

Jacek Rodzeń

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych w Krakowie

***NIEZNANA GENEZA SPEKTROSKOPU.
W 150-TĄ ROCZNICĘ UGRUNTOWANIA
ANALIZY SPEKTROCHEMICZNEJ PRZEZ
G. KIRCHHOFFA I R. BUNSENA***

1. NIE GORSZY OD LUNETY, ALE...

Prawie każdy, kto na poziomie szkoły średniej przeszedł kurs fizyki, z pewnością spotkał się na jej lekcjach z przyrządem zwanym spektroskopem, dzięki któremu można obserwować niepowtarzalne dla każdego pierwiastka chemicznego, charakterystyczne, wielobarwne pionowe prążki, noszące nazwę linii widmowych. Być może był to spektroskop o budowie zbliżonej do tej, która w ostatnich dziesięcioleciach stała się jednym z symboli nauki współczesnej, czyli konstrukcji dwuramiennego spektroskopu typu Kirchhoffa-Bunseana. Albo, obecnie coraz bardziej popularny w pracowniach szkolnych, typ tego przyrządu, nawiązujący do innej konstrukcji — tzw. spektroskopu bezpośredniego obrazu (jednoramiennego), na pierwszy rzut oka przypominającego zwykłą lunetę.

Wynaleziony w XIX w. spektroskop optyczny był urządzeniem stosunkowo prostym. Składał się z jednego lub większej liczby pryzmatów szklanych i co najmniej jednego tubusu z układem soczewek, dzięki

któremu można było obserwować linie widmowe promieniowania widzialnego pochodzącego od różnych substancji. Nie wchodząc w tym miejscu w szczegóły działania tego przyrządu, można tylko dodać, że padające, przez odpowiednio spreparowaną szczelinę, na pryzmat światło ulega podwójnemu załamaniu i rozłożeniu na liczne „frakcje” charakteryzujące się zróżnicowaną długością fali. Po wyjściu z pryzmatu tak „rozłożone” światło można badać przy pomocy odpowiednich urządzeń pomiarowych. Niebagatelne znaczenie teoretyczne i praktyczne ma to, że każdy z pierwiastków chemicznych ma, niczym odcisk palca, charakterystyczny dla siebie zestaw linii widmowych.

Budowa pierwszych spektroskopów wiązała się ściśle z odkryciem linii widmowych emisyjnych i absorpcyjnych, dokonany przez niemieckiego optyka i wytwórcę aparatury naukowej J. Fraunhofera, w okresie między 1813 a 1815 rokiem¹. Prawdziwy rozgłos przyniosły spektroskopowi jednak dopiero osiągnięcia, do których doszli blisko pół wieku później inni niemieccy uczeni — G.R. Kirchhoff i R.W. Bunsen. W rezultacie szeregu przeprowadzonych eksperymentów pokazali oni, jak praktycznie użyteczne może być wykorzystanie widma liniowego do analizy rozmaitych związków chemicznych. Co więcej, dzięki spektroskopowi można było badać nie tylko światło otrzymywane z różnych źródeł w laboratorium, lecz także światło dochodzące do nas z dalekich obiektów kosmicznych, takich jak planety, Słońce czy inne gwiazdy.

Za doniosły w wymiarze filozoficznym i światopoglądowym okazał się również płynący z tych badań wniosek, że identyczność niektórych widm uzyskiwanych przez obserwację obiektów astronomicznych i ciał powszechnie spotykanych na Ziemi świadczy o jedności tworzywa obserwowanego Wszechświata. Badania widma liniowego emisyjnego

¹ Ściśle rzecz biorąc linie absorpcyjne w świetle słonecznym po raz pierwszy zauważył jeszcze w roku 1802 angielski lekarz i chemik William H. Wollaston, lecz nie uznał ich za warte bliższego zainteresowania. Dopiero Fraunhofer dostrzegł wagę tego odkrycia, na początku wykorzystując linie widma do doskonalenia jakości szkła, z którego wytwarzał soczewki achromatyczne do teleskopów. Z kolei linie emisyjne, zwłaszcza bardzo wyraźną linię D pierwiastka sodu, przypuszczalnie obserwował już w 1752 r. szkocki fizyk T. Melvill, a na początku XIX w. również współtwórca falowej koncepcji światła T. Young.

i absorpcyjnego, nazwane później badaniami spektralnymi przyczyniły się, zwłaszcza w drugiej połowie XIX w., do niezwykle dynamicznego rozwoju fizyki, astronomii i chemii. Łączyło się to z szybką ewolucją i udoskonalaniem aparatury spektroskopowej, która odtąd znajdowała się w wyposażeniu niemal każdego laboratorium i obserwatorium astronomicznego. W różnych swoich wcieleniach technicznych spektroskop stał się autentycznie interdyscyplinarnym przyrządem badawczym.

Szczególnego przyspieszenia historia spektroskopu nabrała w wieku XX. Trudno dziś wymienić któreś ze znaczących osiągnięć fizyki, astronomii, czy chemii, w którym swojego, bezpośredniego lub pośredniego wkładu w sukces nie miałby właśnie ten przyrząd naukowy. Wystarczy wspomnieć stworzenie podstaw mechaniki kwantowej w pierwszych dwóch dekadach ubiegłego stulecia, w której istotną rolę odegrała interpretacja serii widmowych wzbudzonego atomu wodoru (kwantowa teoria widm emisyjnych i absorpcyjnych N. Bohra z 1913 r.). Dalej można wymienić obserwacje „przesunięcia” widma dalekich galaktyk ku dłuższym falom (czerwieni) przez E. Hubble’a i M. Humasona pod koniec lat 20-tych XX w., które przyczyniły się do ugruntowania koncepcji Wszechświata ewoluującego.

Od czasu, kiedy aparaturę pomiarową zaczęto wynosić w przestrzeń pozaziemską na sondach kosmicznych, są tam obecne także instrumenty spektroskopowe. To dzięki nim możemy penetrować dalekie zakamarki Marsa lub księżyców Jowisza i Saturna w poszukiwaniu śladów wody i życia. Są obecne w wyposażeniu, dostarczających nam niezwykle cennych informacji o Wszechświecie, teleskopów kosmicznych — Hubble’a czy Spitzera. Zaś dzięki słynnemu satelicie badawczemu COBE, wystrzelonemu w roku 1989, w którym został zainstalowany spektrofotometr FIRAS (*Far Infrared Absolute Spectrophotometer*), dowiedzieliśmy się o rozkładzie materii i energii we wczesnym Wszechświecie. Oczywiście, dziedzina badań prowadzonych za pomocą aparatury spektroskopowej dawno już objęła nie tylko zakres widzialny fal elektromagnetycznych, jak również różne inne zakresy tego promieniowania, ale i promieniowanie jądrowe, a nawet obszar fal akustycznych.

Ze względu na jego kolosalne znaczenie dla współczesnej nauki, niektórzy przyrównują dotychczasowe zasługi spektroskopu do osiągnięć związanych z wynalezieniem na przełomie XVI i XVII w. lunety i wykorzystaniem jej z wielkim powodzeniem do obserwacji astronomicznych². Pikanterii ich dziejom dodaje fakt, że w XIX w. nastąpiło owocne połączenie „sił” i możliwości obydwu tych urządzeń i do dnia dzisiejszego, czy jest to aparatura ziemską, czy kosmiczną, teleskop ze spektroskopem tworzą niemal nieodłączną parę.

Mimo tych niewątpliwych zasług, spektroskop pozostaje przyrzędem, którego historia, jak dotąd, nie zdobyła sobie tak wielu badaczy, jak chociażby dzieje lunety czy teleskopu³. W szczególności początki rozwoju konstrukcji spektroskopowych spotkały się dotychczas z zaskakująco nikłym zainteresowaniem ze strony historyków nauki. Trudno w krótkim eseju szukać ewentualnego wyjaśnienia takiego stanu rzeczy. Można jednak wstępnie naszkicować ramy programu badań historycznych, który mógłby szerzej podjąć temat zarówno początków spektroskopu optycznego, jak również związanych z tymi początkami pewnych mitologii.

2. SPEKTROSKOPOWE MITOLOGIE

Zanim zostanie podjęta próba zarysowania programu badań genezy spektroskopu optycznego, warto przyjrzeć się aktualnemu stanowi wiedzy w tej kwestii, ze szczególnym uwzględnieniem faktycznej roli, jaką w dziejach spektroskopii odegrały badania Kirchwofa i Bunsena. Nadarza się ku temu dodatkowa okazja, związana z przypadającym na rok

²Do opinii podkreślającej znaczenie spektroskopu skłania się np. wybitny znawca historii przyrządów naukowych G. L'E Turner: „W swoich różnorodnych formach spektroskop być może bardziej niż jakikolwiek inny przyrząd przyczynił się do rozwoju nauki współczesnej”; *Scientific Instruments 1500–1900. An Introduction*, University of California Press: Berkeley *et al.* 1998, s. 110.

³Dobrą ilustracją dysproporcji w zainteresowaniu problematyką spektroskopów w stosunku do problematyki lunety astronomicznej może być bibliografia prac z dziedziny historii przyrządów naukowych za lata 1979–2004, zamieszczona na stronie internetowej Komisji Przyrządów Naukowych Międzynarodowej Unii Historii i Filozofii Nauki: <http://www.sic.iuhps.org> (dostęp *on-line*: 1.06.2009).

2010 okrągłym jubileuszem 150-lecia opublikowania przez tych dwóch uczonych wyników badań, które ze spektroskopii uczyniły wiodącą technikę analityczną, a ze spektroskopu jeden z najbardziej rozpoznawalnych, także w pozaakademickich kręgach, przyrządów naukowych.

Rozpocznijmy od krótkiego i dość wybiórczego przeglądu wypowiedzi, jakie pojawiają się współcześnie na temat prac Kirchhoffa i Bunsena, w przykładach, różnicowanej pod względem zaawansowania i przeznaczenia, literatury. Pierwszy przykład pochodzi z polskiej *Multimedialnej encyklopedii PWN*, poświęconej wyłącznie tematyce nauki. Pod hasłem „spektroskop” czytamy: „przyrząd do otrzymywania i badania widm optycznych metodą wizualną; najstarszym jego rodzajem jest spektroskop pryzmatyczny, po raz pierwszy zbudowany i zastosowany do badania widm w 1859 przez G.R. Kirchhoffa i W.R. Bunsena”⁴. Z kolei w anglojęzycznym kompendium podstawowej wiedzy o spektroskopii współczesnej można znaleźć informację: „Uznaje się powszechnie, że spektroskop został wynaleziony przez G. Kirchhoffa i R. Bunsena ok. 1860 r.”⁵.

W renomowanym tytule *The Cambridge History of Science*, w części poświęconej optyce XIX-wiecznej, znany historyk nauki i techniki S. Hong podaje informację: „Kirchhoff i Bunsen skonstruowali pierwszy spektroskop w 1860 r.”⁶. Potwierdza to jeden z nielicznych znawców wczesnych dziejów spektroskopii, a obecnie prezydent „British Society for the History of Science” F.A. J.L. James, pisząc w cenionej encyklopedii przyrządów naukowych: „Pierwsze spektroskopy zostały wykonane przez R. Bunsena i G. Kirchhoffa w Niemczech w 1859 r.”⁷.

⁴Hasło: *Spektroskop*, w: *Multimedialna encyklopedia PWN — Nauka*, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa 2002 (nośnik CD, edycja 2003); oparta na *Nowej encyklopedii powszechnej PWN*, t. 1–7, PWN: Warszawa 1997–2000.

⁵D.W. Ball, *Field Guide to Spectroscopy*, SPIE Press 2006, s. 2.

⁶S. Hong, *Theories and Experiments on Radiation from Thomas Young to X Rays*, w: *The Cambridge History of Science*, t. 5; *The Modern Physical and Mathematical Sciences*, M. Jo Nye (red.), Cambridge University Press: Cambridge 2002, s. 282.

⁷F.A. J.L. James, *Spectroscopy (Early)*, w: *Instruments of Science: an Historical Encyclopedia*, red. R. Bud, D.J. Warner, Taylor & Francis Group 1998, s. 563.

Jak widać, pochodzące z pozycji literaturowych o zróżnicowanym charakterze, wszystkie wymienione informacje, dotyczące autorstwa wynalazku spektroskopu optycznego są niemal całkowicie zgodne. Co najwyżej pewne rozbieżności pojawiają się przy sprecyzowaniu daty tego wydarzenia. Problem w tym, że zgodnie z aktualnym stanem wiedzy nad genezą spektroskopu optycznego, informacje te są całkowicie nieprawdziwe.

Co więcej, o tym, że Kirchhoff z Bunsenem nie byli bynajmniej wynalazcami spektroskopu optycznego, doskonale zdawali sobie sprawę autorzy XIX-wiecznych podręczników spektroskopii, którzy, z braku zorganizowanych w tamtych czasach systematycznych badań historycznych, sami w swoich pracach umieszczali cenne informacje na temat wczesnego rozwoju własnej dziedziny zainteresowania⁸. Choć wciąż nieliczni, także współcześni badacze dziejów spektroskopii przyznają pierwszeństwo budowy pierwszych typów aparatów spektroskopowych uczonym i konstruktorom pracującym nad nimi nawet 40 lat przed badaniami Kirchhoffa i Bunsena⁹.

Ponieważ pewne szczegóły tej intrygującej historii zostaną bardziej rozwinięte w ostatniej części niniejszego opracowania, w tym miejscu można zadać pytanie, dlaczego obok niewątpliwych zasług, obydwu niemieckim uczonym, przypisuje się również takie, które w rzeczywistości nie są ich własnymi, tworząc przy tej okazji swoistą mitologię wynalazców spektroskopu. Być może odsłonięcie przynajmniej częściowej odpowiedzi wyjaśni także kwestię natury historiograficznej, mia-

⁸Można tutaj wymienić te najbardziej znane: J.N. Lockyer, *The spectroscope and its application*, Macmillan: London 1873, s. 37n; H. Schellen, *Spectrum Analysis in Its Application to Terrestrial Substances, and the Physical Constitution of the Heavenly Bodies: Familiarly Explained*, D. Appleton and Company 1872, s. 229n; H. Kayser, *Handbuch der Spektroskopie*, t. I, Verlag von S. Hirzel: Leipzig 1900, s. 489n.

⁹Por. J. Bennett, *The celebrated phaenomena of colours: a history of the spectroscope in the nineteenth century*, Whipple Museum: Cambridge 1984; J.B. Hearnshaw, *Astronomical Spectrographs and their History*, Cambridge University Press: Cambridge 2009, s. 2–3; M.W. Jackson, *From Theodolite to Spectral Apparatus. Joseph von Fraunhofer and the Invention of a german optical research-technology*, w: *Instrumentation: Between Science, State and Industry*, T. Shinn, B. Joerges (red.), Kluwer 2001, s. 17–28.

nowicie: dlaczego jak dotąd nie przeprowadzono bardziej dogłębnych badań wczesnych dziejów rozwoju aparatury spektroskopowej, a przy tej okazji nie próbowano eliminować dezinformujących treści na jej temat w poczytnej i renomowanej literaturze naukowej? Aby odpowiedzieć na te pytania, należy przede wszystkim wyjaśnić, na czym polegał faktyczny sukces na polu spektroskopii tandemu Kirchhoff-Bunsen.

Swoje wspólne prace nad widmem liniowym różnych substancji Kirchhoff z Bunsenem prowadzili na Uniwersytecie Heideberskim tylko przez kilka miesięcy, od jesieni 1859 do kwietnia 1860 r., natomiast wyniki zostały opublikowane w pierwszym wspólnym artykule w czerwcu 1860 r.¹⁰. Badania te nie były bynajmniej jakimś spontanicznym odruchem zaprzyjaźnionych od lat, fizyka i chemika, pragnących zrewolucjonizować praktykę analityczną chemii, lecz efektem trwających już od pewnego czasu wysiłków i prac prowadzonych przez nich niezależnie.

Od roku 1858 Bunsen wraz z kilkoma swoimi dawnymi studentami (m.in. z H.E. Roscoe i R. Cartmellem) przeprowadzał rozmaite eksperymenty fotochemiczne z wykorzystaniem pryzmatów, mające na celu wykorzystać światło do analizy chemicznej. Także Kirchhoff, bardziej zainteresowany fizyczną stroną widma, jeszcze w roku 1858 prowadził z jego wykorzystaniem badania nad wyznaczeniem osi optycznych dwójłomnego kryształu aragonitu. Pracom tym towarzyszyły coraz donośniejsze wypowiedzi niektórych ówczesnych uczonych, wyrażających swoje niezadowolenie z dotychczasowych metod analitycznych stosowanych w chemii (m.in. J.H. Gladstone)¹¹.

Niewątpliwą zasługą wspólnych badań przeprowadzonych przez Kirchhoffa i Bunsena było wykazanie, iż określone linie widmowe (emisyjne i absorpcyjne) są niepowtarzalnie charakterystyczne dla każdego

¹⁰Por. J. Hennig, *Bunsen, Kirchhoff, Steinheil and the Elaboration of Analytical Spectroscopy*, „Nuncius”, 2 (2003), s. 741. Pierwszy wspólny artykuł: G. Kirchhoff, R. Bunsen, *Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen*, „Poggendorffsche Annalen der Physik und Chemie”, 110 (1860), s. 161–189; odnotowana w spisie treści data zamknięcia wydania tej części pisma: 16.06.1860.

¹¹Zob. F.A. J.L. James, *The Establishment of Spectro-chemical Analysis as a Practical Method of Qualitative Analysis, 1854–1861*, „Ambix”, 30 (1983), s. 30.

pierwiastka chemicznego. Prostą konsekwencją takiego stwierdzenia było uznanie, że linie te mogą być wykorzystane w praktyce przy stworzeniu metody jakościowej analizy chemicznej, zarówno w odniesieniu do ciał ziemskich, jak i niebieskich. Jej przydatność zresztą od razu została „sprawdzona” w związku z odkryciem przez Bunsena dwóch nowych pierwiastków chemicznych — cezu i rubidu. Z tych odkryć, w szczególności z usankcjonowania nowej metody badawczej, Kirchhoff z Bunsenem są przede wszystkim znani po dzień dzisiejszy.

Osobną kwestią pozostaje rodzaj aparatury wykorzystanej przez obu niemieckich uczonych w ich pionierskich pracach. Zgodnie z najnowszymi badaniami J. Henniga, pierwszy aparat spektroskopowy Kirchhoff i Bunsen złożyli sami z elementów znajdujących się w ich heidelberskim laboratorium. Zostały one wykonane, jeszcze przed rokiem 1859, z przeznaczeniem do innych obserwacji, przez znanego monachijskiego konstruktora instrumentów naukowych C.A. von Steinheila¹². Były wśród nich dwie lunetki — kolimacyjna i obserwacyjna oraz pryzmat cieczowy. Do obserwacji został także wykorzystany palnik konstrukcji Bunsena i drucik platynowy ulepszony przez Cartmella.

Ani Kirchhoff, ani Bunsen nigdzie w swoich pracach, zarówno w tej z 1860 r., jak i w późniejszych, nie zaznaczyli wyraźnie, na podstawie czyjego pomysłu lub idei złożyli swój pierwszy spektroskop, choć — jak się przekonamy o tym w następnym paragrafie niniejszego opracowania — podobny w swojej konstrukcji typ spektroskopu był już znany od co najmniej 20 lat. Można w pierwszej chwili sądzić, że obaj uczeni uznali, że jest on na tyle znany i popularny, że nie warto o tym wspominać. Jednak trzy lata później, głównie w związku z uwagami brytyjskich naukowców, którzy zarzucali Kirchhoffowi i Bunsenowi nieuwzględnienie w ich pierwszym artykule również ich zasług na polu analizy

¹²Zob. J. Hennig, *Bunsen, Kirchhoff, Steinheil...*, dz. cyt., s. 744; tenże, *Der Spektroskopapparat Kirchhoffs und Bunsens*, Deutsches Museum: Berlin et al. 2003, s. 17–20. O skonstruowaniu tych części przez Steinheila dowiadujemy się z listu Kirchhoffa do kolegi z Uniwersytetu w Marburgu Ch. L. Gerlinga z 17.09.1860 r. (oryginał listu znajduje się w dziale manuskryptów Biblioteki Uniwersyteckiej w Marburgu: MS. 319/379), a także z listu Bunsena do Roscoe z 22.05.1857 r. (Archiwum Muzeum Niemieckiego w Monachium: HS 918).

spektroskopowej, sam Kirchhoff oświadczył, iż niektórych z tych prac wcześniej w ogóle nie znał, inne zaś uznał za nie warte poważniejszego zainteresowania¹³.

Z treści artykułu Kirchhoffa z 1863 r. wynika, że miał on głównie na myśli wkład innych uczonych do rozwinięcia metod analitycznych opartych na badaniach spektroskopowych, a nie wprost samą aparaturę spektroskopową. Jednak trudno sądzić, by brak wiedzy na temat wcześniejszych badań spektroskopowych był w przypadku niemieckiego uczonego niezależny od jego stanu wiedzy na temat samej aparatury¹⁴.

Artykuł Kirchhoffa ukazał się już po wygaśnięciu dwóch polemik, wszczętych po jego wspólnej publikacji z Bunsenem. Jedna dotyczyła wspomnianej już kwestii pierwszeństwa odkrycia analizy spektrochemicznej i zaangażowani w nią byli, z jednej strony uczeni angielscy — W. Crookes i W.A. Miller, z drugiej Kirchhoff z dawnym uczniem Bunsena — H.E. Roscoe¹⁵. Druga polemika jest jak dotąd mało znana, może dlatego, że nie wdał się w nią ani sam Kirchhoff, ani Bunsen, a dotyczyła pierwszeństwa w stworzeniu spektroskopu „dwuramiennego” jeszcze przed pierwszą wspólną ich pracą. W tę, bardziej „konstruktor-ską” polemikę, zaangażowało się w latach 1860–1861 dwóch uczonych — Szkot W. Swan i Włoch ks. F. Zantedeschi¹⁶. Jak się jednak okazuje

¹³G. Kirchhoff, *Zur Geschichte der Spektral-Analyse und der Analyse der Sonnenatmosphäre*, „Poggendorffsche Annalen der Physik und Chemie”, 118 (1863), s. 94.

¹⁴Tak zdaje się również sugerować spektroskopista i historyk D.T. Burns, który pisze o „kuriozalnym braku wiedzy o wcześniejszych pracach” ze strony Kirchhoffa; *Towards a Definitive History of Optical Spectroscopy. Part II: Introduction of slits and collimator lens. Spectroscopes available before and just after Kirchhoff and Bunsen's studies*, „Journal of Analytical Atomic Spectrometry”, 3 (1988), s. 289.

¹⁵Dość szczegółowo omawia tę polemikę F.A. J.L. James: *The Creation of a Victorian Myth: The Historiography of Spectroscopy*, „History of Science”, 23 (1985), s. 1–24; tenże, *The Establishment of Spectro-chemical Analysis...*, dz. cyt., s. 45.

¹⁶Zob. F. Zantedeschi, *Osservazioni critico-storiche intorno allo spettro luminoso, considerato come fotodoscopio od analizzatore il più squisito che abbia la scienza*, „Atti Istituto Veneto”, 6 (1860/1861), s. 533; autor ten nie tylko sugerował swoje pierwszeństwo w wynalezieniu spektroskopu z lunetą i kolimatorem jeszcze w pierwszej połowie lat 50-tych XIX w., ale także wykazywał słabości konstrukcji Kirchhoffa-Bunsena. W. Swan, *Note on Professors Kirchhoff and Bunsen's Paper 'On Chemical Analysis by Spectrum-observations'*, „The Philosophical Magazine”, 20 (1860), s. 175; ten autor

i wspomnimy o tym w następnym paragrafie, aspiracje Swana i Zantedeschiego były także na wyrost, gdyż faktyczni wynalazcy tego typu spektroskopu pisali już o nim w latach 1839–1840.

Powracając do pytania o przyczynę powszechnego przypisywania Kirchhoffowi i Bunsenowi zasługi w wynalezieniu spektroskopu (nie tylko pewnego jego typu!), wydaje się, że jest to przede wszystkim spowodowane bezpodstawnym łąčeniem faktu ugruntowania przez nich analizy spektrochemicznej, co było niewątpliwym sukcesem i ich niepowtarzalną zasługą, z faktem wynalezienia pewnego typu spektroskopu lub spektroskopu w ogóle. Sława odkrywców metody analitycznej w chemii objęła, akurat w niezasłużony sposób, także wynalezienie spektroskopu. Taka opinia, rozpowszechniona w dużej części literatury, zwłaszcza popularnej, mogła przyczynić się do tego, że nawet współcześnie w renomowanych publikacjach powtarza się mityczne przeświadczenie o wynalazku Kirchhoffa-Bunsena.

Być może jest w tym także zawarta odpowiedź na inne pytanie: dlaczego tak niewielu historyków interesuje się współcześnie wczesnymi dziejami aparatury spektroskopowej, tymi sprzed wspólnych prac obu uczonych niemieckich. Jeśli bowiem historia spektroskopii nabrała autentycznego rozpędu, a nawet w ogóle wzięła swoje ożywcze soki dopiero od czasu prac Kirchhoffa-Bunsena, to nie było jak dotąd zbytniej potrzeby interesowania się okresem wcześniejszym.

3. NA 40 LAT PRZED KIRCHHOFFEM I BUNSENEM

Po wprowadzeniu akcentującym znaczenie narzędzi spektroskopowych dla współczesnej nauki i ukazaniu rzeczywistych zasług dla spektroskopii Kirchhoffa i Bunsena, przyszedł czas na szkiecowe przedstawienie ewolucji konstrukcji spektroskopu optycznego do 1860 roku. Należy dodać, że postulowana w tym paragrafie sekwencja zdarzeń nie została jak dotąd nigdzie w pełni zaprezentowana i podlega aktualnie

z kolei zwracał uwagę na to, że podobnym „dwuramiennym” spektroskopem posługiwał się już w latach 1847 i 1856, a wyniki jego prac zostały opublikowane w uznanych periodykach.

bardziej szczegółowym analizom historycznym ze strony piszącego te słowa. Stąd jej hipotetyczność, a zarazem charakter roboczy i dyskusyjny.

Choć terminologia nie jest w tym przeglądzie najistotniejsza, warto jednak zauważyć, że współcześni autorzy podejmujący kwestię wczesnych dziejów spektroskopu, nazwą tą obejmują nawet bardzo zróżnicowane przyrządy optyczne, łącznie z prostym układem pryzmatu i szczeliny, wykorzystywanym do otrzymania widma ciągłego przez I. Newtona¹⁷. Tymczasem sam termin „spektroskop” zaczyna się pojawiać w literaturze dopiero w latach 60-tych XIX w.¹⁸. Co więcej, nawet Kirchhoff z Bunsenem w swoim artykule z 1860 r. nie posługiwali się jeszcze tą nazwą¹⁹. Dzisiaj, siłą rzeczy patrząc wstecz na dzieje spektroskopu możemy przyjąć, że jest nim przyrząd służący do otrzymywania, obserwacji i pomiarów widma.

Dla lepszego uchwycenia, zwłaszcza wprowadzanych stopniowo innowacji technicznych, dzieje spektroskopu pryzmatycznego w pierwszej połowie XIX w. najlepiej będzie prześledzić posługując się schematem rysunkowym (zob. Fig. 1), gdzie odpowiedniej konstrukcji przyrządu przypisane są nazwiska autorów i daty ich prac, w których ta konstrukcja pojawia się po raz pierwszy. Każdy z pięciu rysunków z pryzmatem (lub układem pryzmatów) zawiera uproszczony bieg promienia świetlnego ze źródła przez szczelinę (S). Dalej pojawia się teleskop astronomiczny (T) lub kolimator (K), następnie przez pryzmat(-y) (P) i w końcu — w niektórych przypadkach — przez lunetkę obserwacyjną (L) do oka obserwatora (O). Należy zauważyć, że przedstawione ilustracje zostały opracowane jako efekt rekonstrukcji budowy i funkcji

¹⁷Por. np. J.B. Hearnshaw, *Astronomical...*, dz. cyt., s. 1.

¹⁸Por. J.B. Hearnshaw, *The Analysis of Starlight. One Hundred and Fifty Years of Astronomical Spectroscopy*, Cambridge University Press: Cambridge *et al.* 1986, s. 3. Po raz pierwszy nazwę „spektrometr” użył w publikacji włoski fizyk i astronom ks. F. Zantedeschi w roku 1856: *Descrizione di uno Spettrometro e degli esperimenti eseguiti con esso, risguardanti i cambiamenti che si osservano nello spettro solare*, Sicca A.: Padova 1856. Z kolei terminem „spektrograf” posłużył się po raz pierwszy w 1872 r. H. Draper.

¹⁹Użyli oni nazwy „aparat do obserwacji widma” (*der Apparat zur Beobachtung der Spectren*): G. Kirchhoff, R. Bunsen, *Chemische Analyse...*, dz. cyt., s. 162.

określonego spektroskopu, na podstawie rysunków i opisów zamieszczonych w oryginalnych pracach ich twórców²⁰.

Pierwszy rysunek (z cyfrą porządkową 1) na schemacie przedstawia najprostszy układ z pryzmatem, zaopatrzonym w szczelinę, którym posługiwał się Newton, a następnie wielu badaczy, w tym W.H. Wollaston — odkrywca liniowego widma absorpcyjnego Słońca²¹. Rysunek 2 ilustruje układ pryzmatu i szczeliny z lunetką obserwacyjną. Jest on w zasadzie pierwszym, któremu można zasadnie nadać nazwę spektroskopu, a nawet spektrometru, gdyż dzięki lunetce można nie tylko obserwować widmo, ale także przeprowadzać proste jego pomiary. Pierwszy tego typu aparat spektroskopowy zbudował Fraunhofer w latach 1813–1815, wykorzystując do tego celu konstrukcję teodolitu geodezyjnego²². Podobny układ aparatury stosowali w swoich obserwacjach widma m.in. D. Brewster i Ch. Wheatstone w pierwszej połowie lat 30-tych XIX w.²³.

²⁰O ile wiadomo autorowi tego opracowania, z pierwotnych egzemplarzy spektroskopów, na których pracowali wymienieni w schemacie uczeni, do naszych czasów fizycznie zachowały się jedynie aparaty Fraunhofera (wszystkie są eksponowane w monachijskim Deutsches Museum).

²¹I. Newton, *Optics or, A Treatise of the Reflections, Inflections and Colours of Light...*, S. Smith et al., London 1704, s. 49–50. W.H. Wollaston, *A Method of Examining Refractive and Dispersive Powers, by Prismatic Reflection*, „Philosophical Transactions of the Royal Society of London”, 92 (1802), s. 365–380 (opis pryzmatu ze szczeliną, s. 378, tabl. XIV, fig. 3).

²²J. Fraunhofer, *Bestimmung des Brechungs- und Farbenzerstreuungsvermögens verschiedener Glassarten, in Bezug auf die Vervollkommnung achromatischer Fernrohre*, „Denkschriften der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu München”, 5 (1817), s. 193–226 (opis przyrządu: s. 195).

²³D. Brewster, *Observations on the Lines of the Solar Spectrum, and on Those Produced by the Earth's Atmosphere, and by the Action of Nitrus Acid Gas*, „Transactions of the Royal Society of Edinburgh”, 21 (1834), s. 519–530. Ch. Wheatstone, *On the Prismatic Decomposition of Electrical Light*, „Report of the British Association”, cz. 2 (1835), s. 11–12; tekst Wheatstona opublikowany w 1835 był jedynie podsumowaniem obszerniejszego artykułu, który z nie do końca jasnych powodów został opublikowany dopiero w 1861 r. (jest w nim krótki opis aparatury obserwacyjnej): tenże, *On the Prismatic Decomposition of Electric, Voltaic, and Electro-Magnetic Sparks*, „Chemical News”, 3 (1861), s. 198–201.

Zazwyczaj nazwisko Fraunhofera pojawia się w kontekście odwołania się do odkrycia przez niego linii widmowych Słońca. Zapomina się przy tym nie tylko o wynalezieniu przez niego jednego z pierwszych typów spektroskopu, ale także o innych jego zasługach na polu budowy aparatury spektroskopowej. W roku 1821, ponownie na bazie teodolitu, niemiecki uczoney skonstruował pierwszy aparat, wykorzystujący zamiast pryzmatu siatkę dyfrakcyjną²⁴. Z kolei w roku 1823 Fraunhofer, także po raz pierwszy dokonał połączenia spektroskopu z teleskopem astronomicznym, budując układ z tzw. pryzmatem obiektywowym (na naszym schemacie rysunek 3)²⁵.

Istotną innowacją w konstrukcji aparatu spektroskopowego było wprowadzenie kolimatora (układu z jedną lub wieloma soczewkami), służącego do uzyskiwania zbieżnej (równoległej) wiązki promieni świetlnych (rysunek 4). Przez wprowadzenie tego elementu spektroskop uzyskał kształt „dwuramienności”, z którego jest bodajże najbardziej znany, głównie przez „spopularyzowanie” go pracami Kirchhoffa i Bunsena.

Konstrukcję aparatu spektroskopowego pryzmatycznego z lunetką obserwacyjną i kolimatorem wprowadzili niezależnie od siebie dwaj badacze — Francuz J. Babinet i Anglik W. Simms. Historia w tym przypadku jest bardziej skomplikowana, gdyż Babinet, ściśle rzecz biorąc, skonstruował pierwotnie w roku 1839 przyrząd, który swoją zamierzoną funkcję spełniał jako goniometr i refraktometr, służący w krytalografii do wyznaczania promieni między ścianami kryształów oraz współczynnika refrakcji szkła²⁶. Z czasem jednak, obok funkcji zamierzonej

²⁴J. Fraunhofer, *Neue Modifacation des Lichtes durch gegenseitige Einwirkung und Beugung der Starhlen, und Gesetze derselben*, „Denkschriften der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu München”, 8 (1821), s. 1–76.

²⁵Tenże, *Kurzer Bericht von den Resultaten neuerer Versuche über die Gesetze des Lichtes, und die Theorie derselben*, „Annalen der Physik”, 74 (1823) s. 337–378.

²⁶O wynalazku Babineta francuską Akademię Nauk poinformował F. Arago: „Comptes rendus”, t. 8 (1839), s. 710. Nie tylko w tym punkcie czasowym historia goniometrów łączy się z historią spektroskopów. Jak się okazuje, już w pierwszych dwóch dekadach XIX w. wśród ówczesnych typów goniometrów optycznych istniały pewne antycypacje konstrukcyjne budowy późniejszych spektroskopów jedno- i dwuramiennych. Zagadnienie to wymaga jednak dalszych badań. Por. U. Burchard, *History*

pojawiła się także inna funkcja, spełniana przez ten przyrząd, z zachowaniem podstawowej struktury jego budowy. Była to funkcja spektroskopu lub spektrometru.

W przypadku Simmsa kontekst wynalazku był podobny do tego, w którym Fraunhofer stworzył swój aparat, oparty na konstrukcji teodolitu. Simms, skądinąd znany i ceniony wytwórca aparatury naukowej, wprowadził w 1840 r. kolimator do aparatu, który — dzięki wykorzystaniu linii widmowych — miał być bardziej użyteczny od dotychczasowych przy wyznaczaniu właściwości szkła optycznego na soczewki do teleskopów. Tak więc zamierzoną funkcją tego instrumentu miała być nie tyle obserwacja i samo badanie widma liniowego, lecz przede wszystkim względy natury technologicznej²⁷.

Ostatni z typów spektroskopu, na którym zakończymy wędrówkę przez wczesne dzieje tego przyrządu, związany jest z ideą opublikowaną po raz pierwszy w 1839 r., w zapomnianym, tak w przeszłości, jak i obecnie, komunikacie (zajmującym niespełna pół strony!) francuskiego zoologa F. Dujardina, znanego także jako znawcę aparatury optycznej, zwłaszcza mikroskopowej. Aparat spektroskopowy Dujardina stał się w następnych dziesięcioleciach znany jako tzw. spektroskop bezpośredniego obrazu (rysunek 5), ze względu na prostoliniowy bieg promienia świetlnego w jego konstrukcji. Istotną innowacją jest w nim wykorzystanie układu pryzmatów (co najmniej trzech) wykonanych z różnych gatunków szkła i możliwość ich umieszczenia w jednym tubusie obserwacyjnym²⁸.

and Development of the Crystallographic Goniometer, „The Mineralogical Record”, 29 (1998), s. 517–583.

²⁷W. Simms, *On the Optical Glass prepared by the late Dr. Ritchie*, „Memoirs of the Royal Astronomical Society”, 11 (1840), s. 165–170.

²⁸F. Dujardin, *Appareil destiné à observer les raies noires du spectre solaire*, „Comptes Rendus”, 8 (1839) s. 253–254. Od lat 60-tych XIX w. po dzień dzisiejszy historycy nauki przypisują autorstwo konstrukcji spektroskopu bezpośredniego obrazu, włoskiemu optykowi i astronomowi G.B. Amici. Jednak treść komunikatu Dujardina z 1839 r. zdaje się wyraźnie przeczyć tej opinii. Kwestia pierwszeństwa w postulowaniu idei tego typu spektroskopu wymaga dalszych badań historycznych. Na ten temat por. J. Rodzeń, *Félix Dujardina idea aparatu spektroskopowego*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” [w druku].

Jak widać z tego bardzo skrótowego przeglądu, dzieje spektroskopu optycznego bynajmniej nie zaczynają się od, skądinąd przełomowych prac Kirchhoffa i Bunsena, lecz sięgają na kilka dziesięcioleci w głąb przeszłości. Z racji braku studiów historycznych tego wczesnego okresu, na drodze wyjaśnienia meandrów ewolucji budowy spektroskopu z całą pewnością można jeszcze natrafić na szereg zagadek i nieznanych dotychczas faktów. To jednak, co już w jakimś stopniu jest wiadome, można streścić w następujących kilku roboczych punktach.

Po pierwsze, przed pracą Kirchhoffa i Bunsena z 1860 r., poświęconą metodzie analizy spektrochemicznej, można odnotować istnienie przynajmniej pięciu różnych typów aparatu spektroskopowego (które zostały przedstawione na schemacie rysunkowym). Kwestia charakteru prowadzonych przy ich pomocy obserwacji widma liniowego to — do pewnego stopnia — osobne zagadnienie, na którego bardziej szczegółowe omówienie nie ma tutaj miejsca²⁹.

Po drugie, wynalezienie w roku 1839 przez Babinetu nowego typu goniometru optycznego, którego konstrukcja została w następnych latach wykorzystana także do badań spektroskopowych, wskazuje na interesujące związki historyczne aparatury spektroskopowej z ówczesnym instrumentarium krystalograficznym³⁰.

Po trzecie, od chwili wynalezienia przez Simmsa i Babinetu spektroskopu typu „dwuramiennego” z kolimatorem (nr 4 na schemacie rysunkowym) do czasu zbudowania pierwszego spektroskopu przez Kirchhoffa i Bunsena w 1859 r., znane były inne rozwiązania konstrukcyjne

²⁹Zob. np. F.A. J.L. James, *The Discovery of Line Spectra*, „Ambix”, 32 (1985), s. 53–70. Autor tego artykułu co prawda omawia historię wczesnych obserwacji widma liniowego przez J. Fraunhofera, D. Brewstera, J. Herschela i W.F. H. Talbota (w przypadku ostatnich trzech autorów przeprowadzonych w latach 20-tych i 30-tych XIX w.), jednak nie poświęca w ogóle uwagi aparaturze, którą się wtedy ci uczeni posługiwali.

³⁰Według Jamesa badania zjawisk krystalograficznych, takich jak np. polaryzacja światła czy dwójłomność, były w latach 20-tych bardziej popularne aniżeli rodzące się dopiero zainteresowania zjawiskami związanymi z uzyskiwaniem widma liniowego; F.A. J.L. James: *The Creation of a Victorian Myth...*, dz. cyt., s. 4.

tego typu aparatury. Poza projektami Swana i Zantedeschiego można wymienić także spektroskopy A.-P. Massona i M. Mayersteina³¹.

³¹Zob. A.-P. Masson, *Etudes de photometrie electrique*, „Annales de Chimie et de Physique”, 31 (1851), s. 295–326; M. Mayerstein, *Ueber ein Instrument zur Bestimmung des Brechungs- und Zerstreungsvermögens verschiedenen Medien*, „Annalen der Physik”, 98 (1956), s. 91–98. Wobec tych przykładów nie dziwią słowa Burnsa: „Pierwszy artykuł Kirchhoffa-Bunsena oraz projekt ich aparatu ukazują wyraźny brak wiedzy o wcześniejszych pracach w tej dziedzinie [spektroskopii — J.R.], jak również o dostępnym komercyjnie wyposażeniu laboratoryjnym, które mogło ułatwić ich badania”; T.D. Burns, *Towards a Definitive History...*, dz. cyt., s. 289.

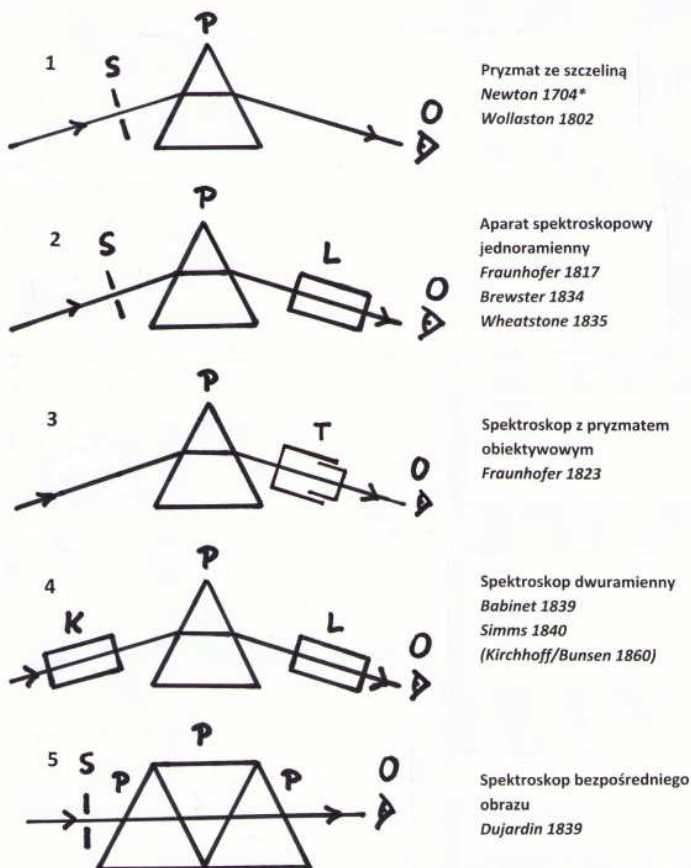


Fig 1. Schemat ilustrujący chronologię i ewolucję budowy typów spektroskopu pryzmatycznego w latach 1800-1860

*podany rok dotyczy daty publikacji

4. MORAŁ „FILOZOFICZNY”

Próba rekonstrukcji ewolucji budowy i funkcji jakiegoś przyrządu naukowego może stanowić fascynującą przygodę spotkania z dziejami

nauki i ich rozmaitymi uwarunkowaniami. Ale ukazanie sekwencji faktów i zdarzeń, wzajemnych powiązań różnych czynników wpływających na tę ewolucję, może także odsłonić szereg dodatkowych walorów, które wychodzą poza sprawozdawczy charakter typowego ujęcia historycznego.

Tematyka przyrządów badawczych dopiero w ostatnich trzech dekadach XX w. zdobyła szersze uznanie w samym środowisku historyków nauki. Sztandarowym motywem historiografii nauk przyrodniczych, zwłaszcza w pierwszej połowie XX w. były głównie analizy ewolucji idei i pojęć naukowych. Co prawda nierzadko przeprowadzono je z uwzględnieniem wpływu czynników pozaintelektualnych, ale — jak się dzisiaj wydaje — z nie zawsze adekwatnym ukazaniem roli tego wszystkiego, co aktualnie jest określane zbiorczym mianem kultury materialnej nauki³².

We współczesnej historiografii nauki próbuje się odchodzić od wyidealizowanego i jednostronnego obrazu „nauki pojęć i książek”, w stronę bardziej realistycznego wizerunku uwzględniającego także „naukę przedmiotów i obrazów”. Nie chodzi o rodzaj mody inspirowanej rozmaitymi trendami przełomu tysiącleci (np. konstruktywizmem czy postmodernizmem), ale o dostrzeżenie, od strony historiograficznej, zaniedbanego wymiaru nauki, zwłaszcza nauk empirycznych. W tej perspektywie nie tylko słowo pisane i drukowane będzie miało wartość informacyjną, ale także wyposażenie laboratoriów i wykorzystana aparatura, która również podlega procedurom historycznej interpretacji, w sposób analogiczny jak czyni się to w stosunku do tekstów naukowych³³.

W przypadku genezy spektroskopu optycznego mamy do czynienia z niemal wzorcowym przykładem przyrządu badawczego, który poja-

³²Szkicowe przedstawienie aktualnego stanu zainteresowania się przyrządami badawczymi w historii i filozofii nauki zostało zaprezentowane w: J. Rodzeń, *Znaczenie techniki w protonaukowej fazie rozwoju dyscyplin przyrodniczych*, w: *Pogranicza nauki. Protonauka-Paranauka-Pseudonauka*, J. Zon (red.), Wydawnictwo KUL: Lublin 2009, s. 185–188.

³³Por. A. Mosley, *Objects, texts and images in the history of science*, „Studies in History and Philosophy of Science”, 38 (2007), s. 289–302.

wił się na początku nowego etapu dziejów co najmniej trzech dyscyplin naukowych — fizyki, chemii i astronomii (głównie astrofizyki). Jednocześnie mamy w tym przypadku równie wzorcowy przykład, ilustrujący stan zainteresowania się ewolucją aparatury badawczej³⁴. Wprawdzie ostatnie prace takich autorów jak M.W. Jackson, J.B. Hearnshaw czy J. Hennig przełamują złą tradycję nikłego zainteresowania się tematyką dziejów spektroskopów optycznych, niemniej jednak jak zwykle w takim przypadku, wiele pozostaje jeszcze do zrobienia, jak chociażby ukazanie na podstawie dostępnych źródeł rozwoju poszczególnych typów spektroskopu i wielowymiarowego tła, na którym ten rozwój zachodził.

Śledzenie genezy spektroskopu, obok problematyki typowo historycznej, odsłania także pewne intrygujące wątki, mogące stanowić przedmiot refleksji dla filozofa nauki. Interesujące może się okazać już samo zbudowanie przez Fraunhofera instrumentu, który pierwotnie miał służyć wyłącznie celom praktycznym (ulepszanie właściwości szkła optycznego), a zapoczątkował *de facto* rewolucję, m.in. na polu badania: właściwości światła, właściwości różnych substancji występujących w przyrodzie ziemskiej i w kosmosie, podstawowej budowy przyrody, itd.

Niezwykle frapujące mogą się także okazać relacje między wiedzą teoretyczną uczonych tamtego czasu, a wiedzą praktyczną ówczesnych rzemieślników, w tym wytwórców przyrządów naukowych³⁵. Ciekawie przedstawiają się również wzajemne powiązania między różnymi dyscyplinami przyrodniczymi, inspirowane wczesnymi odkryciami związanymi z wykorzystaniem pierwszych spektroskopów. Ukazane szkicowo w tym opracowaniu zagadnienia związane z genezą spektroskopu optycznego mają m.in. na celu do takich badań i refleksji zachęcić.

³⁴Przykładem dobrze ilustrującym ograniczenie zainteresowania historyków jedynie do ewolucji idei, hipotez i wyjaśnień w spektroskopii XIX wieku jest praca: W. McGucken, *Nineteenth-Century Spectroscopy. Development of the Understanding of Spectra 1802–1897*, The John Hopkins Press: Baltimore-London 1969.

³⁵Kwestia to została gruntownie opracowana w monografii: M.W. Jackson, *Spectrometry of Belief. Joseph Fraunhofer and the Craft of Precision Optics*, The MIT Press: Cambridge (Mass.) 2000.

*SUMMARY**UNKNOWN GENESIS OF THE SPECTROSCOPE*

The paper raises the question of why historians of science were never seriously interested in the genesis of optical spectroscopy despite the fact that it had played so crucial and decisive role in the development of modern science. It is also noted that even in reputable scientific publications it is persistently claimed that the inventors of the spectroscopy are two German scholars: G. Kirchhoff and R. Bunsen. In what follows the history of their groundbreaking research is briefly outlined. This led to consolidation of a new scientific method — spectrochemical analysis, but not to invention of the spectroscopy itself. In the last part of the paper a story of five historical types of spectroscopic apparatuses has been outlined. All these instruments were invented evidently earlier, i.e. before Kirchhoff and Bunsen started in 1859 their joint work. The paper ends with a “philosophical moral”, which is expressed as a statement that so many issues can be interesting for the philosopher of science when studying the history of just one scientific instrument, especially when this instrument has accelerated (perhaps even determined) the line of development and research of three different scientific disciplines, that is of physics, astronomy and chemistry.