

Paweł Zeidler

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

O relacji między wiedzą teoretyczną a wiedzą proceduralną w procesie kształtowania się nowożytnej chemii

Wstęp

Praktyka badawcza chemii jest w zasadniczej mierze praktyką laboratoryjną, a sama chemia może być uznana za paradygmaticzny przypadek nauki laboratoryjnej¹. Na efektywność tej praktyki istotny wpływ ma wiedza proceduralna (operacyjna), określana często mianem *wiedzy jak*². Nie ulega jednakże wątpliwości, że chemia jest również nauką znajdującą się na teoretycznym stadium rozwoju, wytwarzającą wiedzę wartościową poznawczo, która jest określana mianem *wiedzy, że*. Istotnym metodologicznym zagadnieniem jest zatem zbadanie relacji, jaka zachodzi między chemiczną wiedzą teoretyczną a wiedzą proceduralną stosowaną przez chemików w ich praktyce laboratoryjnej i działalności technologicznej.

Stosunek wiedzy teoretycznej do praktyki eksperymentalnej i szeroko rozumianej działalności praktycznej był przedmiotem zainteresowania Anny Pałubickiej, która analizowała to zagadnienie w kontekście przemian zachodzących w kulturze europejskiej (Pałubicka 2006 oraz 2013). Autorka *Gramatyki kultury europejskiej* wyróżniła dwa modele tej relacji: *klasyczny i operacyjny* (Pałubicka 2013: 180-185). Ten pierwszy ściśle uzależnia działalność praktyczną od teorii, a ten drugi zakłada jej względną autonomię. Rozważania autorki, poszerzone o ustalenia czołowego reprezentanta *nowego eksperymentalizmu* Iana Hackinga oraz rozważania przedstawicieli *społecznych studiów nad nauką i technologią* (STS), odniosę do praktyki badawczej chemii. Szczególną uwagę zwrócę na proces kształtowania się chemii jako nowożytnej

¹ Powyższą tezę starałem się uzasadnić w książce *Chemia w świetle filozofii* (Zeidler 2011).

² W artykule posługuję się zamiennie pojęciami: „wiedza proceduralna” oraz „wiedza operacyjna”.

nauki przyrodniczej, gdyż to on w istotnym stopniu wpłynął na specyfikę metodologiczną tej dyscypliny, a tym samym na relacje, jakie zachodziły, i jakie współcześnie zachodzą między jej wiedzą teoretyczną a wiedzą operacyjną. Będę dążył do wykazania, że charakterystyka tych relacji nie jest jednoznaczna i zależy od sposobu rozumienia niektórych podstawowych pojęć stosowanych w filozoficznej i metodologicznej refleksji nad nauką, a zwłaszcza pojęcia teorii naukowej. W celu ukazania zmian, jakim te relacje podlegały w procesie powstawania nowożytnej chemii, omówię krótko metodologiczne podstawy praktyki badawczej Stahla, Boyle'a, Lavoisiera i Daltona. Przeprowadzone analizy będą uzasadniały przekonanie, że praktyka laboratoryjna tych chemików zależała również od ich wiedzy teoretycznej, która jednakże pod względem metodologicznym różniła się dość istotnie od wiedzy teoretycznej fizyków.

Stosunek wiedzy teoretycznej do operacyjnej w ujęciu Anny Pałubickiej

Dla Anny Pałubickiej znaczenie rozumu w kulturze europejskiej w okresie modernizmu wyraża się nie tylko w dominacji racjonalnego myślenia, lecz także w nadrzędności postawy teoretycznej względem nastawienia praktycznego (Pałubicka 2013: 174). Filozoficzna refleksja nad nauką, wywodząca się zarówno z tradycji racjonalizmu, jak i empiryzmu, ukształtowała przekonanie, że uzyskanie wartościowej poznawczo wiedzy teoretycznej jest podstawowym celem badań naukowych. Uważano, że to właśnie wiedza teoretyczna wyznacza praktykę eksperymentalną nauk przyrodniczych oraz w zasadniczy sposób determinuje rozwój cywilizacji technicznej. Autorka *Gramatyki kultury europejskiej* nazywa ten model funkcjonowania wiedzy w praktyce społecznej *klasycyzm*. Polega on na przechodzeniu od „pomysłu teoretycznego przez staranne sprawdzenie eksperymentalne hipotez teoretycznych, aż do opracowania technologii i jej praktycznego wdrażania” (Pałubicka 2013: 180). Zgodnie z tym modelem wiedza operacyjna, która kieruje wszelkimi działaniami o charakterze technologiczno-użytkowym, ma swoją podstawę w wiedzy teoretycznej – jest jej konsekwencją, choć nie w logicznym sensie tego terminu. Można powiedzieć, że działania praktyczne są ufundowane na wiedzy teoretycznej, która dostarcza reprezentacji poznawczych świata, w którym działamy.

Drugi model powiązania wiedzy naukowej z eksperymentalną praktyką badawczą określony został mianem *operacyjnego*. W XX-wiecznej refleksji filozoficznej nad nauką został on zaproponowany przez Iana Hackinga w jego koncepcji określanej mianem *nowego eksperymentalizmu* (Hacking 1983). Autor *Representing and Intervening* nie tylko zmienił ujęcie relacji zachodzących między wiedzą teoretyczną a praktyką eksperymentalną nauki, lecz przewartościował cele badań naukowych. W ujęciu *klasycyzm* nauka jest

nastawiona przede wszystkim na realizację celów poznawczych, a cele utylitarne są uznawane za drugorzędne. Natomiast w ujęciu Hackinga to interweniowanie w świat, jego zmienianie, wytwarzanie nowych obiektów i zjawisk staje się celem nadrzędnym badań naukowych. Natomiast prawa i teorie naukowe są w tej koncepcji rozpatrywane jako użyteczne narzędzia, których zastosowanie ma wpływ na efektywność praktyki eksperymentalnej, choć – zdaniem tego autora – szereg eksperymentów ma względnie a-teoretyczny charakter. Teza o teoretycznym obciążeniu każdej obserwacji i eksperymentu uległa osłabieniu w porównaniu z jej mocną wersją, sformułowaną przez zwolenników teoretycyzmu w filozofii nauki, zgodnie z którą eksperymenty są istotne w nauce przede wszystkim w kontekście testowania teorii naukowych, a ich przeprowadzenie zakłada znajomość praw tych teorii. Zdaniem Hackinga eksperymentowanie wymaga zastosowania różnorodnego aparatu pojęciowego, również teoretycznego, który umożliwia konceptualizację sytuacji eksperymentalnych, przeprowadzenie eksperymentów oraz opracowanie ich rezultatów, lecz zazwyczaj nie wiąże się z bezpośrednim zastosowaniem teorii fundamentalnych i nie służy ich weryfikacji (Hacking 1983: 153-154). Myślenie teoretyczne jest podporządkowane eksperymentowaniu i polega na dokonywaniu spekulacji, kalkulacji i budowaniu modeli wytwarzanych zjawisk (Hacking 1983: 212)³.

Wyróżnienie przez Annę Pałubicką dwóch sposobów funkcjonowania wiedzy naukowej w praktyce społecznej: *k l a s y c z n e g o i o p e r a c y j - n e g o* można uznać za rozwinięcie jej wcześniejszych analiz dwóch sposobów konstytuowania się myślenia w kulturze europejskiej: myślenia rozpatrywanego w perspektywie *p o r e c z n o ś c i* i myślenia rozważanego w perspektywie *m e - t a f i z y c z n o - t e o r e t y c z n e j* (Pałubicka 2006). Myślenie poręcznościowe, spontaniczno-praktyczne, kształtuje się „w trakcie »radzenia sobie« ze światem; jest nabywane i przekazywane w procesie pierwotnej socjalizacji” (Pałubicka 2006: 46). Nie musi ono posługiwać się narzędziami pojęciowymi – nie musi odbywać się drogą formułowania sądów, przekonań, czy zdań (Pałubicka 2006: 46). Aby było efektywne, musi wiązać się z postawą naiwnego realizmu.

Zniewolenie działania praktycznego przedmiotowością jest tak silne, iż staje się źródłem żywionego potocznie w perspektywie praktycznej przekonania o istnieniu rzeczywistości obiektywnej samej w sobie. (Pałubicka 2006: 49)

W przypadku myślenia metafizyczno-teoretycznego założenie realizmu nie jest konieczne. Myślenie to ma charakter abstrakcyjny, czysto pojęciowy i realizuje się dzięki wykonywaniu „operacji na słowach-znakach semantycznie tylko odnoszonych w sposób efektywny do jakichś przedstawień” (Pałubicka 2006: 49). Myślenie metafizyczno-teoretyczne służy wytwarzaniu wiedzy propozycjonalnej – *w i e d z y, ż e* – pełniąc przede wszystkim funkcję poznawczą. Dzięki niemu możemy konstruować reprezentacje otaczającego nas świata, budować jego obrazy.

³ Relacje między praktyką teoretyczną a eksperymentalną nauk przyrodniczych w ujęciu Iana Hackinga omówiłem szeroko w artykule (Zeidler 1994: 96-103).

Będąca rezultatem tego myślenia wiedza teoretyczna jest uznawana za podstawę wyjaśniania i rozumienia, lecz w ponowoczesnej refleksji filozoficznej podważa się jej ścisły związek z wiedzą operacyjną.

W swojej wcześniejszej książce *Myślenie w perspektywie poręczności a pojęciowa konstrukcja świata* Pałubicka wyróżniła myślenie praktyczno-aplikacyjne, które jest istotne zwłaszcza wtedy, gdy dokonujemy „praktycznej aplikacji efektów myślenia teoretyczno-metafizycznego” (Pałubicka 2006: 51). Można ten rodzaj myślenia utożsamiać z postępowaniem polegającym na formułowaniu dyrektyw praktycznego działania opartego na rezultatach myślenia metafizyczno-teoretycznego. Jednakże takie podejście, które odpowiadałoby klasycznemu modelowi funkcjonowania wiedzy naukowej w praktyce społecznej, zakłada, że wytwory tego myślenia muszą uzyskać postać wyobrażeniową i zostać uprzedmiotowione. Dzięki temu myślenie praktyczno-aplikacyjne staje się manipulacyjnie skuteczne i może sterować praktyką eksperymentalną różnych dyscyplin naukowych. Byty postulowane w trakcie myślenia metafizyczno-teoretycznego są traktowane przez eksperymentatorów realistycznie, gdyż taka postawa wpływa na efektywność praktyki laboratoryjnej. Trafność tego przekonania starałem się uzasadnić, przedstawiając sposób, w jaki chemicy eksperymentatorzy posługują się w swojej praktyce laboratoryjnej graficznymi reprezentacjami orbitali atomowych i molekularnych, gdy projektują bądź wyjaśniają przebieg reakcji chemicznych, choć chemicy teoretycy uznają orbitale za byty fikcjonalne (Zeidler 2011: 109-118).

Zgodnie ze stanowiskiem Pałubickiej, przedstawionym w *Gramatyce kultury europejskiej*, podejście operacyjne, które przypisuje Hackingowi, zakłada znacznie słabszy związek między obydwojema rodzajami myślenia. Myślenie praktyczne, które jest stosowane w praktyce laboratoryjnej nauk przyrodniczych, bardzo często nie polega na aplikacji rezultatów myślenia metafizyczno-teoretycznego, lecz zachowuje względną autonomię. Powyższe przekonanie zostało zradykalizowane przez badaczy reprezentujących nurt społecznych studiów nad nauką i technologią (STS). Ich zdaniem klasyczni filozofowie nauki nie są w stanie wyjaśnić, jak uczeni dochodzą od abstrakcyjnych teorii do artefaktów będących rezultatami pracy laboratoryjnej, co jest konsekwencją całkowitego zaniedbywania szeroko rozumianej materialnej bazy praktyki eksperymentalnej. Nie dysponują oni aparatem pojęciowym umożliwiającym opisanie procesu laboratoryjnej i technologicznej aplikacji wiedzy teoretycznej. Nie doceniają doświadczenia i praktycznych umiejętności eksperymentatorów oraz pomijają aktywność tych wszystkich, którzy odpowiadają za sprawne funkcjonowanie aparatury badawczej i całego zaplecza, decydującego o efektywności prac laboratoryjnych i wdrożeniowych (Afeltowicz 2011: 39-47).

Przedstawiciele nurtu STS odchodzą od analizy wiedzy teoretycznej jako centralnego przedmiotu refleksji nad nauką i koncentrują swoją uwagę na różnych innych aspektach pracy laboratoryjnej. Starają się ustalić, jak eksperymentatorzy konstruują układy eksperymentalne, jak interweniują w zachodzące w tych ukła-

dach zjawiska i jak wytwarzają zjawiska nowe, które nie występują w przyrodzie. Wydaje się jednakże, iż analizując praktykę laboratoryjną z perspektywy koncepcji rozszerzonego i ucieleśnionego poznania, nie doceniają szeroko rozumianego zaplecza teoretycznego badań laboratoryjnych, dzięki któremu jest możliwe zarówno tworzenie artefaktów, jak i manipulowanie nimi.

Praktyka laboratoryjna jest możliwa dzięki wytwarzaniu i stosowaniu wiedzy operacyjnej, która jednakże nie jest tworzona w teoretycznej pustce. We współczesnych laboratoriach badawczych wiedza operacyjna, formułowana pod postacią dyrektyw działania, wymaga zastosowania zaawansowanego aparatu teoretycznego, choć często ulega on modyfikacjom i uproszczeniom na potrzeby pracy eksperymentalnej. Również część tzw. wiedzy niejawnej (milczącej) eksperymentatorów i praktyków, którą trudno jest zwerbalizować, to wiedza przejawiająca się w praktyce eksperymentalnej i wdrożeniowej dyscyplin naukowych, które znajdują się na teoretycznym stadium rozwoju. Pewne aspekty tych złożonych zależności między wiedzą teoretyczną a wiedzą praktyczną (operacyjną) postaram się ukazać, dokonując analizy procesu kształtowania się praktyki badawczej nowożytnej chemii. Będę zmierzał do wykazania, że nie prowadzi ona do jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, czy relacje między wiedzą teoretyczną a wiedzą praktyczną stosowaną w pracy laboratoryjnej odpowiadają modelowi klasycznemu czy modelowi operacyjnemu w rozumieniu Anny Pałubickiej.

O procesie kształtowania się nowożytnej praktyki badawczej chemii

Proces konstytuowania się chemii jako nowożytnej nauki przyrodniczej był wielokrotnie analizowany w literaturze przedmiotu poświęconej dziejom chemii⁴. Autorzy różnych publikacji są zasadniczo zgodni co do decydującej roli, jaką w tym procesie odegrały dokonania Roberta Boyle'a i sto lat później Antoine'a Laurenta de Lavoisiera oraz Johna Daltona. Większość historyków nauki byłaby zapewne skłonna zgodzić się także z Rupertem Hallem, iż „Chemia jako zintegrowana nauka z własnymi pojęciami, technikami i własnym terenem stosowalności jest wytworem rewolucji naukowej” (Hall 1966: 354). Natomiast istotnym przedmiotem sporu pozostaje kwestia oceny wpływu alchemii oraz różnego rodzaju praktyk rzemieślniczych na konstytuowanie się praktyki badawczej chemii, a zwłaszcza jej praktyki laboratoryjnej. Niektórzy autorzy bronią poglądu, że to właśnie alchemia była protochemią, lecz wspomniany już Rupert Hall uważa, że przed końcem XVI w. nie istniał specyficznie chemiczny sposób badania materii i jej właściwości, a w dwóch kolejnych wiekach kształtował się on bardzo wolno i miał wiele źródeł. Jego zdaniem, specyficznie chemiczne techniki pracy laboratoryjnej wywodziły się przede wszystkim z wielu praktyk o charakterze

⁴ Zobacz np.: [Brock 1999]; [Mierzecki 1985]; [Hall 1966]; [Butterfield 1963].

rzemieślniczym, jak również praktyk medycznych, a „nawet w czasach Lavoisiera nosiły one jeszcze silne oznaki swego rzemieślniczego pochodzenia” (Hall 1966: 356). Działalność rzemieślników i – w jakimś stopniu – alchemików doprowadziła zarówno do skonstruowania wielu urządzeń, które uznaje się za prototypy nowożytnej i współczesnej aparatury, stanowiącej wyposażenie laboratorium chemicznego, oraz do wypracowania wielu technik stosowanych powszechnie w praktyce eksperymentalnej chemików. Piece, retorty, alembiki (aparaty do destylacji), kolby, chłodnice, ambiksy (kolumny rektyfikacyjne) i inne urządzenia umożliwiały rozdzielanie, oczyszczanie, rozkładanie, przemienianie i łączenie ze sobą różnych substancji. W trakcie tych praktyk wytwarzano przede wszystkim wiedzę proceduralną, która określała, w jaki sposób i w jakich warunkach należy podejmować określone działania, aby mogły się dokonać przemiany chemiczne prowadzące do otrzymania określonych produktów. Sposoby ich przeprowadzania były doskonałe i spisywane, lecz wiedza operacyjna bardzo często była wiedzą ukrytą rzemieślników i alchemików, którą nabywali w trakcie manipulowania materiałami i substancjami chemicznymi. W tym celu wymyślali, konstruowali i ulepszaali aparaturę laboratoryjną. To ich kreatywność oraz praktyczne umiejętności decydowały o tym, że skutecznie ingerowali w świat przyrody, wytwarzając zarówno nowe substancje, jak i nowe urządzenia.

Można stwierdzić, odwołując się do zarysowanej w paragrafie drugim koncepcji Anny Pałubickiej, że szeroko rozumiana praktyka rzemieślnicza i alchemiczna mogła się realizować dzięki myśleniu poręcznościowemu, które jednakże nie miało ugruntowania w myśleniu metafizyczno-teoretycznym. Badania historyków nauki wykazują, że do czasów Stahla, Lavoisiera i Daltona z szeroko rozumianą działalnością laboratoryjną, którą ze współczesnej perspektywy uznalibyśmy za chemiczną lub przynajmniej protochemiczną, nie wiązał się rozwój myślenia teoretyczno-metafizycznego, który umożliwiałby wyjaśnianie rezultatów przeprowadzanych eksperymentów, jak i procesów technologicznych. Nie dostarczały takiego wyjaśnienia ani Arystotelesowska teoria czterech elementów, ani późniejsza teoria trzech „pierwiastków” Paracelsusa, ani inne koncepcje będące rezultatem spekulacji metafizycznych. Wyjaśnienia procesów chemicznych, budowane na gruncie tych koncepcji, miały charakter jakościowy i nie miały niezależnego potwierdzenia empirycznego. Również ezoteryczne składniki praktyki alchemicznej nie zawierały odniesień do przyczyn naturalnych, lecz opierały się na przekonaniach filozoficznych, mistycznych, magicznych i religijnych. Można zatem postawić tezę, że przed powstaniem nowożytnej chemii koncepcje filozoficzne, będące rezultatem myślenia metafizyczno-teoretycznego, nie stanowiły podstawy wytwarzania wiedzy proceduralnej, która była wykorzystywana zarówno w laboratoriach alchemików, jak i w procesach technologicznych przeprowadzanych przez rzemieślników.

Robert Boyle, którego wielu badaczy dziejów nauki uważa za pierwszego chemika, próbował zastosować do wyjaśniania procesów chemicznych korpu-

skularną teorię budowy materii⁵. Jego usiłowania w tym zakresie nie były jednak konsekwentne, gdyż pozostawał w dalszym ciągu pod dużym wpływem wcześniejszych koncepcji metafizycznych, które wywodziły się z alchemii i filozofii przyrody. Dobrym przykładem w tym zakresie jest tłumaczenie wzrostu ciężaru metali w trakcie ich ogrzewania łączeniem się metalu z materią ognia, a dokładniej z wążącymi cząstkami ognia (Mierzecki 1985: 68).

Dla powstania nowożytnej chemii podstawowe znaczenie mają natomiast dokonania Boyle'a w zakresie stosowanych technik eksperymentalnych, sposobu przeprowadzenia i opisywania przebiegu oraz wyników eksperymentów, ulepszenia stosowanej aparatury i wprowadzenia, choć jeszcze w ograniczonym zakresie, metod ilościowych do chemii, a więc w doprowadzeniu do powstania laboratorium chemicznego. Sporządzona przez niego dokumentacja przeprowadzonych prac eksperymentalnych może być uznana za pierwszą nowożytną preparatykę chemiczną, dzięki której znacznie zwiększył się stopień intersubiektywnej komunikowalności, a zwłaszcza intersubiektywnej sprawdzalności wyników przeprowadzanych eksperymentów. Nie można także nie doceniać znaczenia jego prac prowadzących do wypracowania nowego sposobu rozumienia pierwiastka, które wiązało z kresem analizy chemicznej. Można zatem powiedzieć, oceniając praktykę badawczą Boyle'a w zakresie chemii z punktu widzenia propozycji Pałubickiej, że podpada ona zasadniczo pod model operacyjny, gdyż jego przekonania o charakterze metafizyczno-teoretycznym nie wpływały w sposób istotny na jego praktykę laboratoryjną. To, co stanowiło istotny wkład Boyle'a do wiedzy chemicznej, to nie tyle ustalenie wielu faktów eksperymentalnych, lecz przede wszystkim wypracowanie niezwykle bogatej wiedzy proceduralnej, która ukonstytuowała podstawy praktyki laboratoryjnej tej nauki.

Relacja między wiedzą metafizyczno-teoretyczną a wiedzą proceduralną zaczęła w chemii ulegać zmianie wraz z pojawieniem się teorii flogistonowej Georga Ernesta Stahla. „Materia ognia”, pod nazwą *flogiston*, stanowiła centralne pojęcie jego koncepcji, która jest powszechnie uważana za pierwszą teorię z zakresu chemii⁶. Jej autor zakładał, że flogiston występuje jedynie w formie związanej z innymi substancjami i w trakcie przemian chemicznych przechodzi od jednej substancji do drugiej. Substancja, która ma więcej flogistonu, może go przekazywać substancji, która ma go mniej. Można więc postawić tezę, że „flogiston” był terminem teoretycznym wprowadzonym po to, aby wyjaśniać i porządkować reakcje chemiczne, zwłaszcza te, które współcześnie określa się mianem reakcji redoks. Za zaletę tej teorii uważa się również to, że w sposób jednolity traktowała procesy spalania i kalcynacji. Założenie o istnieniu flogistonu pozwoliło na przewidzenie niektórych reakcji, np. kwasu azotowego z dwutlenkiem siarki oraz

⁵ Relację zachodzącą między praktyką eksperymentalną Boyle'a a przyjmowaną przez niego korpuskularną koncepcją budowy materii omówił szczegółowo Alan Chalmers (2016: 15-36).

⁶ Teoria flogistonowa Stahla została szeroko omówiona np. przez E. Pietruską-Madej (1975: 17-58), R. Mierzeckiego (1985: 65-76) oraz W. Brocka (1999: 61-66).

zaplanowanie i zaprojektowanie kilku procesów technologicznych, np. metod otrzymywania kwasu siarkowego i sody (Mierzecki 1985: 67). Można zatem stwierdzić, że w przypadku teorii Stahla mieliśmy do czynienia z udanymi przypadkami zastosowania myślenia praktyczno-aplikacyjnego, a więc z klasycznym modelem relacji zachodzącej między wiedzą teoretyczną a praktyką eksperymentalną chemii. Był to istotny powód popularności teorii flogistonu, która długo opierała się teorii tlenowej Lavoisiera, choć liczba eksperymentów, których wyniki nie znajdowały przekonującego wyjaśnienia na gruncie tej teorii, była z czasem coraz większa.

W literaturze przedmiotu przez rewolucję chemiczną rozumie się zazwyczaj zmiany, które dokonały się w chemii w okresie trzech ostatnich dekad XVIII i kilku pierwszych dekad XIX w. Twierdzi się, że to głównie za sprawą dokonań Antoine'a Lavoisiera chemia weszła do grona nowożytnych nauk przyrodniczych. Jednakże odpowiedź na pytanie, na czym polegał rewolucyjny charakter jego dokonań, nie jest rzeczą łatwą. Wskazuje się przede wszystkim na to, że zaplanował i wykonał eksperymenty, które potwierdziły jego hipotezy wyjaśniające naturę procesów spalania i kalcynacji metali, skład chemiczny powietrza, skład chemiczny wody, prawo zachowania materii (masy) w przemianach chemicznych i kilka innych. Niektóre z tych hipotez sformułował, opierając się na analizie znanych już wcześniej wyników obserwacji i eksperymentów, które były albo anomaliami na gruncie teorii flogistonowej, albo wyrażały znane już wcześniej prawidłowości, których znaczenie nie zostało jednak odpowiednio wyeksponowane, jak np. wspomniane już prawo zachowania masy w przemianach chemicznych⁷. Odkrycie tlenu przypisuje się niezależnie Priestleyowi i Scheelemu, lecz dopiero Lavoisier potrafił wykazać jego znaczenie w procesach chemicznych. Wykonywanie eksperymentów umożliwiających potwierdzenie wysuniętych hipotez było możliwe ze względu na docenienie metod ilościowych w chemii i skonstruowanie lub udoskonalenie aparatury, która umożliwiała dokonanie odpowiednich pomiarów. Szczególne znaczenie w tym zakresie miało skonstruowanie nowych gazometrów, dzięki którym można było mierzyć gazowe substraty i produkty dokonywanych przemian, a także istotne poprawienie dokładności wag stosowanych w laboratorium. Unowocześnienie aparatury i urządzeń pomiarowych spowodowało, że Lavoisier mógł przeprowadzać eksperymenty w zamkniętych układach laboratoryjnych, co miało istotne znaczenie nie tylko dla powtarzalności uzyskiwanych wyników, lecz także dla ich prawidłowej interpretacji.

Ważnym rezultatem prac eksperymentalnych było również dopracowanie definicji pierwiastka Boyle'a, zgodnie z którą miała to być substancja, której nie można za pomocą żadnej metody rozłożyć na substancje prostsze, oraz tabelaryczne zestawienie wszystkich znanych pierwiastków. Jednakże dążenie do wyjaśnienia zjawiska wymiany ciepła, jaka zachodzi w trakcie przemian chemicznych, do-

⁷ Roman Mierzecki w tytule swojej książki poświęconej Lavoisierowi określił go mianem „geniusza skojarzeń”, mając na uwadze jego umiejętność zestawiania znanych powszechnie faktów i wysuwania na ich podstawie śmiałych hipotez interpretacyjnych (Mierzecki 2008).

prowadziło Lavoisiera do umieszczenia w tej tabeli światła i ciepła jako tzw. pierwiastków nieważkich. Będąc postulowanymi bytami teoretycznymi, umożliwiały spójne wyjaśnienie zjawisk zachodzących w trakcie przemian chemicznych. Wraz z rozwojem kinetycznej teorii ciepła oraz termodynamiki byty te podzieliły los flogistonu.

Dla głównego zagadnienia poruszanego w tym artykule najważniejsze jest ustalenie celu, jaki przyświecał Lavoisierowi, gdy przystępował do badań eksperymentalnych, oraz wpływ, jaki na te badania wywierały założenia o charakterze teoretycznym. Jak wykazała Elżbieta Pietruska-Madej, celem działalności eksperymentalnej Lavoisiera była weryfikacja określonej hipotezy, którą starał się precyzyjnie sformułować (Pietruska-Madej 1975: 116). Przystępując do przeprowadzenia eksperymentu, przygotowywał układ eksperymentalny w taki sposób, aby kontrolować parametry istotne ze względu na założoną hipotezę. Projektowanie i przeprowadzanie kolejnych eksperymentów miało na celu nie tylko lepsze potwierdzenie hipotezy, lecz także dokładniejsze jej sformułowanie zwłaszcza wtedy, gdy hipoteza miała charakter ilościowy. Było to postępowanie diametralnie odmienne od postępowania Priestleya, który uważał, „że przyjęcie z góry hipotezy, która byłaby ideą przewodnią badań naukowych, jest wręcz szkodliwe, łatwo może bowiem prowadzić do pomyłek” (Pietruska-Madej 1975: 116). Można zatem przyjąć, że badania eksperymentalne prowadzone przez Lavoisiera były kierowane przyjmowanymi przez niego hipotezami, a więc realizowały klasyczny model w zakresie powiązania wiedzy teoretycznej z działalnością eksperymentalną.

W literaturze przedmiotu formułowana jest teza, że atomistyczna teoria Daltona domknęła rewolucję chemiczną zapoczątkowaną przez Lavoisiera, lecz można zasadnie twierdzić, że ona sama doprowadziła w chemii do zmian o charakterze rewolucyjnym. Thomas Kuhn uznał Daltona za twórcę nowego paradygmatu, dzięki któremu „chemicy przenieśli się do nowego świata, w którym reakcje przebiegają zupełnie inaczej niż poprzednio” (Kuhn 2001: 235). Bez wątpienia atomistyczna teoria Daltona stanowiła spójną podstawę nie tylko jakościowego, lecz także ilościowego opisu przemian chemicznych. Umożliwiła eksplikację na poziomie atomowym dobrze znanej idei, że złożone substancje chemiczne powstają w wyniku połączenia stałych ilości ich składników. W przeciwieństwie do teorii Lavoisiera, która składała się z kilku ściśle powiązanych tez wyjaśniających przebieg wyodrębnionej grupy reakcji chemicznych oraz skład kilku substancji, Dalton sformułował szereg prostych reguł łączenia się atomów w atomy złożone, czyli cząsteczki. Przyjęcie teorii atomistycznej umożliwiło wyznaczenie względnych ciężarów atomowych wielu pierwiastków i wyjaśnienie prawa stałości składu, co doprowadziło do rozwoju stechiometrii zapoczątkowanej przez Jeremiasa Richtera.

Dalton opracował „rachunek pomiaru chemicznego”, który po raz pierwszy w historii powiązał teorię atomów z dotykającą rzeczywistością. Przetworzył to, co poprzednio istniało tylko teoretycznie, budując most między danymi eksperymentalnymi a hipotetycznymi atomami. (Brock 1999: 97)

W czasach Daltona wielu chemików uważało, że teoria atomistyczna pełni przede wszystkim funkcję heurystyczną, umożliwiając jakościowy i ilościowy opis reakcji chemicznych, co nie wymagało przyjęcia założenia, że atomy są realnymi bytami. Ponieważ nie było żadnych danych empirycznych potwierdzających bezpośrednio istnienie atomów jako bytów fizycznych, chemicy posługiwali się teorią atomistyczną jako użytecznym narzędziem służącym do wyjaśniania i przewidywania składu produktów powstałych w wyniku danej przemiany chemicznej, co doprowadziło do wytworzenia się pojęcia *a t o m ó w c h e m i c z n y c h*. Od czasu powstania teorii atomistycznej zmieniła się zasadniczo praktyka laboratoryjna chemików, gdyż zachodzące przemiany były w inny sposób konceptualizowane, co można uznać za potwierdzenie przytoczonych już wcześniej słów Kuhna, że po rewolucji atomistycznej chemicy „przenieśli się do nowego świata”. Dla praktyki laboratoryjnej chemii miało to zasadnicze znaczenie, gdyż wiedza operacyjna wyrażana za pomocą dyrektyw laboratoryjnego działania znalazła swoje teoretyczne uzasadnienie w *explicite* sformułowanych podstawowych prawach rządzących przemianami chemicznymi. Można postawić tezę, że wraz z ukonstytuowaniem się konceptualnych i nomologicznych podstaw nowożytnej chemii doszło do racjonalizacji jej praktyki eksperymentalnej, co znalazło wyraz w rozwoju wiedzy proceduralnej. Konsekwencją tego faktu było, m.in., zwiększenie stopnia intersubiektywnej komunikowalności i intersubiektywnej sprawdzalności rezultatów pracy laboratoryjnej chemików.

Zakończenie. O specyfic relacji zachodzącej między wiedzą teoretyczną a praktyką laboratoryjną w nowożytnej chemii

Przedstawiona w poprzednim paragrafie skrótowa analiza najważniejszych koncepcji, które doprowadziły do ukonstytuowania się nowożytnej chemii, uzasadnia sformułowanie wniosku, że wiązała się z tym procesem zmiana relacji zachodzącej między wiedzą teoretyczną a wiedzą proceduralną. W odniesieniu do praktyk alchemicznych i rzemieślniczych, które miały istotny wpływ na powstanie laboratorium chemicznego, można mówić o operacyjnym, w rozumieniu Anny Pałubickiej, modelu tej relacji. Metafizyczne i mistyczo-religijne koncepcje, stanowiące ezoteryczne uzasadnienie tych praktyk, nie miały istotnego wpływu na działalność eksperymentalną alchemików i rzemieślników. To w jej trakcie była wytwarzana wiedza proceduralna, z której korzystali chemicy, którzy ukształtowali praktykę laboratoryjną tej dyscypliny. Zgodnie z postulatami przedstawicieli nurtu STS, o powstaniu tej wiedzy decydowały umiejętności alchemików i rzemieślników nie

tylko w zakresie samego eksperymentowania i sterowania procesami technologicznymi, lecz również wytwarzania i modyfikowania urządzeń laboratoryjnych.

Istotną rolę w procesie powstania nowożytnego laboratorium chemicznego odegrał – jak już zauważyłem – Robert Boyle, który uporządkował i znacznie rozszerzył chemiczną wiedzę proceduralną swoich poprzedników, lecz przyjmowana przez niego korpuskularna teoria budowy materii nie miała istotnego wpływu na jego praktykę eksperymentalną. Przekonania o charakterze teoretycznym uzyskały ograniczony wpływ na tę praktykę wraz z powstaniem teorii flogistonowej, lecz zasadnicza zmiana w tym zakresie nastąpiła za sprawą teorii Lavoisiera, a zwłaszcza teorii Daltona. Można by zatem sądzić, że w przypadku nowożytnej chemii mamy do czynienia z klasycznym, w rozumieniu Anny Pałubickiej, modelem relacji zachodzącej między wiedzą teoretyczną chemików a ich praktyką eksperymentalną, który jest konsekwencją praktyczno-aplikacyjnego sposobu ich myślenia. Wniosek ten wydaje się jednak zbyt daleko idący.

Teorie Lavoisiera i Daltona powstały już po tym, jak Kant sformułował swoją opinię, że chemia jest w większym stopniu usystematyzowaną sztuką niż nauką, gdyż zasady i prawa przez nią formułowane są jedynie uogólnieniami empirycznymi. Stwierdzenie to opierał na przekonaniu, że kryterium uznania danej dyscypliny z zakresu przyrodoznawstwa za naukę ścisłą powinien stanowić stopień jej zmatematyzowania, a za czasów Kanta był on w chemii niewielki⁸. Wprowadzenie matematyki do chemii na większą skalę nastąpiło wraz z rewolucją tlenową i rewolucją atomistyczną, które ukształtowały konceptualne podstawy praktyki laboratoryjnej nowożytnej chemii. Stało się to możliwe dzięki temu, że teorie te obok aspektu jakościowego miały również aspekt ilościowy. Czy jednak można uznać, że pod względem swojej struktury metodologicznej przypominały one teorię mechaniki Newtona, która dla Kanta stanowiła metodologiczny wzorzec przyrodniczej nauki ścisłej? Istotne argumenty przemawiają za negatywną odpowiedzią na to pytanie.

Teoria Newtona była systemem aksjomatyczno-dedukcyjnym sformulowanym w języku matematyki, dzięki czemu miała bardzo dużą moc eksplanacyjną i predyktywną. W literaturze z zakresu filozofii nauki i metodologii uchodzi za klasyczny przykład teorii fundamentalnej. Natomiast teoria Lavoisiera składała się z powiązanych ze sobą tez, które jednakże, zgodnie ze stanowiskiem Kanta, były jedynie empirycznymi uogólnieniami, umożliwiającymi uporządkowanie określonej klasy reakcji chemicznych i wyjaśnienie ich przebiegu. Za sprawą teorii Daltona chemicy uzyskali zasady, dzięki którym mogli – ujmując to w bardzo dużym skrócie – przewidywać skład produktów reakcji chemicznych w zależności od składu substratów biorących w nich udział. Jednakże moc predyktywna tych teorii w zakresie projektowania przebiegu określonych typów przemian chemicz-

⁸ Poglądy Kanta na temat metodologicznego statusu chemii przytacza Fierz-David w *Historii rozwoju chemii* (1958:14-15).

nych nie była zbyt duża. Było to konsekwencją braku ogólnej teorii reaktywności chemicznej, na co wskazywał już Kant⁹. Formułowane w XVIII i w pierwszej połowie XIX w. koncepcje powinowactwa chemicznego nie miały charakteru rozwiniętych teorii naukowych.

Chcąc zatem utrzymać w odniesieniu do nowożytnej chemii przynajmniej osłabioną tezę o klasycznym modelu relacji między wiedzą teoretyczną a praktyką eksperymentalną, należy się odwołać do omówionej w paragrafie drugim roli myślenia teoretycznego w praktyce eksperymentalnej nauk przyrodniczych, która została przedstawiona przez Iana Hackinga (Hacking 1983)¹⁰. W praktyce laboratoryjnej chemii myślenie praktyczno-aplikacyjne chemików jest nastawione na wyjaśnianie i przewidywanie przebiegu określonych typów przemian chemicznych. Wraz z rozwojem chemii stosowanie tych dwóch procedur metodologicznych wymagało coraz bardziej rozbudowanej wiedzy teoretycznej. Wiedza ta jednak nie została sformułowana pod postacią zmatematyzowanego systemu hipotetyczno-dedukcyjnego, który można by określić mianem teorii fundamentalnej, lecz pod postacią teoretycznego aparatu pojęciowego, który umożliwiał konceptualizację procesów chemicznych. Można zatem stwierdzić, że obecność teorii w nowożytnej chemii polegała przede wszystkim na dokonywaniu spekulacji i kalkulacji dotyczących projektowania, przeprowadzania i opracowania wyników reakcji chemicznych, a wraz z rozwojem chemii strukturalnej oraz termodynamiki pojawiła się możliwość modelowania przebiegu tych reakcji.

Na zakończenie powyższych rozważań należy jeszcze, choćby bardzo skrótowo, rozważyć dwie kwestie. Badając relację zachodzącą między wiedzą teoretyczną a praktyką eksperymentalną w nowożytnej chemii, ograniczyłem się do tych koncepcji, które miały największy wpływ na jej powstanie. Jednakże w XIX w. dokonano wielu innych bardzo istotnych odkryć i pojawiały się koncepcje, które wpłynęły na oblicze zarówno nowożytnej, jak i współczesnej chemii. Należy w tym kontekście wymienić przede wszystkim: sformułowanie przez Mendelejewa prawa okresowości i – będącego jego konsekwencją – układu okresowego pierwiastków; gwałtowny rozwój chemii organicznej; powstanie teorii struktury cząsteczek związków chemicznych; rozwój symboliki chemicznej, a także zastosowanie termodynamiki do opisu przemian chemicznych. Wszystkie te koncepcje miały ogromny wpływ na rozwój praktyki laboratoryjnej chemii, a tym samym na wytworzenie wiedzy proceduralnej, lecz w moim przekonaniu nie wpłynęły w zasadniczy sposób na zmianę specyfiki metodologicznej chemii,

⁹ Zobacz w: (Fierz-David 1985: 15).

¹⁰ Charakterystykę tę Ian Hacking rozwinął w artykule *The Self-Vindication of the Laboratory Sciences*, w którym omówił, m.in., składniki szeroko rozumianego zaplecza teoretycznego nauki laboratoryjnej (Hacking 1992: 29-64). Odniesienie tej charakterystyki do analizy teoretycznego zaplecza praktyki laboratoryjnej chemii wykracza poza ramy tego artykułu.

a tym samym na charakter relacji zachodzącej między wiedzą teoretyczną a praktyką laboratoryjną chemii¹¹.

Druga kwestia dotyczy relacji, jaka zachodzi między wiedzą teoretyczną a praktyką eksperymentalną we współczesnej chemii, której powstanie jest zazwyczaj związane z zastosowaniem w chemii najpierw tzw. starej teorii kwantów Bohra, a następnie współczesnej mechaniki kwantowej. Nastąpiła wówczas istotna zmiana w teoretycznym podejściu do chemii, dzięki której stało się możliwe opisywanie zjawisk chemicznych na poziomie mikroskopowym. Zasadnicze znaczenie w tym względzie odegrały kwantowo-mechaniczne koncepcje wiązań chemicznych, które umożliwiły nowe podejście do tak doniosłych problemów tej nauki, jak zagadnienie reaktywności chemicznej czy kwestia projektowania i wyjaśniania przebiegu przemian chemicznych. Jednakże szczegółowe rozważenie wpływu teorii molekularnej mechaniki kwantowej na praktykę eksperymentalną chemii wymagałoby napisania odrębnego artykułu.

Efektywne zastosowanie mechaniki kwantowej do rozwiązania ważnych problemów chemii skłoniło wielu przyrodoznawców, zwłaszcza fizyków, do głoszenia tezy o udanej redukcji chemii do fizyki. Jednakże zdecydowana większość filozofów chemii utrzymuje antyredukcjonistyczną tezę o specyfice metodologicznej współczesnej praktyki badawczej chemii, a co za tym idzie – o nieredukowalności zarówno wiedzy teoretycznej, jak i wiedzy proceduralnej chemii do wiedzy teoretycznej fizyki¹².

Literatura

- Afeltowicz Ł., 2011, *Laboratoria w działaniu. Innowacja technologiczna w świetle antropologii nauki*, Oficyna Naukowa, Warszawa.
- Brock W.H., 1999, *Historia chemii*, przeł. J. Kuryłowicz, Prószyński i Spółka, Warszawa.
- Butterfield H., 1963, *Rodowód współczesnej nauki 1300–1800*, przeł. H. Krahelska, PWN, Warszawa.
- Chalmers A., 2016, *Robert Boyle's Corpuscular Chemistry. Atomism before Its Time*, [w:] *Essays in The Philosophy of Chemistry*, E. Scerri, G. Fisher (eds.), Oxford University Press, Oxford: 15-36.
- Fierz-David H.E., 1985, *Historia rozwoju chemii*, przeł. J. Sawlewicz, PWN, Warszawa.
- Hacking I., 1983, *Representing and Intervening*, Cambridge University Press, New York, Cambridge.

¹¹ Uzasadnienie tej tezy można znaleźć w książce: (Zeidler 2011: 53-76).

¹² Zagadnienie redukcji chemii do fizyki jest jednym z najważniejszych i najczęściej podejmowanych problemów w literaturze z zakresu filozofii chemii. Zobacz na ten temat np.: (Primas 1983), (van Brakel 2000: 119-150), (Zeidler 2011: 77-89).

- Hacking I., 1992, *The Self-Vindication of the Laboratory Sciences*, [w:] *Science as Practice and Culture*, A. Pickering (ed.), The University of Chicago Press, Chicago, London: 29-64.
- Hall A.R., 1966, *Rewolucja naukowa 1500–1800. Kształtowanie się nowożytnej postawy naukowej*, przeł. T. Zembrzuski, Instytut Wydawniczy PAX, Warszawa.
- Kuhn T., 2001, *Struktura rewolucji naukowych*, przeł. H. Ostromecka, J. Nowotniak Aletheia, Warszawa.
- Mierzecki R., 1985, *Historyczny rozwój pojęć chemicznych*, PWN, Warszawa.
- Mierzecki R., 2008, *Antoine Laurent De Lavoisier (1743–1794). Geniusz skojarzeń*, Wydawnictwo Retro-Art., Warszawa.
- Pałubicka A., 2006, *Myślenie w perspektywie poręczności a pojęciowa konstrukcja świata*, Oficyna Wydawnicza Epigram, Bydgoszcz.
- Pałubicka A., 2013, *Gramatyka kultury europejskiej*, Oficyna Wydawnicza Epigram, Bydgoszcz.
- Pietruska-Madej E., 1975, *Metodologiczne problemy rewolucji chemicznej*, PWN, Warszawa.
- Primas H., 1983, *Chemistry, Quantum Mechanics and Reductionism. Perspectives in Theoretical Chemistry*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- Schummer J., 1999, *W kierunku filozofii chemii*, [w:] *Chemia: laboratorium myśli i działań*, D. Sobczyńska, P. Zeidler (red.), WN IF UAM, Poznań: 173-202.
- van Brakel J., 2000, *Philosophy of Chemistry. Between the Manifest and the Scientific Image*, Leuven University Press, Leuven.
- Zeidler P., 1994, *Nowy eksperymentalizm a teoretycyzm. Spór o przedmiot i sposób uprawiania filozofii nauki*, [w:] *Nowy eksperymentalizm – teoretycyzm – reprezentacja*, D. Sobczyńska, P. Zeidler (red.), WN IF UAM, Poznań: 87-108.
- Zeidler P., 2007, *Status ontologiczny orbitali atomowych i molekularnych w kontekście autonomii chemii*, „Przegląd Filozoficzny”, 16, nr 3: 191-201.
- Zeidler P., 2011, *Chemia w świetle filozofii. Studia z filozofii, metodologii i semiotyki chemii*, WN IF UAM, Poznań.

Paweł Zeidler

The Relationship between Theoretical and Procedural Knowledge in the Process of Formation of Modern Chemistry

Abstract

The research practice of chemists is mainly the laboratory one, based on procedural knowledge. However, the formation of chemistry as a modern natural science was not possible without the development of theoretical knowledge. The purpose of this paper is to examine the relationship, which occurred between these two types of knowledge

in the period of the formation of modern chemistry. Anna Pałubicka distinguished two models of the relationship: the classic and operational one. According to the first model, the theoretical knowledge is the basis for practical activity. The second model assumes that the purpose of the experimental science is to change the world, and theoretical knowledge is strictly subordinated to this goal. The main thesis of the paper reads, that the characteristics of the relation between theoretical knowledge and procedural knowledge in modern chemistry require taking into account the methodological specificity of this science. The positions of Boyle, Stahl, Lavoisier and Dalton are analyzed in the paper, because they co-created chemistry as the modern laboratory science.

Keywords: theoretical knowledge, procedural knowledge, chemistry as laboratory science, chemical revolution.

