywania w Heidelbergu. Szczęśliwym wydarzeniem stało się, że w tym czasie znany fizyk Eduard Riecke, dyrektor Instytutu Fizycznego na Uniwersytecie Georga-Augusta w Getyndze (*Georg-August-Universität zu Göttingen*), przysłał Nernstowi zaproszenie do objęcia stanowiska asystenta w tym Instytucie obiecując, że poczyni starania o to, aby w przyszłości mógł on objąć stanowisko profesora chemii fizycznej. Nernst przyjął zaproszenie i na wiosnę 1890 r. przybył do Getyngi. Wykład publiczny, o roli sił elektrycznych w reakcjach chemicznych, wygłosił na Uniwersytecie 9 marca. Następnego dnia Rada Wydziału Filozoficznego, na podstawie tego wykładu oraz jedenastu opublikowanych prac, przyznała Walterowi Nernstowi *veniam legendi* w zakresie fizyki¹⁹. Dzięki temu mógł on prowadzić wykłady z fizyki jako *Privatdozent*. Był to początek jego błyskawicznej kariery naukowej, którą zawdzięczał wybitnym osiągnięciom zarówno w dziedzinie chemii jak i fizyki.

3.2. Pierwszy okres w Getyndze: badania w zakresie chemii

Na początku swego pobytu w Getyndze Nernst zajmował się badaniami z zakresu chemii. Wówczas opracował nową metodę wyznaczania mass molowych substancji chemicznych²⁰. Następnie rozpoczął eksperymenty dotyczące zachowania się substancji rozpuszczonej w dwu niemieszających się rozpuszczalnikach. Wynikiem tych badań było odkrycie, że w warunkach równowagi termodynamicznej stosunek stężeń substancji rozpuszczonej w dwu niemieszających się rozpuszczalnikach jest wielkością stałą, nazywaną współczynnikiem podziału. Jest to słynne prawo *podziału Nernsta*, które odgrywa kluczową rolę w chemii analitycznej²¹.

¹⁸ Bartel, Huebener, dz. cyt., s. 57.

¹⁹ Tamże, s. 61.

²⁰ W. Nernst, *Über ein neues Prinzip der Molekulargewichtsbestimmung*, Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften un der Georg-Augusts-Universität zu Göttingen, 1890, s. 57–66 „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1890, 6, s. 16–36; Tenze, *Über eine neue Verwendung der Gefrierapparat zur Molekulargewichtsbestimmung*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1890, 6, s. 573–577.

²¹ W. Nernst, *Über die Verteilung eines Stoffes zwischen zwei Lösungsmitteln*, Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften un der Georg-Augusts-Universität zu Göttingen, 1890, s. 401–416; Tenze, *Verteilung eines Stoffes zwischen zwei Lösungsmitteln und zwischen Lösungsmittel und Dampfraum*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1891, 8, s. 110–139.

Na tym prawie opiera się bowiem chromatografia podziałowa, stanowiąca ważną metodę badawczą współczesnej chemii.

3.3. Nernst w Getyndze jako fizyk

W tym samym czasie Nernst – jako zatrudniony w Instytucie Fizycznym Uniwersytetu w Getyndze – powrócił do problematyki elektryczności i magnetyzmu, którą zajmował się na początku swej kariery na uniwersytecie w Grazu. Z jednej strony był to ukłon w stronę tradycji wielkiej fizyki Uniwersytetu w Getyndze, na którym kilka dekad wcześniej genialny matematyk Carl Friedrich Gauss prowadził badania dotyczące podstaw nauki o elektryczności i magnetyzmie, stworzył podwaliny teorii potencjału i wraz z Wilhelmem Weberem wprowadził absolutny układ jednostek elektromagnetycznych. W czasie, gdy Nernst przybył do Getyngi, w Instytucie Fizycznym pracowało kilku fizyków mogących się poszczycić wybitnym dorobkiem naukowym. Przede wszystkim sam Eduard Riecke, dyrektor Instytutu, prowadził eksperymenty nad zachowaniem się promieni katodowych w polu magnetycznym oraz był jednym z pionierów teorii przewodnictwa elektrycznego w metalach. Oprócz niego wybitne osiągnięcia w zakresie elektromagnetyzmu i optyki mieli Wolde- mar Voigt i Paul Drude. To właśnie Drude przyjął ofertę Nernsta, aby wspólnie przeprowadzić dalsze eksperymenty dotyczące efektu Ettingshausena-Nernsta. Wyniki tych badań, które głównie dotyczyły wpływu temperatury na zachowanie się przepływu strumienia ciepła w metalach w polu magnetycznym, zostały opisane w dwóch artykułach opublikowanych w 1890 i 1891 r.²² Były to ich dwie ostatnie prace dotyczące tego efektu. Nernst natknął się bowiem na poważne trudności związane z interpretacją teoretyczną wyników tych eksperymentów i postanowił porzucić tę tematykę²³. Przyszłość pokazała, że była to słuszna decyzja, gdyż właściwą interpretację badanych zjawisk można było podać dopiero w ramach mechaniki kwantowej, która powstała trzy dekady później. Warto przy tym nadmienić, że współcześnie efekty termomagnetyczne typu efektu Ettingshausena-Nernsta mają znaczenie w fizyce niskich temperatur, przede wszystkim w badaniach nadprzewodnictwa. Chodzi tu o powstawanie tzw. stanu mieszanego w nadprzewodnikach II rodzaju, w którym strumień magnetyczny wnika do wnętrza w postaci „nici” zwanych *worteksami*. Rudolf P. Huebener – *nota bene* współautor cytowanej tu wielokrotnie biografii Nernsta – w 1969 r. wraz ze swoim współpracownikiem A. Seherem jako pierwszy

²² P. Drude, W. Nernst, *Einfluss der Temperatur und des Aggregatzustandes auf das Verhalten des Wismuts in Magnetfelde*, Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augusts-Universität zu Göttingen 1890, s. 471–48; Tenze, *Einfluss der Temperatur und des Aggregatzustandes auf das Verhalten des Wismuts in Magnetfelde*, „Annalen der Physik und Chemie” 1891, 3, Folge 42, s. 568–580.

²³ Bartel, Huebener, dz. cyt., s. 29.

eksperymentalnie pokazał, że efekt Nernsta występuje w fazie worteksowej nadprzewodników II rodzaju²⁴.

Szczególnie interesujące wyniki uzyskano już w XXI w. w badaniach przeprowadzonych w dziedzinie nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego. W 2001 r. grupa amerykańska z Princeton i dwie grupy japońskie z Tokio przeprowadziły pomiary efektu Ettingshausena-Nernsta w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych tlenkowo-miedziowych, które wykazały pojawienie się reżimu fluktuacji nadprzewodnictwa w zakresie od 50 do 100 K powyżej temperatury krytycznej²⁵. Odkrycie to spotkało się z wielkim zainteresowaniem stanowiąc istotny wkład do dziedziny nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego.

Ciekawego odkrycia w 2004 r. dokonała grupa francuska (Paryż) i dwie grupy japońskie (z Osaki i Tokio), które prowadziły badania nadprzewodnictwa w niedawno odkrytym nadprzewodniku CeCoIn₅ w zależności od temperatury (poniżej 25 K) i dla różnych wartości pola magnetycznego. W szczególności przeprowadzili oni pomiary współczynnika Nernsta N zdefiniowanego w postaci:

$$N = \frac{E_y}{B_z \frac{dT}{dx}} \quad (3)$$

gdzie B_z oznacza zewnętrzne pole magnetyczne skierowane wzdłuż osi z , które wskutek istnienia gradientu temperatury $\frac{dT}{dx}$ wzdłuż osi x prowadzi do wystąpienia efektu Nernsta, powodując powstanie pola elektrycznego E_y wzdłuż osi y . Badacze ci stwierdzili, że w temperaturach poniżej 18 K współczynnik ten osiąga anomalnie duże wartości. Takie zachowanie nazwali *gigantycznym efektem Nernsta (giant Nernst effect)*²⁶. Było to cenne odkrycie, które dostarczyło wiele nowych i ważnych danych stanowiących wyzwanie dla teorii nadprzewodnictwa. Kończąc omawianie tego fragmentu działalności Nernsta w zakresie badań dotyczących zjawisk elektro-magneto-termicznych w Getyndze warto zauważyć, że mimo upływu ponad 130 lat od chwili odkrycia efektu Ettingshausena-Nernsta, zjawisko to nadal stanowi źródło inspiracji dla badaczy zajmujących się nowoczesnymi problemami, takimi jak nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe.

To, że Nernst wycofał się z dalszych badań nad prądami elektrycznymi w obecności pola magnetycznego i gradientu temperatur nie oznacza jednak, że wycofał się wówczas w ogóle z badań w zakresie fizyki. Wręcz przeciwnie, pod

²⁴ R.P. Huebener, A. Seher, *Nernst effect and flux flow in superconductors. I. Niobium*, „Physical Review” 1969, 181, s. 701.

²⁵ Y. Wang, Z.A. Xu, T. Takeshita, S. Uchida, S. Ono, Y. Ando, N.P. Ong, *Onset of the vortex-like Nernst signal above T_C in $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ and $Bi_2Sr_{2-y}La_yCuO_6$* , „Physical Review B” 2001, 64, s. 224519.

²⁶ R. Bel, K. Behnia, Y. Nakajima, K. Izawa, Y. Matsuda, H. Shishido, R. Settai, Y. Onuki, *Giant Nernst Effect in CeCoIn₅*, „Physical Review Letters” 2004, 92, s. 217002.

koniec 1891 r. Nernst i Paul Drude przeprowadzili pionierskie doświadczenie, które wzbudziło zachwyt fizyków na świecie zarówno w tamtych czasach, jak i obecnie. Zastosowali oni promieniowanie nadfioletowe do wzbudzenia fluorescencji bardzo cienkich warstw, a następnie eksperymentalnie wykazali istnienie fal stojących dla światła²⁷. Kilka miesięcy przed nimi (w 1890 r.) podobny eksperyment został przeprowadzony na uniwersytecie w Strasburgu przez Otto Wienera²⁸. Podana przez niego interpretacja wzbudziła jednak pewne zastrzeżenia wśród fizyków, w tym Paula Drudego²⁹, co było głównym powodem, dla którego postanowił on powtórzyć to doświadczenie wraz z Nernstem w innym schemacie. Znaczenie eksperymentu Drudego-Nernsta dla fizyki było istotne, gdyż wyniki eksperymentu stanowiły ostateczny i bezpośredni dowód na to, że światło jest falą elektromagnetyczną. Cztery lata wcześniej tj. w 1887 r. Heinrich Hertz, uważany za odkrywcę fal elektromagnetycznych, odkrył fale stojące dla fal wytwarzanych przez drgające dipole elektryczne. W związku z kontrowersjami dotyczącymi problemu istnienia eteru kosmicznego, zagadnienie natury światła było pod koniec XIX w. nadal żywo dyskutowaną sprawą. Ze względu na istotne znaczenie eksperymentu Drudego-Nernsta dla tak ważnej gałęzi nauki i technologii jaką współcześnie stanowi fizyka cienkich warstw, zostało ono powtórzone w 2010 r. przez zespół fizyków z Korei Południowej, którzy użyli światła lasera helowo-neonowego oraz cienkich warstw sporządzonych z polimerów wykazujących skoniugowany układ wiązań typu π ³⁰. Wykazali przy tym, że aby wytworzyć stojące fal świetlne wystarczy użyć zwykłego wskaźnika laserowego stosowanego do prezentacji wykładowych, co umożliwia wykonanie tego doświadczenia w pracowni studenckiej.

Sam Nernst doceniał wagę doświadczenia wykonanego wraz z Drudem dla fizyki, o czym świadczy jego list wysłany 27 listopada 1891 r. do Ostwalda, w którym donosi mu o tym, że obaj napisali pracę o stojących falach świetlnych³¹. W liście tym Nernst wtrąca uwagę, że *niedawno stał się bardziej fizykiem*. Wydaje się, że ta uwaga miała jednak charakter pewnego żartu, gdyż już we wrześniu 1891 r. Nernst został mianowany profesorem chemii fizycznej, co oznacza, że Riecke spełnił swoją obietnicę, którą mu dał, gdy zapraszał go do Getyngi. Do

²⁷ P. Drude, W. Nernst, *Über die Fluoreszenzwirkung stehenden Lichtwellen*, Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augustd-Universität zu Göttingen 1891, s. 346–351; Tenże, *Über die Fluoreszenzwirkung stehenden Lichtwellen*, „Annalen der Physik und Chemie” 1892, 3, Folge 42, s. 460–474.

²⁸ O. Wiener, *Stehende Lichtwellen und die Schwingungsrichtung polarisirten Lichtes*, „Annalen der Physik” 1890, 276 (6), s. 203–243.

²⁹ P. Drude, *Bemerkungen zu der Arbeit des Hrn. O. Wiener: „Stehende Lichtwellen und die Schwingungsrichtung polarisierten Lichtes”*, „Annalen der Physik” 1890, 277 (9), s. 154–160.

³⁰ M. Kim, B.J. Kim, H.H. Lim, K. Pandiyan, M. Cha, *Demonstration of standing light waves with a laser pointer*, „Journal of the Korean Physical Society” 2010, 56, nr 5, s. 1542.

³¹ Bartel, Huebener, dz. cyt., s. 63.

fizyki Nernst wracał później wielokrotnie prowadząc na przemian – a często też równolegle – badania zarówno w zakresie fizyki jak i chemii. I tak w 1893 r. zainteresował się dziedziną dielektryków oraz napisał pracę, w której zaproponował nową metodę wyznaczania stałej dielektrycznej. Metoda ta, oparta na wykorzystaniu mostka Wheatstone’a, charakteryzowała się bardzo dobrą dokładnością i była stosowana w wielu laboratoriach oraz w nauczaniu uniwersyteckim przez wiele kolejnych dekad³².

3.4. Powstanie i rozwój szkoły naukowej Nernsta

W tym właśnie czasie Nernst podjął wiele tematów badawczych dotyczących podstaw chemii fizycznej, przede wszystkim zagadnień termodynamiki, w tym teorii przejść fazowych i kinetyki chemicznej. Wspólnie z Gustavem Tammanem z Dorpatu napisał pracę na temat uwalniania wodoru z roztworów przez metale³³. W 1892 r. opublikował dwie prace dotyczące elektrochemii, z których pierwsza była poświęcona niektórym aspektom zjawiska powstawania różnicy potencjałów w roztworach rozcieńczonych³⁴, zaś druga, której współautorem był student Robert Pauli, zawierała wyniki dalszych badań na temat sił elektromotorycznych wywoływanych przez jony³⁵. Nieco później w dwóch artykułach opisał wyniki swych badań dotyczących zależności własności roztworów stężonych od zmian energii swobodnej³⁶. Do tych wyników Nernst przywiązywał wielką wagę, o czym można się dowiedzieć z jego listu, który już w lutym 1892 r. wysłał

³² W. Nernst, *Dielektricitätskonstante und chemische Gleichgewicht*, Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augustd-Universität zu Göttingen 1893, s. 491–496; W. Nernst, *Dielektricitätskonstante und chemische Gleichgewicht*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1894, 13, s. 531–536; W. Nernst, *Method zur Bestimmung von Dielektricitätskonstanten*, Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augustd-Universität zu Göttingen 1893, s. 782–774; W. Nernst, *Method zur Bestimmung von Dielektricitätskonstanten*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1894, 14, s. 622–663.

³³ G. Tammann, W. Nernst, *Über die Maximaltension, mit welcher Wasserstoff aus Lösungen durch Metalle in Freiheit gesetzt wird*, Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augustd-Universität zu Göttingen 1891, s. 201–212; G. Tammann, W. Nernst, *Über die Maximaltension, mit welcher Wasserstoff aus Lösungen durch Metalle in Freiheit gesetzt wird*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1892, 9, s. 1–11.

³⁴ W. Nernst, *Über die Potentialdifferenz verdünnter Lösungen*, „Annalen der Physik und Chemie” 1892, 45, s. 360–369.

³⁵ W. Nernst, R. Pauli, *Weiteres zur elektromotorischen Wirksamkeit der Ionen*, „Annalen der Physik und Chemie” 1892, 45, s. 353–359.

³⁶ W. Nernst, *Über die mit Vermischung $k(c)$ onzentrierter Lösungen verbundene Änderung der freien Energie*, Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augustd-Universität zu Göttingen 1892, s. 428–438 (1892); W. Nernst, *Über die mit Vermischung $k(c)$ onzentrierter Lösungen verbundene Änderung der freien Energie*, „Annalen der Physik und der Chemie” 1894, 53, s. 1–358.

Ostwaldowi do Lipska³⁷. Równolegle do tych badań Nernst prowadził intensywne prace dotyczące podstaw elektrochemii. Dowiadujemy się o tym z jego kolejnego listu wysłanego do Ostwalda w lipcu 1893 r., w którym z pewną dumą donosi, iż jest zaangażowany badaniem zjawiska elektrostrykcji, wynikającego ze „ściśnięcia” cząsteczek rozpuszczalnika pod wpływem pola elektrostatycznego jonu³⁸. Wyniki tych badań, które prowadził wspólnie z fizykiem Paulem Drude, zostały opublikowane w 1894 r.³⁹ Jest to ważna praca, gdyż wyprowadzone w niej równania, zwane równaniami Drudego-Nernsta, stanowią punkt wyjścia do interpretacji wielu współczesnych eksperymentów dotyczących efektów elektrostrykcji. Jednocześnie była to ich ostatnia wspólna publikacja, gdyż parę tygodni później Drude opuścił Getyngę i udał się do Lipska, aby objąć katedrę fizyki technicznej. Jak wynika ze wspomnianego wyżej listu, Nernst, wiedząc o wakującej katedrze w Lipsku, gorąco namawiał Ostwalda do zaofiarowania tej katedry właśnie Drudem argumentując przy tym, że jest on wybitnie twórczym fizykiem.

W tym czasie Nernst zdobył już powszechne uznanie w Europie i Ameryce Północnej jako wybitny uczony, tworzący podwaliny nowoczesnej nauki. Wielu młodych adeptów chemii i fizyki z różnych stron świata starało się o przyjęcie do jego szkoły doktorskiej, która wówczas się tworzyła. Według Bartela i Huebenera pierwszym z tych, który uzyskał w Getyndze u Nernsta doktorat (w 1893 r.) był wspomniany powyżej Robert Pauli⁴⁰. Drugim był Max Roloff, który w 1894 r. uzyskał doktorat na podstawie rozprawy dotyczącej reakcji fotochemicznych w roztworach⁴¹. Międzynarodową sławę przyniósł Nernstowi opublikowany w 1893 r. podręcznik chemii teoretycznej⁴². Był to nowoczesny podręcznik, później wielokrotnie wznawiany, przy czym ze względu na to, że autor włączał do tekstu najnowsze osiągnięcia, objętość kolejnego wydania wzrastała. Pierwsze wydanie z roku 1893 liczyło 359 stron, natomiast piętnaste wydanie z 1926 r. obejmowało już 927 stron. Jednocześnie podręcznik ten był tłumaczony na języki angielski (pięć wydań) i francuski (dwa wydania) oraz odegrał kluczową rolę w rozwoju nauk przyrodniczych na świecie. Między innymi dzięki temu podręcznikowi Nernst został uznany za najwybitniejszego fizykochemika tamtych czasów.

³⁷ R. Zott (ed.), *Wilhelm Ostwald und Walther Nernst in ihren Briefen sowie in denen Zeitgenossen*, Berlin 1996, s. 40.

³⁸ Tamże, s. 64.

³⁹ P. Drude, W. Nernst, *Über elektrostriktion durch freie Ionen*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1894, 15, s. 79–85.

⁴⁰ R. Pauli, *Bestimmung der Empfindlichkeitskonstanten eines Galvanometer mit astonischen Nadelpaar und aperiodischer Dämpfung*, Dissertation, Universität Göttingen 1893.

⁴¹ M. Roloff, *Beiträge zur Kenntnis der photochemischen Wirkung in Lösungen*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1894, 13, s. 327–368.

⁴² W. Nernst, *Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadro’schen Regel un der Thermodynamik*, Stuttgart 1893.

3.5. Instytut Chemii Fizycznej i Elektrochemii w Getyndze

Wszystkie powyżej opisane osiągnięcia Nernsta zostały przez niego uzyskane, gdy ciągle był pracownikiem Instytutu Fizycznego. Prof. Riecke, dyrektor Instytutu, utworzył oddzielną sekcję chemii fizycznej i elektrochemii kierowaną przez Nernsta i jednocześnie prowadził działania mające na celu utworzenie niezależnej jednostki w ramach Wydziału Filozoficznego. Starania te zakończyły się sukcesem. Tytuł profesora zwyczajnego Nernst otrzymał 20 grudnia 1894 r. mając wówczas 30 lat, co było szczytem kariery akademickiej. Kilka tygodni później, w styczniu 1895 r., rząd zdecydował o utworzeniu na Uniwersytecie w Getyndze Instytutu Chemii Fizycznej i Elektrochemii oraz mianował Nernsta jego dyrektorem. Dokonano zakupu działki i uzyskano znaczne środki finansowe na zbudowanie tam od podstaw gmachu dla tego Instytutu. Projekt architektoniczny przewidywał bardzo nowoczesne rozwiązania dotyczące laboratoriów, sal wykładowych, warsztatu mechanicznego, warsztatu szklarskiego, pracowni studenckich i doktorskich oraz skraplarki ciekłego powietrza typu Lindego, pozwalającej prowadzić badania eksperymentalne w bardzo niskich temperaturach sięgających aż do -190°C . Ostatecznie prace budowlane zostały zakończone wiosną 1896 r., co umożliwiło zorganizowanie 2 czerwca uroczystości otwarcia budynku Instytutu Chemii Fizycznej i Elektrochemii Uniwersytetu w Getyndze przy ul. Bürgerstrasse 50. Oprócz dostojników rządowych z Berlina i władz rektorskich, w uroczystości wzięli udział liczni chemicy z wielu krajów, wśród nich Svante Arrhenius ze Sztokholmu i Jacobus van't Hoff z Berlina. Niestety Ostwald z Lipska nie przyjechał. W czasie uroczystości Nernst wygłosił słynny wykład inauguracyjny, w którym nakreślił główne cele stojące przed dziedzinami chemii fizycznej i elektrochemii. Wykład ten został następnie opublikowany w postaci oddzielnej broszury i przez wiele następnych lat był wnikliwie czytany i analizowany przez badaczy na całym świecie, stanowiąc dla nich źródło inspiracji i wyzwania do podejmowania ambitnych projektów naukowych⁴³.

Od podjęcia decyzji o budowie gmachu dla Instytutu Chemii Fizycznej w styczniu 1895 r. do jego oficjalnego otwarcia w czerwcu 1896 r. minęło półtora roku. Nernst niewątpliwie doglądał spraw budowlanych, gdyż osobiście monitorował wcześniejsze prace projektowe. Mimo to nie zaprzestał prac naukowo-badawczych, prowadzonych ciągle jeszcze na terenie Instytutu Fizycznego. Popularność Nernsta wśród młodych chemików powodowała, że coraz więcej ich przybywało do jego laboratorium, aby wykonywać u niego prace dyplomowe i doktorskie. To była przyczyna dużego przepelnienia, skutkiem czego niekiedy Nernst zachęcał młodych ludzi, aby zdecydowali się podejmować pracę naukową

⁴³ W. Nernst, *Die Ziele der physikalischen Chemie. Festsrede gehalten am 2. Juni 1896 zur Einweihung des Instituts für physikalische Chemie und Electrochemie der Georgia Augusta zu Göttingen*, Göttingen 1896.

na innych uniwersytetach. Dowiadujemy się o tym z listu, jaki w lipcu 1893 r. wysłał do Ostwalda, w którym informuje go, że Amerykanka „Miss Margaret Eliza Maltby, nauczycielka w Women’s College w Wallasey w USA, przybyła do Europy i chce studiować chemię fizyczną”⁴⁴. Zrobiła ona dobre wrażenie na Nernście, ale z powodu dużego przepełnienia jego laboratorium nie był on w stanie jej przyjąć. Zwrócił się zatem do Ostwalda, aby przyjął Miss Maltby do swojego Instytutu w Lipsku. Dwa dni później jednak Nernst wysłał kolejny list do Ostwalda, w którym informuje go, że dyrektor Instytutu Fizycznego Eduard Riecke przekonał go, żeby jednak przyjąć Miss Maltby do laboratorium w Getyndze argumentując przy tym, że jest to zgodne z przyjętym przez Wydział Filozoficzny Uniwersytetu Georga-Augusta stanowiskiem popierania podejmowania studiów przez kobiety⁴⁵. Warto zauważyć, że już w 1874 r. na Uniwersytecie w Getyndze – jako pierwsza w świecie kobieta – stopień doktora w zakresie chemii otrzymała Rosjanka Julia Wsiewołodowna Lermontowa (1846–1919), której ojciec był krewnym wybitnego poety Michaiła Lermontowa. Lermontowa rozpoczęła studia w wieku 22 lat w Heidelbergu, pracując w laboratorium Roberta Bunsena. Następnie pracowała w Berlinie w laboratorium Augusta Wilhelma von Hofmanna. Doktorat w Getyndze uzyskała na podstawie rozprawy *Zur Kenntniss der Methylenverbindungen*⁴⁶.

Zmiana decyzji Nernsta w sprawie przyjęcia do swojego zespołu Margaret Maltby okazała się niezwykle trafna. Była to bowiem wybitnie utalentowana osoba ze zdolnościami do konstrukcji precyzyjnych instrumentów do pomiarów wielkości elektrochemicznych. W liście, który Nernst wysłał 11 lipca 1895 r. do Svante Arrheniusa do Szwecji pisze, że „wczoraj Miss Maltby otrzymała stopień doktora filozofii”⁴⁷. Zatem była ona drugą w świecie – po Julii Lermontowej – kobietą, która uzyskała doktorat z chemii i to także na Uniwersytecie w Getyndze. W tym czasie w laboratorium Nernsta wielką wagę przywiązywano do precyzji pomiarowej. Jego doktorant Ernst Haagn opracował wówczas nową metodę wyznaczania oporu wewnętrznego ogniwa galwanicznego, zaś inny doktorant – Friedrich Dolezalek, skonstruował niezwykle czuły elektrometr własnego pomysłu, przy użyciu którego przeprowadził badania procesów zachodzących w bateriach ołowiowych. Wyniki tych badań stanowiły podstawę jego rozprawy doktorskiej, której obrona odbyła się w 1898 r.⁴⁸ Wszystkie te prace miały charakter pionierski i przyczyniły się wielce do rozwoju elektrochemii oraz miały liczne zastosowania przemysłowe.

⁴⁴ R. Zott (ed.), *Wilhelm Ostwald und Walther Nernst*, dz. cyt., s. 62.

⁴⁵ Tamże, s. 63.

⁴⁶ A. Yu. Ruler, M.G. Vorokov, *Women in chemistry: a life devoted to science*, „New Journal of Chemistry” 2013, 37, s. 3826–3832.

⁴⁷ R. Zott (ed.), *Wilhelm Ostwald und Walther Nernst*, dz. cyt., s. 103.

⁴⁸ Bartel, Huebener, dz. cyt., s. 98.

3.6. Stanisław Tołłoczko i Walther Nernst

W drugiej połowie lat 90. XIX w. w laboratorium Nernsta przebywało wielu młodych adeptów chemii z różnych krajów. Jednym z nich był wspomniany wyżej Friedrich Dolezalek, urodzony w Sziget na Węgrzech, chemik węgiersko-austriacki, twórca pierwszych akumulatorów ołowiowych. Kolejny Węgier – István Bugarszky (1868–1941), absolwent Uniwersytetu w Budapeszcie, gdzie uzyskał w 1891 r. doktorat z chemii, przybył do laboratorium Nernsta w 1896 r. Wielkim osiągnięciem Bugarszky'ego dokonany w 1897 r., było odkrycie endotermicznego ogniwa galwanicznego. Odkrycie to było ważne z punktu widzenia podstawowego, gdyż wcześniej nie było dowodu eksperymentalnego na to, że reakcje endotermiczne mogą zachodzić spontanicznie. Spowodowało to konieczność pewnej weryfikacji koncepcji Gibbsa i Helmholtza odnośnie powinowactwa chemicznego⁴⁹. W 1894 r. do zespołu dołącza Polak Stanisław Tołłoczko (1868–1935) urodzony w Czelejewie koło Brześcia nad Bugiem. Po maturze, którą uzyskał w gimnazjum w Białej Podlaskiej, studiował na Wydziale Fizyczno-Matematycznym Cesarskiego Uniwersytetu Warszawskiego, gdzie w 1893 r. pod kierunkiem prof. Jegora Wagnera wykonał pracę dyplomową dotyczącą produktów działania kwasu siarkowego na mentol⁵⁰. Na podstawie tej pracy otrzymał stopień kandydata nauk przyrodniczych. Jegor Wagner był wybitnym chemikiem organikiem i w odróżnieniu od większości wykładowców tam Rosjan, był życzliwie nastawiony do młodzieży polskiej studiującej na Cesarskim Uniwersytecie Warszawskim, na ogół bojkotowanym przez Polaków w zaborze rosyjskim⁵¹. Według Jerzego Paprockiego Wagner wywarł wielki wpływ na Tołłoczkę. To dzięki niemu Tołłoczko jeszcze jako student po raz pierwszy zapoznał się z elementami chemii fizycznej, rozwijanej w Lipsku przez Ostwalda a w Getyndze przez Nernsta⁵². Jest więc bardzo prawdopodobne, że – jak pisze Paprocki – właśnie za poparciem Wagnera oraz dzięki stypendium otrzymanemu z Akademii Umiejętności w Krakowie, Tołłoczko wyjechał do Getyngi i rozpoczął tam pracę naukową w laboratorium Nernsta⁵³.

Warto nadmienić, że na Cesarskim Uniwersytecie Warszawskim studia w zakresie chemii odbywał także Ludwik Bruner (1871–1913), który jednak po trzech latach studiów opuścił Warszawę i przeniósł się na Uniwersytet w Dorpacie, gdzie pod kierunkiem Gustava Tammanna, współpracownika Nernsta, uzyskał

⁴⁹ A.J. Bard, G. Inzelt, F. Scholtz (eds.), *Electrochemical Dictionary*, 2nd edition, Springer 2012.

⁵⁰ R. Sołoniewicz, *Chemia w polskich uczelniach okresu międzywojennego. Katedry chemii nieorganicznej*, „Analecta” 1993, 2, s. 159–188.

⁵¹ H. Lichočka, *Jegor Jegorowicz Wagner (1849–1903)*, [w:] *Monumenta Universitatis Varsoviensis 1816–2016, Portrety Uczonych. Profesorowie Uniwersytetu Warszawskiego 1816–1916*, Warszawa 2016, s. 464–471.

⁵² J. Paprocki, *Stanisław Tołłoczko (1868–1935)*, „Chemik” 2015, 69, s. 164–165.

⁵³ Tamże.

w 1893 r. stopień kandydata nauk przyrodniczych⁵⁴. Pod wpływem Tammanna Bruner – podobnie jak Tołłoczko – uległ fascynacji chemią fizyczną. Tę fascynację pogłębił dzięki pobytowi w laboratorium Ostwalda w Lipsku, gdzie zainteresował się problematyką rozpuszczalności. Od 1895 r. pracował jako asystent w Drugim Zakładzie Chemicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego, kierowanym przez przybyłego ze Lwowa prof. Juliana Schramma. Tam w 1898 r. uzyskał doktorat w zakresie chemii na podstawie rozprawy dotyczącej badań rozpuszczalności jodu w jodku potasu oraz w mieszanym rozpuszczalnikach organicznych⁵⁵. Na przełomie XIX i XX w. Bruner i Tołłoczko stworzyli duet, który podjął szereg aktualnych wówczas problemów chemii fizycznej, w szczególności kinetyki chemicznej.

Pierwsze badania Tołłoczki w Getyndze nawiązywały do teorii roztworów rozwinętej przez Nernsta. Szczególną uwagę poświęcił wówczas zagadnieniu szybkości rozpuszczania się kryształów. W 1895 r. opublikował pracę na temat nowej metody wyznaczania ciężarów cząsteczkowych w oparciu o pomiary zmian rozpuszczalności ciał⁵⁶. W następnym roku Tołłoczko opublikował kolejną pracę poświęconą obniżaniu się rozpuszczalności kryształów⁵⁷. Kolejna publikacja z tego samego roku dotyczyła problemu roli powinowactwa chemicznego w procesach rozpuszczania⁵⁸. Warto zauważyć, że w żadnej z tych trzech publikacji całkowicie wykonanych podczas pobytu Tołłoczki w Getyndze nie występuje nazwisko dyrektora Instytutu Chemii Fizycznej i Elektrochemii, czyli prof. Walthera Nernsta. Wynikało to ze sposobu kierowania przez Nernsta badaniami naukowymi w jego zespole. Przeglądając zamieszczony w książce Baltera i Huebenera⁵⁹ kompletny wykaz publikacji zawierających wyniki badań wykonanych w laboratorium Nernsta w Getyndze możemy stwierdzić, że jego nazwisko jako współautora pojawia się dość rzadko. Wydaje się, że miało to miejsce jedynie wtedy, gdy on sam był głównym pomysłodawcą i rzeczywistym współwykonawcą. Wyniki badań przeprowadzonych przez Tołłoczkę weszły w skład jego rozprawy doktorskiej, na podstawie której 6 sierpnia 1896 r. otrzymał on na Uniwersytecie w Getyndze stopień doktora w zakresie chemii⁶⁰. Po doktoracie Tołłoczko przyjechał do

⁵⁴ H. Lichočka, *Nauki ścisłe i przyrodnicze na Uniwersytecie Warszawskim. Chemia*, [w:] *Monumenta Universitatis Varsoviensis 1816–2016*, s. 257.

⁵⁵ M. Dolecki, *Badania Ludwika Brunera (1871–1913) z zakresu kinetyki chemicznej*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 2007, 52, 103–135.

⁵⁶ S. Tołłoczko, *Über eine neue Anwendung des Prinzips des Löslichkeitserniedrigung zur Molekulargewichtsbestimmung*, „Chemische Berichte” 1895, 28, s. 804–809.

⁵⁷ S. Tołłoczko, *Über Löslichkeitserniedrigung*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1896, 20, s. 389–411.

⁵⁸ S. Tołłoczko, *Beitrag zur Frage der Mitwirkung der chemischen Affinität bei dem Auflösungsvorgange*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1896, 20, s. 412–416.

⁵⁹ Bartel, Huebener, dz. cyt., s. 347–372.

⁶⁰ Stanislaus von Tołłoczko, *Über die Löslichkeitserniedrigung; nebst einen Anhang: Beitrag zur Frage der Mitwirkung der chemischen Affinität bei dem Auflösungsvorgange, rozprawa doktorska*, Universität Göttingen 1896, s. 32.

Krakowa, gdzie został nauczycielem gimnazjalnym i jednocześnie asystentem prof. Karola Olszewskiego w Pierwszym Zakładzie Chemicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego. Prowadził tu badania krioskopowych właściwości rozpuszczalników nieorganicznych, takich jak SbCl_3 , SbBr_3 , AsBr_3 oraz SnBr_4 . Na podstawie wyników tych badań uzyskał w 1901 r. na Uniwersytecie Jagiellońskim habilitację⁶¹. Godne podkreślenia jest to, że Tołłoczko podjął te badania w nawiązaniu do opublikowanej kilka lat wcześniej przez Arrheniusa pionierskiej pracy, w której rozwinął on podstawy teorii dysocjacji elektrolitycznej w roztworach wodnych dostarczając szereg argumentów eksperymentalnych na jej słuszność.

4. Powstanie i rozwój chemii fizycznej na ziemiach polskich

Stanisław Tołłoczko, pracując w Pierwszym Zakładzie Chemicznym UJ u prof. Karola Olszewskiego, nawiązał bliski kontakt z Ludwikiem Brunerem pracującym w Drugim Zakładzie Chemicznym u prof. Juliana Schramma. Obaj byli zafascynowani ciągle jeszcze młodą dziedziną, jaką była w tym czasie chemia fizyczna. Obaj też czuli się wychowanekami twórców tej dziedziny: Tołłoczko jako doktorant Nernsta z Getyngi, zaś Bruner jako wychowanek Gustava Tammanna z Dorpatu, ściśle współpracującego z Nernstem, poczuwał się ponadto do związków z Ostwaldem, w którego laboratorium w Lipsku również przez pewien czas pracował. Obaj postanowili rozpocząć w Krakowie badania w zakresie kinetyki chemicznej. Ich pierwsza wspólna publikacja ogłoszona w 1899 r. zawierała wyniki badań szybkości reakcji estryfikacji⁶². W szczególności badali oni szybkość tworzenia się estrów z chlorku benzolu i kilku alkoholi, takich jak metylowy, etylowy, propylowy, izobutyłowy i izoamylowy⁶³. Następnie całą swoją uwagę skupili na procesach rozpuszczania ciał stałych w roztworach ciekłych. Impulsem do tego była praca A. Noyesa i W.R. Whitneya z 1897 r., którzy zauważyli, że podstawową rolę w zjawisku rozpuszczania odgrywa dyfuzja⁶⁴. Noyes i Whitney wyprowadzili wzór opisujący zależność pomiędzy szybkością rozpuszczania a stężeniem roztworu. W dwóch pracach opublikowanych w 1900 r.⁶⁵ oraz w 1901 r.⁶⁶ Bruner i Toł-

⁶¹ R. Sołoniewicz, dz. cyt., s. 170; J. Paprocki, dz. cyt., s. 164.

⁶² L. Bruner, S. Tołłoczko, *Über die Geschwindigkeit der Esterbildung aus Benzolchlorid und aliphatischen Alkoholen*, Anzeiger der Akademie der Wissenschaften in Krakau, 1899, s. 475–487; L. Bruner, S. Tołłoczko, *O szybkości tworzenia się estrów z chlorku benzolowego i alkoholów tłuszczowych*, Rozprawy Akademii Umiejętności, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, 1901, 38A, s. 216–234.

⁶³ M. Dolecki, dz. cyt., s. 129.

⁶⁴ A. Noyes, W.R. Whitney, *Über die Auflösungs geschwindigkeit von fester Stoffen in ihren eigener Lösungen*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1897, 23, s. 687–692.

⁶⁵ L. Bruner, S. Tołłoczko, *Über die Auflösungs geschwindigkeit fester Körper*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1900, 35, s. 283–290.

⁶⁶ L. Bruner, S. Tołłoczko, *Über die Auflösungs geschwindigkeit fester Körper. II Mitteilung*, „Zeitschrift für anorganische Chemie” 1901, 28, s. 314–330.

loczko opisali szczegóły przeprowadzonych przez nich doświadczeń dla różnych ciał rozpuszczanych i różnych rozpuszczalników, których celem była weryfikacja stosowalności wzoru Noyesa-Whitneya. Okazało się, że uzyskane wyniki pomiarów wykazały słuszność tego wzoru. Te prace Brunera i Tołłoczki zostały od razu zauważone przez kilku autorów, którzy podkreślili, że polscy chemicy dostarczyli dodatkowych argumentów za przyjęciem koncepcji, że szybkość rozpuszczania jest procesem uwarunkowanym głównie szybkością dyfuzji. Jednakże niektóre poglądy wyrażone przez Brunera i Tołłoczkę wywołały pewną polemikę. W szczególności G.A. Hulett⁶⁷ pozytywnie oceniając wyniki ich eksperymentów zauważył, że przy interpretacji wyników pominęli oni wpływ napięcia powierzchniowego cieczy na granicy z ciałem stałym na szybkość rozpuszczania się ciała. Z kolei K. Drucker opublikował wyniki swoich doświadczeń, z których wynikać miało, iż wbrew twierdzeniom Brunera i Tołłoczki, istnieje zależność pomiędzy szybkością rozpuszczania a objętością roztworu⁶⁸. Zauważmy, że prace Huletta i Druckera ukazały się w 1901 r., a więc tuż po opublikowaniu prac Brunera i Tołłoczki, co oznacza, że polscy badacze dokonali nowatorskiego wyczynu powodując rozpoczęcie polemiki naukowej, która przyczyniła się wielce do wyjaśnienia szeregu kwestii związanych z problematyką rozpuszczalności. Szczegółowe informacje na temat polemik, którym towarzyszyły intensywne badania doświadczalne zarówno w Krakowie, jak i na uniwersytetach niemieckich można znaleźć w artykule przeglądowym Marcina Doleckiego⁶⁹. Ze względu na wielki rezonans, jaki prace Brunera i Tołłoczki wywołały w wielu laboratoriach europejskich, można wyrazić pogląd, że od tych trzech prac z lat 1899–1901 rozpoczyna się rozwój chemii fizycznej na ziemiach polskich.

Według Doleckiego Ludwik Bruner habilitował się dwukrotnie: najpierw w 1902 r. we Lwowie, a następnie w 1904 r. w Krakowie na podstawie rozprawy *Pojęcia i teorie chemiczne*⁷⁰. Po habilitacji Bruner pracował nadal w Drogim Zakładzie Chemicznym UJ, kierowanym przez prof. Schramma, który był wielkim zwolennikiem prowadzenia badań w dziedzinie chemii fizycznej w Krakowie. W tym czasie Bruner nadal współpracował z Tołłoczką nad szybkością rozpuszczania ciał stałych. Obaj udoskonaliли swój układ eksperymentalny w ten sposób, że mogli znacznie zwiększać szybkość obrotów substancji rozpuszczanych⁷¹. Dzięki temu byli w stanie ponownie zbadać problem istnienia zależności pomiędzy szybkością rozpuszczania a objętością roztworu, który był przedmio-

⁶⁷ G.A. Hulett, *Beziehungen zwischen Oberflächenspannung und Löslichkeit*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1901, 37, s. 385–406.

⁶⁸ K. Drucker, *Zur Geschwindigkeit und Katalyse im inhomogenen Systeme*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1901, 36, s. 693–709.

⁶⁹ M. Dolecki, dz. cyt., s. 108–119.

⁷⁰ Tamże, s. 103.

⁷¹ Tamże, s. 120.

tem wspomnianej wyżej polemiki pomiędzy nimi a Druckerem. W pracy opublikowanej w 1903 r. Bruner i Tołłoczko przyznali w tej sprawie rację Druckerowi i jednocześnie dokonali modyfikacji wzoru Noyesa-Whitneya opisującego proces rozpuszczania w taki sposób, aby ułatwić analizę wpływu objętości rozpuszczalnika na efekt rozpuszczania⁷². Warto podkreślić, że już ta praca Brunera i Tołłoczki z 1903 r. wraz z ich pracami wcześniejszymi zapewniła im trwałe, pionierskie miejsce w światowej literaturze fizyko-chemicznej, o czym świadczy jej obszerna recenzja napisana przez B. Brunhesa i opublikowana w cieszącym się wówczas dużym prestiżem czasopiśmie fizycznym *Physikalische Zeitschrift*⁷³. Później Bruner i Tołłoczko prowadzili szczegółowe badania dotyczące wpływu ubytków na powierzchni ciała stałego na szybkość rozpuszczania⁷⁴. Na ten aspekt ich badań oraz generalnie na dalsze badania w zakresie chemii fizycznej na Uniwersytecie Jagiellońskim miała wpływ praca Walthera Nernsta opublikowana w 1904 r., w której sformułował on ogólną teorię szybkości rozpuszczania w układach niejednorodnych⁷⁵. Przyjął, że na styku faz *ciało stałe – roztwór* równowaga ustala się praktycznie natychmiastowo, natomiast stosunkowo wolno przebiega proces dyfuzji.

Z perspektywy minionych ponad stu lat należy zwrócić uwagę na niezwykle harmonijny charakter współpracy Brunera i Tołłoczki mimo, że pracowali w dwóch oddzielnych zakładach naukowych UJ. Tołłoczko w roku akademickim 1901/1902 jako docent prywatny rozpoczął wykłady chemii fizycznej na Uniwersytecie Jagiellońskim. Według Sołowiewicza był to pierwszy systematyczny wykład z tej dziedziny na ziemiach polskich⁷⁶. W 1903 r. Tołłoczko wyjechał ponownie do Niemiec, tym razem do laboratorium Gustava Tammanna, który nieco wcześniej opuścił Dorpat i został mianowany profesorem chemii na Uniwersytecie w Getyndze. Tołłoczko spędził w Getyndze kilka miesięcy, po czym na początku 1904 r. udał się do laboratorium Fritza Habera, późniejszego laureata Nagrody Nobla na Politechnice w Karlsruhe. Wspólnie z Haberem przeprowadził tam badania z dziedziny elektrochemii nieorganicznej dotyczące elektrochemicznych zmian ciał stałych poniżej ich temperatury topnienia⁷⁷. W szczególności, w nawiązaniu do prawa Faradaya elektrolizy elektrolitów stałych,

⁷² L. Bruner, S. Tołłoczko, *Über die Auflösungs geschwindigkeit fester Körper. III Mitteilung*, „Zeitschrift für anorganische Chemie” 1903, 35, s. 23–40.

⁷³ B. Brunhes, *L. Bruner et S. Tołłoczko – Über die Auflösungs geschwindigkeit fester Körper (Sur la vitesse de dissolution des corps solides)*, „Physikalische Zeitschrift” 1905, 5, s. 110.

⁷⁴ M. Dolecki, dz. cyt., s. 120.

⁷⁵ W. Nernst, *Teorie der Reaktionsgeschwindigkeit in heterogenen Systemen*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1904, 47, s. 53.

⁷⁶ R. Sołowiewicz, dz. cyt., s. 171.

⁷⁷ [K. Kling], *Wspomnienie o śp. Profesorze Stanisławie Tołłoczce*, „Przemysł Chemiczny” 1935, 19, s. 133.

Haber i Tołłoczko przeprowadzili gruntowne badania elektroredukcji węglanów na węgiel⁷⁸.

Po powrocie do Krakowa jesienią 1904 r. Tołłoczko, wspólnie z Ludwikiem Brunerem, przystąpił do pisania podręcznika szkolnego chemii nieorganicznej (dla gimnazjum). Ten obszar działalności Tołłoczki i Brunera zasługuje na wielkie uznanie, gdyż wyszli oni naprzeciw tragicznej spuściznie okresu rozbiorów, kiedy polska młodzież była pozbawiona podręczników przedmiotów przyrodniczych pisanych w języku ojczystym. W 1905 r. w Krakowie wyszło pierwsze wydanie tego podręcznika⁷⁹, którego nakład w szybkim czasie uległ wyczerpaniu. Skłoniło to autorów do opracowania drugiego, rozszerzonego i poprawionego wydania, które ukazało się drukiem w Wydawnictwie Gebethner i Wolff w Warszawie w 1907 r.⁸⁰ Prawie natychmiast ukazała się bardzo pozytywna recenzja, która wszakże wskazała na pewne niedociągnięcia i uchybienia głównie natury terminologicznej⁸¹. Jednym z tych uchybień wskazanych przez autora recenzji był używany przez Brunera i Tołłoczkę termin „drobina” zamiast terminu „cząsteczka”, wprowadzonego do polskiego słownictwa chemicznego przez Akademię Umiejętności w Krakowie. Podręcznik stał się niezwykle popularny. W latach następnych Bruner i Tołłoczko dokonali jego znacznej modyfikacji przerabiając go na podręcznik akademicki, używany przez studentów także po odzyskaniu przez Polskę niepodległości. W 1926 r. wyszło z druku siódme wydanie podręcznika uznanego wówczas za podstawowy dla studentów chemii na uniwersytetach i politechnikach. Zdziwiająco są dalsze losy tej książki, związane z osobą Wiktora Kemuli, ucznia Tołłoczki. Kemula dokonał bowiem kolejnej rewizji i modyfikacji tekstu, dzięki czemu w 1929 r. została wydana ósma edycja pod nowym tytułem *Chemia nieorganiczna w łączności z zasadami chemii ogólnej*. W kolejnych latach, również po II wojnie światowej, Kemula stale przerabiał i uzupełniał podręcznik. W latach 1948–1970 pojawiło się jeszcze sześć kolejnych wydań⁸². Jerzy Paprocki uznał książkę Tołłoczki i Kemuli za ikonę polskiego podręcznika akademickiego⁸³.

Należy jednak zauważyć, że oprócz podręcznika chemii nieorganicznej w 1909 r. Tołłoczko wraz z Brunerem wydali *Chemię organiczną*⁸⁴. Również ten

⁷⁸ F. Haber, S. Tołłoczko, *Über die Reduktion der gebundenen festen Kohlensäure zu Kohlenstoff und über elektrochemische Veränderung bei festen Stoffen*, „Zeitschrift für anorganische Chemie” 1904, 41, s. 407.

⁷⁹ L. Bruner, S. Tołłoczko, *Chemia nieorganiczna*, Kraków 1905.

⁸⁰ L. Bruner, S. Tołłoczko, *Chemia nieorganiczna*, wyd. drugie poprawione, Warszawa 1907.

⁸¹ B. Miklaszewski, *Sprawozdania: L. Bruner i S. Tołłoczko, Chemia nieorganiczna*, „Chemik Polski” 1906, 6, s. 684.

⁸² S. Tołłoczko, W. Kemula, *Chemia nieorganiczna z zasadami chemii ogólnej*, Warszawa 1954, 1964, 1966, 1970.

⁸³ J. Paprocki, dz. cyt., s. 165.

⁸⁴ L. Bruner, S. Tołłoczko, *Chemia organiczna*, Warszawa 1909.

podręcznik stał się niezwykle popularny i po licznych modyfikacjach oraz uzupełnieniach, dokonanych przez Bogusława Bobrańskiego, absolwenta Politechniki Lwowskiej, a po II wojnie światowej profesora na Wydziale Farmaceutycznym Akademii Medycznej we Wrocławiu, doczekał się łącznie siedmiu wydań, z czego ostatecznie ukazało się w 1957 r.⁸⁵ Nie ulega wątpliwości, że opracowanie tych podręczników najpierw przez Brunera i Tołłoczkę, a następnie ich stałe unowocześnianie przez Kemulę i Bobrańskiego stanowi niesłychanie istotny wkład w rozwój polskiej nauki począwszy od końca okresu rozbiorów, poprzez okres międzywojenny, aż do czasów powojennych. Na tych podręcznikach wykształciło się wiele pokoleń chemików polskich. Warto zatem poczynić refleksję, że w pewnym sensie zawdzięczamy to Waltherowi Nernstowi, gdyż wszystko zaczęło się w 1894 r., gdy Tołłoczko pojawił się po raz pierwszy w Getyndze i tam później zrobił doktorat, zaś Bruner związał się z Gustawem Tammannem, współpracownikiem Nernsta.

W tym kontekście warto zwrócić uwagę na fakt, że około 1910 r. Ludwik Bruner wraz z Stefanem Czarneckim rozpoczął na Uniwersytecie Jagiellońskim badania w zakresie fotochemii, która w tym czasie była w początkowym etapie swojego rozwoju. Badali oni wpływ światła na przebieg reakcji bromowania pochodnych benzenu⁸⁶. W swoich eksperymentach jako źródła światła stosowali niezwykle popularną w tamtym czasie *lampę Nernsta*⁸⁷. Badając procesy elektrochemiczne odpowiedzialne za przewodnictwo jonowe różnych elektrolitów w fazie stałej, w tym materiałów ceramicznych składających się z mieszanin tlenku cyrkonu (ZrO_2) i tlenków ziem rzadkich, takich jak tlenek itru Y_2O_3 , Nernst stwierdził, że w przeciwieństwie do metali opór elektryczny tych materiałów gwałtownie maleje ze wzrostem temperatury. Jeśli z tego materiału wykonamy pręcik i ogrzejemy go, wówczas jego opór staje się coraz mniejszy i wydzielane ciepło Joule'a spowoduje rozżarzenie pręcika do białości. W ten sposób Nernst skonstruował lampę emitującą niezwykle silne światło. W przeciwieństwie do żarówki Edisona zawierającej włókno węglowe, lampa Nernsta nie wymagała próżni i mogła świecić w powietrzu pod normalnym ciśnieniem. Nernst opatentował swój pomysł w 1897 r. Patent zakupiła firma *Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft* (AEG), która podjęła się produkcji tych lamp. Pierwszej publicznej demonstracji wyprodukowanych przez AEG lamp Nernsta dokonano w 9 maja 1899 r. w głównym budynku firmy w Berlinie. W następnym roku pawilon AEG

⁸⁵ *Chemia organiczna*. Wyd. 7 dawnego podręcznika L. Brunera i S. Tołłoczki, uzup. i oprac. B. Bobrański, Warszawa 1954; B. Bobrański, S. Tołłoczko, *Chemia organiczna*. Na podst. wyd. 7 podręcznika L. Brunera i S. Tołłoczki uzup. przez B. Bobrańskiego, Warszawa 1957.

⁸⁶ L. Bruner, S. Czarnecki, *Photokinetik der Bromsubstitution*, [w:] „Bulletin International de l'Academie des Sciences de Cracovie, cl. sci. math. nat.”, sér. A, 1910, A, s. 516–559.

⁸⁷ S. Szczeniowski, *Fizyka doświadczalna, Cz. III: Elektryczność i magnetyzm*, Warszawa 1972, s. 197.

na Wystawie Światowej w Paryżu był oświetlony tysiącami nernstowych lamp, co wywołało entuzjazm zwiedzających i było opisywane w gazetach na całym świecie. W przypadku zastosowań lampy Nernsta do celów oświetleniowych pojawiły się jednak kłopoty związane z koniecznością użycia specjalnego podgrzewania włókna w celu wywołania w nim przewodnictwa jonowego. Z tego powodu niektórzy badacze powrócili do pierwotnego pomysłu Edisona, próbując zastąpić włókno węglowe innym materiałem. Największy sukces w tej dziedzinie odniósł uczeń Nernsta z Getyngi, Amerykanin Irving Langmuir, który w 1913 r. zamiast włókna węglowego użył wolframu. To rozwiązanie zostało przyjęte w światowym przemyśle elektrycznym i wyparło lampę Nernsta z rynku. Jednakże lampa ta była nadal produkowana aż do czasów współczesnych, gdyż wykorzystywano ją jako źródło promieniowania podczerwonego w spektrofotometrach na zakres podczerwieni. Wydaje się, że cytowana powyżej praca Brunera i Czarneckiego z 1910 r. była jedną z pierwszych, w której eksperymenty fotochemiczne były przeprowadzone właśnie przy użyciu lampy Nernsta.

W 1911 r. z Drugiego Zakładu Chemicznego UJ został wydzielony Trzeci Zakład Chemiczny, którego kierownikiem został Ludwik Bruner. Tematyka badawcza Zakładu dotyczyła chemii fizycznej, w szczególności kinetyki bromowania węglowodorów aromatycznych w układach jednorodnych, kinetyki reakcji w układach niejednorodnych, elektrochemii i fotochemii. Na szczególne podkreślenie zasługują tu pionierskie badania w dziedzinie fotochemii, które jednak zostały przerwane wskutek przedwczesnej śmierci Brunera w 1913 r. Perturbacje związane z wybuchem I wojny światowej spowodowały, że dopiero w 1920 r. mianowano następcę Brunera na stanowisku kierownika Trzeciego Zakładu Fizycznego, którym został Bohdan Szyszkowski (1873–1931), wcześniej docent Uniwersytetu Kijowskiego. Wtedy też po raz pierwszy na Uniwersytecie Jagiellońskim wprowadzono nazwę Zakład Chemii Fizycznej zamiast dotychczasowej nazwy III Zakład Chemiczny⁸⁸. Tematyka badawcza tego Zakładu dotyczyła głównie elektrolitów.

Warto zauważyć, że Ludwik Bruner był nie tylko wybitnym uczonym, ale także cenionym poetą, prozaikiem, tłumaczem literatury pięknej i krytykiem literackim piszącym pod pseudonimem Jan Sten.

5. Stanisław Tołłoczko we Lwowie i jego uczeń Wiktor Jakób

W 1905 r. Tołłoczko został mianowany profesorem nadzwyczajnym i powołany na katedrę chemii Uniwersytetu im. Cesarza Franciszka I we Lwowie, wakuującą po śmierci prof. Bronisława Lachowicza, sławnego badacza podkarpackiej ropy naftowej. Jego pierwszym lwowskim asystentem był Zygmunt Aleksander

⁸⁸ R. Mierzecki, *Chemia w polskich uczelniach okresu międzywojennego – Chemia fizyczna*, „Analecta” 1995, 4, s. 171.

Klemensiewicz (1886–1963), który w 1908 r. pod kierunkiem Tołłoczki uzyskał stopień doktora filozofii na podstawie pracy *Chlorek antymonowy jako roztwór jonizujący*⁸⁹. Problematyką chlorku antymonu Tołłoczko interesował się już wcześniej, jeszcze w okresie swej pracy na Uniwersytecie Jagiellońskim, kiedy w latach 1900⁹⁰ i 1901⁹¹ opublikował dwie prace z tej dziedziny. Klemensiewicz z inicjatywy Tołłoczki po doktoracie wyjechał do Karlsruhe do pracowni Fritza Habera, gdzie wspólnie z Haberem prowadził badania potencjałów szkła w roztworach kwaśnych i alkalicznych oraz skonstruował pierwszą elektrodę szklaną, stanowiącą wygodny przyrząd do pomiaru stężenia jonów wodorowych⁹². Ponadto zajmował się problematyką przewodnictwa elektrycznego w gazach. Na podstawie wyników tych badań uzyskał w 1912 r. habilitację na uniwersytecie we Lwowie. Następnie wyjechał do Instytutu Radowego w Paryżu, gdzie aż do wybuchu I wojny światowej pracował pod kierunkiem Marii Skłodowskiej-Curie. W czasie wojny pracował w Instytucie Pasteura. W 1919 r. powrócił do Lwowa i został mianowany profesorem nadzwyczajnym na Wydziale Rolniczo-Leśnym Politechniki Lwowskiej. W 1923 r. objął katedrę fizyki na Wydziale Komunikacyjnym Politechniki. Klemensiewicz był jednym z twórców i organizatorów Wydziału Ogólnego Politechniki Lwowskiej, który powstał w 1922 r. W 1942 r. wraz z Armią Andersa opuścił terytorium ZSRR i przedostał się na Bliski Wschód. Po wojnie przebywał w Wielkiej Brytanii aż do roku 1956, kiedy to powrócił do Polski i objął Katedrę Fizyki Jądrowej na Politechnice Śląskiej⁹³.

W 1909 r. Tołłoczko został mianowany profesorem zwyczajnym Uniwersytetu im. Cesarza Franciszka I we Lwowie i jednocześnie objął drugą katedrę chemii wakuującą po odchodzącym na emeryturę prof. Bronisławie Radziszewskim⁹⁴. Uczeń Radziszewskiego, Kazimierz Kling (1884–1942), który w 1908 r. uzyskał doktorat, dołączył w 1910 r. do zespołu Tołłoczki i włączył się w nurt prowadzonych tam prac naukowo-badawczych z zakresu chemii fizycznej. W szczególności interesowały go zagadnienia dotyczące stałej dysocjacji. Ze względu na wielkie oczekiwania sfer gospodarczych i społecznych Galicji związanych z odkryciem na tym terenie ropy naftowej i gazu ziemnego, Tołłoczko namówił Klinga do podjęcia prac badawczych w zakresie technologii chemii. Pierwszym

⁸⁹ Z. Klemensiewicz, *Chlorek antymonowy jako roztwór jonizujący*, „Rozprawy Akademii Umiejętności” 1908, 48, s. 143.

⁹⁰ S. Tołłoczko, *Chlorek antymonowy w zastosowaniu do kryoskopii*, „Rozprawy Akademii Umiejętności” 1900, s. 1–6.

⁹¹ S. Tołłoczko, *Studia doświadczalne nad kryoskopijnymi własnościami nieorganicznych roztworów*, „Rozprawy Akademii Umiejętności” 1901, s. 1–44.

⁹² F. Haber, Z. Klemensiewicz, *Über elektrische Phasengrenzkräfte*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1909, 67, s. 385.

⁹³ Z. Bodnar, *Zygmunt Klemensiewicz (1886–1963)*, „Postępy Fizyki” 1964, 15 (1), s. 3–10.

⁹⁴ I.Z. Siemion, *Bronisław Radziszewski i lwowska szkoła chemii organicznej*, Wrocław 1999.

problemem, jakim się wówczas zainteresował było zagadnienie chlorowania metanu, pochodzącego z podkarpackich gazów ziemnych. W 1912 r. zostały opublikowane pierwsze wyniki badań doświadczalnych, które Kling wykonał wspólnie z Tołłoczka⁹⁵. Wyniki tych badań okazały się na tyle pomyślne, że zachęciły ich do sformułowania kilku zgłoszeń patentowych⁹⁶. Współautorami tych patentów oprócz Tołłoczki i Klinga byli jeszcze J. Gruszkiewicz i J. Hausman. Z obszernego omówienia tych prac, przedstawionego przez Zdzisława Ruziewicza, można wnosić, że patenty te były w dużej mierze pionierskie⁹⁷. Tołłoczko i Kling pomyślnie sprawdzili opracowaną przez nich metodę katalitycznego chlorowania gazu ziemnego, która umożliwiała uniknięcie eksplozji i w ten sposób gwarantowała bezpieczne prowadzenie reakcji w trybie ciągłym, dzięki czemu wzbudziła powszechne zainteresowanie. W szczególności patentami tymi zainteresował się Bank Krajowy we Lwowie, co umożliwiło Tołłoczce i Klingowi zbudowanie małej fabryki w Borysławiu na terenie wydzierżawionym od Karpackiego Towarzystwa Naftowego. Tam właśnie przeprowadzili w skali półtechnicznej rozległe testy, które wykazały, że opracowana przez nich metoda w pełni nadaje się do przemysłowego wytwarzania produktów chlorowania, głównie czterochloru węgla⁹⁸. Wybuch I wojny światowej, w czasie której fabryczka Tołłoczki i Klinga uległa zniszczeniu, spowodował zaprzestanie dalszych prac eksploatacyjnych.

Niezależnie od prac o charakterze technologicznym w laboratorium Tołłoczki na Uniwersytecie Lwowskim równolegle prowadzone były badania w zakresie chemii fizycznej stanowiące kontynuację wcześniejszych badań Tołłoczki i Brunera w Krakowie. Tu na uwagę zasługuje praca Tołłoczki i J. Tokarskiego, dotycząca porównania odwracalnych zjawisk szybkości narastania i rozpuszczania się kryształów siarczanu miedziowego⁹⁹. Przeprowadzone przez nich eksperymenty wykazały istnienie małych różnic szybkości dla różnych ścian krystalograficznych, które odnieśli do różnic w grubości warstewki dyfuzyjnej przyle-

⁹⁵ S. Tołłoczko, K. Kling, *O chlorowaniu naturalnych gazów naftowych*, „Rozprawy Akademii Umiejętności” 1912, 52A, s. 295.

⁹⁶ S. Tołłoczko, J. Gruszkiewicz, J. Hausman, K. Kling, *Verfahren zur Herstellung von Chlorprodukten aus Erdgas oder anderen metanhaltigen Gasen*. 1. Austriacki patent główny Nr 58273 z dnia 22 stycznia 1913 i patent dodatkowy Nr 63523 z dnia 10 grudnia 1913; 2. Patent węgierski Nr 37486 (1914).

⁹⁷ Z. Ruziewicz, *Stanisław Tołłoczko (1868–1935) – Jeden z pierwszych fizykochemików polskich*, „Wiadomości Chemiczne” 1985, 39, s. 379–403.

⁹⁸ [K. Kling], *Wspomnienie o śp. Profesorze Stanisławie Tołłoczce*, „Przemysł Chemiczny” 1935, 19, s. 135.

⁹⁹ S. Tołłoczko, J. Tokarski, *O szybkości narastania i rozpuszczania się kryształów jako zjawisk odwracalnych*, „Kosmos” 1910, 25, s. 662; S. Tołłoczko, J. Tokarski, *Über die Wachstums- und Auflösungs-geschwindigkeiten der Kristalle in Bezug auf die Reversibilität dieser Vorgängen*, „Bulletin International de l’Academie des Sciences de Cracovie, cl. sci. math. nat.”, sér. A, 1910, s. 219.

gającej bezpośrednio do kryształu¹⁰⁰. W innej pracy Tołłoczki opublikowanej w 1910 r. zostały przedstawione wyniki badań szybkości rozpuszczania różnych odmian kryształu gipsu¹⁰¹. Oprócz tego znaczną uwagę w tym czasie Tołłoczko poświęcił eksperymentom dotyczącym chemii rozpuszczalników niewodnych, w szczególności pomiarom ich ciepła topnienia¹⁰². Jednocześnie – w nawiązaniu do wcześniejszych badań Klemensiewicza – Tołłoczko wraz ze swoim współpracownikiem K. Fryczem przeprowadził pomiary współczynnika przewodzenia w chlorku antymonowym jako rozczynniku jonizacyjnym¹⁰³.

W 1907 r. studia na Wydziale Filozoficznym Uniwersytetu im. Cesarza Franciszka I we Lwowie w zakresie chemii rozpoczął Wiktor Jakób (1886–1971), który jeszcze jako student włączył się w nurt prac naukowo-badawczych pod kierunkiem Stanisława Tołłoczki. Doceniając wybitne uzdolnienia Jakóba, Tołłoczko zdołał uzyskać dla niego specjalne stypendium¹⁰⁴. Jakób ukończył studia w 1912 r., a następnie został zatrudniony jako asystent Tołłoczki w Katedrze Chemii Nieorganicznej uniwersytetu we Lwowie. W czasie studiów zapoznał się z techniką wykonywania analiz ilościowych i wspólnie z Tołłoczką przeprowadził szczegółową analizę minerału uranowo-torowego, wybitnie czynnego radiologicznie, który występuje na Ceylonie i dlatego też znany jest pod nazwą *torjanit cejloński*. Sukcesem analizy obu badaczy było określenie dokładnej zawartości w tym mineralu 19 pierwiastków. Według Paprockiego impulsem do tych badań była nowa atmosfera w naukach przyrodniczych, wywołana odkryciami Marii Skłodowskiej-Curie oraz pojawienie się problemu pierwiastków promieniotwórczych¹⁰⁵. Szczegółowy opis wyników analizy został przedstawiony w pracy opublikowanej w 1911 r.¹⁰⁶ Wyniki te wzbudziły powszechne zainteresowanie, czego dowodem jest hasło w encyklopedii *Handbuch der Mi-*

¹⁰⁰ [K. Kling], *Wspomnienie o śp. Profesorze Stanisławie Tołłoczce*, „Przemysł Chemiczny” 1935, 19, s. 134.

¹⁰¹ S. Tołłoczko, M. Meyer, *O szybkości rozpuszczania krystalograficznie różnych przekrojów gipsu*, „Kosmos” 1910, 25, s. 649; S. Tołłoczko, M. Meyer, *Über die Auflösungs geschwindigkeit kristallographisch verschiedener Flächen des Gipses*, „Bulletin International de l’Academie des Sciences de Cracovie, cl. sci. math. nat.”, sér. A, 1910, s. 209.

¹⁰² S. Tołłoczko, M. Meyer, *Ciepła topnienia kilku nieorganicznych rozczynników w związku z drobinowym obniżaniem ich punktu krzepnięcia*, „Kosmos” 1910, 35, s. 641.

¹⁰³ K. Frycz, S. Tołłoczko, *Współczynniki przewodzenia w chlorku antymonowym jako rozczynniku*, Księga Pamiątkowa 250-ej rocznicy założenia Uniwersytetu Lwowskiego, Lwów 1911, s. 1–16.

¹⁰⁴ R. Sołoniewicz, dz. cyt., s. 173.

¹⁰⁵ J. Paprocki, dz. cyt., s. 165.

¹⁰⁶ W. Jakób, S. Tołłoczko, *Analiza torjanitu cejlońskiego*, „Rozprawy Akademii Umiejętności” 1911, 51A, s. 475–483; W. Jakób, S. Tołłoczko, *Chemische Analyse des Thorianits von Ceylon*, „Bulletin International de l’Academie des Sciences de Cracovie, cl. sci. math. nat.”, sér. A, 1911, s. 558–563.

neralchemie pod redakcją C. Doeltera¹⁰⁷. W tym kontekście warto zauważyć, że ważnym osiągnięciem Jakóba uzyskanym w okresie jego pracy w laboratorium Tołłoczki było opracowanie przez niego nowej metody oddzielania aluminium od chromu pod wpływem bromu w roztworach alkalicznych¹⁰⁸. W okresie późniejszym Jakób przez kilka lat (1913–1919) pracował jako nauczyciel w gimnazjum we Lwowie, a po odzyskaniu przez Polskę niepodległości związał się z Wydziałem Chemicznym Politechniki Lwowskiej, gdzie w 1923 r. uzyskał stopień doktora w zakresie chemii nieorganicznej, zaś w następnym habilitację. W 1926 r. został mianowany profesorem nadzwyczajnym i objął katedrę chemii nieorganicznej Politechniki Lwowskiej. Tu jako pierwszy w Polsce zainicjował badania w dziedzinie chemii koordynacyjnej. Najpierw zajmował się związkami kompleksowymi wolframu i molibdenu, a także reakcjami fotochemicznymi tych związków¹⁰⁹. Jako wielki sukces Jakóba i jego współpracowników należy uznać wyniki badań związków koordynacyjnych renu, które zostały podjęte niedługo po odkryciu (rok 1925) przez Waltera Noddacka, Idę Tacke-Noddack i Otto Berga najcięższego pierwiastka z grupy manganowców (o liczbie atomowej $Z = 75$), któremu nadali nazwę *ren*¹¹⁰. W badaniach tych, które wzbudziły międzynarodowe uznanie, główną rolę odegrała asystentka Jakóba, Bogusława Jeżowska, która w okresie powojennym (pod nazwiskiem Jeżowska-Trzebiatowska) kontynuowała badania w zakresie chemii koordynacyjnej na Uniwersytecie Wrocławskim.

W latach poprzedzających wybuch I wojny światowej Stanisław Tołłoczko – obok fizyka Mariana Smoluchowskiego, chemika organicznego Bronisława Radziszewskiego oraz biologów Józefa Nusbauma-Hilarowicza i Mariana Raciborskiego – należał do grona najwybitniejszych przyrodników na Uniwersytecie Lwowskim. Oprócz ogromnych osiągnięć naukowych miał także osiągnięcia w zakresie działalności dydaktycznej i organizacyjnej. Przez trzy lata (1914–1917) pełnił funkcję dziekana Wydziału Filozoficznego Uniwersytetu Lwowskiego oraz prezesa (1912–1913) Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Mikołaja Kopernika. W 1914 r. podjął próbę utworzenia towarzystwa fizyczno-chemicznego do czego ostatecznie nie doszło z powodu wybuchu wojny. Po odzyskaniu niepodległości w 1919 r., gdy powstało Polskie Towarzystwo Chemiczne, Tołłoczko został członkiem Zarządu Głównego i członkiem Zarządu Oddziału Lwowskiego Towarzystwa.

¹⁰⁷ S. Tołłoczko, C. Doelter, *Thorianit*, [w:] *Handbuch der Mineralchemie*, Band 3, 1913, s. 222.

¹⁰⁸ W. Jakób, *Über die Fällung des Aluminiumhydroxyds und die Trennung desselben von Chrom*, „*Zeitschrift für analytische Chemie*” 1913, 52, s. 651.

¹⁰⁹ R. Sołowiecz, dz. cyt., s. 175.

¹¹⁰ Tamże.

6. Walther Hermann Nernst w Berlinie

6.1. Teoremat ciepłny Nernsta – trzecia zasada termodynamiki

Na początku semestru letniego roku akademickiego 1904/1905 Walther Nernst, namówiony przez Maxa Plancka, twórcę teorii kwantów, po piętnastu latach pracy w Getyndze przeprowadził się do Berlina, gdzie objął stanowisko dyrektora Instytutu Chemii Fizycznej Uniwersytetu Berlińskiego (*Friedrich-Wilhelm Universität*). Przez cały semestr prowadził wykład kursowy z dziedziny chemii fizycznej. Około 15 sierpnia 1905 r. Nernst wygłosił jeden z ostatnich wykładów kursu, który w całości poświęcił omówieniu swojego najnowszego odkrycia, któremu dał nazwę *teoremat ciepłny*¹¹¹. Kilka lat później okazało się, że odkrycie to ma fundamentalne znaczenie nie tylko dla chemii fizycznej, ale także dla fizyki i dla wszystkich nauk przyrodniczych. Odkrycie Nernsta, o którym po raz pierwszy usłyszeli studenci w Berlinie w sierpniu 1905 r. dotyka bowiem podstaw termodynamiki, która do tej pory była oparta na dwóch fundamentach znanych pod nazwa *pierwsza* oraz *druga zasada termodynamiki*. Odkrycie to stanowiło ukoronowanie kilkuletnich prac Nernsta, rozpoczętych na samym początku XX w. w Getyndze, dotyczących zagadnienia powinowactwa chemicznego określającego możliwość zajścia reakcji chemicznych pomiędzy określonymi związkami. Istniały w owym czasie kontrowersje co do tego, jaką miarę przyjmując w celu ilościowego wyznaczenia powinowactwa chemicznego. Powszechnie przyjmowano, że taką miarą może być ciepło reakcji, przy czym van't Hoff pokazał, że takie podejście jest słuszne jedynie dla reakcji egzotermicznych. W tej sytuacji Nernst przystąpił do gruntownej analizy zagadnienia wyznaczania podstawowych funkcji termodynamicznych, takich jak energia wewnętrzna, energia swobodna i entropia. Zauważył przy tym, że w bardzo niskich temperaturach dla ciał stałych i cieczy zachodzą tylko reakcje egzotermiczne, co umożliwiała z dobrym przybliżeniem uznać ciepło reakcji za miarę powinowactwa. Na podstawie obliczeń opartych na równaniu Helmholtza-Gibbsa oraz wyników doświadczalnych, Nernst doszedł do wniosku, że w bardzo niskich temperaturach, bliskich zera bezwzględnego, ciepło reakcji, a zatem także powinowactwo chemiczne jest praktycznie niezależne od temperatury, czyli przyjmuje wartość stałą. To stwierdzenie, wygłoszone podczas ostatniego wykładu chemii fizycznej w semestrze letnim 1905 r. na Uniwersytecie Berlińskim, stanowi właśnie treść teorematu ciepłnego Nernsta, które potem nazwano *zasadą Nernsta*. Albert Einstein we wspomnieniu pośmiertnym opublikowanym w 1942 r. napisał, że wprowadzenie tej zasady stanowi największe osiągnięcie naukowe Nernsta¹¹². Konsekwencje tej zasady okazały się bowiem ogromnie ważne dla nauki, gdyż z równania

¹¹¹ Bartel, Huebener, dz. cyt., s. 152.

¹¹² A. Einstein, *The work and personality of Walther Nernst*, „Scientific Monthly” 1942, s. 195–196.

Helmholtza-Gibbsa wynikało, że stała wartość powinowactwa chemicznego dla bardzo niskich temperatur (w otoczeniu zera bezwzględnego) jest równoważna temu, że w tych temperaturach reakcje przebiegają bez zmiany entropii. To z kolei oznacza, że gdy temperatura dąży do zera bezwzględnego, entropia układu fizycznego osiąga wartość stałą. Kolejne historyczne wydarzenie miało miejsce w 16 grudnia 1911 r., kiedy Max Planck wygłosił wykład na posiedzeniu Niemieckiego Towarzystwa Chemicznego w Berlinie, podczas którego wykazał, że ta stała wartość entropii w otoczeniu zera bezwzględnego wynosi zero¹¹³. Jest to inne sformułowanie zasady Nernsta, którą Planck uznał za fundamentalne prawo fizyki, stanowiące uzupełnienie pierwszej i drugiej zasady termodynamiki i dlatego nazwał ją *trzecią zasadą termodynamiki*. Wykład Nernsta z 1905 r. został opublikowany na początku 1906 r. i z tego powodu w wielu podręcznikach i monografiach zwykle podaje się tę datę jako moment odkrycia trzeciej zasady termodynamiki¹¹⁴. Obecnie, zgodnie z Planckiem, zasadę tę formułuje się następująco: gdy temperatura układu dąży do zera bezwzględnego, jego entropia także dąży do zera. Konsekwencją tego jest stwierdzenie, że temperatury zera bezwzględnego nie da się w praktyce nigdy osiągnąć¹¹⁵. Max von Laue, laureat Nagrody Nobla, zauważył, że wielka intuicja i śmiałość z jaką Nernst podchodził do pracy badawczej, umożliwiła mu uzupełnienie pierwszej i drugiej zasady termodynamiki, jednocześnie odkrywając nowy aspekt pojęcia entropii. W tym kontekście napisał bowiem: *jeśli chodzi o entropię, to uzupełnienie przyniosła trzecia zasada termodynamiki, którą z genialną intuicją sformułował w 1906 r. Walther Nernst*¹¹⁶.

Niesłyszanie ważnym wnioskiem wynikającym z trzeciej zasady termodynamiki było stwierdzenie, że ciepło właściwe wszystkich ciał stałych musi dążyć do zera, gdy ich temperatura dąży do zera bezwzględnego. Ten wniosek był zgodny z wynikami obliczeń przeprowadzonych w 1907 r. przez Einsteina w oparciu o jego kwantową teorię ciepła właściwego. Obliczenia Einsteina tłumaczyły fakt zmniejszania się ciepła właściwego w niskich temperaturach, po raz pierwszy zaobserwowany dla diamentu na Uniwersytecie w Zurychu przez Heinricha Webera w 1875 r., którego Nernst uważał za jednego ze swoich najważniejszych nauczycieli fizyki¹¹⁷. Nernst zauważył jednak, że dla bardzo niskich temperatur obliczone z teorii Einsteina wartości ciepła właściwego są znacząco mniejsze od wyników doświadczeń zarówno Webera, jak i nowszych danych z innych la-

¹¹³ Bartel, Huebener, dz. cyt., s. 159.

¹¹⁴ W. Nernst, *Über die Berechnung chemischen Gleichgewichte aus thermischen Messungen*, „Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen” 1906, 1, s. 1–40.

¹¹⁵ Bartel, Huebener, dz. cyt., s. 143.

¹¹⁶ M. von Laue, *Historia fizyki*, Warszawa 1960.

¹¹⁷ Tamże, s. 17.

boratoriów. Co więcej stwierdził, że wyniki pomiarów różnych autorów różnią się między sobą. W tej sytuacji około 1910 r. Nernst postanowił przeprowadzić pomiary ciepła właściwego z możliwie największą dokładnością i dla możliwie najniższych temperatur, znacznie niższych od tych, które w Zurychu stosował Weber. W tym celu zaprojektował urządzenie do skraplania wodoru, które zostało wykonane w warsztacie mechanicznym Instytutu Chemii Fizycznej Uniwersytetu Berlińskiego. Użycie skroplonego wodoru umożliwiło Nernstowi uzyskanie minimalnej temperatury równej 21 K, czyli -252°C , co gwarantowało możliwość przeprowadzenia pomiarów w bardzo szerokim zakresie temperatur – aż do temperatur ciekłego powietrza (60 K) i wyżej – aż do temperatur pokojowych. Pomiary te zostały przeprowadzone przy użyciu kalorymetru próżniowego zaprojektowanego przez Nernsta i jego ucznia Arnolda Euckena jeszcze w okresie, gdy pracował w Getyndze¹¹⁸. Nernst stwierdził, że istnieją duże rozbieżności pomiędzy wynikami jego pomiarów a wartościami obliczonymi z teorii Einsteina, co skłoniło Petera Debye'a do opracowania w 1912 r. udoskonalonej wersji teorii Einsteina¹¹⁹. Debye wyprowadził wzór opisujący zależność ciepła właściwego od temperatury, który bardzo dobrze zgadzał się z wynikami doświadczalnymi. Z tego wzoru wynikało, że dla bardzo niskich temperatur w okolicy zera bezwzględnego ciepło właściwe jest proporcjonalne do trzeciej potęgi temperatury. W literaturze zależność ta nosi nazwę *prawa T^3 – Debye'a*. W 1913 r. Nernst i Eucken stosując ciekły wodór, jako pierwsi pokazali, że prawo T^3 – Debye'a znakomicie zgadza się z wynikami doświadczalnymi dla takich substancji jak fluoryt (CaF_2) i piryt (FeS_2). W latach następnych ważność tego prawa została potwierdzona w wielu laboratoriach dla innych substancji.

Problematyka zależności ciepła właściwego od temperatury należała w tym czasie do najważniejszych zagadnień na styku chemii i fizyki ze względu na to, że stanowiła istny poligon doświadczalny dla testowania teorii kwantów, jako nowej idei fizycznej. Istotny wkład do tej problematyki wnieśli Max Planck i Walther Nernst, obaj związani wówczas z Uniwersytetem Berlińskim, który dzięki nim zaczął być postrzegany jako wyjątkowo atrakcyjny ośrodek będący źródłem nowych idei w dziedzinie nauk przyrodniczych. Te okoliczności sprawiły, że – chcąc wzmocnić pozycję fizyki w Berlinie – kilku członków Pruskiej Akademii Nauk, wśród nich Nernst i Planck, zwróciło się w końcu 1913 r. do cesarza Wilhelma II z propozycją utworzenia Instytutu Fizyki noszącego jego imię (*Kaiser Wilhelm Institut für Physik*), w którym zatrudnieni byłiby wybitnie uzdolnieni fizycy w celu rozwiązywania aktualnych problemów o dużej doniosłości, przy użyciu metod zarówno eksperymentalnych, jak i teoretycznych. Jednocześnie zasugerowali oni, aby na stanowisko dyrektora Instytutu powołać Alberta Einstei-

¹¹⁸ S. Szczeniowski, *Fizyka doświadczalna, cz. II: Ciepło i fizyka cząsteczkowa*, Warszawa 1976, s. 35.

¹¹⁹ C. Kittel, *Wstęp do fizyki ciała stałego*, wyd. VII, Warszawa 2012.

na, który w tym czasie był profesorem na Politechnice (ETH) w Zurychu. Cesarz tę propozycję zaakceptował, wskutek czego Nernst wraz z Planckiem pojechali do Zurychu przekazując Einsteinowi zarówno zaproszenie do objęcia funkcji dyrektora mającego powstać Instytutu, a także zaproszenie do przyjęcia członkostwa Pruskiej Akademii Nauk. W kwietniu 1914 r. Einstein przybył do Berlina, gdzie wkrótce po objęciu profesury w nowoutworzonym Instytucie zakończył swą epokową pracę nad ogólną teorią względności.

6.2. Nernst, AEG i Czochralski

W latach poprzedzających wybuch I wojny światowej, Nernst pracujący w Instytucie Chemii Fizycznej Uniwersytetu Berlińskiego, ciągle postrzegany jako chemik, coraz więcej uwagi poświęcał badaniom z zakresu fizyki oraz zastosowaniom fizyki w przemyśle. W tej ostatniej dziedzinie miał zresztą ogromne doświadczenie od czasu, gdy w Getyndze opracował słynną lampę, która przez kilka lat stała się sensacją w skali globalnej. Lampa Nernsta była produkowana przez koncern AEG, z którym od tego czasu Nernst utrzymywał bliskie kontakty. Jego przyjaciel, Walther Rathenau, był prezesem Zarządu koncernu. Głównym technologiemi w AEG był wybitny metaloznawca Wichard von Moellendorff, który w AEG zbudował nowoczesne laboratorium badań metali. W 1907 r. w laboratorium rozpoczął pracę Jan Czochralski (1885–1953), urodzony w Kcyni na Pałukach. W latach 1911–1914 był on asystentem von Moellendorffa, z którym w 1913 r. opublikował swoją pierwszą pracę naukową na temat krystalografii metali¹²⁰. Kilka lat później dokonał odkrycia metody otrzymywania monokryształów, która po II wojnie światowej odegrała kluczową rolę w powstaniu technologii tranzystorów, a następnie obwodów scalonych i mikroprocesorów, doprowadzając w końcu do powstania współczesnej cywilizacji informatycznej¹²¹. Rathenau, von Moellendorff i Czochralski tworzyli słynne *trio AEG*, które wniosło istotny wkład do rozwoju metalurgii w XX w.¹²²

Według informacji podanych w monografii Bartela i Huebenera w 1914 r. von Moellendorf i Rathenau zaprosili Nernsta do udziału w pracach specjalnej komisji, zajmującej się sprawami rozwiązywania problemów wywołanych brakami surowców dla potrzeb przemysłu niemieckiego¹²³. Wydaje się bardzo prawdopodobne, że w tym czasie mogło dojść do spotkania Nernsta z Czochralskim, chociaż na ten temat brak jakichkolwiek dowodów archiwalnych. Z drugiej strony trzeba stwierdzić, że we współczesnej literaturze dotyczącej technologii wzrostu kryształów na-

¹²⁰ W. von Moellendorff, J. Czochralski, *Technologische Schlüsse aus der Kristallographie der Metalle*, „Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure” 1913, 57, s. 931–935, s. 1014–1020.

¹²¹ J. Czochralski, *Ein neues Verfahren zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit der Metalle*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1918, 92, s. 219–221.

¹²² P.E. Tomaszewski, *Powrót – Rzecz o Janie Czochralskim*, Wrocław 2012, s. 40–42.

¹²³ Bartel, Huebener, dz. cyt., s. 246.

zwiska Czochralskiego i Nernsta niezwykle często występują obok siebie. Jest to konsekwencja tego, że użycie metody Czochralskiego do otrzymywania różnych materiałów elektronicznych spowodowało pojawienie się nowych problemów fizycznych. Chodzi tu przede wszystkim o efekty wywołane wpływem dyfuzji na szybkość wzrostu kryształów. Chcąc rozwiązać te problemy współcześni badacze i technolodzy opierają się na teorii Nernsta opracowanej przez niego w 1904 r.¹²⁴ Mimo, że Nernst opracował tę teorię w celu obliczania szybkości reakcji chemicznych, okazało się, że ze względu na uwzględnienie w niej roli dyfuzji, można ją zmodyfikować w taki sposób, aby nadawała się do analizy problemu krystalizacji z fazy ciekłej, jak to właśnie ma miejsce w metodzie Czochralskiego. Szczegółową dyskusję różnych aspektów związanych z zastosowaniem teorii Nernsta do technologii wzrostu kryształów opartej na metodzie Czochralskiego przedstawił w 2003 r. H.J. Scheel w jednym z rozdziałów redagowanej przez niego i Fukudę monografii *Crystal growth technology*¹²⁵. Niedawno nazwisko Czochralskiego zaczęło pojawiać się obok nazwiska Nernsta w publikacjach poświęconych badaniom tzw. *gigantycznego efektu Nernsta*, wspomnianego już przez autora w części 3.3 niniejszego artykułu. Chodzi o badania efektów termomagnetycznych w bardzo niskich temperaturach, kiedy współczynnik Nernsta, zdefiniowany równaniem (3) osiąga anomalnie duże wartości. W pracy opublikowanej w listopadzie 2016 r. grupa badaczy z laboratoriów w Niemczech, Japonii, USA, Anglii i Austrii doniosła o odkryciu *gigantycznego efektu Nernsta* w niezwyklej materiale, zwanym *materiałem kwantowym*, jakim jest tzw. *semimetal Kondo CeNiSn*¹²⁶. Przeprowadzono precyzyjne pomiary magnetotermoelektryczne w zakresie temperatur poniżej 20K stosując monokryształy wytworzone metodą Czochralskiego. Badania, o których tu mowa, dotyczą najbardziej aktualnych problemów kwantowej fizyki fazy skondensowanej, więc mamy prawo czuć satysfakcję z tego, że są one następstwem idei zapoczątkowanych przez dwóch badaczy urodzonych w niezbyt od siebie odległych miejscowościach obecnego województwa kujawsko-pomorskiego: w Wąbrzeźnie (Nernst) i Kcyni (Czochralski). Jest to dowód istnienia swoistego *genius loci* tych ziem, w których śródkiem tj. w Toruniu, kilka wieków wcześniej urodził się Mikołaj Kopernik, zaś później w Żninie na Pałukach przyszli na świat bracia Jan i Jędrzej Śniadeccy. Wreszcie w 1852 r. w Strzelnie, na styku Kujaw i Pałuk, urodził się Albert Abraham Michelson, wielki fizyk – pierwszy amerykański laureat Nagrody Nobla.

¹²⁴ W. Nernst, *Teorie der Reaktionsgeschwindigkeit in heterogenen Systems*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1904, 47, s. 52.

¹²⁵ H.J. Scheel, *The development of crystal growth technology*, [w:] *Crystal growth technology*, ed. H.J. Scheel, T. Fukuda, New York 2003.

¹²⁶ U. Stockert, P. Sun, N. Oeschler, F. Steglich, T. Takabatake, P. Coleman, S. Paschen, *Giant isotropic Nernst effect in an anisotropic Kondo semimetal*, „Physical Review Letters” 2016, 117, s. 216–401.

6.3. Nernst jako dyrektor Instytutu Fizyki Uniwersytetu Berlińskiego

Chociaż Walther Nernst posiadał wielkie osiągnięcia w dziedzinie chemii, cieszył się także ogromnym autorytetem w społeczności fizyków. Spowodowało to, że w 1924 r. trzech profesorowie fizyki na Uniwersytecie Berlińskim, wybitni uczeni i laureaci Nagrody Nobla: Albert Einstein, Max Planck i Max von Laue, zaproponowali Nernstowi objęcie funkcji dyrektora Instytutu Fizyki. Nernst przyjął tę propozycję i przez dziewięć lat sprawował tę funkcję, aż do 1933 r., kiedy to Hitler doszedł do władzy. Z perspektywy minionych dekad można stwierdzić, że był to najbardziej owocny okres w historii fizyki – nie tylko niemieckiej, ale także fizyki w skali globalnej. To właśnie w tym czasie Berlin stał się światowym centrum nowej fizyki – mechaniki kwantowej, której jeden z twórców, Erwin Schrödinger, w 1927 r. został tu profesorem. Walther Nernst, jako dyrektor Instytutu Fizyki, organizował i przewodniczył słynnym Berlińskim Kolokwium Fizycznym, w których brali udział nie tylko fizycy berlińscy, ale bardzo często fizycy z różnych stron świata. Jednym z uczestników tych Kolokwium był polski badacz Aleksander Jabłoński, który po doktoracie na Uniwersytecie Warszawskim, w latach 1930–1931 przebywał w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Berlińskiego w laboratorium Petera Pringsheima – wybitnego znawcy fotoluminescencji – jako stypendysta Fundacji Rockefellera. Jednakże pierwszy kontakt z Pringsheimem Jabłoński nawiązał wcześniej, jeszcze przed doktoratem, gdy w 1928 r. grupa wówczas jeszcze młodych fizyków polskich przybyła do Berlina na zorganizowany przez Uniwersytet Berliński *Ferienkursus für Ausländer*¹²⁷. Jabłoński wspomina, że grupa ta cieszyła się specjalnymi względami i zainteresowaniem ze strony Pringsheima, jednego z gospodarzy, którą to funkcję spełniał niewątpliwie w imieniu dyrektora Instytutu, Walthera Nernsta. Wspominając po wielu latach swój pobyt na stażu podoktorskim w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Berlińskiego, Jabłoński powiedział w jednym z wywiadów: [...] *pracowałem u Pringsheima, chodziłem na wykłady Erwina Schrödingera, [...] ale największe wrażenie zrobiło na mnie cotygodniowe Kolokwium Fizyczne, które tam istniało. Kolokwium przewodniczył Walther Nernst. A poza tym stale byli obecni Max Planck, Albert Einstein, Peter Pringsheim, Liza Meitner, Grotrian, London i cały szereg innych wybitnych fizyków. [...] Ta wspólnota bardzo mnie fascynowała i marzyłem o tym, żeby takie kolokwium stworzyć...*¹²⁸. To marzenie udało się Jabłońskiemu zrealizować dopiero w 1946 r., gdy po przejściach wojennych przyjechał do Torunia i jako profesor zwyczajny objął katedrę fizyki doświadczalnej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Założone wówczas przez Jabłońskiego Ko-

¹²⁷ A. Jabłoński, *Peter Pringsheim – na 80. rocznicę Jego urodzin, 19 marca 1961 r.*, „Postępy Fizyki” 1961, 12, s. 3–6.

¹²⁸ J. Szudy, A. Bielski, *Aleksander Jabłoński (1898–1980), fizyk, muzyk, żołnierz*, Toruń 2010, s. 155.

lokwiem Fizyczne istnieje do chwili obecnej i odbywa się w obecnym Instytucie Fizyki UMK tradycyjnie tak, jak w Berlinie za czasów Nernsta oraz tak, jak w Toruniu za czasów Jabłońskiego – w każdy czwartek i stąd jest popularnie znane jako *Kolokwium Czwartkowe*. Podobnie jest w Berlinie, gdzie ciągle pod tą samą nazwą jako *Berliner Physikalisches Colloquium* odbywa się w czwartki w budynku Magnus-Haus, przy ul. Am Kupfergraben 7. Berlińskie Kolokwium ma wieloletnią tradycję, gdyż zostało zapoczątkowane w 1845 r. przez Heinricha Gustava Magnusa, wybitnego fizyka i założyciela Niemieckiego Towarzystwa Fizycznego. To na takim właśnie Kolokwium 14 grudnia 1900 r. Max Planck wystąpił z referatem, w którym po raz pierwszy przedstawił swoją teorię kwantów, która rozpoczęła nową erę w historii fizyki¹²⁹. Obecnie Kolokwium organizowane jest wspólnie przez cztery uniwersytety: Freie Universität Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin, Technische Universität Berlin oraz Universität Potsdam.

7. Stanisław Tołłoczko na Uniwersytecie Jana Kazimierza we Lwowie i jego uczeń Wiktor Kemula

Po odzyskaniu niepodległości przez Polskę uniwersytet we Lwowie przyjął nazwę Uniwersytet Jana Kazimierza (UJK). Stanisław Tołłoczko nadal pełnił tam stanowisko kierownika I Zakładu Chemicznego¹³⁰. W 1921 r. studia chemiczne na UJK rozpoczął Wiktor Kemula (1902–1985). Ukończył je w 1925 r. Już jako student drugiego roku objął stanowisko zastępcy asystenta u profesora Tołłoczki i był demonstratorem na wykładach chemii nieorganicznej. Później został asystentem Tołłoczki, który zachęcił go do podjęcia prac nad fotochemią. Tą dziedziną zajął się w rozprawie doktorskiej na temat wpływu promieniowania nadfioletowego na węglowodory aromatyczne¹³¹. Na jej podstawie w 1927 r. uzyskał doktorat, po czym również zachęcony przez Tołłoczkę włączył się w nurt poszukiwań nowych technologii, opartych na krajowej ropie i gazie ziemnym. Według Grabowskiego i Taraszewskiej, Kemula stał się w tym okresie jednym z pionierów fotochemii węglowodorów w fazie gazowej¹³². Dzięki wsparciu Tołłoczki w 1929 r. Kemula uzyskał stypendium Funduszu Kultury Narodowej i wyjechał na roczny staż (1929/1930) do laboratorium twórcy polarografii, późniejszego laureata Nagrody Nobla, Jaroslava Heyrovsky'ego, na Uniwersytecie Karola w Pradze. Następnie (1930/1931) wyjechał na kolejny staż do Lipska do laboratoriów Weinerta i Debye'a, gdzie prowadził badania w dziedzinie fotochemii ko-

¹²⁹ A.K. Wróblewski, *Historia fizyki*, Warszawa 2006, s. 430.

¹³⁰ R. Mierzecki, *Chemia w polskich uczelniach okresu międzywojennego – Chemia fizyczna*, „*Analecta*” 1995, 4, s. 173.

¹³¹ W. Kemula, *Działanie promieni ultrafioletowych na węglowodory szeregu metanowego*, „*Roczniki Chemii*” 1930, 10, s. 273–287.

¹³² Z.R. Grabowski, J. Taraszewska, *Życie i dzieło prof. Wiktora Kemuli (w stulecie urodzin)*, „*Kwartalnik Historii Nauki i Techniki*” 2002, 47, s. 59–32.

loidów i elektrochemii. Po powrocie do kraju Kemula przeniósł do Uniwersytetu Jana Kazimierza tematykę polarograficzną i wykazał jej wielką użyteczność dla chemii analitycznej. W nurcie tych badań przeprowadził we Lwowie precyzyjne eksperymenty procesów elektrodowych i z tej tematyki w 1932 r. uzyskał habilitację na podstawie pracy dotyczącej nadnapięcia wydzielania rtęci z roztworów jej soli¹³³. Wyniki tej pracy zostały wcześniej częściowo opublikowane pod koniec jego pobytu w laboratorium Heyrovsky'ego w Pradze¹³⁴. Wkrótce po habilitacji Kemula został mianowany profesorem nadzwyczajnym na UJK.

Omawiając zasługi Kemuli dla rozwoju chemii analitycznej w Polsce Hulanicki i Galus zwrócili uwagę na jego pionierskie prace wykonane wraz z J. Rygielskim, które dotyczyły zastosowania metod spektroskopii emisyjnej do oznaczania berylu w skałach i minerałach¹³⁵. Ważne znaczenie miała też praca wykonana wraz z M. Michalskim, dotycząca ilościowego wyznaczania sodu i potasu przy użyciu metod polarograficznych¹³⁶. W tym czasie Kemula zyskał już uznanie społeczności chemików, czego dowodem jest fakt powołania go na katedrę chemii nieorganicznej w Uniwersytecie Warszawskim na miejsce emerytowanego profesora Kazimierza Jabłczyńskiego. Katedrę miał objąć 1 września 1939 r. Wybuch wojny spowodował, że objął ją dopiero w 1945 r.¹³⁷

8. Polskie gałęzie drzewa fizyko-chemicznego Nernsta

W 1935 r. zmarł prof. Stanisław Tołłoczko. Po jego śmierci Zakład Chemii Nieorganicznej UJK podzielono na dwie jednostki tj. Zakład Chemii Fizycznej, którego kierownictwo objął w 1936 r. Wiktor Kemula oraz Zakład Chemii Nieorganicznej, na kierownika którego powołano w 1938 r. Włodzimierza Trzebiatowskiego (1906–1982). Roman Mierzecki zwrócił uwagę na fakt, że nazwa „Zakład Chemii Fizycznej” pojawiła się w strukturze Uniwersytetu Jana Kazimierza bardzo późno, tj. dopiero po śmierci Tołłoczki, mimo iż on sam jako fizykochemik prowadził badania zarówno w chemii fizycznej, jak i nieorganicznej¹³⁸.

Trzebiatowski ukończył studia chemiczne na Politechnice Lwowskiej w 1928 r. i tam uzyskał doktorat pod kierunkiem prof. Wiktora Jakóba, wówczas

¹³³ R. Sołoniewicz, dz. cyt., s. 172.

¹³⁴ W. Kemula, *Polarographic studies with the dropping mercury cathode. Part XI. Overpotential of mercury deposited from mercuric salt solutions*, „Collection of Czechoslovak Chemical Communications” 1930, 2, s. 347–361.

¹³⁵ W. Kemula, J. Rygielski, *Spektrograficzne wykrywanie i oznaczanie berylu w minerałach i skałach*, „Przemysł Chemiczny” 1933, 17, s. 89–97.

¹³⁶ W. Kemula, M. Michalski, *Recherches polarographiques; analyse quantitative du sodium et du potassium*, „Atti del Congresso Internazionale di Chimica” 1938, 3, s. 419.

¹³⁷ Z.R. Grabowski, *W skorodowanym zwierciadle pamięci*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 2005, 50, s. 7–202.

¹³⁸ R. Mierzecki, *Chemia w polskich uczelniach okresu międzywojennego – Chemia fizyczna*, „Analecta” 1995, 4, s. 173.

kierownika Zakładu Chemii Nieorganicznej, dawnego ucznia Tołłoczki z Uniwersytetu im. Cesarza Franciszka I we Lwowie. W 1935 r. Trzebiatowski habilitował się w zakresie chemii fizycznej na podstawie pracy *O otrzymywaniu i własnościach drobnokrystalicznych faz metalicznych*. Następnie w latach 1935–1938 przebywał na stażach naukowych w Niemczech, Szwajcarii i Szwecji. W 1938 r. przeniósł się z Politechniki na Uniwersytet Jana Kazimierza, gdzie został powołany na katedrę chemii nieorganicznej w charakterze profesora nadzwyczajnego.

Do grona wybitnych uczniów prof. Wiktora Jakóba należała też Bogusława Jeżowska-Trzebiatowska (1908–1991), żona Włodzimierza Trzebiatowskiego. Była jedną z dziesięciu dziewcząt na 100 studentów studiujących chemię na Politechnice Lwowskiej. Już na trzecim roku studiów została zatrudniona na stanowisku zastępcy asystenta prof. Wiktora Jakóba i pod jego kierunkiem prowadziła badania naukowe w dziedzinie chemii pierwiastków rzadkich. W ramach swej pracy doktorskiej przeprowadziła fundamentalne badania chemiczne właściwości renu. Pod kierunkiem prof. Jakóba w 1935 r. uzyskała stopień doktora jako pierwsza kobieta w historii Politechniki Lwowskiej. Po II wojnie światowej uczniowie Tołłoczki i Jakóba trafili do różnych uczelni i wnieśli ogromny wkład do odbudowy zdewastowanej podczas okupacji nauki polskiej.

8.1 Gałąź krakowska

Wiktor Jakób, który przeżył wojnę, w 1945 r. został mianowany kierownikiem Zakładu Chemii Nieorganicznej w powstałej wówczas Politechnice Śląskiej w Gliwicach. W 1951 r. przeniósł się do Krakowa na Uniwersytet Jagielloński, gdzie objął kierownictwo Zakładu Chemii Nieorganicznej. Kontynuował tam rozpoczęte przed wojną we Lwowie prace eksperymentalne, dotyczące elektrochemii, przede wszystkim struktury, reaktywności termicznej i fotochemicznej związków koordynacyjnych metali przejściowych, takich jak kobalt, mangan, molibden i wolfram. Jest powszechnie uznawany za założyciela polskiej szkoły chemii koordynacyjnej, która w następnych latach była intensywnie rozwijana w dwóch ośrodkach: krakowskim i wrocławskim.

Na Uniwersytecie Jagiellońskim, po przejściu w 1960 r. na emeryturę prof. Jakóba, powstał Zespół Chemii Koordynacyjnej kierowany najpierw przez Tadeusza Senkowskiego. Później Zespół ten podzielił się na dwa odrębne zespoły tj. Zespół Chemii Koordynacyjnej I, pod kierunkiem Zofii Stasickiej, i Zespół Chemii Koordynacyjnej II, którym kierowała Alina Samotus. Po przejściu na emeryturę (rok 2003) Zofii Stasickiej, kierownictwo Zespołu Chemii Koordynacyjnej I, który wcześniej przekształcił się w Zespół Fizykochemii Związków Koordynacyjnych i Chemii Bionieorganicznej, objęła Grażyna Stochel. Zespół Chemii Koordynacyjnej II również przechodził pewne reorganizacje. Mianowicie w 2002 r., po przejściu na emeryturę Aliny Samotus, podzielił się na dwa zespoły: Zespół Chemii Koordynacyjnej, kierowany przez Janusza Szklarzewicza, i Ze-

spół Nieorganicznych Materiałów Molekularnych, kierowany przez Barbarę Sieklucką. Oba zespoły kontynuują tradycje szkoły naukowej prof. Wiktora Jakóba, z których pierwszy prowadzi badania dotyczące syntezy, kinetyki, struktury i reaktywności związków kompleksowych i ich wykorzystania w medycynie jako leków, zaś zespół drugi zajmuje się badaniami w dziedzinie supramolekularnej chemii koordynacyjnej, w szczególności badaniami dotyczącymi projektowania i syntezy nowych materiałów magnetycznych opartych na wykorzystaniu związków koordynacyjnych metali.

8.2 Gałąź wrocławska

Pod koniec 1945 r. Bogusława Jeżowska-Trzebiatowska, wraz z mężem Włodzimierzem Trzebiatowskim, opuściła Lwów i przybyła do Wrocławia. Oboje włączyli się od razu do organizowania polskich uczelni wyższych w tym mieście. Na początku – aż do roku akademickiego 1951/1952 – była to wspólna uczelnia: Uniwersytet i Politechnika Wrocławska. Bogusława Jeżowska-Trzebiatowska stworzyła tam Zakład Chemii Nieorganicznej i Analitycznej w ramach Wydziału Farmacji. W 1949 r. uzyskała habilitację na podstawie rozprawy *Związki kompleksowe renu*, zawierającej wyniki jej badań przedwojennych ze Lwowa, które już wtedy zapewniły jej międzynarodowe uznanie.

Po odłączeniu Uniwersytetu od Politechniki została główną organizatorką chemii na Uniwersytecie Wrocławskim. W 1954 r. uzyskała tytuł profesora i jako kierownik Katedry Chemii Nieorganicznej rozpoczęła ambitny program badań w zakresie chemii pierwiastków przejściowych. Z tej tematyki w Katedrze pod jej kierownictwem została wykonana pierwsza praca doktorska pt. *Jony wodorotlenowe jako reduktory oksyanionów pierwiastków przejściowych*. Na jej podstawie w 1958 r. stopień doktora w zakresie chemii uzyskała Maria Wrońska, która cztery lata później (1962) habilitowała się z podobnej tematyki. W 1959 r. odbyła się obrona pracy doktorskiej Lecha Pajdowskiego pt. *Budowa i trwałość kompleksów wielordzeniowych wanadu (III)*, zaś w 1960 r. pracę doktorską pt. *Polarograficzne badania redukcji oksyanionów pierwiastków przejściowych* obronił Jan Biernat. Trzy lata później (1963) Biernat i Pajdowski uzyskali habilitacje. O tym, w jakim tempie były wówczas prowadzone prace w Katedrze kierowanej przez Bogusławę Jeziorską-Trzebiatowską świadczy fakt, że w 1960 r. oprócz doktoratu Biernata odbyły się jeszcze cztery inne obrony, w tym pracy doktorskiej Stanisława Wajdy pt. *Diamagnetyczne związki kompleksowe renu (IV)*. W 1970 r. Lech Pajdowski jako pierwszy spośród jej uczniów uzyskał tytuł profesora nauk chemicznych, zaś w latach następnych taki tytuł otrzymali Maria Wrońska (1971) i Stanisław Wajda (1973).

Brak miejsca uniemożliwia szczegółowe omawianie dalszych prac doktorskich wykonanych pod kierunkiem prof. Bogusławy Jeżowskiej-Trzebiatowskiej. Skupimy tu naszą uwagę jedynie na tych, które wywarły istotny wpływ na rozwój

chemii na Uniwersytecie Wrocławskim przyczyniając się do tego, że ośrodek ten jest uznawany jako jeden z wiodących w skali światowej. I tak: w roku 1964 doktorat uzyskał Józef Juliusz Ziółkowski na podstawie rozprawy pt. *Struktura elektronowa kompleksów pięciocyjanonitrozylowych metali przejściowych*, habilitował się w 1973 r., zaś w 1976 r. otrzymał tytuł profesora nauk chemicznych. Później pełnił obowiązki dyrektora Instytutu Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego, natomiast po przekształceniu go w Wydział Chemii pełnił funkcję dziekana. W 1973 r. stopień doktora nauk chemicznych uzyskał Henryk Kozłowski na podstawie pracy pt. *Badanie struktury elektronowej w dwurdzeniowych kompleksach miedzi i żelaza metodą rezonansu paramagnetycznego*. W 1977 r. Kozłowski uzyskał habilitację, a w 1989 r. tytuł profesora. W 1978 r. pracę doktorską pt. *Badanie struktury nitrozylowych kompleksów metali z ligandami organicznymi – zastosowanie elektronowego rezonansu paramagnetycznego* obronił Adam Jezierski i w tym samym roku odbyła się obrona pracy doktorskiej Lechosława Latosa-Grażyńskiego pt. *Jądrowy rezonans magnetyczny w badaniach układu jon metalu Co(II), Hg(II), Ni(II) – kwasy poliaminooctowe*.

Jezierski habilitował się w 1986 r., zaś tytuł profesora nauk chemicznych otrzymał w 1995 r. W 2016 r. został wybrany na rektora Uniwersytetu Wrocławskiego. Lechosław Latos-Grażyński uzyskał stopień doktora habilitowanego w 1986 r., a tytuł profesora w 1992 r. Według danych podanych na stronie internetowej Wydziału Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego prof. Bogusława Jezowska-Trzebiatowska była promotorem 68 prac doktorskich. Obrona ostatniej z nich miała miejsce 1987 r., czyli 29 lat po pierwszym doktoracie uzyskanym przez Marię Wrońską, wykonanym pod jej kierunkiem.

Przybyły ze Lwowa do Wrocławia w 1945 r. wraz ze swoją żoną Włodzimierz Trzebiatowski przez pierwsze lata (do 1952 r.) był kierownikiem Zakładu Chemii Nieorganicznej, wspólnego dla Politechniki Wrocławskiej i Uniwersytetu Wrocławskiego. W trudnym okresie powojennym z wielką energią przystąpił do budowy na gruzach „Festung Breslau” laboratoriów dydaktycznych i naukowych. Organizując program naukowy nawiązał do swoich prac przedwojennych prowadzonych na Uniwersytecie Jana Kazimierza oraz stażu naukowym w 1938 r. w Arrhenius Laboratory w Sztokholmie, kiedy to zainteresował się badaniami rentgenograficznymi ciała stałego. Istotny wpływ na wybór tematyki badawczej miał też jego pobyt w latach 1949–1950 w laboratorium wybitnego znawcy dziedziny magnetyzmu prof. P.W. Selvooda w Northwestern University w Evanston (Illinois, USA), gdzie prowadził badania własności magnetycznych tlenków uranu i toru¹³⁹. Po latach problematyka magnetochemii aktywność rozwinęła się jako jeden z głównych nurtów działalności szkoły Trzebiatowskiego we Wrocławiu.

¹³⁹ K. Łukaszewicz, *Pradzieje i geneza Instytutu*, „Wiadomości Chemiczne” 1997, 51, s. 451–459.

Po rozdzieleniu Uniwersytetu i Politechniki, Trzebiatowski pozostał na Politechnice i jako kierownik Katedry Chemii Nieorganicznej rozwinął w niej ambitne badania fizykochemiczne, dotyczące struktury elektronowej i właściwości magnetycznych związków uranu. W ramach tych badań już w 1952 r., wspólnie ze swoimi współpracownikami Bohdanem Stalińskim i Alfredem Śliwą, odkrył zjawisko ferromagnetyzmu w wodoroku uranu w temperaturach poniżej 180K. Odkrycie to spotkało się z wielkim uznaniem międzynarodowej społeczności chemików i fizyków¹⁴⁰. W 1963 r. kierowana przez Trzebiatowskiego Katedra została przemianowana na Instytut Chemii Nieorganicznej i Metalurgii Pierwiastków Rzadkich. Jako dyrektor Instytutu rozwinął badania nad równowagami fazowymi w układach tlenkowych, przyczyniając się do ustalenia szeregu diagramów fazowych dwutlenku tytanu oraz dwutlenku uranu. Kierował także badaniami nad przebiegiem syntezy tytanianu baru i rozkładu siarczanu wapnia, zagadnieniami ważnymi z perspektywy przemysłowej, oraz studiami nad rentgenograficzną analizą wielu stopów renu i technetu. Ważne znaczenie miały także badania własności półprzewodnikowych arsenków metalicznych.

Niezależnie od prac na Politechnice, Trzebiatowski w 1953 r. utworzył we Wrocławiu Zakład Chemii Ciała Stałego PAN, który w następnym roku został przemianowany na Zakład Badań Strukturalnych. W tym samym roku powstała Samodzielna Pracownia Niskich Temperatur, której kierownikiem został Roman Stanisław Ingarden, profesor fizyki teoretycznej na Uniwersytecie Wrocławskim. Pod jego kierownictwem w 1959 r. pracownia została przekształcona w Zakład Niskich Temperatur PAN. W Zakładzie tym w 1960 r. po raz pierwszy w Polsce skroplono hel. W 1966 r. Rada Ministrów powołała Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, który został utworzony z połączenia obu zakładów tj. Zakładu Niskich Temperatur oraz Zakładu Badań Strukturalnych. Funkcję dyrektora Instytutu objął prof. Włodzimierz Trzebiatowski i pełnił ją do 1974 r. Obecnie jest to jeden z największych i najlepiej wyposażonych instytutów fizycznych i fizykochemicznych w Polsce. Od 1988 r. nosi imię swojego założyciela Włodzimierza Trzebiatowskiego i ma ciągle charakter interdyscyplinarny. Badania prowadzone w instytucje dotyczą szerokiego wachlarza dyscyplin z pogranicza syntezy chemicznej, struktury cząsteczek, nauki o materiałach (magnetyki, dielektryki) przy zastosowaniu nowoczesnych technik pomiarowych, a także w oparciu o wyrafinowane metody kwantowej teorii ciała stałego i chemii kwantowej. Instytut zdobył międzynarodowe uznanie dzięki wybitnym osiągnięciom w dziedzinie badań nad magnetykami, badań dotyczących nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego, a także prac nad syntezą i hodowlą kryształów licznych nowych związków o ciekawych własnościach, zwłaszcza pierwiastków f-elektronowych¹⁴¹.

¹⁴⁰ J. Paprocki, *Włodzimierz Trzebiatowski (1906–1982)*, „Chemik” 2016, 70, nr 2, s. 114–116.

¹⁴¹ L. Sobczyk, *Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN im. Włodzimierza Trzebiatowskiego we Wrocławiu (1966–1996)*, Przedmowa do numeru specjalnego: „Wiadomości Chemiczne” 1997, 51, s. 433.

Włodzimierz Trzebiatowski w okresie swej pracy we Wrocławiu był promotorem 30 doktorów, zarówno nauk chemicznych, jak i fizycznych. Siedmiu z nich uzyskało później tytuł profesora. Jeden z pierwszych jego asystentów, Bohdan Staliński, stał się autorytetem w dziedzinie chemii wodorków, zaś w 1975 r. został następcą Trzebiatowskiego na stanowisku dyrektora Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN. Inny uczeń Trzebiatowskiego, Władysław Romanowski, zapoczątkował we Wrocławiu badania w zakresie fizyki powierzchni. W 1956 r. doktorat pod kierunkiem prof. Trzebiatowskiego uzyskał Krzysztof Pigoń, jeden z twórców wrocławskiej szkoły fizykochemii organicznego ciała stałego. Kierował on Katedrą Chemii Fizycznej na Politechnice Wrocławskiej. W 1969 r. pod kierunkiem Pigońa doktorat nauk chemicznych uzyskał Juliusz Sworakowski, który zdobył międzynarodowe uznanie dzięki swym badaniom dotyczącym wpływu stanów pułapkowych na właściwości elektrycznych organicznych ciał stałych. Z kolei uczniem Sworakowskiego jest Marek Samoć, który pod jego kierunkiem otrzymał stopień doktora w 1977 r. Samoć po doktoracie odbył staże naukowe w Kanadzie i Stanach Zjednoczonych, gdzie prowadził badania oddziaływań światła laserowego z materią. W latach 1991–2008 pracował w Centrum Fizyki Laserowej Australijskiego Uniwersytetu Narodowego w Canberze, gdzie przeprowadził pionierskie badania nieliniowych właściwości optycznych związków metaloorganicznych. W 2008 r. powrócił na Politechnikę Wrocławską, gdzie objął stanowisko kierownika Katedry Inżynierii i Modelowania Materiałów Zaawansowanych na Wydziale Chemicznym. W 2016 r. otrzymał Nagrodę Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej za odkrycie niezwyklej właściwości optycznych nanomateriałów.

W kierowanym przez Trzebiatowskiego Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN prof. Kazimierz Łukaszewicz stworzył szkołę krystalografii i rentgenografii strukturalnej. W tej właśnie szkole w 1973 r. opatentowano konstrukcję dyfraktometru, umożliwiającego bardzo dokładne pomiary parametrów sieci krystalograficznej. Warto zwrócić uwagę na fakt, że to prof. Kazimierz Łukaszewicz w 1984 r. zainicjował na skalę globalną akcję informowania międzynarodowej społeczności naukowej o tym, że Jan Czochrański – twórca metody otrzymywania monokryształów – był polskim uczonym. Mimo że Czochrański jest tym polskim uczonym, który obok Mikołaja Kopernika i Marii Skłodowskiej-Curie jest najczęściej wymienianym w literaturze światowej, to do ostatniej dekady XX w. niewiele osób (także w Polsce) zdawało sobie sprawę z tego, że był on Polakiem. Aby zmienić ten stan rzeczy prof. Łukaszewicz zachęcił swego współpracownika dr. Pawła E. Tomaszewskiego do podjęcia badań archiwalnych w celu uzyskania wiarygodnych informacji o życiu i działalności Czochrańskiego. Owocem tych badań jest kilka książek biograficznych oraz szereg artykułów, w których Tomaszewski w sposób udokumentowany przedstawił życie i wielkie osiągnięcia niezwykle człowieka, jakim był urodzony w Kcyni na

Pałukach, ojciec elektroniki półprzewodnikowej¹⁴². Ponieważ Kazimierz Łukasiewicz należał do grona współpracowników Włodzimierza Trzebiatowskiego, ucznia prof. Wiktora Jakóba, który był uczniem prof. Stanisława Tołłoczki na Uniwersytecie Lwowskim, zaś Tołłoczko uzyskał doktorat pod kierunkiem Walthera Nernsta na Uniwersytecie w Getyndze, to wspomniane wyżej działania Łukasiewicza i Tomaszewskiego w sprawie przywrócenia pamięci Jana Czochralskiego możemy w pewnym sensie włączyć do dziedzictwa kulturowego szkoły Walthera Nernsta. Co więcej, do dziedzictwa kulturowego szkoły Nernsta niewątpliwie należy cała wrocławska szkoła chemii nieorganicznej, stworzona po 1945 r. przez lwowskich uczniów prof. Wiktora Jakóba: Bogusławę Jeżowską-Trzebiatowską na Uniwersytecie Wrocławskim i Włodzimierza Trzebiatowskiego na Politechnice Wrocławskiej oraz w Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN¹⁴³.

8.3 Gałąź warszawska

Dziedzictwo kulturowe lwowskiej szkoły chemii fizycznej Stanisława Tołłoczki, a tym samym dziedzictwo szkoły Walthera Nernsta w Getyndze, przeniósł po II wojnie światowej na Uniwersytet Warszawski uczeń Tołłoczki – Wiktor Kemula, który już w 1939 r. został powołany na katedrę chemii nieorganicznej Uniwersytetu Warszawskiego. Wybuch wojny spowodował, że objął tę katedrę dopiero w 1945 r.¹⁴⁴ Wówczas został jednocześnie mianowany przez władze rektorskie na „Gospodarza Gmachu Chemii UW”. Od razu z wielką energią poświęcił się odbudowie i stopniowemu wyposażeniu laboratoriów. Trzeba pamiętać, że gmach ten, wybudowany tuż przed wojną przy ul. Pasteura 1, po Powstaniu Warszawskim był kompletną ruiną: jedno skrzydło zostało wysadzone w powietrze, a budynek uległ kompletnej dewastacji¹⁴⁵. W tym bardzo trudnym okresie – w okresie zimy 1945/1946 – Kemula przystąpił do prowadzenia wykładów i ćwiczeń w nieogrzewanym, zrujnowanym gmachu, mając na celu kształcenie nowych współpracowników już spośród powojennych studentów. Od razu przystąpił także do tworzenia ośrodka naukowego na Uniwersytecie Warszawskim, rozwijając metody aparaturowe chemii analitycznej, przede wszystkim polarografię, która stała się wielką pasją Kemuli jeszcze w okresie przedwojennym we Lwowie. Zaowocowało to opracowaniem przez niego (już w Warszawie) w 1952 r. ważnej dla chemii analitycznej metody chromatopolarograficznej, stanowiącej sprzęże-

¹⁴² P.E. Tomaszewski, *Powrót – Rzecz o Janie Czochralskim*, Wrocław 2012.

¹⁴³ W. Trzebiatowski, *Rola lwowskich przedstawicieli nauk chemicznych w środowisku wrocławskim*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 1988, 33, s. 81–102.

¹⁴⁴ Z.R. Grabowski, J. Taraszewska, *Życie i dzieło prof. Wiktora Kemuli (w stulecie urodzin)*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 2002, 47, s. 59–32.

¹⁴⁵ Z.R. Grabowski, *W skorodowanym zwierciadle pamięci – Szkic autobiograficzny*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 2005, 50, s. 7–202.

nie dwóch niezależnych dotąd technik analitycznych: polarografii i chromatografii¹⁴⁶. Chromatografia narodziła się na ziemiach polskich na początku XX w. i to właśnie na Uniwersytecie Warszawskim (wówczas rosyjskim, noszącym nazwę Cesarski Uniwersytet Warszawski), a jej twórcą był Michaił Siemionowicz Cwiet (1872–1919). Termin *chromatografia* został przez niego po raz pierwszy użyty w pracy opublikowanej w 1906 r.¹⁴⁷ Podstawę teoretyczną chromatografii stanowi wspomniane w części 3 niniejszego artykułu prawo podziału Nernsta. Te dwie okoliczności dodatkowo uzasadniają umieszczenie w tytule niniejszego artykułu pomysł szukania związków Nernsta z nauką tworzoną na ziemiach polskich.

Znaczącym osiągnięciem Kemuli, łączącym elektrochemię z chemią analityczną, było opracowanie przez niego na Uniwersytecie Warszawskim tzw. metody wiszącej kroplowej elektrody rtęciowej, która okazała się niezwykle przydatna w badaniach procesów elektrodowych. W 1955 r. uczeń Kemuli, Zbigniew R. Grabowski, stosując tę metodę uzyskał doktorat na podstawie rozprawy *Redukcja jonu azotanowego na kroplowej elektrodzie rtęciowej*. Kemula jest powszechnie uważany za twórcę polskiej szkoły polarografii. Dzięki niemu i jego zespołowi polarografia okazała się niezwykle przydatna w badaniach reakcji chemicznych, w tym w badaniach nietrwałych produktów przejściowych – wolnych rodników, nietrwałych tautomerów oraz właściwości związków powierzchniowo-czynnych¹⁴⁸.

Wiktor Kemula opublikował ponad 400 prac, których wyniki stanowią istotny wkład do nauki. Cztery jego uczniowie, (Zbigniew Galus, Zbigniew R. Grabowski, Adam Hulanicki i Janusz Lipkowski) o uznanym w skali międzynarodowej dorobku, zostali członkami Polskiej Akademii Nauk¹⁴⁹. Warto nadmienić, że w 1994 r. prof. Z.R. Grabowski uzyskał Nagrodę Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej w dziedzinie nauk ścisłych za opracowanie nowych metod generowania cząsteczek w stanach charakteryzujących się silnym przemieszczaniem ładunku elektronowego w cząsteczce. Z kolei inny uczeń Kemuli, prof. Tadeusz Marek Krygowski, który pod jego kierunkiem w 1969 r. wykonał pracę doktorską, w 2010 r. otrzymał Nagrodę Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej za opracowanie indeksu HOMA (*Harmonic Oscillator Model of Aromaticity*), służącego ilościowej ocenie charakteru aromatycznego związków organicznych. Do grona uczniów Kemuli należy także prof. Anna Grabowska (żona Z.R. Grabowskiego),

¹⁴⁶ W. Kemula, *Badania chromato-polarograficzne, I. Rozważania ogólne i opis aparatury*, „Roczniki Chemii” 1952, 26, s. 281–287.

¹⁴⁷ M. Tswett, *Physikalisch-chemische Studien über das Chlorophyll. Adsorptionen*, „Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft” 1906, 24, s. 316–323.

¹⁴⁸ Z.R. Grabowski, J. Taraszewska, *Życie i dzieło prof. Wiktora Kemuli (w stulecie urodzin)*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 2002, 47, s. 19.

¹⁴⁹ Tamże, s. 27.

która w 1960 r. pod jego kierunkiem uzyskała doktorat. Jej uczniem jest prof. Jacek Waluk, który stopień doktora nauk chemicznych uzyskał w Instytucie Chemii Fizycznej PAN w 1979 r. na podstawie rozprawy *Własności fotofizyczne orto-dwuazyn aromatycznych oraz ich form protonowych*. W 2013 r. Waluk został członkiem Polskiej Akademii Nauk.

Przedstawione powyżej skrótoowo wyniki badań Kemuli i jego szkoły na Uniwersytecie Warszawskim oraz w Instytucie Chemii Fizycznej PAN, stanowiące istotny wkład do nauki, mamy prawo zaliczać do dziedzictwa lwowskiej szkoły Tołłoczki, a tym samym do dziedzictwa szkoły Nernsta z Getyngi. Omawiając powojenną działalność Kemuli w ośrodku warszawskim Józef Hurwic podkreślił, że zespół chemików, skupiony wokół niego zarówno na Uniwersytecie Warszawskim jak i w Instytucie Chemii Fizycznej PAN, odpowiadał pod każdym względem temu, co w epistemologii przyjęto nazywać szkołą naukową¹⁵⁰. Szkoła ta nie przestała istnieć po śmierci jej twórcy, gdyż dawni współpracownicy Kemuli i ich uczniowie owocnie rozwijają wytyczone przez niego kierunki w nawiązaniu do tradycji zapoczątkowanej we Lwowie przez Tołłoczkę. Sam Kemula wielokrotnie podkreślał swoje związki z Tołłoczką, czego dowodem jest to, że po wojnie przygotował aż sześć wydań podręcznika *Chemia nieorganiczna*, po raz pierwszy wydanego w 1909 r. Do każdego wydania Kemula wprowadzał unowocześnienia tak, że już w czwartym powojennym wydaniu niewiele zostało z dawnego podręcznika Tołłoczki. Jednakże przez sympatię i lojalność wobec swojego nauczyciela Kemula zachował jego nazwisko jako współautora i to na pierwszym miejscu¹⁵¹.

9. Posłowie

Na podstawie przedstawionego powyżej przeglądu rozwoju kierunków badań naukowych na pograniczu chemii fizycznej i czystej fizyki prowadzonych na ziemiach polskich od początku XX w. nietrudno dojść do wniosku, że ich prapoczątek jest związany z Waltherem Nernstem i jego szkołą w Getyndze. Stało się tak w głównej mierze dzięki Stanisławowi Tołłoczce, który po doktoracie u Nernsta przeniósł problematykę chemii fizycznej na grunt polski i wspólnie z Ludwikiem Brunerem zapoczątkował badania naukowe w tej dziedzinie najpierw na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie, które później kontynuował we Lwowie. Kilka miejscowości w Polsce ma ścisły związek z Nernstem i niektóre z nich zachowują pamięć o nim. Do takich miejscowości należy zaliczyć jego miejsce urodzenia – Wąbrzeźno. Dom, w którym się uro-

¹⁵⁰ J. Hurwic, *Złote ręce i nieprzeciętny umysł*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 2002, 47, s. 55–62.

¹⁵¹ S. Tołłoczko. W. Kemula, *Chemia nieorganiczna łącznie z zasadami chemii ogólnej*, Wydanie XIV (szóste powojenne), Warszawa 1970, stron 583.

dził nadal istnieje. W 50. rocznicę śmierci Nernsta tj. w czerwcu 1991 r. została na nim wmurowana tablica pamiątkowa. Odbyło się to w ramach uroczystości z udziałem przedstawicieli Uniwersytetu w Getyndze i Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, którym towarzyszyło także spotkanie w gmachu obecnego I Liceum Ogólnokształcącego im. B. Chrobrego w Grudziądzu, czyli dawnego gimnazjum, w którym Nernst uzyskał maturę. Miejscem, z którym Nernst był sentymentalnie związany przez całe życie była posiadłość jego wujostwa w Pokrzywnie koło Grudziądza. Tutaj wielokrotnie przebywał w okresie swych młodości lat. Podczas wakacji, które tu spędził w 1891 r., dotarła do niego wiadomość o tym, że został mianowany na profesora chemii fizycznej na Uniwersytecie w Getyndze¹⁵².

Z Nernstem związana jest także Politechnika Gdańska (PG), która w 1914 r., nosząc wówczas nazwę *Königliche Technische Hochschule Danzig*, nadała mu godność doktora *honoris causa*. Niewątpliwie stało się to dzięki staraniom wieloletniego asystenta Nernsta z Getyngi i Berlina, Hansa von Wartenberga, który w 1913 r. opuścił Berlin jako ówczesny profesor nadzwyczajny na Uniwersytecie Berlińskim przenosząc się do Gdańska, gdzie został mianowany profesorem nadzwyczajnym PG. W okresie do 1918 r. wykładał tu chemię fizyczną, zaś w 1918 r. został mianowany profesorem zwyczajnym i objął Katedrę Chemii Nieorganicznej. Pracował na Politechnice w Gdańsku do 1933 r., kiedy przeniósł się do Getyngi, gdyż został powołany na dyrektora Instytutu Chemii Nieorganicznej jako następcę Richarda Zsigmondy'ego, laureata Nagrody Nobla z 1925 r. Do tradycji dawnej Katedry Chemii Nieorganicznej PG, kierowanej w latach 1918–1933 przez von Wartenberga nieustannie nawiązywał prof. Wiesław Wojnowski, który kierując obecną Katedrą Chemii Nieorganicznej PG w latach 1992–2003 przywrócił zajmowanemu gabinetowi kierownika Katedry pierwotny wygląd z okresu, gdy pracował w nim von Wartenberg. W dniu 12 czerwca 2018 r. Wojnowski wygłosił na Politechnice Gdańskiej wykład pt. *Z historii Katedry Chemii Nieorganicznej: lata 1904–1976*, w którym dużą uwagę poświęcił działalności von Wartenberga¹⁵³. Omawiając jego dorobek naukowy stwierdził, że von Wartenberg był pierwszym, który zastosował metodę Czochralskiego do wytworzenia monokryształów. W pracy opublikowanej w 1918 r., a więc zaledwie kilka miesięcy po opublikowaniu słynnej pracy Czochralskiego,¹⁵⁴ von Wartenberg opisał swój eksperyment, w którym zastosował cynk w roli zarodka do otrzymywania monokryształów¹⁵⁵. Co więcej,

¹⁵² Bartel, Huebener, dz. cyt., s. 17.

¹⁵³ W. Wojnowski, informacja prywatna; por. też. *Z historii Katedry Chemii Nieorganicznej, lata 1904–1976*, <<https://chem.pg.edu.pl>> [dostęp: 16.04.2020].

¹⁵⁴ J. Czochralski, *Ein neues Verfahren zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit der Metalle*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1918, 92, s. 219–221.

¹⁵⁵ H. von Wartenberg, *Über elastische Nachwirkung bei Metallen*, „DPG” 1918, 20, s. 113–122.

według Wojnowskiego „ojcem chrzestnym” nazwy *metoda Czochralskiego* jest właśnie Hans von Wartenberg. To stwierdzenie Wojnowskiego jest zgodne z opinią wyrażoną przez Pawła Tomaszewskiego, który podał, że Hans von Wartenberg był pierwszym, który w literaturze użył zwrotu *Verfahren von Czochralski*¹⁵⁶. Godnym podkreślenia jest fakt, że nazwa *metoda Czochralskiego* narodziła się na Politechnice Gdańskiej, gdyż w 1918 r., kiedy von Wartenberg przygotowywał swą pracę do druku, tam właśnie pracował kierując Katedrą Chemii Nieorganicznej.

Ostatnim miejscem na ziemiach polskich, związanym z Nernstem jest wieś Niwica (niem. Ober Zibelle), gdzie w 1922 r. nabył dom. W tym domu, dziś już nieistniejącym, zmarł w 1941 r. W chwili zakupu domu wieś znajdowała się na terytorium Niemiec, ale wyrok historii sprawił, że po 1945 r. znalazła się ona w granicach Polski zamykając w ten sposób pętlę na „linii świata”, odpowiadającej życiowym losom Walthera Hermanna Nernsta: zarówno miejsce jego urodzenia, jak i miejsce jego śmierci znajdują się na terytorium kraju, w którym rozwój chemii i fizyki w XX w. był mocno z nim związany. W listopadzie 1992 r., na budynku świetlicy wiejskiej w Niwicy, w ramach projektu *Przygoda z Nysą* realizowanego przez Starostwo Powiatowe w Żarach umieszczono tablicę z napisem w języku polskim i niemieckim o treści: *IN MEMORIAM: Hier liebte/ żył tutaj von/od – 1922 r. – 1921 r. Prof. Dr. Walther H. Nernst, NOBEL Preis Chemie 1920 r. [...]*¹⁵⁷.

Ciemną plamą w biografii Nernsta jest jego udział w pracach na rzecz przemysłu wojennego Rzeszy Niemieckiej w okresie I wojny światowej, przede wszystkim w pracach nad pociskami wypełnionymi gazami bojowymi. Podobnie jak wielu innych wybitnych uczonych niemieckich tego czasu, traktował to jako patriotyczny obowiązek. Zmiana jego postawy politycznej nastąpiła po zakończeniu wojny, kiedy to poparł powstanie Republiki Weimarskiej i zaangażował się w obronę szkalowanych przez rosnące w siłę środowiska faszystowskie osób pochodzenia żydowskiego. Taką postawę demonstrował wielokrotnie, szczególnie w okresie od października 1921 r. do października 1922 r. kiedy był rektorem Uniwersytetu Berlińskiego. Szczególnie ostro zareagował, gdy 22 czerwca 1922 r. został zamordowany Walther Rathenau, minister spraw zagranicznych Republiki Weimarskiej, z którym Nernsta łączyły więzy przyjaźni od momentu, gdy Rathenau piastował funkcję prezesa zarządu koncernu AEG, produkującego lampy Nernsta.

Jak już wspomniano w części 6.2 niniejszego artykułu, postać Walthera Rathenau stanowi także istotny element biografii Jana Czochralskiego. Obaj wchodzili w skład słynnego *trio AEG*, którego trzecim członkiem był Wichard von Mo-

¹⁵⁶ P.E. Tomaszewski, *Powrót – Rzecz o Janie Czochralskim*, Wrocław 2012, s. 57.

¹⁵⁷ M. Niedzielska, *Walther Hermann Nernst (1864–1941). Vita*, [w:] *Walther Hermann Nernst Noblista z Pomorza*, red. M. Niedzielska, J. Szudy, Toruń 2014, s. 18.

ellendorff¹⁵⁸. W 1937 r., w okresie kiedy antysemityzm w hitlerowskich Niemczech osiągnął apogeum, żona von Moellendorffa, która była Żydówką, popełniła samobójstwo. Wkrótce potem również Wichard von Moellendorff odebrał sobie życie¹⁵⁹. Analizując ostatnie lata życia Czochralskiego, który po wyrzuceniu go z Politechniki Warszawskiej w 1945 r. na podstawie niesłusznych oskarżeń o kolaborację z Niemcami w czasie II wojny światowej, zmarł w zapomnieniu w 1953 r., można odnieść wrażenie jak gdyby nad *trio AEG* ciążyło złowrogie fatum. Czochralski zmarł na atak serca po rewizji przeprowadzonej przez funkcjonariuszy Urzędu Bezpieczeństwa w jego domu w Kcyni, gdzie mieszkał po opuszczeniu Warszawy i został pochowany na starym kcyńskim cmentarzu w grobie, który był bezimienny przez 45 lat¹⁶⁰. Choć Czochralski żył jeszcze w latach 1948–1950, gdy w Bell Telephone Laboratories w Murray Hill, New Jersey w USA zastosowano jego metodę do uzyskiwania dużych kryształów germanu, a później krzemu, potrzebnych do produkcji tranzystorów, to on sam, oddalony od środowisk naukowych, nigdy się już o tym nie dowiedział.

W tym kontekście należy zauważyć, że traumatyczne przeżycia wywołane prześladowaniami politycznymi ze strony polskich władz komunistycznych nie ominęły Wiktora Kemuli, protoplasty warszawskiej gałęzi fizyko-chemicznego drzewa Walthera Nernsta, który odegrał kluczową rolę w odbudowie warszawskiego ośrodka chemii po zniszczeniach wojennych. W 1968 r., po wydarzeniach marcowych, prof. Kemula, uprzednio wieloletni dziekan Wydziału Chemii i prorektor, został usunięty z pracy na Uniwersytecie Warszawskim po tym jak publicznie wypowiedział się w obronie manifestujących studentów¹⁶¹.

W konkluzji tego artykułu należy stwierdzić, że pobyt Stanisława Tołłoczki w ostatnich latach XIX w. w szkole naukowej Walthera Hermanna Nernsta na Uniwersytecie w Getyndze, uwieńczony uzyskaniem tam pod jego kierunkiem doktoratem, zapoczątkował niezwykle owocny rozwój badań w dziedzinie chemii fizycznej – najpierw na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie, a potem na Uniwersytecie Lwowskim i Politechnice Lwowskiej. Wychowanek Tołłoczki, Wiktor Jakób, wykształcił na Politechnice Lwowskiej dwóch wybitnych chemików: Bogusławę Jeżowską-Trzebiatowską i Włodzimierza Trzebiatowskiego, którzy po II wojnie światowej stworzyli we Wrocławiu dwie szkoły chemiczne na Uniwersytecie Wrocławskim i na Politechnice Wrocławskiej. Oprócz tego sam prof. Wiktor Jakób, uważany za założyciela polskiej szkoły chemii koordynacyjnej, rozwinął w latach pięćdziesiątych XX w. intensyw-

¹⁵⁸ P.E. Tomaszewski, *Powrót – Rzecz o Janie Czochralskim*, Wrocław 2012, s. 40–42.

¹⁵⁹ J. Evers, P. Klüfers, R. Staudigl, P. Stallhofer, *Czochralski's creative mistake: A milestone on the way to the gigabit era*, „Angewandte Chemie Inter. Ed.” 2003, 42, s. 5684–5698.

¹⁶⁰ P.E. Tomaszewski, *Powrót – Rzecz o Janie Czochralskim*, dz. cyt., s. 227.

¹⁶¹ Z.R. Grabowski, J. Taraszewska, *Życie i dzieło prof. Wiktora Kemuli (w stulecie urodzin)*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 2002, 47, s. 24.

ne badania w zakresie chemii nieorganicznej na Uniwersytecie Jagiellońskim. Z kolei Wiktor Kemula jako profesor chemii na Uniwersytecie Warszawskim, stworzył polską szkołę polarografii, która wniosła ogromny wkład do nauki światowej.

Bibliografia

- Bard A.J., Inzelt G., F. Scholtz (eds.), *Electrochemical Dictionary*, 2nd edition, Springer 2012.
- Bartel H.G., Huebener R.P., *Nernst Walther: Pioneer of Physics and of Chemistry*, World Scientific, Singapore 2007.
- Bel R., Behnia K., Nakajima Y., Izawa K., Matsuda Y., Shishido H., Settai R., Onuki Y., *Giant Nernst Effect in CeCoIn₃*, *Physical Review Letters*, 92, 217002 (2004).
- Bobrzański B., *Chemia organiczna. Wyd. 7 dawnego podręcznika L. Brunera i St. Tołłoczki, uzup. i oprac.*[...], Warszawa 1954.
- Bobrzański B., Tołłoczko S., *Chemia organiczna. Na podst. wyd. 7 podręcznika L. Brunera i S. Tołłoczki uzup. przez B. Bobrzańskiego*, Warszawa 1957.
- Bodenstein M., *Walther Nernst (25.6.1864–18.11.1941)*, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 1942, 75, 6A, s. 79–104.
- Bodnar Z., *Zygmunt Klemensiewicz (1886–1963)*, „Postępy Fizyki” 1964, 15 (1), s. 3–10.
- Bruner L., Tołłoczko S., *Chemia organiczna*, Warszawa 1909.
- Bruner L., Czarnecki S., *Photokinetik der Bromsubstitution*, „Bulletin de l’Academie Cracovie” 1910, A, s. 516–559.
- Bruner L., Tołłoczko S., *Chemia nieorganiczna*, Kraków 1905.
- Bruner L., Tołłoczko S., *Chemia nieorganiczna*, wydanie drugie poprawione, Warszawa 1907 (stron 274 + XI, 73 rysunki w tekście i tablica widmowa).
- Bruner L., Tołłoczko S., *O szybkości tworzenia się estrów z chlorku benzolowego i alkoholów tuszczowych*, „Rozprawy Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego Akademii Umiejętności w Krakowie”, t. 38 A, s. 216–234.
- Bruner L., Tołłoczko S., *Über die Auflösungggeschwindigkeit fester Körper*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1900, 35, s. 283–290.
- Bruner L., Tołłoczko S., *Über die Auflösungggeschwindigkeit fester Körper. II Mitteilung*, „Zeitschrift für unorganische Chemie” 1901, 28, s. 314–330.
- Bruner L., Tołłoczko S., *Über die Auflösungggeschwindigkeit fester Körper. III Mitteilung*, „Zeitschrift für anorganische Chemie” 1903, 35, s. 23–40.
- Bruner L., Tołłoczko S., *Über die Geschwindigkeit der Esterbildung aus Benzolchlorid und aliphatischen Alkoholen*, *Bull.* 1889, s. 475–487.
- Brunhes B., Bruner L., Tołłoczko S., *Über die Auflösungggeschwindigkeit fester Körper (Sur la vitesse de dissolution des corps solides)*, „Physikalische Zeitschrift” 1905, 5, s. 110.
- Czochralski J., *Ein neues Verfahren zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit der Metalle*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1918, 92, s. 219–221
- Dolecki M., *Badania Ludwika Brunera (1871–1913) z zakresu kinetyki chemicznej*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1918, 92, s. 219–221.

- Drucker K., *Zur Geschwindigkeit und Katalyse im inhomogenen Systeme*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1901, 36, s. 693–709.
- Drude P., *Bemerkungen zu der Arbeit des Hrn. O. Wiener: Stehende Lichtwellen und die Schwingungsrichtung polarisierten Lichtes*, „Annalen der Physik” 1890, 277 (9), s. 154–160.
- Drude P., Nernst W., *Einfluss der Temperatur und des Aggregatzustandes auf das Verhalten des Wismuts in Magnetfelde*, Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augusts-Universität zu Göttingen, „Annalen der Physik und Chemie” 1890, s. 471–481 (1890); 3, Folge, 1891, 42, s. 568–580.
- Drude P., Nernst W., *Über die Fluoreszenzwirkung stehenden Lichtwellen*, Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augusts-Universität zu Göttingen, „Annalen der Physik und Chemie” 1891, s. 346–351; 1892, 3, Folge 42, s. 460–474.
- Drude P., Nernst W., *Über elektrostriktion durch freie Ionen*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1894, 15, s. 79–85.
- Einstein A., *The work and personality of Walther Nernst*, „Scientific Monthly”, February 1942, s. 195–196.
- Evers J., Klüfers P., Staudigl R., Stallhofer P., *Czochralski’s creative mistake: A milestone on the way to the gigabit era*, „Angewandte Chemie Inter. Ed.” 2003, 42, s. 5684–5698.
- Frycz K., Tołłoczko S., *Współczynniki przewodzenia w chlorku antymonowym jako rozczynniku*, [w:] *Księga Pamiątkowa 250-ej rocznicy założenia Uniwersytetu Lwowskiego*, Lwów 1911, s. 1–16.
- Grabowski Z. R., Taraszewska J., *Życie i dzieło prof. Wiktora Kemuli (w stulecie urodzin)*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 2002, 47, s. 59–32.
- Grabowski Z. R., *W skorodowanym zwierciadle pamięci*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 2005, 50, s. 7–202.
- Haber F., Klemensiewicz Z., *Über elektrische Phasengrenzkräfte*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1909, Leipzig.
- Haber F., Tołłoczko S., *Über die Reduktion der gebundenen festen Kohlensäure zu Kohlenstoff und über elektrochemische Veränderung bei festen Steffen*, „Zeitschrift für unorganische Chemie” 1904, 41, s. 407.
- Huebener R.P., Seher A., *Nernst effect and flux flow in superconductors. I. Niobium*, „Physical Review” 1969, 181, s. 701.
- Hulett G. A., *Beziehungen zwischen Oberflächenspannung und Löslichkeit*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1901, 37, s. 385–406.
- Hurwic J., *Złote ręce i nieprzeciętny umysł*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 2002, 47, s. 55–62.
- Jabłoński A., *Peter Pringsheim – na 80. rocznicę Jego urodzin, 19 marca 1961 r.*, „Postępy Fizyki” 1961, 12, s. 3–6.
- Jakób W., *O strącaniu wodorotlenku glinu z roztworów alkalicznych bromem i oddzielenie glinu od chromu*, „Bulletin de l’Academie Cracovie” 1913, A, s. 56.
- Jakób W., Tołłoczko S., *Analiza torjanitu cejlońskiego*, „Rozprawy Akademii Umiejętności, Kraków” 1991, 51, s. 1; „Bulletin International de l’Académie des Science de Cracovie” 1991, s. 559.

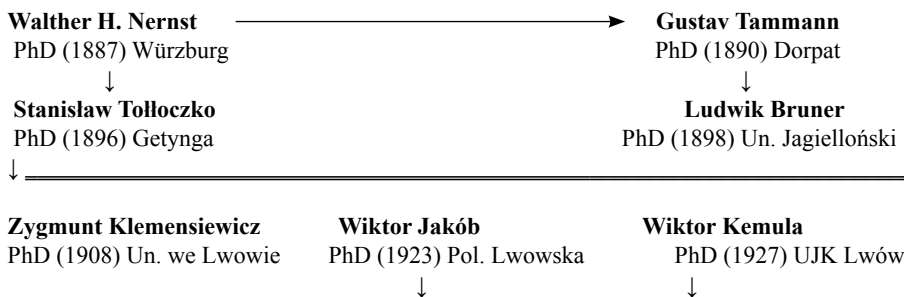
- Jakób W., *Über die Fällung des Aluminiumhydroxyds und die Trennung desselben von Chrom*, „Zeitschrift für analytische Chemie” 1913, 52, s. 651.
- Kemula W., *Polarographic studiem with the dropping Merkury cathode. Part XI. Overpotential of mercury deposited from mercuric salt solutions*, „Collection of Czechoslovak Chemical Communications” 1930, 2, s. 347–361.
- Kemula W., *Badania chromatopolarograficzne, I. Rozważania ogólne i opis aparatury*, „Roczniki Chemii” 1952, 26, s. 281–287.
- Kemula W., *Działanie promieni ultrafioletowych na węglowodory szeregu metanowego*, „Roczniki Chemii” 1930, 10, s. 273–287.
- Kemula W., Michalski M., *Recherches polarographiques; analyse quantitative du sodium et du potassium*, [w:] *Atti del Congresso Internazionale di Chimica*, 3, 419, Roma 1938.
- Kemula W., Rygielski J., *Spektrograficzne wykrywanie i oznaczanie berylu w minerałach i skalach*, „Przemysł Chemiczny” 1933, 17, s. 89–97.
- Kim M., Kim B. J., Lim H. H., Pandiyan, Cha K. M., *Demonstration of standing light waves with a laser pointer*, „Journal of the Korean Physical Society” 2010, 56, nr 5, s. 1542.
- Kittel Ch., *Wstęp do fizyki ciała stałego*, wyd. VII, Warszawa 2012.
- Klemensiewicz Z., *Chlorek antymonowy jako rozczynnik jonizujący*, „Rozprawy Akademii Umiejętności” 1908, 48, s. 143.
- Kling K., *Wspomnienie o śp. Profesorze Stanisławie Tolłoczce*, „Przemysł Chemiczny” 1935, 19, s. 135.
- Laue von M., *Historia fizyki*, Warszawa 1960.
- Lichočka H., *Jegor Jegorowicz Wagner (1849–1903)*, [w:] *Monumenta Universitatis Varsoviensis 1816–2016, Portrety Uczonych. Profesorowie Uniwersytetu Warszawskiego 1816–1916*, Warszawa 2016, s. 464–471.
- Lichočka H., *Nauki ścisłe i przyrodnicze na Uniwersytecie Warszawskim. Chemia*, [w:] *Monumenta Universitatis Varsoviensis 1816–2016*, s. 257.
- Łukaszewicz K., *Pradzieje i geneza Instytutu*, „Wiadomości Chemiczne” 1997, 51, s. 451–459.
- Mierzecki R., *Chemia w polskich uczelniach okresu międzywojennego – Chemia fizyczna*, „Analecta. Studia i Materiały z Dziejów Nauki” 1995, 4, s. 171.
- Miklaszewski B., *Sprawozdania: L. Bruner i S. Tolłoczko, Chemia nieorganiczna*, „Chemik Polski” 1906, 6, s. 684.
- Moellendorff von W., Czochrański J., *Technologische Schlüsse aus der Kristallographie der Metalle*, „Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure” 1913, 57, s. 931–935, s. 1014–1020.
- Nernst W., *Die elektromotorische Wirksamkeit der Ionen*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1889, 4, s. 129.
- Nernst W., *Die elektromotorische Wirksamkeit der Ionen, Habilitationsschrift, Universität Leipzig*, Wilhelm Engelmann, Leipzig 1889.
- Nernst W., *Die Ziele der physikalischen Chemie. Festsrede gehalten am 2. Juni 1896 zur Einweihung des Instituts für physikalische Chemie und Electrochemie der Georgia Augusta zu Göttingen*, Göttingen 1896.

- Nernst W., *Dielektric(z)itätskonstante und chemische Gleichgewicht*, „Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augustd-Universität zu Göttingen” 1893, s. 491–496; „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1894, 13, s. 531–536.
- Nernst W., *Method zur Bestimmung von Dielektric(c)itätskonstantev*, „Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augustd-Universität zu Göttingen” 1893, s. 782–774(1893); „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1893, 14, s. 622–663.
- Nernst W., Pauli R., *Weiteres zur elektromotorischen Wirksamkeit der Ionen*, „Annalen der Physik und Chemie” 1892, 45, s. 353–359.
- Nernst W., *Teorie der Reaktionsgeschwindigkeit in heterogenen Systemem*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1904, 47, s. 53.
- Nernst W., *Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadro’schen Regel un der Thermodynamik*, Stuttgart 1893.
- Nernst W., *Über die Berechnung chemischen Gleichgewichte aus thermischen Messungen*, „Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse”, 1906, s. 1–40.
- Nernst W., *Über die Bildungswärme der Quecksilberverbindungen*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1888, 2, s. 23–28.
- Nernst W., *Über die elektromotorischen Kräfte, welche durch den Magnetismus in von einem Wärmestrome durchflossenen Metalplatten geweckt warden*, „Annalen der Physik und Chemie” 1887, Neue Folge, Band 31, s. 760–789.
- Nernst W., *Über die mit Vermischung $k(c)$ onzentrierter Lösungen verbundene Änderung der freien Energie*, „Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augustd-Universität zu Göttingen” 1892, s. 428–438(1892); „Annalen der Physik und der Chemie” 1894, 53, s. 1–358.
- Nernst W., *Über die Potentialdifferenz verdünnter Lösungen*, „Annalen der Physik und Chemie” 1892, 45, s. 360–369.
- Nernst W., *Über die Verteilung eines Stoffes zwischen zwei Lösungsmitteln*, „Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften un der Georg-Augusts-Universität zu Göttingen” 1890, s. 401–416.
- Nernst W., *Über ein neues Prinzip der Molekulargewichtsbestimmung*, „Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften un der Georg-Augusts-Universität zu Göttingen” 1890, s. 57–66; „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1890, 6, s. 16–36.
- Nernst W., *Über eine neue Verwendung der Gefrierapparat zur Molekulargewichtsbestimmung*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1890, 6, s. 573–577.
- Nernst W., *Verteilung eines Stoffes zwischen zwei Lösungsmitteln und zwischen Lösungsmittel und Dampfraum*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1891, 8, s. 110–139.
- Nernst W., *Zur Theorie umkehrbarer galvanischer Elemente*, „Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin” 1889, s. 83–95.
- Niedzielska M., *Walther Hermann Nernst (1864–1941). Vita*, [w:] M. Niedzielska, J. Szudy, *Walther Hermann Nernst Noblista z Pomorza*, Toruń 2014.
- Noyes A., Whitney W. R., *Über die Auflösungs geschwindigkeit von fester Stoffen in ihren eigener Lösungen*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1897, 23, s. 687–692.

- Ostwald W., Nernst W., *Über freie Ionen*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1889, 3, s. 120.
- Paprocki J., *Stanisław Tołłoczko (1868–1935)*, „Chemik” 2016, 70, nr 2, s. 114–116.
- Paprocki J., *Włodzimierz Trzebiatowski (1906–1982)*, „Chemik” 2016, 70, nr 2, s. 114–116.
- Pauli R., *Bestimmung der Empfindlichkeitskonstanten eines Galvanometer mit astonischen Nadelpaar und aperiodischer Dämpfung*, Dissertation, Universität Göttingen 1893.
- Roloff M., *Beiträge zur Kenntnis der photochemischen Wirkung in Lösungen*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1894, 13, s. 327–368.
- Ruler A. YU., Vorokov M. G., *Women in chemistry: a life devoted to science*, „New Journal of Chemistry” 2013, 37, s. 3826–3832.
- Scheel H.J., *The development of crystal growth technology*, [w:] *Crystal growth technology*, edited by H.J. Scheel and T. Fukuda, Ltd., New York 2003.
- Siemion I. Z., *Bronisław Radziszewski i lwowska szkoła chemii organicznej*, Wrocław 1999.
- Sobczyk L., *Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN im. Włodzimierza Trzebiatowskiego we Wrocławiu (1966–1996), Przedmowa do numeru specjalnego*, „Wiadomości Chemiczne” 1997, 51, s. 433.
- Sołowiewicz R., *Chemia w polskich uczelniach okresu międzywojennego. Katedry chemii nieorganicznej*, „Analecta. Studia i Materiały z Dziejów Nauki” 1993, 2, s. 159–188.
- Stockert U., Sun P., Oeschler N., Steglich F., Takabatake T., Coleman P., Paschen S., *Giant isotropic Nernst effect in an anisotropic Kondo semimetal*, „Physical Review Letters” 2016, 117, s. 216–401.
- Szczeniowski Sz., *Fizyka doświadczalna, Cz. II: Ciepło i fizyka cząsteczkowa*, Warszawa 1976.
- Szczeniowski Sz., *Fizyka doświadczalna, Cz. III: Elektryczność i magnetyzm*, Warszawa 1972.
- Szudy J., Bielski A., *Aleksander Jabłoński (1898–1980), fizyk, muzyk, żołnierz*, Toruń 2010, s. 155.
- Tammann G., Nernst W., *Über die Maximaltension, mit welcher Wasserstoff aus Lösungen durch Metalle in Freiheit gesetzt wird*, „Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-August-Universität zu Göttingen” 1891, s. 201–212; „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1892, 9, s. 1–11.
- Tołłoczko S., *Beitrag zur Frage der Mitwirkung der chemischen Affinität bei dem Auflösungs Vorgange*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1896, 20, s. 412–416.
- Tołłoczko S., *Chlorek antymonowy w zastosowaniu do kryoskopii*, „Rozprawy Akademii Umiejętności” 1900, s. 1–6.
- Tołłoczko S., Doelter C., *Thorianit* [w:] *Handbuch der Mineralchemie*, Band 3, 1913, s. 222.
- Tołłoczko S., Kemula W., *Chemia nieorganiczna łącznie z zasadami chemii ogólnej*, Wydanie XIV (szóste powojenne) Warszawa 1970, s. 583.
- Tołłoczko S., Kemula W., *Chemia nieorganiczna z zasadami chemii ogólnej*, Warszawa 1954, 1964, 1966, 1970.
- Tołłoczko S., Kling K., *O chlorowaniu naturalnych gazów naftowych*, „Rozprawy Akademii Umiejętności” 1912, 52, s. 1.
- Tołłoczko S., Mayer M., *Ciepła topnienia kilku nieorganicznych rozczynników w związku z drobinowym obniżaniem ich punktu krzepnięcia*, „Kosmos” 1910, 25, s. 641.

- Tołłoczko S., *O szybkości rozpuszczania krystalograficznie różnych przekrojów gipsu*, „Kosmos” 1910, 25, s. 649 (1910); „Bulletin de l’Academie Cracovie” Juin 1910.
- Tołłoczko S., *Studia doświadczalne nad kryoskopijnymi własnościami nieorganicznych rozczynników*, „Rozprawy Akademii Umiejętności” 1901, s. 1–44.
- Tołłoczko S., Tokarski J., *O szybkości narastania i rozpuszczania się kryształów jako zjawisk odwracalnych*, „Kosmos” 1910, 25, s. 662; „Bulletin de l’Academie Cracovie”, Juin 1910.
- Tołłoczko S., *Über die Löslichkeitserniedrigung; nebst einen Anhang: Beitrag zur Frage der Mitwirkung der chemischen Affinität bei dem Auflösungs Vorgange*, Dissertation, Universität Göttingen, s. 32, 1896-08-06.
- Tołłoczko S., *Über eine neue Anwendung des Prinzips des Löslichkeitserniedrigung zur Molekulargewichtsbestimmung*, „Chemische Berichte” 1895, 28, s. 804–809.
- Tołłoczko S., *Über Löslichkeitserniedrigung*, „Zeitschrift für physikalische Chemie” 1896, 20, s. 389–411.
- Tomaszewski P. E., *Powrót – Rzecz o Janie Czochralskim*, Wrocław 2012.
- Trzebiatowski W., *Rola lwowskich przedstawicieli nauk chemicznych w środowisku wrocławskim*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 1988, 33, s. 81–102.
- Tswett M., *Physikalisch-chemische Studien über das Chlorophyll. Adsorptionen*, „Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft” 1906, 24, s. 316–323.
- Verfahren zur Herstellung von Chlorprodukten aus Erdgas oder Andersen metanhaltigen Gasen*, 1). Patent austriacki Nr 58273 (1912); 2). Patent węgierski Nr 37486 (1914).
- Wang Y., Xu Z. A., Takeshita T., Uchida S., Ono S., Ando Y., Ong N. P., *Onset of the vortexlike Nernst signal above T_c in $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ and $Bi_2Sr_{2-y}La_yCuO_6$* , „Physical Review B” 2001, 64, s. 224-519.
- Wartenberg von H., *Über elastische Nachwirkung bei Metallen*, „DPG” 1918, 20, s. 113–122.
- Wiener O., *Stehende Lichtwellen und die Schwingungsrichtung polarisirten Lichtes*, „Annalen der Physik” 1890, 276 (6), s. 203–243.
- Wojnowski W., *Z historii Katedry Chemii Nieorganicznej, lata 1904–1976*, <<https://chem.pg.edu.pl>> [dostęp: 21.04.2020].
- Wróblewski A. K., *Historia fizyki*, Warszawa 2006.
- Zott R. (ed.), *Wilhelm Ostwald und Walther Nernst in ihren Briefen sowie in denen Zeitgenossen*, Berlin 1996, s. 40.

**POLSKIE GAŁĘZIE W DRZEWIE FIZYKO-CHEMICZNYM
WALTHERA HERMANNA NERNSTA**



GALAŻ KRAKOWSKA

GALAŻ WROCLAWSKA

GALAŻ WARSZAWSKA

GALAŻ KRAKOWSKA:

PhD (UJ) w latach 1960–1964: **Tadeusz Senkowski, Janina Chojnacka, Alina Samotus, Zofia Stasicka;**

PhD (1983) UJ : **Grażyna Stochel;** PhD (1989) UJ: **Janusz Szklarewicz;**

Dr hab. (1994) UJ : **Barbara Sieklucka.**

GALAŻ WROCLAWSKA:

Na Politechnice Wrocławskiej:

Włodzimierz Trzebiatowski PhD (1931) Pol. Lwowska :

↓ **Bohdan Staliński** PhD (1952) Pol. Wr., **Kazimierz Łukaszewicz** PhD (1959) Pol. Wr.,

Krzysztof Pigoń PhD (1956) Pol. Wr., **Juliusz Sworakowski** PhD (1969) Pol. Wr.,

Marek Samoć PhD (1977) Pol. Wr..

Na Uniwersytecie Wrocławskim:

Bogusława Jeżowska-Trzebiatowska PhD (1935) Pol. Lwowska

↓ **Józef J. Ziółkowski** PhD (1964) UW, **Henryk Kozłowski** PhD (1977) UW,

Lechosław Latos-Grażyński, PhD (1978) UW, **Marcin Stepień** PhD (2003) UW.

GALAŻ WARSZAWSKA:

Zbigniew R. Grabowski PhD (1955) UW, **Zbigniew Galus** PhD (1960) UW,

Adam Hulanicki PhD (1961) UW, **Marek T. Krygowski** PhD (1969) UW,

Janusz Lipkowski PhD (1972) UW,

Anna Grabowska PhD (1960) UW,

↓ **Jacek Waluk** PhD (1979) IChF PAN.