

CHEMIA: LABORATORIUM MYŚLI I DZIAŁAŃ

pod redakcją
Danuty SOB CZYŃSKIEJ i Pawła ZEIDLERA

Joachim Schummer

W kierunku filozofii chemii¹

1. Wstęp

Porównując przejawiane przez filozofów nauki zainteresowanie fizyką, matematyką, biologią, psychologią, a nawet techniką, nie sposób nie zauważyć, że zaniedbują oni chemię, pomimo jej ogromnego wpływu na życie codzienne². Istnieje obszerna literatura dotycząca historii chemii³, niekiedy nawet wzbogacona o rozważania filozoficzne⁴. Jest ona stosowana do potwierdzenia modeli zmian w nauce proponowanych przez Poppersa, Kuhna, Lakatosa i innych, poprzez wykorzystanie *case studies* zaczerpniętych z chemii⁵. Niejednokrotnie też przykłady wzięte z chemii stosowano w ogólnej filozofii nauki, a nawet w filozofii języka⁶. Trudno jest jednak znaleźć coś na kształt odrębnej filozofii chemii⁷, aczkolwiek w kilku poważnych rozprawach wykazano, że redukcja chemii do fizyki jest równie problematyczna, jak zaprzeczenie tej tezy⁸.

¹ Krótkie streszczenie tego artykułu referowano po raz pierwszy na X Międzynarodowym Kongresie Logiki, Metodologii i Filozofii Nauki we Florencji, 19-25. 08. 1995.

² Por. [van Brakel/Vermereen, 1981]: Kilka powodów tego zaniechania chemii dyskutuje [Psarros i inni, 1996].

³ Krytyczne i kompletne źródła do historiografii chemii w ostatnich dwóch wiekach podaje [Weyer, 1974]; międzynarodowym czasopiśmie poświęconym historii chemii jest „Ambix”, roczne bibliografie przygotowuje „Jsis”.

⁴ Por. np. [Böhmer, 1961], [Ströcker, 1967/1982] lub [Nyé, 1972/1993].

⁵ Oto przykłady każdego z takich ujęć: Le Grand [1976-77] tworzy podjęcie Kuhna, Musgrave [1976] opiera się na modelu Lakatosa, a Akeroyd [1986] próbuje potwierdzić ścisły falsyfikacjonizm Poppersa; kilka nowych i bardziej wyszukanych interpretacji utubionego tematu, tzw. „rewolucji chemicznej” proponuje Donovan [1989].

⁶ Por. przegląd van Brakela [1993].

⁷ Pewne starsze ujęcia to: Ostwald, 1907/1909], [Bachelard, 1932, Caldin, 1960/61]; [Laitki/Sprung, 1971] oraz [Simon/Niedersen/Kertscher, 1982] rozważają chemię z punktu widzenia materializmu dialektycznego [por. Schummer, 1996e]; nowe próby zostały udokumentowane w [Mittelstraß/Stock, 1992] (z bibliografią), [Janich, 1994a/b], [Psarros i inni, 1996], [Janich/Psarros, 1996], [Schummer, 1996].

⁸ [Theobald, 1976], [Lvy, 1979], [Bunge, 1982], [Primas, 1981/1982/1985], [Del Re i inni, 1987], [Liegener/Del Re, 1987a/b], [Scerri, 1991].

UNIWERSYTET IM. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU
WYDAWNICTWO NAUKOWE INSTYTUTU FILOZOFII

POZNANŃ 1999

Jeżeli redukcja chemii do fizyki nie jest możliwa, to stajemy wobec ważkiego zadania filozoficznego: wyszczególnienia tego, co z filozoficznego punktu widzenia jest dla chemii rzeczywiście charakterystyczne. Jednakże realizacja tego zadania utrudnia fundamentalny problem filozoficzny: nie posiadamy dyscyplin odpowiedniej, systematycznej metody wyodrębniania osobliwości dyscyplin naukowych. Poszukiwanie osobliwości wydaje się zadaniem historyków, podczas gdy filozofowie troszczą się raczej o uogólnienia. Z drugiej strony ontologia, epistemologia i metodologia stanowią przedmiot zainteresowania filozofii, a nie historii, i nie ma żadnego powodu *a priori*, dla którego nauki nie miałyby różnić się pod tym względem. Podczas gdy zakładamy zwykle pewne intuicyjne różnice (powiedzmy, między biologią a matematyką), brak nam systematycznej metody badań filozoficznych, którą dałoby się zastosować jako podstawę filozoficznej klasyfikacji nauk.

Z powodu tego (meta-)metodologicznego niedostatku nie możemy jeszcze ogłosić, iż oto stworzyliśmy systematyczną filozofię chemii w postaci tych rozważań, które zostaną przeprowadzone. Będę mianowicie postzegał chemię jako naukę klasyfikującą materiały oraz posługującą się metodą eksperymentalną i spróbuję wyodrębnić pewne jej ontologiczne, epistemologiczne i metodologiczne osobliwości, które ujawnia w porównaniu z innymi dobrze zbadanymi naukami. Wychodząc od chemicznej idei obiektów empirycznych i właściwości materiałowych, przejdę po kolei do chemicznych metod badawczych, klasyfikacji, referencji, teoryzowania, przewidywania i zakończone, rozważając pokrewieństwa między chemią a technologią.

2. Preontologia

Jak w żadnej innej nauce empirycznej, w chemii postrzega się obiekty empiryczne ze szczególnej perspektywy. Podczas gdy perspektywa fizyków dotyczy klasycznych jakości pierwotnych (obecnie zastąpionych częściowo przez masę spoczynkową, ładunek, spin, powab, kolor itp.), to przeciwnie, w poglądach chemików abstrahuje się od wszelkich właściwości ekstensywnych i przesztrennych, takich jak współrzędne, rozmiary, struktura lub masa absolutna i w pewnym sensie liczba, podobnie jak abstrahuje się od ich wartości dla danej osoby lub wartości ekonomicznej, znaczenia magicznego i piękna. Nie znaczy to (choć często tak się błędnie uważa), że przedmiotem zainteresowania chemii są ciała makroskopowe i z założenia ciągłe. Rzeczywiście, w chemii abstrahuje się od dystrykcji typu mikro/makro, ciągłość/nieciągłość, wychodząc poza przestrzenną ramę odniesień, a nawet, *prima facie*, ignoruje się to, czy obiekt jest podzielny na dwie, trzy czy tysiąc kropli, kryształów czy innych części fizycznych. Dopóki dany obiekt można umieścić w pewnym kontekście eksperymental-

nym, chemicy nie troszczą się o wielkość, kształt, części fizyczne i ich liczbę czy współrzędne przestrzenne⁹.

Dla chemika status ciała jako obiektu empirycznego oznacza jego dostępność dla badań empirycznych. Sądzę, że w celu zrozumienia chemii musimy porzucić przyjęte *a priori* założenia i zobowiązania ontologiczne tradycyjnej mechanistycznej epistemologii i wyjść poza ramę fizykalistycznych odniesień. Posiadanie rozciągłości przestrzennej [Kartezjusz], jakości pierwotnych [Locke], bycie „kształtowanym” przez przestrzenne *Anschauungsform* – formy oglądu [Kant] lub lokalizacja we współrzędnych przestrzennych [Newton] – to atrybuty oparte na epistemicznych wynikach szczegółowych dociekań, ale nie są to ani warunki *epistemologiczne* badań chemicznych, ani bezpośredni przedmiot zainteresowań chemii. Z drugiej strony, jeżeli abstrahowanie od kategorii mechanistycznych jest koniecznym warunkiem badań chemicznych, to dotryna mechanistyczna jest nawet barierą w zrozumieniu epistemologii chemii.

Istnieje tylko jedno jedyne kryterium ontologiczne niezbędne dla epistemologii badań empirycznych lub dla bycia przedmiotem badań empirycznych: jest nim podatność na badania empiryczne, którą można łatwo sprawdzić przez same badania eksperymentalne. Jeżeli obiekt można badać materialnie, będzie nazywał go „obiektem materialnym”, mając na uwadze i to, że ten sam przedmiot można nazwać morfologicznym, ekonomicznym, astronomicznym, estetycznym lub jeszcze inaczej.

W części następnej podajemy przegląd badań naukowych nad materiałami¹⁰.

3. Badania materiałowe i właściwości materiałowe

3.1. Warunki eksperymentalne i właściwości materiałowe

Chemików interesują właściwości materiałów. Właściwość materiałowa to odzwierciedlenie zachowanie w pewnych odzwierciedlonych warunkach kontekstualnych

⁹ W następnej części zobaczymy, że dla niektórych badań materiałowych abstrakcję od wielkości, masy bezwzględnej i kształtu osiąga się poprzez pewne przekształcenia matematyczne, które zakładają znajomość wielkości, masy bezwzględnej i kształtu. W tych przypadkach znajomość tych właściwości interesuje nas tylko pośrednio, mianowicie służy poprawnemu przeprowadzeniu abstrakcji.

¹⁰ Terminy *materiał* oraz *materia* (wywodzące się z łacińskiego *materia* jako tłumaczenia greckiego *hylē*) zmieniły radykalnie swoje znaczenie (filozoficzne) od czasów Kartezjusza [por. McMillin, 1978] i na pozór straciły z chemią wszelki kontakt na korzyść mechaniki, kosmologii i nawet geometrii [por. Schumner, 1995b/1996c]. Pragnę w części następnej dokonać reinterpretacji terminu *materiał*, podając listę właściwości, wśród których właściwości mechaniczne (także jak elastyczność) są zintegrowane, jednak bez dominacji, z innymi. Wolę unikać terminu *materia*. Należy bowiem mieć na uwadze to, że terminy takie jak „struktura materii” podlegają się o bycie *contradictio in adjecto* z epistemologicznego punktu widzenia zarysowanego powyżej.

(f) eksperymentalnych). Inaczej niż w epistemologii o tradycji empirystycznej, w chemii właściwości materiałowych nie klasyfikuje się zgodnie z zachowaniem obiektów, abstrahujemy więc od jakości fenomenalistycznych, lecz klasyfikujemy właściwości według warunków eksperymentalnych. Interesujące nas warunki można sprecyzować, zestawiając czynniki kontekstualne [Schummer, 1994]:

- (1) siły mechaniczne,
- (2) warunki termodynamiczne (temperatura, ciśnienie hydrostatyczne),
- (3) pola elektromagnetyczne,
- (4) inne obiekty materiałne lub substancje chemiczne (część 4),
- (5) organizmy biologiczne,
- (6) systemy ekologiczne.

Zgodnie z tą listą czynników kontekstualnych chemicy wyróżniają właściwości:

- (1') mechaniczne (np. elastyczność),
- (2') termodynamiczne (ciepło właściwe, punkt (temp.) topnienia),
- (3') elektromagnetyczne (współczynnik podatności magnetycznej, przewodnictwo elektryczne właściwe, współczynnik pochłaniania światła);
- łącząc (1) – (3) pod wspólną nazwą właściwości fizycznych lub fizykochemicznych;
- (4') właściwości chemiczne (zdolność do utleniania, rozpuszczalność w pewnych cieczach);
- (5') właściwości biologiczne lub biochemiczne (np. LD₅₀, działanie antybiotyczne lub znieczulające);
- (6) właściwości ekologiczne (potencjał degradacji ozonu (ODP), efekt cieplarniany itp.).

Nie jest to lista ani w sposób systematyczny zupełna, ani rozłączna. Ponieważ każdy kontekst można wyróżnić ze względu na każdy z tych czynników, konieczna jest minimalizacja lub standaryzacja czynników nie interesujących nas w danym przypadku (praca z naczyniami obojętymi chemicznie, minimalizacja pól elektromagnetycznych, kontrola standardowych warunków termodynamicznych itp.). Jeżeli połączymy dwa lub więcej z interesujących nas czynników, możliwe jest wykreowanie nowych rodzajów właściwości materiałowych (np. fotochemicznych, termoelektrycznych, termoelektrochemicznych itp.) [Schummer, 1997c].

3.2. Zachowanie i typy przemian

Epistemologie realistyczne w tradycji empirystycznej opierają się na idei postzegania rzeczy w stanie wolnym od interwencji (paradygmat obrazowania). Badania materiałów natomiast polegają właśnie na badaniu zmian obiektów (lub układów) materiałnych, zachodzących dzięki kontrolowanej interwencji przy

użyciu zestawu czynników kontekstualnych (paradygmat interwencji¹¹). Wszystkie właściwości materiałowe są właściwościami dynamicznymi¹². Zmiany można klasyfikować ze względu na: (1) obiekt podlegający zmianie, (2) rodzaj lub rozmiar zmiany, oraz (3) odwracalność i powtarzalność zmiany.

A d (1): Eksperyment można również opisać jako zachowanie obiektu materialnego podczas badania go w pewnych niezmiennych warunkach (jak to czyni większość predyktatorów fizycznych), jako interakcyjne zachowanie elementów układu, łącznie z obiektem, jak również jako pewne lub wszystkie warunki eksperymentalne (jak to czynią predykaty chemiczne) lub nawet jako zachowanie niektórych interesujących nas czynników eksperymentu (jak niektóre predykaty biologiczne: czułość/odporność organizmu na substancje chemiczne, biologiczne zapotrzebowanie na tlen itp.). Odpowiednio, predykat przypisany jest do jednego lub wielu obiektów. Nasz wybór sterowany jest zatem przez: (a) interesujący nas obiekt/y (por. ostatni przykład), (b) przyzwyczajenia ontologiczne¹³, i c) separowalność zachowań składników (wypadkową reaktywność mieszaniny chemicznej z trudem można rozpiąć na pojedyncze komponenty). W konsekwencji więc wszystkie właściwości materiałowe są dynamicznymi relacjami i w mniej lub bardziej oczywisty sposób.

A d (2): Jeżeli zaniechamy na chwilę bardziej złożone właściwości biologiczne lub ekologiczne, zachowanie obiektu można opisać zgodnie z: (a) odpowiednią formą geometryczną, (b) stanem elektromagnetycznym, c) stanem termodynamicznym, (d) tożsamością chemiczną (por. część 6). Na pierwszy rzut oka wydaje się, że odpowiada to ściśle czynnikom eksperymentalnym (1) – (4), gdyż klasyfikacji właściwości materiałowych można również dobrze dokonać według zachowań obiektów. Jednakże zmiana tożsamości chemicznej w warunkach chemicznych nie następuje bez jednoczesnej zmiany w (a), (b) i (c), często nawet bardzo powolnej, jak w przypadku chemoluminescencji, która jest właściwością chemiczną. Zmiana w (b) i (d) również nie zachodzi bez równoczesnej zmiany w (c). Z drugiej strony, zmiany tożsamości chemicznej w pewnych warunkach termicznych lub optycznych (dysocjacja termiczna lub fotodysocjacja) nie są zmianami chemicznymi, lecz zmianami właściwości termicznej lub optycznej. Jeżeli zaś obiekt materialny rozpadnie się na tysiąc kawałków pod wpływem działania wysokiej temperatury lub jeżeli wydzilieli się go przez destylację, nikt nie uzna, że były to właściwości mechaniczne. Wbrew intuicjom fenomena-

¹¹ Por. [Hacking, 1983].

¹² Zauważamy, że zmiany materiałowe zachodzące pod wpływem pól elektromagnetycznych były dobrze znane na długo przedtem, zanim filozofowie dyskutowali tzw. problem pomiaru kwantowo-mechanicznego, a nawet przed odkryciem efektu fotoelektrycznego – najwcześniejszej od czasu wynalazenia fotografii.

¹³ Zauważamy, że światło, ciepło, elektryczność i magnetyzm zaliczają do (nieważkich) substancji chemicznych jeszcze na początku XIX wieku w systemach od Lavoisiera do Berzeliusa i Gmelina (por. [Schummer, 1997c]).

listycznym, właściwości materiałowe klasyfikuje się według czynników kontekstualnych.

Chociaż chemia opiera się na substancjalnych różnicach pomiędzy różnymi materiałami (por. części 4-5.), nie ma powodu, aby nie wykorzystać przedykato 6 w ilościowych. Szeroko rozpowszechniona opinia, jakoby chemia była nauką jakościową, jest błędna. Przeciwnie, wszystkie typy zachowań ujmwane w kategoriach jakościowych, można równie dobrze wyrazić w kategoriach ilościowych. Jest to oczywiście w przypadku właściwości fizykochemicznych [Schummer, 1997c]. Ilościowy opis przemiany chemicznej przeprowadza się, podając zmianę masy względnych związków chemicznych w czasie reakcji. Jednakże badania chemiczne są obecnie o wiele bardziej skomplikowane, gdyż składają się z wielu testów eksperymentalnych przeprowadzanych zarówno przed zejściem przemiany chemicznej, jak i po niej, w celu określenia tożsamości chemicznej zgodnie z klasyfikacją chemiczną (por. część 5.). Zmiany substancjalne różnią się od zmian jakościowych i nie można ich ująć w kategoriach ilościowych.

Z filozoficznego punktu widzenia za najbardziej uderzającą osobliwość opisu zachowań materiału można uznać abstrahowanie od kształtu, wielkości i masy, jak wspomniano już w części poprzedniej. Za pomocą predykatów ilościowych można łatwo wyjaśnić trzy główne procedury (standardyzację, tworzenie wielkości intensywnych oraz jakości pochodnych). Jeżeli zachowanie opisujemy w kategoriach form geometrycznych – np. takie właściwości materiałowe jak elastyczność – to wszystkie objekty testu materiałowego muszą mieć standardowy kształt geometryczny. Zachowanie opisujemy w kategoriach wielkości standardowych, podając ilościowe odchylenia od kształtów standardowych w warunkach, gdy obiekt wystawiony jest na działanie pewnej siły mechanicznej. Jako postępowanie alternatywne można ująć indywidualne kształty testowanego obiektu za pomocą ściślejszych parametrów kształtu oraz rozdzielić odchylenia od kształtu – za pomocą odpowiednich parametrów. Jeżeli zachowanie opisujemy w kategoriach wielkości ekstensywnych (zależnych bezpośrednio od masy lub wymiaru) w sposób liniowy, wtedy przede wszystkim należy przydzielić każdej wielkości ekstensywnej jakąś inną. Ta druga procedura wytwarza wielkości, które nie zależą od kształtu, wymiaru i masy i nazywane są wielkościami intensywnymi lub właściwymi. Procedura trzecia jest charakterystyczna dla badań z udziałem więcej niż jednego obiektu materiałowego. Jeżeli zachowanie opisujemy w kategoriach masy lub objętości, wtedy dokonujemy abstrakcji, przydzielając masy lub objętości każdej z uczestniczących substancji w ilościach proporcjonalnych lub w gładnych. Nie ma wielkości odpowiedniej dla klasyfikacji materiałów, która nie byłaby standardyzowana, właściwa lub względna. Czasami jednak procedura abstrakcji nie jest niezbędna, ponieważ wielkość mierzona jest już intensywna (np. ciśnienia i temperatury przejść fazowych).

Ad (3): Zachowanie danego obiektu może być odwracalne lub nieodwracalne, a jego badanie może być powtarzalne lub nie. Z termodynamicznego punktu widzenia każda realna zmiana (tj. skok skończonej wielkości w skończonej krótkim czasie) parametrów termodynamicznych zanknitégo układu termodynamicznego jest nieodwracalna na mocy II prawa. Jeżeli jednak spojrzymy na układ materialny jako na układ otwarty, możemy wyróżnić dwa typy przemian: (a) Przemiana jest automatycznie odwracalna w tym sensie, że gdy przywracamy jest stan początkowy, obiekt jest wystawiony na działanie warunków początkowych. W tym przypadku badanie jest powtarzalne, a wynik odtwarzalny *ad libitum* (jak w większości badań elektromagnetycznych i termodynamicznych). (b) Stan początkowy nie jest odtwarzalny przy powrocie układu do warunków początkowych.

Ostatni typ przemiany, typowy dla badań chemicznych, stwarza problemy ontologiczne, logiczne i metodologiczne. Jeżeli wynik nie jest powtarzalny w tych samych warunkach, to przynajmniej jedna właściwość obiektu materialnego musiała się poważnie zmienić. Z tego powodu musimy odróżnić objekty materialne przed testem i po teście. Stworzyło to ontologię substancjalistyczną z jej problemami stawiania się i przemijania, znaną od czasów starożytnych Greków¹⁴, co okazuje się najmocniejszym argumentem przemawiającym za rekonstrukcją zmiany na poziomie logicznym w kategoriach substancjalistycznych (atomistycznych). Na poziomie logicznym predykaty dotyczące materii muszą być ustanowione jako opisujące dynamiczne relacje z dwiema ściśle rozdzielonymi klasami zmiennych. Co więcej, ponieważ obiekt znika podczas badań, przemiana stwarza problem metodologiczny tego rodzaju, że badanie chemiczne pojedynczego obiektu chemicznego nie jest ani powtarzalne, ani wzbogacane przez przyszłe testy¹⁵. W części 4. zobaczymy, w jaki sposób ten problem metodologiczny rozwiązuje się operacyjnie za pomocą techniki próbek.

3.3. Programy redukcji właściwości¹⁶

Program redukcji właściwości materiałowych można zdefiniować następująco: pewien rodzaj właściwości materiałowych można zreinterpretować w ten sposób, że zachowanie obiektu i wszelkie warunki kontekstualne opisuje się tylko w kategoriach różnego rodzaju właściwości. Programy redukcji prowadzą do

¹⁴ Por. np. [Aristoteles, 1922].

¹⁵ K. Popper [1959:440; nowy dodatek X] zadaje się podjąć ten problem, gdy usiłuje dowieść kółowości operacji definiowania w sposób następujący: aby sprawdzić, czy woda rozpuszcza cukier, konieczne jest: 1) przeprowadzenie testu rozpuszczalności, 2) odparowanie wody po teście, 3) zidentyfikowanie pozostałości jako cukru przez przeprowadzenie próby rozpuszczalności *inter alia* i tak dalej. Sądzę, że gdyby Popper znał chemiczną właściwość polegającą na przetrznięciu nieodwracalnej, to jego osąd byłby jeszcze bardziej niszczący, aczkolwiek, jak myślę, z chemicznego punktu widzenia nie zyskałby żadnej wiarygodności.

¹⁶ Więcej szczegółów dotyczących programów redukcji można znaleźć w: [Schummer, 1995a].

epistemologicznego przesunięcia od paradygmatu interwencji do paradygmatu opisu, od eksperymentalnego do „kontrolującego” punktu widzenia – akt eksperymentowania opisuje się jako oddziaływanie elementów tego samego typu w układzie zamkniętym. Istnieje także silna tendencja do postulowania nowych przedmiotów (teoretycznych), które są w zupełności określone przez pojedynczy typ właściwości, chociaż trudno zaprzeczyć, że obiekty materialne wykazują mnogość właściwości.

Podczas gdy w programach fizykalistycznych próbuje się zredukować czynniki kontekstualne oraz zachowanie obiektu do tzw. interakcji fundamentalnych (elektromagnetycznych, silnych, słabych, grawitacyjnych) i poszukuje się teorii unifikującej te oddziaływania, sposób ten nie jest dla chemików interesujący ze względu na pragmatyczność. Zamiast tego w chemii występuje kilka szczegółowych i bardziej lub mniej efektywnych programów redukcji:

- (1) redukcja właściwości ekologicznych i biologicznych do właściwości chemicznych pierwiastków tworzących systemy ekologiczne lub biologiczne,
- (2) redukcja właściwości chemicznych do elektromagnetycznych właściwości pewnych przedmiotów teoretycznych¹⁷,
- (3) właściwości mechanicznych, termodynamicznych i elektromagnetycznych wyrażanych w elektromagnetycznych właściwościach pewnych przedmiotów teoretycznych.

Przedmioty teoretyczne w programach (2) i (3) należą do licznej dziedziny modeli leżących gdzieś pomiędzy mechaniką kwantową i klasyczną, z dodatkiem elektrodynamiki (kwantowej) i zahaczających o statystykę.

Program (3) jest najbardziej efektywny dzięki pragmatycznej różnorodności swoich modeli oraz odpowiedniości pomiędzy właściwościami redukującymi i redukowanymi. Decydujący krok w kierunku redukcji właściwości termodynamicznych stanowi postulat równowagi między temperaturą a energią kinetyczną. Jednakże równowadze tej zagraża przejście od mechaniki klasycznej do mechaniki kwantowej, co powoduje przesunięcie od statystyki klasycznej do kwantowej¹⁸. Tak czy inaczej, temperatura nie jest właściwością materiałową odpowiednią do celów klasyfikacyjnych, gdyż każdy obiekt materialny wykazuje tę samą temperaturę w danych warunkach eksperymentalnych. Natomiast temperatury przejść fazowych są wielkościami specyficznymi, lecz trudno nimi operować w programie redukcji.

¹⁷ Należy w tym miejscu uczynić uwagę, że we współczesnej nauce mikroredukcja właściwości dynamicznych, takich jak reaktywność chemiczna lub rozpuszczalność w wodzie, nie jest osiągalna poprzez proste ustalenie mikrostruktury, jak zdają się sądzić niekórzy domorośli „fizykalistyczni” filozofowie. W przeciwnieństwie do przednyminowanej mechanistycznej tradycji XVII wieku, wszystkie współczesne programy redukcji opierają się na oddziaływaniach elektromagnetycznych (tzn. relacjiach dynamicznych) na poziomie subatomowym, atomowym lub molekularnym.

¹⁸ Zauważamy, że temperatura elektronów w kawałku metalu mającym temperaturę pokojową może osiągać kilka tysięcy stopni Kelvina, odpowiadających ich energii kinetycznej.

Program (2) jest o wiele mniej efektywny niż można by sądzić na pierwszy rzut oka. Dysponujemy obecnie kilkoma kwantowo-mechanicznymi modelami wiązań chemicznych izolowanych cząsteczek¹⁹, lecz brak gwarantującej sukces ogólnej teorii dotyczącej zmiennych w czasie między oddziaływań wiązań chemicznych pomiędzy kilkoma cząsteczkami. Obliczenia teoretyczne chemii przedyskutowujemy szczegółowo w części 7.

Program (1) jest ryzykowny z powodu funkcjonalnej złożoności układów biologicznych i ekologicznych oraz zaangażowanych w nich substancji chemicznych. Konieczne jest tutaj przejście do warunków eksperymentalnych, gdyż warunki *in vitro* trudno jest standardyzować i formalizować. Pewien postęp nastąpił dzięki analizie funkcjonalnej prowadzącej do procesów cząstkowych, które można opisać w kategoriach bio- (lub geo-)chemicznych (np. reakcje enzymatyczne i atmosferyczne, metabolizm itp.).

3.4. Osobliwości epistemologiczne i logiczne

Właściwości materiałowe są przychytną pewnych osobliwych problemów filozoficznych wartych szczegółowej dyskusji. W przeciwnieństwie do preferowanych przez filozofię jakości pierwotnych lub fenomenalistycznych (*qualia*) właściwości materiałowe są zewnetrzne w sensie nieredukowalnej zależności od warunków eksperymentalnych. Predykaty materiałowe przypisane są do obiektów materialnych w relacji do pewnych warunków. Jak widzieliśmy, precyzja predykatu została osiągnięta poprzez definiowanie czynników kontekstualnych i precyzyjny opis istotnych warunków eksperymentu. Im mniej precyzyjny opis, tym mniejszą zawartość informacji ma wypowiedź na temat właściwości materiałowych. Zdania takie jak: „to się miesza”, „to reaguje”, „to jest czerwone” pozostają właściwie bez żadnej treści empirycznej, dopóki pośrednio lub bezpośrednio nie poznamy warunków doświadczenia²⁰.

W języku potocznym treść predykatów materiałowych jest w sposób niejawni związana ze zwykłymi warunkami doświadczenia. Gdy orzekamy, że coś jest czerwone, zakładamy *implicitie* zwykłe oświetlenie. Zhudzeniem fenomenalizmu jest lekceważenie niewartykułowanej wiedzy na temat okoliczności, które rzeczywiście są niezbędny warunkiem możliwości doświadczenia. Natomiast w naukach o materiałach staramy się, aby warunki doświadczenia były podane *explicitie*, w sposób precyzyjny i wyczerpujący we wszystkich istotnych aspektach. Oto dlaczego nauki o materiałach są naukami eksperymentalnymi w bardzo ścisłym sensie: każdy predykat empiryczny należy zdefiniować operacyjnie

¹⁹ Zauważamy, że koncepcja struktury molekularnej nie jest nawet eksplikowalna w kategoriach mechaniki kwantowej; por. [Wolley, 1978], [Weininger, 1984].

²⁰ Zauważamy, że prawie każde ciało stale topi się w pewnej temperaturze, podobnie jak każde wydaje się czerwone w czerwonym świetle.

zgodnie z pewnymi warunkami eksperymentu, i łącznie z regułami przeprowadzenia danego eksperymentu.

Uzależnienie predykatów o materiałach od kontekstu eksperymentalnego pociąga za sobą pewne bardzo niepożądane przez tradycyjną filozofię nauki konsekwencje: (1) niewywiadliwość, (2) indukcyjność, (3) nieokreśloność, (4) niezupełność.

A d (1): Nie ma precyzyjnej definicji predykatów o materiałach, w której nie byłoby założen ontologicznych dotyczących składników kontekstu eksperymentalnego²¹. Jednakże precyzyjny opis tych warunków wymaga właśnie użycia predykatów o materiałach, dopóki składniki pozostają jednocześnie obiektami materialnymi. Ma to oczywiście szczególne znaczenie dla predykatów chemicznych. A zatem, każda precyzyjna definicja predykatów dyspozycyjnych zakłada precyzyjnie zdefiniowane predykaty dyspozycyjne. W nauce o materiałach predykaty materiałowe nie mogą opierać się na bazie predykatów wolnych od kontekstu, ponieważ nie ma predykatów bazowych takich, jakie zakładano w pozytywizmie logicznym²². Przeciwnie, dany zbiór nieokreślonych predykatów dyspozycyjnych, odniesiony *implicitnie* do zwykłych kontekstów, należy ustalić bardziej precyzyjnie i rozszerzyć o stopnie genealogii: określając bardziej precyzyjnie warunki, dostarczamy bardziej precyzyjnych predykatów pozwalających bardziej precyzyjnie określać warunki, itd.

A d (2): Różnica pomiędzy materiałowymi predykatami dyspozycyjnymi a predykatami nie-dyspozycyjnymi (przejawiania) nie opiera się na uzależnieniu od warunków (wewnętrznych lub zewnętrznych); opiera się natomiast na pragmatycznej różnicy pomiędzy zamierzonymi przykładami określającymi zakres ich zastosowania. Mówiąc „*x* topi się w warunkach eksperymentalnych *y*”, mogę zarówno: (a) opisać indywidualne zachowanie *x* w eksperymencie przebiegającym w warunkach typu *y*, lub (b) wyrazić moje oczekiwanie, że *x* stopi się zawsze, gdy znajdzie się w warunkach eksperymentalnych *y*. Tak zwany teoretyczny lub prawdopodobny charakter predykatów dyspozycyjnych nie polega na tym, że stanowią one coś innego od poglądu Hackinga [1983:146f.]. Możemy uważać za rzeczywiste to, co możemy zastosować w celu interwentowania w świat, aby spowodować coś innego [...]”. Hacking podchodzi do realizmu eksperymentalnego z pozycji pragmatycznej, lecz pozostawia otwartą kwestię, dlaczego uczeni powinni zmieniać świat poprzez interwencję (działanie), podobnie jak Marks i Engels. Bardziej lub mniej zainteresowany eksperymentami w dziedzinie fizyki wysokich energii, zapoznaje fakt, że z żadnego zwykłego doświadczenia materiałowego nie wynika interwencja oraz że ontologiczne okoliczności dotyczące składników eksperymentalnych są niezbędnymi warunkami tworzenia w nauce pojęć dotyczących materiałów.

²² Ten problem jest bardziej podstawowy niż kłopoty logiczne [Carnap a, 1953] z operacyjną definicją predykatów dyspozycyjnych typu „rozpuszczalny w wodzie” za pomocą implikacji materialnej: Carnap po prostu zakłada, że istnieją w ogóle podstawowe predykaty fenomenologiczne. Ale „bycie w wodzie” nie jest predykatem podstawowym, ponieważ rozpuszczalnik musi być przede wszystkim zdefiniowany jako woda przez predykaty materiałowe. W filozofii nauki panuje, jak się wydaje, wspólne stanowisko co do tego, że Carnap wykazał, że jest rzeczą niemożliwą podanie definicji operacyjnej, jednakże w rzeczywistości zademonstrował on nieadekwatność fenomenalistycznej ujęcia predykatów bazowych.

wstaje z wprowadzających w błąd logicznych problemów ich definiowania poprzez niezależne od warunków (fenomenalistyczne) predykaty bazowe [Carnap, 1953], ale z zastosowania indukcji, która odsyła od (a) do (b). Jeżeli zdanie empiryczne $F(x)$ oznacza, że możemy doświadczać F jednocześnie z x kiedykolwiek, wtedy nie ma predykatu empirycznego bez zastosowania indukcji. Nie oznacza to jednak, że predykat F nie jest empiryczny, w przeciwnym bowiem razie nie byłoby ani predykatów empirycznych, ani w ogóle nauki empirycznej. Predykat F jest empiryczny, ponieważ zamierzonymi przykładami zakresu jego zastosowania są konteksty empiryczne.

A d (3): Predykaty materiałowe posiadają pewien niezbywalny element niepewności. Jeżeli precyzyjna definicja predykatu materiałowego wymaga precyzyjnego opisu warunków, to osiągnąć to można tylko przez podanie wyczerpującego opisu aktualnego stanu świata zewnętrznego. Oczywiście problemy poznawcze łączą się tutaj z problemami językowymi i logicznymi. Predykaty warunkowe muszą być możliwe do zastosowania w nieskończenie wielu sytuacjach (stanach) obiektu materiałowego (indukcja od (a) do (b)), mimo że stan świata ulega zmianom. Muszą być także użyteczne w wielu innych sytuacjach dla wielu innych osób, bo inaczej będą praktycznie bezwartościowe. Problem ten można rozwiązać, poszukując takich istotnych warunków eksperymentalnych, od których w znaczący sposób zależy zachowanie się badanego obiektu, tj. poszukać należy praw funkcjonalnych. Nie gwarantuje to jeszcze zupełności warunków istotnych lub poprawienia zależności funkcjonalnej, będzie więc zawsze pozostało *residuum* niedookreśloności²³.

A d (4): Predykaty materiałowe tworzy się, kreując nowe warunki eksperymentalne. Wydaje się, że (w zasadzie) nie ma ograniczeń w kreowaniu nowych warunków eksperymentalnych, poza ograniczeniami naszej wyobraźni. Liczbę właściwości materiałowych potrzebnych do opisu obiektu materiałowego można zwiększać *ad libitum*. Znaleźnienie nowego kontekstu eksperymentalnego oznacza wytypowanie nowej kombinacji substancji chemicznych i warunków. Ogromny przyrost liczby nowych substancji chemicznych (por. część 9) idzie w parze z wykładniczym wzrostem liczby nowych właściwości chemicznych. W konsekwencji nasza wiedza na temat właściwości materiałów zawsze będzie niekompletna; dla nauk o materiałach porzucić musimy epistemologiczny cel wiedzy zupełnej. Najlepsze, co można zrobić, to rozważyć, jaki rodzaj wiedzy może być istotny dla poszczególnych celów, a potem rozpocząć badania eksperymentalne. Ponieważ musimy dowiedzieć się najpierw, która z właściwości może być najbardziej interesująca, obiekt materialny może sprawić wiele niespodzianek, gdy znajdzie się przypadkowo w nowych warunkach. Ten fakt wydaje się pod-

²³ Ten problem epistemologiczny ma wielkie znaczenie w chemii jako nauce eksperymentalnej. Eksperymentowanie w chemii wymaga znaczącej wiedzy ukrytej (por. [Polanyi, 1958]), tzn. szczególności eksperymentatora w operacjach manualnych oraz instrumentalnych, którą cwiczy się w praktyce i którą trudno opisać wyjątkowo za pomocą praw funkcjonalnych.

stawą epistemologiczną pewnych przykrych niespodzianek ekologicznych, których jesteśmy świadomi od ostatnich kilku dziesięcioleci [Schummer, 1996c/d].

4. Hierarchia materiałów oparta na operacjach eksperymentalnych

Umieszczając obiekt materialny x_0 w pewnych warunkach eksperymentalnych, można go podzielić na dwa lub więcej obiektów x_i o różnych właściwościach materialowych, ale dalej już, w tych samych warunkach, niepodzielnych. Warunki eksperymentalne tego typu mają centralne znaczenie dla chemii jako nauki klasyfikacyjnej posługującej się metodą eksperymentalną: (1) Obiekty materialne są operacyjnie związane przez relację asymetryczną (klasyfikacja w kierunku pionowym) oraz możliwe jest określenie reguł eksperymentalnych prowadzących do wytworzenia obiektu typu x_i z obiektu materialnego typu x_0 . (2) Rozdzielalność/nierozdzielalność ze względu na pewien warunek sama jest właściwością materiałową, która grupuje obiekty materialne w jedną z dwóch klas zgodnie z kryteriami operacyjnymi (klasyfikacja w kierunku poziomym). Jeżeli połączymy (1) i (2), możemy uzyskać operacyjną hierarchię klas obiektów materialnych. Musimy poszukać uporządkowanej sekwencji techniki separacji (T_0, T_1, \dots, T_n) takiej, aby dla każdego obiektu materialnego x istniała technika T_i , dla której zachodzi: x jest nierozdzielalna za pomocą techniki T_j jeżeli $j \geq i$, a rozdzielalna, kiedy $j < i$.

W chemii istnieje uporządkowana sekwencja trzech grup technik rozdzielania, zgodnie z którą wszystkie materiały można z grubsza ustawić w porządku hierarchicznym.

(1) Ze względu na siły mechaniczne (cięcie, mielenie, rozdział pod względem gęstości przez sedymentację, wirowanie, filtrowanie) można wyróżnić materiały (substancje) jednorodne i niejednorodne.

(2) Ze względu na energię termiczną i ciśnienie hydrostatyczne (jedno i drugie w przyjętych granicach), materiały jednorodne dzielą się na materiały mieszanane i czyste (destylacja, kondensacja, mieszanie, krystalizacja, sublimacja). Materiały czyste nazywane są też substancjami chemicznymi.

(3) Ze względu na pole elektryczne, energię termiczną lub ciśnienie (w węższym zakresie), materiały czyste (chemicznie) dzielą się na materiały będące z wiązkami i pierwiastkami [por. Schummer, 1996].

Aby uniknąć błędów ścisłego lub ślepego operacjonalizmu, winniśmy rozważyć kilka problemów. Po pierwsze, każdą technikę rozdziału musimy stosować kilkakrotnie (w idealnym przypadku – nieskończenie wiele razy), aż do niewystąpienia efektu rozdziału. Nierozdzielalność (a szczególnie czystość) jest

rodzajem punktu konwergencji powtarzanych operacji, zależnych pragmatycznie od standardów rozdziału. Po drugie, kryteria operacyjne bazujące na termicznej technice rozdziału (tzw. reguła faz²⁴) należy czasami stosować bardzo starannie (związki niestabilne termodynamicznie, mieszanie azeotropowe, związki dysocjujące w równowadze), a czasami nawet modyfikować lub zupełnie porzucić technikami chemicznymi (np. w przypadku enancjomerów)²⁵.

Mimo rozwoju kilku spektroskopowych metod oznaczania czystości, niektóre konwencjonalne techniki ciągle pozostają metodologicznie pierwotne, i to z dwóch powodów. Po pierwsze, nie istnieje czysty obiekt materialny, nie byłoby więc co badać w chemii, gdyby nie wyprodukowano go najpierw zgodnie z regulami laboratoryjnymi. Po drugie, żadna metoda spektroskopowa nie udzieli nam informacji na temat czystości dopóty, dopóki nie dowiemy się, jak wyglądają widma czystego materiału. Istnieją dwa sposoby stosowania metod spektralnych w testach czystości: albo najpierw wytwarzamy czysty materiał, sprawdzamy jego czystość metodami konwencjonalnymi, a następnie rejestrujemy widma jako „odcisk palca” dla jakichkolwiek przyszytych testów czystości metodą spektralną; w tym przypadku drugorzędny status spektroskopii jest oczywisty. Możemy też antycypować wyniki spektroskopowe metodą teoretyczną, przeprowadzając właściwości elektromagnetyczne substancji, która, wedle pewnej teorii, ma być czysta. Drugi sposób wymaga oczywiście koncepcji teoretycznej czystej substancji. W tym przypadku rzeczywistość jest dostępne ujęcie teoretyczne umożliwiający przewidywanie właściwości elektromagnetycznych. Niestety, brak z kolei teorii umożliwiającej ogólnie rozróżnienie pomiędzy widmami substancji czystych i mieszanin na podstawie tylko jednego widma. Jakakolwiek byłaby koncepcja substancji czystej, nie może ona działać jako kryterium czystości/nieczystości z przyczyn logicznych, albowiem nie istnieje żaden dowód obecności zanieczyszczeń. Wyobraźmy sobie chemika, który bada obiekt materialny wyłączenie metodami spektroskopowymi. Rezultat jego badań eksperymentalnych nie musi zgadzać się z wynikiem przewidywanym dla przypuszczalnie czystego materiału. Nie wolno mu stwierdzić, że substancja jest mieszaniną, ponieważ może to być nieznaną dotychczas czysta substancja, której nie brał pod uwagę w rozważaniach teoretycznych. Zbiór czystych substancji nie jest *a priori* zamknięty, gdyż chemicy każdego dnia znajdują ok. 3000 nowych (część 9.). Wobec tych faktów konwencjonalne kryteria czystości trzeba uznać za pierwotne.

Sposób, dzięki któremu materiały są operacyjnie uporządkowane, ma dla chemii ważne konsekwencje: (1) stanowi podstawę metodologiczną dla techniki próbek, (2) wprowadza nieciągłość w dziedzinie substancji chemicznych, (3) pozwala wnioskować o podstawie pierwiastkowej klasyfikacji materiałów.

²⁴ Por. [Wald, 1899], [Ostwald, 1904], [Timmermans, 1963], [van Brakel, 1986],
²⁵ Szczegółową dyskusję tego problemu przeprowadza [Timmermans, 1963].

A d (1): Zgodnie z definicją materiałów jednorodnych, obiektów jednorodnych nie można rozłożyć na części o różnych właściwościach materiałowych za pomocą samej tylko metody mechanicznej. Z tego powodu każdy rozdział mechaniczny obiektu jednorodnego daje obiekty materiałnie nierozdzielalne. Stądowi to uzasadnienie dla techniki próbek, która staje się czymś na podobieństwo metodologicznej podstawy chemii jako nauki o możliwościach przemian. Jeżeli obiekt podczas badań zmienia się (lecz nie znika) w czasie pierwszego testu, wtedy już nie doświadczamy tego samego obiektu; z tego powodu klasyfikacja według możliwości przemian byłaby niemożliwa. Jednakże dzięki podziałowi na próbki (tj. rozdziałowi mechanicznemu) przeprowadzić można na nich wiele eksperymentów, z których każdy daje informację o własnościach materiałowych całego obiektu²⁶.

A d (2): Z klasyfikacyjnego punktu widzenia technika oczyszczania ma dla chemii wielkie znaczenie, gdyż redukuje klasyfikację materiałów jednorodnych do klasyfikacji materiałów czystych, a ich połączeń do mieszanin. Ponieważ dziedzina materiałów jednorodnych jest ciągła ze względu na dowolną właściwość ilościową, bezpośrednia klasyfikacja byłaby sztywną pracą. Niech wielkości materiałowe będą reprezentowane przez liczby rzeczywiste: wtedy w każdej systematycznej klasyfikacji materiałów jednorodnych musiano by brać pod uwagę nieprzeliczalnie wiele możliwości, do potęgi liczby właściwości materiałowych. Zamiast tego problem klasyfikacji rozwiązuje się przez wybór wyróżnionych materiałów w taki sposób, że resztę materiałów jednorodnych można opisać przez ich ilościowe relacje. Technika oczyszczania stanowi główny krok od dziedziny ciągłej do nieciągłej, spełniając trzy warunki: metoda ta mianowicie musi być odpowiednia do: (a) wydzielenia danej substancji w sposób ostateczny, (b) dostarczenia kryterium identyfikacji, c) dostarczenia nowego typu klasyfikacji dla pozostałych materiałów jednorodnych w celu uniknięcia naszkicowanych wyżej prób klasyfikacji. Twierdzę, że operacyjne rozdzielanie jest jedyną metodą, która spełnia te trzy warunki jednocześnie: wydziela materiały jako produkty rozdziału, rozdzielalność/nierozdzielalność działa jako kryterium identyfikacji, a każdy rozdziałalny materiał można klasyfikować względem produktów jego rozdziału.

Rozważamy, w jaki sposób technika oczyszczania decyduje o wydzieleniu poszczególnych substancji. Zgodnie z termodynamicznym kryterium czystości materiału, przejścia fazowe (np. przejście w stan pary) zachodzą bez zmiany temperatury przy pewnym ciśnieniu²⁷, tj. materiały czyste mają, jako szczególną właściwość termodynamiczną, stałe, przy danym ciśnieniu, temperatury

²⁶ Zauważamy, że abstrahowanie od fizykalnego układu odniesień przedmiotowych powoduje abstrahowanie od mechaniczno-geometrycznych relacji „część – całość”. W naukach o materiałach relacje część – całość są zdefiniowane ze względu na techniki separacji każdej z nich. Aby opisać technię próbek w kategoriach logicznych, należałoby skorzystać z mereologicznej teorii zbiorów.

²⁷ Więcej szczegółów zawierają prace Timmermansa [1963], van Brakela [1986].

przejść fazowych (np. punkt wrzenia). Ponieważ fazy w żadnym przypadku nie różnią się właściwościami materiałowymi²⁸, co oczywiście ma miejsce w przypadku temperatury przejścia, nie można rozdzielić materiału poprzez przejście fazowe czystych substancji. Jeżeli temperatura zmienia się w sposób ciągły podczas przejścia fazowego, materiał nazywany mieszaniną. Ponieważ przejście fazowe mieszanin prowadzi do faz o różnych właściwościach materiałowych, co zwykle ma miejsce w przypadku temperatur przejścia, to zachodzi ono równoległe z rozdziałem materiału²⁹. Oczyszczenie osiąga się, powtarzając rozdzielanie materiału na jedną lub dwie fazy dopóki nie zostanie spełnione kryterium czystości materiału. W toku tej procedury każda wartość ilościowych właściwości materiałowych (łącznie z temperaturą przejścia fazowego) zbiega się do pewnego punktu, który stanowi wartość (właściwą) materiału nie dającego się rozdzielić, jednorodnej substancji chemicznej.

A d (3): Od czasów Lavoisiera definicje pierwiastków chemicznych nie mogły być już dłużej podawane za pomocą form substancjalnych Arysotellesa, ale za pomocą definicji operacyjnej, tj. nierozdzielalności ze względu na pewne techniki rozdziału. Zgodnie z tą definicją, materiał pierwotnie charakteryzowany jako pierwiastek, może później stracić swój status pierwiastka na drodze dalszego przyszłego rozdziału, lecz nigdy nie straci swej funkcji klasyfikacyjnej w kierunku pionowym, ze względu na materiały czyste, jednorodne i niejednorodne. *Prima facie* wydaje się, że nie istnieje powód, dla którego poprzednie pierwiastki nie mogłyby być rozdzielone na związki, materiały mieszane lub niejednorodne za pomocą bardziej wyszukanych technik, które wytworzyłyby kołowe struktury klasyfikacyjne. Jednakże taka technika naruszałaby zasadę ustalania kolejności techniki rozdziału (patrz wyżej), ponieważ produkty rozdziału byłyby rozdzielalne za pomocą techniki niższego rzędu; z tego powodu jakakolwiek kołowość jest wykluczona przez definicję operacyjną. Co więcej, z uporządkowanej sekwencji możemy z grubsza wyprowadzić wnioski co do względnej liczby pierwiastków. Dla zbioru pierwiastków istnieje musi podzbiór materiałów czystych, będący podzbiorem materiałów jednorodnych, który z kolei jest podzbiorem materiałów. Cóż jednak wiemy o wzajemnej proporcji pierwiastków i związków? Z klasyfikacyjnego punktu widzenia powinno nas zainteresować szczególnie to, że zbiór pierwiastków jest węższy od zbioru znajdującego się na

²⁸ Zauważamy, że nie istnieje w nauce proste właściwości materiałowe pozwalające na rozróżnienie pomiędzy, na przykład, wodą ciekłą a parą wodną. Pozostaje to w sprzeczności ze zwykłą opinią oraz, niestety, z wieloma szkolnymi podręcznikami chemii, którym brakuje spójnej koncepcji właściwości materiałowej (por. [Schummert, 1995c]). Zgodnie z naszą definicją, właściwości materiałowe w istocie sposób zależą od warunków eksperymentalnych. Zatem badania wody w temperaturze, powiedzmy, 20°C oraz pary w temperaturze 120°C odnoszą się do różnych typów właściwości materiałowych. Aby porównać obiekty z materiałowego punktu widzenia, niezbędne jest zrównanie warunków takich jak temperatura i ciśnienie, i wtedy już nie ma między nimi różnic materiałowych. Inaczej niż w chemii Arysotellesowskiej, woda ciekła i para wodna to dwa różne stany tej samej substancji, a nie dwie różne substancje.

²⁹ Dla wyjątkowych azeotropów porównaj przypis 24.

poziomie następnym, tak jak to było w Arystotelesowskiej hierarchii materiałów. Czy możemy wyprowadzić podobne wnioski, jak uczyniliśmy to, rozważając relacje materiałów czystych i mieszanin? Związki chemiczne można sklasyfikować zgodnie z kombinacją rodzaju i względnej masy ich składników pierwiastkowych. Z matematycznego punktu widzenia skończony zbiór pierwiastków dopuszcza nieskończenie wiele (ilościowych) kombinacji. Lecz nie stanowi to argumentu *a priori* za wnioskowaniem o tym, jak wiele kombinacji matematycznych odpowiada w rzeczywistości związkom empirycznie możliwym. Nie można wykluczyć nawet tego, że nieskończenie wiele pierwiastków w ogóle nie połączy się w związki. Z tego powodu nie ma gwarancji *a priori*, że liczba pierwiastków jest mniejsza niż liczba związków – o ile wiadomo, jest to najszczęśliwszy fakt empiryczny dla klasyfikacyjnych celów chemii³⁰.

Operacyjna definicja pierwiastków chemicznych dopuszcza historyczną zmienność i, co więcej, dopuszcza kryteria pragmatyczne, ze względu na które można ją nazwać względną pierwiastkową podstawą dla celowości klasyfikacyjnych. Na przykład, pierwiastki chemiczne w okresie kilku dziesięcioleci za pomocą wyszukanych technik rozdzielono na izotopy, lecz poza chemią jądrową nie ma potrzeby uznawania izotopów za podstawę klasyfikacji materiałów. Dla większości celów chemicznych byłoby to zbędne, podczas gdy koszty klasyfikacji wzrosłyby niezmiernie. Ten fakt zdaje się wskazywać także na przesunięcie od metafizycznej filozofii przyrody do pragmatycznej nauki klasyfikacyjnej.

5. Reakcje chemiczne i predykaty chemiczne

Dysponując koncepcją pierwiastka chemicznego i substancji chemicznej, możemy już podać precyzyjną definicję reakcji chemicznej. Mając daną próbkę pewnego rodzaju materiału (czystego, mieszaniny lub niejednorodnego) w czasie t_1 i t_2 , o reakcji chemicznej mówimy wtedy i tylko wtedy, gdy w czasie od t_1 do t_2 następuje zmiana liczby, rodzaju lub masy materiałów czystych, podczas gdy liczba, rodzaj i masa materiałów pierwiastkowych pozostaje ta sama. Aby stwierdzić, czy próbka uległa reakcji, należy ją przeanalizować w czasie t_1 i t_2 zgodnie z hierarchią rozdziału i porównać wyniki na poziomie materiałów czystych i pierwiastkowych³¹.

³⁰ Zauważamy, że systematyczne uporządkowanie pierwiastków chemicznych, jakie uzyskał Mendelejew dzięki swojemu układowi okresowemu w końcu ubiegłego stulecia, nie jest układem zamkniętym, lecz strukturą otwartą na systematyczne rozszerzanie *ad libitum* [Stricker, 1968]. Tuż znowu spotykamy jedną z najbardziej pomysłowych strategii chemii: porządkowanie rzeczy bez odwoływania się do idealnej dziedzinie z ograniczaniem *a priori*.

³¹ W praktyce laboratoryjnej zadanie to realizuje się łatwiej w dwóch etapach: (1) próbek do testów reakcyjnych nie analizuje się, lecz, na odwrót, syntetyzuje z substancji o wysokiej czystości,

Zgodnie z definicją reakcji chemicznych badania można udokumentować, zestawiając po lewej stronie listę czystych materiałów wraz z ich masami w czasie t_1 , a w czasie t_2 po stronie prawej, łącząc obie strony strzałką. Aby otrzymać pełne zestawienie, należy uzupełnić opis o warunki eksperymentalne w czasie od t_1 do t_2 , włączając wszystkie operacje, jak ogrzewanie, wytłuszczenie etc. Jeżeli x_i jest nazwą substancji chemicznej, m_i – określoną masą x_i , a b – zestawieniem warunków (warunkami reakcji), to wynik (reakcji) można zapisać w formie ogólnej:

$$(x_1:m_1), (x_2:m_2), \dots, (x_j:m_j) \xrightarrow{B} (x_{j+1}:m_{j+1}), (x_{j+2}:m_{j+2}), \dots, (x_k:m_k).$$

Aby sformułować predykat chemiczny, który stanowi rzeczywiste wyrażenie konstrukcyjne, niezbędne są dwa dalsze kroki. Po pierwsze, należy uogólnić wynik, przechodząc od konkretnych wartości mas do wartości dowolnych przez sformułowanie go w kategoriach proporcji mas lub mas względnych oraz uogólnić warunki B³². Po drugie, złożone procesualne relacje pomiędzy interesującymi nas substancjami chemicznymi oraz warunki eksperymentalne należy przymodelować do postaci predykatu dyspozycyjnego, który można przypisać pojedynczej substancji chemicznej. Substancje chemiczne występują po obu stronach zapisu reakcji, mamy więc dokładnie dwa rodzaje predykatów chemicznych sformułowanych *explicitie* odpowiednio dla x_j i x_k :

P1: „posiadająca możliwość wytworzenia substancji chemicznych $x_{j+1}, x_{j+2}, \dots, x_k$ w proporcjach mas $m_{j+1}/m_j, m_{j+2}/m_j, \dots, m_k/m_j$ w pewnych ogólnych warunkach B w reakcji chemicznej z substancjami chemicznymi x_1, x_2, \dots, x_{j-1} w proporcjach mas $m_1/m_j, m_2/m_j, \dots, m_{j-1}/m_j$ ”

P2: „posiadająca możliwość bycia wytworzoną w reakcji chemicznej substancji x_1, x_2, \dots, x_j w proporcjach mas $m_1/m_k, m_2/m_k, \dots, m_j/m_k$ w pewnych warunkach B w reakcji chemicznej”

które można kupić w sklepach chemicznych. (2) Można spodziewać się, że prawo zachowania bę-dzie spełnione na podstawowym poziomie materiałowym, jeżeli reakcja przebiega w zamkniętych naczyniach wykonanych z obojętnych chemicznie materiałów. Dlatego pozostającym do wykonania zadaniem jest analiza próbek w czasie t_1 i porównanie wyników z danymi wyjściowej procedury łączenia.

³² Historycznie rzecz biorąc, ten krok został dokonany dzięki ustanowieniu prawa stałych sito-wsuneków mas dla wszystkich reakcji chemicznych. Jednakże prawo to jest naruszane przez powszechnie znane przypadki przeciwnie tzw. bertolidy (związki o zmiennym składzie), które należy wykluczyć z definicji. Oprócz logicznego problemu indukcji występuje tutaj inny, na ogół zapomniany problem o znaczeniu logicznym i praktycznym: rzeczywiste braki ogólnych reguł porządkujących uogólnić pewne warunki eksperymentalne i operacje dla każdej skali. A zatem, predykaty chemiczne prowadzą do dodatkowych niejasności, a chemicy – technolodzy zmagają się z tzw. problemem powiększania skali, gdy próbują przenieść wyniki uzyskane w laboratorium do skali przemysłowej.

ogólnych warunkach B , razem z substancjami chemicznymi x_1, x_2, \dots, x_{k-1} w proporcjach mas $m_{x+1}/m_x, m_{x+2}/m_x, \dots, m_{k-1}/m_x$ "

Podsumowując wyniki tej części: (1) Reakcje chemiczne są zmianami materiałowymi na poziomie substancji chemicznych, zachodzącymi według praw zachowania na poziomie pierwiastków. (2) Reakcje chemiczne można opisać jako złożone relacje procesualne. (3) Dla substancji chemicznych można wprowadzić dwa rodzaje predyktatorów chemicznych opisujących zarówno możliwość wytworzenia, jak i możliwość bycia wytworzonymi.

6. Chemiczny układ odniesień przedmiotowych: tożsamość chemiczna i typy referencji

Wszystkie relacje chemiczne wyprawadzane z reakcji chemicznych tworzą, jak wykazano to w poprzedniej części, złożoną chemiczną sieć powiązań. Sieć ta łączy, bezpośrednio lub pośrednio, wszystkie substancje chemiczne na wiele różnych sposobów. Inaczej niż w fizyce, w chemii ten układ odniesień nie jest fizycznym uniwersum czasoprzestrzennym, lecz siecią chemiczną, którą można uważać za „przestrzeń chemiczną” [Schummer, 1996a]. W fizyce dwa obiekty są fizycznie identyczne wtedy i tylko wtedy, gdy mają te same współrzędne czasoprzestrzenne, a dwa obiekty są identyczne chemicznie wtedy i tylko wtedy, gdy znajdują się w tym samym miejscu w sieci chemicznej, co oznacza, że mają te same właściwości chemiczne³³. Identyczność (tożsamość) chemiczna ignoruje różnice kształtu, wielkości i położenia fizycznego jak również różnice w fizycznym stanie skupienia (gazowy, ciekły, stały)³⁴.

W filozofii języka termin „referencja” (odniesienie przedmiotowe) używany jest czasem w znaczeniu „denotacja”, wskazując rodzaj magicznej relacji między słowami i rzeczami. Niekiedy, jak się wydaje, uważa się, że referencja jest asymetryczną relacją pomiędzy ludźmi i obiektami³⁵ w sensie selektywnego wyboru obiektu przez człowieka, wyboru kierowanego przez pewne reguły selekcji zawarte w języku. W chemii występują trzy typy odniesień: odniesienie wskazane przez (1) etykiety, (2) analizę chemiczną, (3) eksperymentalne reguły wytwarzania.

³³ W przeciwieństwie do bieżącego filozoficznego użycia wyrażenia „identyczny”, dodając zmykłe „fizyczne” lub „chemiczne”, aby wskazać na podstawowy układ odniesień. Poniżej brak absolutnego pojęcia identyczności, zwyczajowe zastosowanie tego terminu w filozofii zdaje się zakładać stanowisko fizykalistyczne.

³⁴ Por. przypis 27.

³⁵ Por. przytoczony przez R. Harrégo [1986, s. 124] cytat z Mary Tille s.: „Ludzie odnoszą terminy denotują”.

A d (1): Wyobraźmy sobie chemika w laboratorium, który do swojego eksperymentu potrzebuje pewnego odczynnika. Jeżeli laboratorium jest dobrze wyposażone, bierze on słoik opatrzony nazwą interesującego go odczynnika. Jest to pospolity przypadek chemicznej referencji; pokazuje on, jak praktycznie działa relacja pomiędzy słowami i obiektami.

A d (2): Nasz chemik otrzymał kawałek pewnego materiału i chce go zidentyfikować pod względem składu chemicznego. Wykorzystując sztukę analizy chemicznej, rozdziela on próbkę na różne substancje chemiczne i przeprowadza wiele eksperymentów, aby umieścić każdą z nich w chemicznym układzie odniesień. Ten przypadek odpowiada teorii filozoficznej, zgodnie z którą referencja jest aktem selekcji lub rozpoznania kierowanym przez konieczne i wystarczające warunki identyfikacji.

A d (3): Założmy, że laboratorium nie jest dobrze wyposażone i naszemu chemikowi brakuje pewnego odczynnika. Aby podkreślić różnicę pomiędzy chemicznym a fizycznym układem odniesień przedmiotowych, wyobraźmy sobie dalej, że ten odczynnik został już wszędzie zużyty i nie ma ani kropli w całym świecie (fizycznym). Podczas gdy poszukiwanie tego odczynnika jest bezcelowe w całej przestrzeni fizycznej, to ma ono sens w przestrzeni chemicznej. Pamiętajmy, że istnieją dwa rodzaje właściwości chemicznych: możliwość wytworzenia i możliwość bycia wytworzonym (część 5.). Pierwszy typ właściwości stosowano do referencji typu 2., przeprowadzając reakcje testujące; typ drugi zostanie zastosowany obecnie. Jeżeli chemik rzeczywiście wie, czego szuka, wie także, jak to wytworzyć. Wychodząc od różnych materiałów, powinien iść (reakcja) krok po kroku (reakcja) w przestrzeni chemicznej, aż dotrze do miejsca, w którym leży interesująca go substancja chemiczna. Najbardziej interesującą właściwością chemicznego układu odniesień jest ta, że dostarcza nam on reguł referencji dla substancji chemicznych, które są laboratoryjnymi reagentami ich wytwarzania. Filozofowie nie dostarczają tego rodzaju referencji eksperymentalnej, która wydaje się typowa dla chemii³⁶.

7. Teoria chemiczna: system znaków wzorów strukturalnych i mechanizmy reakcji

Chemia jest nauką o relacjach dynamicznych. Każde efektywne teoretyczne podejście do chemii winno systematyzować relacje chemiczne poprzez przedstawienie sieci chemicznej. Wiele nadziei pokładano w mechanice kwantowej. Jednakże jej oczywiste sukcesy w wyjaśnianiu właściwości elektromagnetycznych,

³⁶ Wyjątkiem jest Harré, któremu jestem wdzięczny za tę ideę, zarysowaną w: [Schummer, 1996a].

a nawet termodynamicznych przyćmiły fakt, że chemia kwantowa raczej milczy na temat właściwości chemicznych³⁷.

Najbardziej efektywnym ujęciem jest system znaków wzorów strukturalnych i mechanizmów reakcji rozwinięty w chemii organicznej. Obrazuje on w sposób systematyczny sieć chemiczną substancji organicznych, pozwala na przewidywanie nowych substancji chemicznych, a nawet dostarcza reguł laboratoryjnych ich otrzymywania. Chemiczny system znaków rozwijano od lat 60. XIX wieku tylko za pomocą metod chemicznych; jest on metodologicznie niezależny od mechaniki kwantowej i został zupełnie zignorowany przez filozofów nauki i języka, chociaż jest kluczowym instrumentem do produkcji milionów nowych substancji, które mają udział w codziennym życiu filozofów.

Abby zrozumieć ten ważny instrument semiotyczny, konieczne jest zbadanie jego osobliwości semiotycznych [Schummer, 1996b]. Najpierw jednak musimy wyjaśnić szeroko rozpowszechnione nieporozumienie, jakoby wzory strukturalne były reprezentacjami i koniuncjami. Według Peirce'a obraz odnosi się do swego obiektu przez pewne właściwości wspólne. Ponieważ wzory strukturalne i obiekty kwantowo-mechaniczne nie mają żadnych (istotnych) właściwości wspólnych, jedynymi przedmiotami zainteresowania są izolowane cząsteczki klasyczne, złożone z klasycznych atomów w określone strukturalne układy oraz pozbawione dynamiki wewnątrz- i międzycząsteczkowej. Aby skrócić argumentację, pozwólmy sobie na zignorowanie różnorodności stylów piktograficznych w chemii [Hoffmann, Laszlo 1991] i rozważmy wzory strukturalne jako dokładne, dwuwymiarowe portrety cząsteczek klasycznych. Poszukiwaną relację osiąga się dzięki strukturalnym własnościom wzoru odpowiadającym strukturalnym właściwościom cząsteczki. Na tym zapewne polega zwykłe odczytanie wzorów strukturalnych przez filozofów. Jednakże głównym problemem interpretacji obrazów pozostaje to, że znaki „zgubiły” jakąkolwiek informację o właściwościach materialowych. Nie istnieje sposób reprezentowania właściwości materialowych poprzez strukturalne za pomocą obrazów, ponieważ obie

³⁷ Rzeczywiście nie istnieje pojedyncze, *ab initio* rozwiązanie czasowo zależnego równania Schrödingera dla makroskopowego układu reakcyjnego kilku substancji. W kinetyce półklasyczna teoria zderzeń z koncepcją powierzchni energii potencjału daje pewne prymitywne modele bardzo prostych reakcji w fazie gazowej, podczas gdy ich kontakt z mechaniką kwantową jest trudny do rozpoznanania. Teoria Eyringa dostarcza pewnych reguł praktycznych dla szybkości reakcji, jeżeli mechanizm reakcji jest znany z innych źródeł, lecz błędnie interpretuje kinetykę w kategoriach termodynamiki równowagowej, którą rekonstruuje się w kategoriach na współklasycznej mechaniki statystycznej. Na pierwszy rzut oka dysocjacja termiczna i fotodysocjacja izolowanych substancji wydają się świetnymi przykładami do rozpatrywania przez mechanikę kwantową. Jednakże obliczeniści dysocjacji w pewnych warunkach temperatury lub promieniowania rzeczywiście nie są właściwościami chemicznymi, lecz termicznymi lub elektromagnetycznymi, zgodnie z naszą listą właściwości materialowych. Jedyni godni uwagi sukcesy osiągnięto dzięki modelowi MO (orbitali molekularnych) z przybliżeniami teorii zaburzeń i regułami wyboru symetrii orbitali: modelowi oddziaływań HOMO-LUMO. Ponieważ w tym modelu konieczne jest korzystanie z wielu założeń, jego zastosowanie jest ograniczone do wybranych przypadków i traktowane w sposób mniej lub bardziej przybliżony. Więcej szczegółów zawiera artykuł Schummera [1995a].

klasy właściwości należą do typów różnych logicznie: zewnętrznych i dynamicznych z jednej, wewnętrznych i statycznych z drugiej strony. Nie byłoby w ogóle powodu konstruowania złożonego chemicznego języka znaków, gdyby nie zawierał on żadnej informacji o materii, a o właściwościach chemicznych w szczególności. Ale system znaków je zawiera, niemniej na poziomie o wiele bardziej zaawansowanym, umożliwiając chemikom uzyskanie mnożstwa informacji chemicznych ze wzoru strukturalnego, którego nigdy przedtem nie widzieli.

Byłoby sprawą zbyt złożoną zatrzymywanie się tutaj na systemie znaków chemicznych; uczynię tylko kilka ogólnych uwag na temat strategii semiotycznej reprezentowania relacji dynamicznych (czyli właściwości chemicznych) poprzez statyczne znaczenia wzorów strukturalnych³⁸. Dany zestaw znaków i zestaw reguł semiotycznych dla dopuszczalnych zmian (transformacji, połączeń, separacji, wymiany etc.) znaków można zdefiniować jako semiotyczną właściwośći osi znaczenia, które mają taką samą strukturę logiczną, jak właściwości chemiczne (tzn. dynamiczną i relacyjną). Zgodnie z tymi regułami, znaki można scharakteryzować poprzez dopuszczalne semiotyczne możliwości zmian, a nie poprzez właściwości strukturalne; przez przejście od statycznego do dynamicznego punktu widzenia. Podobnie jak to miało miejsce w przypadku właściwości chemicznych (część 5) można odróżnić właściwość znaku polegającą na możliwości utworzenia nowych znaków od możliwości bycia tworzonym przez różne znaki. Aby skonstruować język znaków idealny do celów chemicznych, trzeba przenieść chemiczne relacje między substancjami chemicznymi na relacje semiotyczne między wzorami strukturalnymi w taki sposób, aby każda substancja chemiczna odpowiadała jednoznacznie jednemu wzorowi strukturalnemu, a każda reguła laboratoryjna dotycząca eksperymentów chemicznych odpowiadała jednoznacznie regule semiotycznej dla wzoru strukturalnego. Zadaniem semiotycznego chemii jest, innymi słowy, odzwierciedlenie sieci chemicznej poprzez system znaków, który można byłoby określić jako „superkonę” w terminologii Peirce'a.

W chemii reguły semiotyczne nazywane są „mechanizmami reakcji”. Liczba mechanizmów reakcji ciągle rośnie z powodu rozważania: (1) nowych substancji chemicznych, (2) różnic między substancjami a klasą substancji, (3) różnic między warunkami eksperymentalnymi. Ograniczenia wyszukanych chemicznych systemów znaków są natury pragmatycznej; tj. reguły semiotyczne muszą być ogólne. Jeżeli modyfikacje zgodne z (2) i (3) są doprowadzone do skrajności, tak że każda reguła daje się zastosować tylko do pojedynczego eksperymentu, wtedy reguły tracą swój ogólny charakter. Aby zapewnić ich ogólną stosowność, konieczne jest usystematyzowanie elementów semiotycznych, zgodnie z systematyzacją właściwości chemicznych i operacji eksperymentalnych, oraz modyfikacja rozważanych reguł. Gdyby języki obrazkowe stały się wyszukane dzięki wypracowaniu szczegółów piktograficznych każdego znaku, byłoby to dla chemicznego systemu znaków zabójcze.

³⁸ Więcej szczegółów zawiera prace Schummera [1996a, część 6.] oraz [1996b].

Kto nie jest mistrzem mechanizmów reakcji, może mylnie interpretować wzory strukturalne jako obrazy i może wyprowadzić błędne wnioski filozoficzne. Wpływ XVII-wiecznej mechanistycznej filozofii z jej preferencją dla jakości pierwotnych jest ciągle obecny w „piktograficznym paradygmacie cząsteczkowym” [Luisi/Thomas, 1990]. Wydaje się, że rozwój technik fizykalnych stosowanych w badaniach strukturalnych w wieku XX, takich jak metody rentgenowskie i spektroskopowe, udziela nam nowego wsparcia. Jednakże łatwo można zapomnieć (traktując zbiory danych o strukturze fizykalnej jako „wizualny” dowód struktury atomowej), jaki właściwie rodzaj informacji dzięki nim otrzymujemy. W przeciwnym razie ceną za metafizyczny ideał dokładnych piktogramów strukturalnych może być zupełny brak informacji chemicznej. Jak długo bowiem informacje te nie zostaną zintegrowane w chemiczny system znaków za pomocą reguł semiotycznych, tak długo struktura dostarczana przez technikę rentgenowską nie ma znaczenia chemicznego. A dopóki natura do nas nie przemówi, dopóty nie będzie istniał aparat, który automatycznie dostarczy reguł semiotycznych.

8. Rodzaje przewidywań

W chemii występują przynajmniej cztery rodzaje predykcji. Wyróżniamy przewidywania właściwości za pomocą: (1) techniki próbek, (2) systemu klasyfikacji, (3) analogii, (4) przewidywania nowych bytów za pomocą klasyfikacji. Podczas gdy sposób (1) jest zagwarantowany *a priori*, to sposoby przewidywania (2) – (4) operują się zarówno na podstawach empirycznych, jak na teoretycznych.

A d (1): Weź próbkę kawałka materiału jednorodnego i badaj pewną właściwość materiałową. Możesz wtedy przewidzieć tę samą właściwość dla każdej innej próbki tego kawałka, jeżeli postępujesz zgodnie z regulami techniki próbek. Jest to trywialny przykład predykcji, ale o wielkim znaczeniu metodologicznym. Jest to rzeczywistość osoblliwość nauki o materiałach, ponieważ jest zagwarantowana przez operacyjną definicję czystej substancji (por. część 4.)³⁹.

A d (2): Jeżeli kawałek materiału został zidentyfikowany jako należący do pewnej substancji chemicznej, można przewidzieć wszystkie właściwości odpowiadające tej substancji. Ten typ przewidywania powoduje, że identyfikacja działa poprzez badanie ograniczonej liczby właściwości, co rzeczywistość zachodzi w przypadku chemii. (Pamiętajmy, że liczba właściwości chemicznych może rosnąć *ad libitum*; z tego powodu zupełne badanie chemiczne byłoby niewyko-

nalnym przedsięwzięciem). Lecz jakie właściwości powinniśmy przyjąć jako identyfikujące? Mamy alternatywy:

(a) Rozważcie całkiem dowolną serię właściwości, dopóki nie wykluczyście wszystkich innych dobrze znanych substancji chemicznych. Następnie możecie przewidzieć jakakolwiek inną specyficzną właściwość odpowiadającą określonej substancji chemicznej. Ten typ przewidywania opiera się na empirycznym systemie klasyfikacji.

(b) Jeżeli system znaków wzorów strukturalnych oraz mechanizm reakcji jest opracowany, w tym sensie, że reprezentuje sieć chemiczną, wtedy wyznaczenie wzoru strukturalnego jest tożsame z jego lokalizacją w sieci chemicznej. W przeciwieństwie do typu (2a), wybór właściwości identyfikujących nie jest teraz zupełnie dowolny, lecz kierowany przez teoretyczny system znaków, zwany typ przewidywania opiera się na teorii.

Oba typy przewidywania są specyficzne dla chemii, dlatego że, w przeciwieństwie do innych nauk klasyfikacyjnych, nie istnieje w niej skończony, ogólny katalog właściwości, który pełniłby rolę koniecznego i wystarczającego warunku identyfikacji.

A d (3): Klasyfikacja chemiczna wyodrębni klasy substancji chemicznych ze względu na podobne właściwości chemiczne. Jeżeli odkrywamy pewne nowe właściwości przysługujące pewnym egzemplarzom danej klasy, to można przewidywać podobne właściwości u innych egzemplarzy tej samej klasy. Jest to znany typ przewidywania przez analogię. Rozumowanie przez analogię możliwe jest zarówno na poziomie właściwości empirycznych, jak na poziomie wzorów strukturalnych. Rozumowanie przez analogię na poziomie wzorów strukturalnych, czyli poszukiwanie podobieństw strukturalnych wydaje się trudne, lecz jest jednym z najpotężniejszych heurystycznych narzędzi w chemii.

A d (4): Systemy klasyfikacyjne w ścisłym sensie wykraczają poza dziedzinę empiryczną o tyle, o ile dostarczają kryteriów dla wciąż brakujących, lecz możliwych obiektów klasyfikacji zgodnie z daną systematyką. Dobre w chemii znany przykładem są nowe pierwiastki chemiczne przewidziane na podstawie układu okresowego. Lekceważonym, ale bardziej pouczającym przykładem jest przewidywanie nowych substancji chemicznych danej klasy przez analogię, na przykład przewidywanie homologów we wczesnej chemii organicznej: A i B są klasami substancji chemicznych odpowiednio $\{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_j, \dots, a_k\}$ oraz $\{b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_k\}$ w drzewie reakcji chemicznej między r i a_i ($1 \leq i \leq j$). Możemy wówczas przewidywać wyprodukowanie nieznanych dotychczas substancji chemicznych b_{j+1}, \dots, b_k z klasy B w reakcjach chemicznych pomiędzy r i a_{j+1}, \dots, a_k .

Ten typ przewidywania opiera się na podstawach teoretycznych dzięki systemowi wzorów strukturalnych i mechanizmów reakcji. Ze względu na przewidywanie nowych obiektów chemiczny system znaków okazuje się najbardziej potężną teorią praktyczną w całej nauce, aczkolwiek całkowicie zignorowaną

³⁹ Zauważamy, że zwykły typ predykcji (wywodzący $F(x)$ dla dowolnego t ze skończonego zbioru wartości $F(t)$ dla t_1, t_2, \dots) nie odnosi się ogólnie do właściwości materiałowych, gdyż każdy pojedynczy test może spowodować zmiany materiałów. Podczas gdy filozofowie nauki dyskutowali zmiany eksperymentalne jako *nominalis* (zw. „pomiaru kwantowo-mechanicznego”, stanowiąca one w rzeczywistości zwykły przypadek w eksperymentach chemicznych (por. [Schummer, 1994]).

przez filozofów nauki. Dzięki zastosowaniu reguł semiotyecznych do dobrze znanych wzorów chemicznych chemicy w ciągu ostatnich 100 lat wykreowali miliony nowych wzorów strukturalnych. Przewidywania tego typu dotyczą istnienia nowych substancji chemicznych oraz pewnych (identyfikujących) właściwości na równi z właściwościami chemicznymi, które dają informację o ich eksperymentalnym wytworzeniu. Aby sprawdzić trafność przewidywań, należy po prostu przełożyć reguły semiotyeczne na reguły laboratoryjne.

W filozofii nauki przedmioty postulowane przez teorię nazywane są przedmiotami teoretycznymi. Z tego powodu nowe substancje chemiczne przewidziane przez teorię chemiczną są przedmiotami teoretycznymi. Każdy, kto uważa, że przedmioty teoretyczne istnieją w ten sam sposób jak przedmioty empiryczne, nazywany jest realistą naukowym ze względu na przedmioty teoretyczne. W porównaniu z fizykami wysokich energii chemicy zdają się mieć o wiele lepsze racje, aby być realistami naukowymi.

9. Charakter poietyczny i trafność technologiczna

Jako nauka klasyfikacyjna posługująca się metodą eksperymentalną, chemia posiada nieodłączny poietyczny charakter i znaczenie technologiczne [por. Schummer, 1995d/1996d]. Charakter poietyczny został już potwierdzony opisem dwóch typów właściwości chemicznych: możliwości wytworzenia i możliwością bycia wytworzonym. Na bardziej eksperymentalnym poziomie w chemii ujawnia się dążenie do pomiarzenia liczby jej obiektów, gdyż każdy eksperyment chemiczny daje możliwość wygenerowania nowych substancji chemicznych, które posłużą do dalszych eksperymentów itd. Za pomocą systemu znaków chemicznych proliferację substancji chemicznych można kontrolować teoretycznie. Liczba substancji chemicznych przekroczyła w roku 1995 16 milionów, a obecnie wytwarza się rocznie około 1 miliona (!) nowych substancji. Nie ma innej nauki przyrodniczej, która dysponowałaby podobną mocą wytwórczą dotyczącą jej własnych obiektów klasyfikacji [Schummer, 1997a/b].

Z czysto epistemicznego punktu widzenia pomiarzenie liczby substancji chemicznych odczytywać można jako rozszerzanie empirycznej treści teorii chemicznej. Chemia jako nauka dotycząca dziedziny możliwości substancji chemicznych próbuje dać podstawy teoretyczne odpowiedzi na pytanie: Które z substancji chemicznych są możliwe empirycznie, czyli realizowalne eksperymentalnie, i w jaki sposób można je otrzymywać [Schummer, 1996a]. Przewidywania są dokonywane i testowane za pomocą wytworzenia eksperymentalnego. Inaczej niż w falsyfikacjonizmie, nie ma tutaj potrzeby podawania teorii chemicznej, nawet jeżeli rezultat eksperymentu nie został przewidziany, gdyż nie ma w chemii prostej i uniwersalnej teorii. Modyfikowany jest natomiast złożony system znaków, uzupełniany i doskonalony krok po kroku

przez staranne badanie nieoczekiwanych produktów. Procedura wyczerpującego oczyszczania zmierza do przedstawienia całej sieci możliwych substancji chemicznych na poziomie teoretycznym. Gdyby perfekcyjne przedstawienie sieci chemicznej było celem chemii, wtedy olbrzymia produkcja substancji chemicznych byłaby rezultatem wyczerpującej wszystkie możliwości metody.

Oparty na epistemologicznych osobliwościach chemii zupełnie unikatowy związek pomiędzy wiedzą akademicką a przemysłem rozpoczął się wraz z powstaniem chemii organicznej produktów naturalnych około 100 lat temu. Podczas gdy przemysł chemiczny poszukiwał produktów naturalnych, które mogłyby służyć jako leki, barwniki, środki owadobójcze itd., chemia akademicka podjęła wyzwanie przeanalizowania ich metodami chemicznymi. Usiłowania chemików aby wyznaczyć wzory strukturalne dla celów identyfikacji chemicznej, zawsze dostarczały laboratoryjnych reguł wytworzenia produktów naturalnych [por. część 6]. Dopóty, dopóki produkcja syntetyczna była tańsza niż izolowanie ze źródeł naturalnych, wiedza akademicka miała bezpośredni udział w wytwórczości przemysłowej, mimo że sami uczeni mogli uważać swoją wiedzę za czysto czy nawet platonską.

Obecna moc przewidywczą metod chemicznych dopuszcza produkcję nowych materiałów o wymaganych właściwościach w wielu dziedzinach zastosowań. Niezbędnym warunkiem zastosowań technicznych jest wzbogacenie systemu klasyfikacyjnego substancji chemicznych o odpowiednie właściwości tall na poziomie teoretycznym, jak i empirycznym. W dziedzinie zastosowań farmaceutycznych systematyczne badania właściwości biologicznych są wciąż w fazie początkowej. Pewne sukcesy odniesiono w (bio)chemii białek, gdzie korelacje pomiędzy strukturą cząsteczkową a właściwościami bioorganicznymi doprowadziły do pewnych (bio)chemicznych teorii właściwości biologicznych. Stanow to podstawię tzw. „modelowania cząsteczkowego”: produkcji nowych białek o wymaganych właściwościach biologicznych. Jeżeli zaś metody określonej manipulacji genami należą do chemii, wówczas chemia wzbogaca się nawet o nowy poziom aktywności wytwórczej, zgodnie z powszechnym rozróżnieniem jakie filozofia techniki wprowadza pomiędzy zastosowanie instrumentów a ich produkcję. Techniki genową można rozpatrywać jako chemiczną produkcję instrumentów biologicznych służących do wytworzenia substancji chemicznych o pożądanym właściwościach biologicznych.

Te krótkie uwagi winny zilustrować tezę, że w odniesieniu do chemii nie jest łatwo zarysować granicę pomiędzy nauką przyrodniczą a technologią, lub między nauką czystą a stosowaną [Schummer, 1997]. Aktywność poietyczna nie zakłada produkcji technicznej, podczas gdy wiedza poietyczna uzyskana z zastosowania czysto epistemicznych może ściśle odpowiadać wiedzy poietycznej zastosowanej do celów technicznych. Jeżeli jednak systematyczne badanie koncentruje się na właściwościach technicznych użytecznych, okazuje się, że między nauką przyrodniczą a technologią istnieje mała różnica.

10. Wnioski

Zarysowałem pewne osobliwości epistemologiczne, metodologiczne i ontologiczne chemii jako nauki klasyfikacyjnej postępującej się metodami eksperymentalnymi. Z chemicznego punktu widzenia musimy abstrahować od klasycznych jakości pierwotnych (właściwości ekstensywnych lub przestrzennych, takich jak współrzędne, wielkość, struktura, liczba) i skoncentrować się na zależnościach od warunków właściwościach dynamicznych, a w tym substancjalnej zdolności do przemian. Zdolność do przemian ze względu na pewne warunki i procedury eksperymentalne ma najważniejsze znaczenie dla celów klasyfikacji, i to w dwóch wymiarach: hierarchicznego uporządkowania materii oraz sieci relacji pomiędzy substancjami chemicznymi. W przeciwieństwie do fizyki, ta druga sieć relacji działa jako chemiczny układ odniesień lub przestrzeń chemiczna. Dostarcza ona kryteriów dla określenia tożsamości chemicznej i reguł referencji w sensie eksperymentalnym, a dla wiedzy chemicznej o bytach materialnych implikuje wiedzę o ich produkcji. Ta jedyna teoria, która obrazuje sieć chemiczną przez reprezentowanie relacji chemicznych jest systemem semiotycznym wzorów strukturalnych i mechanizmów reakcji, doskonalonym od ponad stu lat. Jest ona nie-fizykalistyczna i nie musi nawet być interpretowana jako mikro-redukcjonistyczna, ale jest zdolna do systematyzowania wiedzy eksperymentalnej o reakcjach chemicznych i jest wysoce predyktywna. Wyróżniłbym różne typy odniesień przedmiotowych i różne typy przewidywań, z których większość stanowi osobliwość chemii. Kierowane teorią metody przewidywania nowych obiektów wraz z eksperymentalnymi metodami referencji czynią z chemii naukę klasyfikacyjną, która obecnie wytwarza rocznie około miliona nowych obiektów klasyfikacji. Ta wytwórcza działalność stanowi wyzwanie dla powszechnie przyjętego rozróżnienia pomiędzy nauką przyrodniczą a technologią.

Inaczej niż fizyka, zainteresowana kilkoma wewnętrznymi wielkościami i fundamentalnymi teoriami, chemia zainteresowana jest różnorodnością zależności od warunków właściwości dynamicznych, ze szczególnym uwzględnieniem substancjalnej możliwości przemian w celu doskonalenia klasyfikacji jej różnorodnych obiektów. Inaczej niż biologia lub geologia, których klasyfikacje opierają się na fenomenalistycznych podobieństwach lub pierwotnych pokrewieństwach, klasyfikacja chemiczna opiera się na dynamicznych relacjach przeprowadzanych eksperymentalnie. Inaczej znowu niż w technologii, wytwórcza aktywność chemii może (ale nie musi) być kierowana dążeniem do zupełności klasyfikacyjnej opartej na założeniach teoretycznych. Ponieważ trudno zdecydować, czy chemia bardziej przypomina fizykę, biologię czy technologię, proponuję traktować ją jako naukę odrębnego typu.

Literatura

- Akeroyd F. M., 1986, *A Challenge to the Followers of Lakatos*, "The British Journal for the Philosophy of Science" 37, ss. 359 - 362.
- Aristotle, 1992, *On coming-to-be and passing-away*, ed. and comm. by H.H. Joachim, Oxford.
- Bachelard G., 1973, *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*, II wyd., Paris (I wyd. 1932).
- Böhm W., 1961, *Die Naturwissenschaften und ihre Philosophie. Geistesgeschichte der Chemie*, Herder, Wien.
- Bunge M., 1982, *Is Chemistry a Branch of Physics?*, "Journal for General Philosophy of Science" 13, ss. 209-223.
- Caldin E. F., 1960, *Theories and the Development of Chemistry*, "The British Journal for the Philosophy of Science" 10, ss. 209 - 222.
- Caldin E. F., 1961, *The Structure of Chemistry in Relation to the Philosophy of Science*, Sheed and Ward, New York.
- Carnap R., 1953, *Testability and Meaning*, w: *Readings in the Philosophy of Science*, H. Feigl, M. Brodbeck (eds.), New York, ss. 47-92.
- Chemie und Geisteswissenschaften. Versuch einen Annäherung*, Mittelstraß J., Stock G. (eds.) 1992, Akademie Verlag, Berlin.
- Del Re G., 1987, *The historical Perspective and the Specificity of Chemistry*, "Epistemologia" 10, ss. 231 - 240.
- Del Re G., Villani G., Severino P., 1986, *On the Specificity of Chemical Explanation*, "Atti del Congresso Logica e Filosofia della Scienza", gruzdzen 1983, wol. II, Bologna, ss. 263-266.
- Dittus S., Mayer M., 1992, *Bibliographie Chemie und Geisteswissenschaften*, w: *Mittelstraß/Stock 1992*, ss. 217-333.
- Donovan A. (ed.), 1988, *The Chemical Revolution. Essays in Reinterpretation*, Philadelphia (Osiris, S.N., 4, (1988).
- Hacking I., 1983, *Representing and Intervening*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Harré R., 1986, *Varieties of Realism. A Rationale for the Natural Sciences*, Blackwell, Oxford.
- Hoffmann R., Laszlo P., 1991, *Representation in Chemistry*, "Angewandte Chemie", Int. Ed. Engl. 30, ss. 1-16.
- Janich P., 1994a, *Protophémie. Programm einer konstruktiven Chemiebegründung*, "Journal for General Philosophy of Science" 22, ss. 71-87.
- Laitko H., Sprung W.-D., 1970, *Chemie und Weltanschauung. Standpunkte der marxistischen Philosophie zu einigen philosophischen Problemen der modernen Chemie*, Urania, Leipzig - Jena - Berlin.
- Le Grand H. E., 1976/77, *Genius und the Dogmatization of Error: The Failure of C. L. Berthollet's Attack upon Lavoisier's Acid Theory*, "Organon" 12/13, ss. 193-209.
- Lévy M., 1979, *Les relations entre chimie et physique et le problème de la réduction*, "Epistemologia", 2, ss. 337-370.

- Liegener C., De l'Re G., 1987a, *Chemistry vs Physics: the Reduction Myth and the Unity of Science*, „Journal for General Philosophy of Science“ 18, ss. 165-174.
- Liegener C., Del Re G., 1987b, *The Relation of Chemistry to other Fields of Science: Atomism, Reductionism and Inversion of Reduction*, „Epistemologia“ 10, ss. 269-284.
- Luisi P.-L., Thomas R. M., 1990, *The Pictographic Molecular Paradigm*, „Naturwissenschaften“ 77, ss. 67-74.
- McMullin E., 1978, *The Concept of Matter in Transition*, w: *The Concept of Matter in Modern Philosophy*, McMullin E. (ed.), University of Notre Dame Press, Notre-Dame London, ss. 1-55.
- Mustrave A., 1976, *Why did Oxygen Supplant Phlogiston? Research Programmes in the Chemical Revolutions*, w: *Method and Appraisal in the Physical Sciences. The Critical Background to Modern Science, 1800-1905*, C. Howson (ed.), Cambridge U.P., Cambridge, ss. 181-209.
- Nye M. J., 1993, *Molecular Reality. A Perspective on the Scientific Work of Jean Perrin*, London - New York.
- Nye M. J., 1993, *From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry. Dynamics of Matter and Dynamics of Disciplines 1800-1950*, University of California Press, Berkeley - Los Angeles - London.
- Ostwald W., 1904, *Elements and Compounds*, „Journal of the Chemical Society“ 85, ss. 506-522.
- Ostwald W., 1907, *Prinzipien der Chemie. Eine Einleitung in alle chemischen Lehrbücher*, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- Ostwald W., 1909, *Grundriss der allgemeinen Chemie*, 4th edn., Engelmann, Leipzig.
- Philosophie der Chemie. Bestandsaufnahme und Ausblick*, Psarros N., Ruthenberg K., Schummer J. (eds.), 1996, Königshausen & Neumann, Würzburg.
- Philosophische Perspektiven der Chemie*, Janich P. (ed.), 1994b, BI, Mannheim.
- Polanyi M., 1958, *Personal Knowledge*, University of Chicago Press, Chicago.
- Popper K. R., 1959, *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson, London.
- Primas H., 1982, *Chemistry and Complementarity*, „Chimica“, 36, ss. 29-300.
- Primas H., 1985, *Kann Chemie auf Physik reduziert werden?*, „Chemie in unserer Zeit“, 19, ss. 109-119, 160-166.
- Scerri E. R., 1991, *The Electronic Configuration Model, Quantum Mechanics and Reduction*, „The British Journal for the Philosophy of Science“ 42, ss. 309-325.
- Schummer J., 1995a, *Die Rolle des Experiment in der Chemie*, w: P. Janich, 1994b, ss. 27-51.
- Schummer J., 1995a, *Problem of Physikalistic Reduction: The Chemical Core of Chemistry*, International Workshop on „Chemistry and Reduction“, 15-17 czerwca 1995, Konstanz (distributed manuscript, submitted).
- Schummer J., 1995b, *Die philosophische Entstofflichung der Welt*, „Chimica Didactica“ 21, ss. 5-19.
- Schummer J., 1995c, *Zwischen Wissenschaftstheorie und Didaktik der Chemie: Die Genese von Stoffbegriffen*, „Chimica Didactica“ 21(2), ss. 85-110.
- Schummer J., 1995 d, *Ist die Chemie eine schöne Kunst? Ein Beitrag zum Verhältnis von Kunst und Wissenschaft*, „Zeitschrift für Ästhetik und Allgemeine Kunstwissenschaft“, 40, ss. 145-178.

- Schummer J., 1996a, *Realismus und Chemie. Philosophische Untersuchungen der Wissenschaft von den Stoffen*, Königshausen & Neumann, Würzburg.
- Schummer J., 1996b, *Zur Semiotik der chemischen Zeichensprache: Die Repräsentation dynamischer Verhältnisse mit statischen Mitteln*, in: Janich/Psarros 1996, ss. 113 - 126.
- Schummer J., 1996c, *Philosophie der Stoffe. Bestandsaufnahme und Ausblick. Von der Entstofflichung der Welt zur ökologischen Relevanz einer Philosophie der Chemie*, w: Psarros in., 1996, ss. 143-164.
- Schummer J., 1996d, *Die stoffliche Weltveränderung der Chemie: Philosophische Herausforderungen*, w: *Cognition humana - Dynamik des Wissens und der Werte. XVII Deutscher Kongress für Philosophie*, Leipzig 1996, C. Habig, H. Poser (eds.), Workshop - Beiträge, Leipzig, wol. I, ss. 429-436.
- Schummer J., 1996e, *Bibliographie chemiephilosophischer Literatur der DDR*, „Hyle“ 2, ss. 3-11.
- Schummer J., 1997a, *Scientometric Studies on Chemistry I: The Exponential Growth of Chemical Substances 1800-1995*, „Scientometrics“ 39, ss. 107-123.
- Schummer J., 1997b, *Scientometrics Studies on Chemistry II: Aims and Methods of Producing new Chemical Substances*, „Scientometrics“ 39, ss. 125-140.
- Schummer J., 1997c, *Physical Chemistry: Neither Fish nor Fowl? w: The Autonomy of Chemistry*, P. Janich, N. Psarros (eds.), Königshausen & Neumann, Würzburg (in press).
- Schummer J., 1997d, *Challenging Standard Distinction between Science and Technology: The Case of Preparative Chemistry*, „Hyle“ 3 (in press).
- Simon R., Niedersen U., Kertscher G., 1982, *Philosophische Probleme der Chemie*, VEB, Berlin.
- Die Sprache der Chemie*, Janich P., Psarros N. (eds.), 1996, Königshausen & Neumann, Würzburg.
- Ströcker E., 1967, *Denkwege der Chemie*, Alber, Freiburg - München.
- Ströcker E., 1968, *Zur Systemproblematik der Chemie*, w: *System und Klassifikation in Wissenschaft und Dokumentation*, A. Diemer (ed.), Melsheim, ss. 79-95.
- Ströcker E., 1982, *Theorie und Wandel in der Wissenschaftsgeschichte. Chemie im 18. Jahrhundert*, Klostermann, Frankfurt/M.
- Theobald D. W., 1976, *Some Considerations on the Philosophy of Chemistry*, „Chemical Society Reviews“, 5, ss. 203-213.
- Timmermans J., 1963, *The Concept of Species in Chemistry*, II wyd., Chemical Publishing, New York.
- van Brakel J., 1986, *The Chemistry of Substances and the Philosophy of Mass Terms*, „Synthese“ 69, ss. 291-324.
- van Brakel J., 1993, *On the Neglect of the Philosophy of Chemistry*, w: Psarros in., 1996, ss. 13-26.
- van Brakel J., Vermeeren H., 1981, *On the Philosophy of Chemistry*, „Philosophy Research Archives“ 7, ss. 501-552.
- Wald F., 1899, *Was ist ein chemisches Individuum?*, „Zeitschrift für physikalische Chemie“, 28, ss. 13-16.
- Weininger S. J., 1984, *The Molecular Structure Conundrum. Can Classical Chemistry be Reduced to Quantum Chemistry?*, „Journal of Chemical Education“ 61, ss. 939-944.

Weyer J., 1974, *Chemiegeschichtsschreibung von Wiegand (1790) bis Partridge (1970)*, Gebrüder Borntraeger, Hildesheim.

Woolley R. G., 1978, *Must a Molecule Have a Shape?*, „Journal of the American Chemical Society”, 100, ss. 1073-1078.

Dane oryginalne: J. Schummer, 1997, Towards a Philosophy of Chemistry, „Journal of General Philosophy of Science”, 28, ss. 307-336. Tłumaczenie za zgodą Autora oraz Wydawcy.

Tłumaczyli: Danuta Sobczyńska i Paweł Zeidler