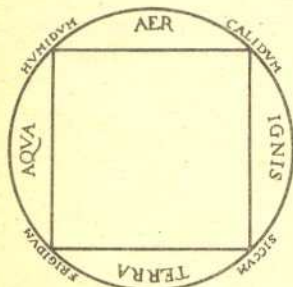


# Robert Boyle i XVII-wieczny przełom w pojmowaniu pierwiastka chemicznego

Doc. dr Roman MIERZECKI

Robert Boyle, potomek arystokratycznej rodziny irlandzkiej urodził się w 1627 roku. Po studiach w Eton i w Genewie oraz wielu podróżach zagranicznych osiedlił się w 1654 roku w Oksfordzie i zajął się badaniami z zakresu fizyki i chemii. W tym okresie był jednym z założycieli tzw. Niewidzialnego Kolegium, które zbierało się w Londynie w Gresham College. W roku 1662 zostało ono przemianowane na Królewskie Towarzystwo Popierania Nauk Przyrodniczych i znane jest dzisiaj pod skróconą nazwą Royal Society. Boyle pełnił przez pewien czas funkcję jego prezesa. Od roku 1668 Boyle pracował w Londynie, gdzie zmarł w 1691 roku. Wszystkie badania finansował on z własnych funduszy.



Przez dwa tysiące lat, do początków XVII wieku panowały w nauce pojęcia i zasady sformułowane przez starożytnych Greków. Przez cały ten czas znajdowano w różnych dziedzinach nauki i życia przykłady, które je ilustrowały, a więc, jak uważano, potwierdzały. Ugruntowywało to autorytet greckiego filozofa, Arystotelesa, który zebrał głoszone za jego czasów poglądy dotyczące wszystkich dziedzin nauki i życia. Piętnasty wiek przyniósł pierwsze próby krytycznej analizy tych poglądów, a w następnych wiekach coraz powszechniej zdawano sobie sprawę z konieczności oparcia się na nowych obserwacjach i doświadczeniach.

Taka właśnie sytuacja zaistniała w nauce w XVII wieku. W fizyce jako jeden z pierwszych dostrzegł konieczność zmian Galileusz działający w pierwszych dziesięcioleciach tego wieku, w chemii zaś działający pół wieku później Robert Boyle.

Jednym z podstawowych zagadnień, które absorbowały umysły greckich fizyków (greckie słowo „fizika” i jego łaciński odpowiednik — „*natura*” oznacza w języku polskim przyrodę) było zagadnienie istoty materii i jej przemian. Myśliciele żyjący na wyspie Elei wierzyli, że istnieje niezmienna podstawowa materia. Fizycy działający na wyspach Jońskich obserwowali natomiast przemiany jednych substancji w drugie i szukali praw rządzących tymi przemianami. Opierając się na poglądach tych uczonych Arystoteles twierdził, że substancje składają się z czterech podstawowych pierwiastków: ziemi, wody, powietrza i ognia, lecz zawierają je w różnych proporcjach. Każdy z tych pierwiastków jest nośnikiem innej pary podstawowych właściwości, a więc każdy z nich jest albo suchy albo wilgotny oraz albo ciepły albo zimny. Właściwości każdej substancji są sumą właściwości jej składników. Zatem, zdaniem Arystotelesa zmianę właściwości danej substancji można uzyskać przez domieszanie doń substancji zawierających podstawowe pierwiastki w innych proporcjach.

Trzy pierwsze pierwiastki Arystotelesa możemy dziś utożsamiać z trzema stanami skupienia, czwarty — ogień ma pewne cechy wspólne z pojęciem energii, które pojawiło się dużo później. Arystoteles przypisywał ogniewi nie tylko właściwości pierwiastka. Uważał on, że pod działaniem ognia łączą się części substancji podobne do siebie, a rozdzielają się części różniące się między sobą. Ślad tego rozumowania pozostał do dziś w potocznym określeniu — „ogień oczyszczający”.

Poszukując nowych materiałów chemicy średniowieczni rozwijali metody rozdzielania i łączenia substancji. Przez „łączenie” rozumiano również mieszanie. Różnicę między związkiem chemicznym a mieszaniną zaczęto rozumieć dopiero na początku XIX wieku. Od greckich słów *spao* (rozrywam) i *ageiro* (łączę na nowo) chemię zwano wówczas nauką spagiryzną. Arabscy spagiryści wprowadzili do chemii, którą nazywali alchemią, trzy nowe pierwiastki, nośniki trzech innych właściwości. Za nośnik metaliczności uznali oni rtęć, za nośnik palności — siarkę, za nośnik rozpuszczalności zaś — sól. Ich zdaniem złoto składało się z czystej rtęci i czystej żółtej siarki połączonych pod wpływem Słońca. Inne metale zawierały te same dwie substancje oraz zanieczyszczenia połączone pod wpływem różnych planet. Przez operacje chemiczne wykonywane w odpowiednim czasie można było zatem uszlachetniać metale aż do otrzymania czystego złota. Alchemicy arabscy, a potem i alchemicy europejscy wierzyli, że takiej przemiany dokonać można także za pomocą Kamienia Mędrców czyli Kamienia Filozoficznego. Kamień ten miał również posiadać właściwość leczenia wszystkich chorób. Alchemicy pisali swoje teksty często językiem symbolicznym, praktycznie niezrozumiałym dla niewtajemniczonych.

Wielkim osiągnięciem nauki spagiryznej było odkrycie wielu nowych substancji takich jak antymon, bizmut, a przede wszystkim kwasów (solnego, siarkowego i azotowego) oraz alkaliów. Odkrycia te zachwiały sposobami rozumowania przekazywanymi od czasów starożytnych. Wydawać się może paradoksem, że właśnie w XVII wieku, w wieku, w którym wydano największą liczbę pism alchemicznych, przejawiało się to najsilniej. Najwybitniejszym wyrazicielem nowych idei był Robert Boyle.

Jedną z fundamentalnych prac Roberta Boyle'a jest jego książka „*Sceptical Chemist*” („Wątpiący chemik”), wydana po raz pierwszy w języku angielskim w 1661 roku, a wkrótce potem przetłumaczona na łacinę i kilka języków europejskich. Rozprawa ta, złożona z sześciu części napisana jest w formie dysputy czterech osób: Carneadesa, wyrażającego poglądy autora, Temistiusa — perypatetyka, Filoponusa, przedstawiciela spagiryków,

CHYMISTA SCEPTICVS  
VEL  
DVBIA ET PARADOXA  
CHYMICO-PHYSICA.

GRÆSTADYRICORVM Principio, vulgo della Hypostatica.

Primo præparatæ præparatæ filis et Tæbe

ALCHYMISTARVM

Quæ Pars præmittitur

Al. et in cuiusdam Differentiationis ad idem Argumentum spectans.

Ab Honoratissimo

ROBERTO BOYLE

NOBILI ANGLÆ, & SOCIETATE REGIA.



COLONIE ALLOBROGVM.  
Apud SAMVELEM DE TOVRNES.

M. DC. LXXVII.



Rozwiązanie zadania M 270. Przypuśćmy, że do gołębnika w  $A$  przyleciały gołębie z  $A_1, \dots, A_k$ . Załóżmy przy tym, że trójkąty  $AA_1A_2, AA_2A_3, \dots, AA_{k-1}A_k$  nie mają wspólnych punktów wewnętrznych. Ponieważ  $AA_1 < AA_1A_2$  i  $AA_{k-1} < AA_{k-1}A_k$ , więc największym kątem w trójkącie  $AA_1A_{k-1}$  jest kąt  $AA_1A_{k-1}$ . Musi on więc być większy niż  $60^\circ$ . Gdyby teraz  $k$  było większe niż 5 to  $\angle AA_1A_{k-1} = 360^\circ - (\angle AA_1A_2 + \dots + \angle AA_{k-1}A_k) < 360^\circ - 5 \cdot 60^\circ = 60^\circ$  i wobec tego w trójkącie  $AA_1A_{k-1}$  bok  $A_1A_{k-1}$  nie byłby najdłuższy wbrew założeniu. Tak więc  $k \leq 5$ .



nazywanych przez Boyle'a chemikami (a nie alchemikami!). Wymienieni trzej dyskutanci starają się przekonać czwartego, Eleutriusa o słuszności swoich poglądów. W rozprawie tej Boyle porusza kilka problemów. Potępia między innymi hermetyczny sposób pisania dzieł chemicznych: „Chemicy piszą w sposób ciemny nie dlatego, że uważają swe pojęcia za zbyt cenne, by je tłumaczyć, lecz dlatego, że boją się, że gdyby je wytłumaczyli, ludzie przekonaliby się, że daleko im do tego, by były cenne”.

Zasadniczym jednak problemem jest sprawa pierwiastków. Boyle uważa, że wszystkie ciała złożone są z pierwiastków, ale „jest bardzo możliwe, że do utworzenia jednego mieszanego ciała mogą wystarczyć dwa rodzaje pierwiastków, inny rodzaj mieszaniny może się składać z trzech pierwiastków, inne zaś z czterech, pięciu, a może z dużo większej liczby... jest więc możliwe, że pewne konkretne ciała składają się z mniejszej, inne z większej liczby pierwiastków.” Ponadto, zdaniem Boyle'a, ogień może nie tylko rozdzielać pierwiastki, ale także może się przyczyniać do ich mieszania.

W pierwszej części rozprawy Boyle podaje nową definicję pierwiastka: „Pod pierwiastkiem rozumiem pewne pierwotne i proste i całkowicie nie zanieczyszczone ciała, które nie mogą być utworzone z żadnych innych lub z jakiegokolwiek innego ciała, są składnikami, z których wszystkie ciała, zwane doskonale zmieszanyymi są bezpośrednio złożone i na które mogą być ostatecznie rozłożone.” Pierwiastek nie jest więc nośnikiem właściwości, lecz kresem analizy.

Taka definicja utrzyma się przez dwa wieki. Znajdujemy ją w wydanym w 1675 roku „Cours de chimie” („Wykłady chemii”) Mikołaja Lemery'ego, w wydanym w 1789 roku „Traité élémentaire de chimie” („Podstawy chemii”) Antoniego Lavoisiera, a także w wydanym w 1866 roku podręczniku chemii nieorganicznej Emiliana Czarniańskiego, profesora Uniwersytetu Jagiellońskiego. Choć Boyle podał nową definicję pierwiastka, nie precyzuje on jednak liczby istniejących pierwiastków, a nawet nie wymienia żadnej substancji, którą proponowałby uznać za pierwiastek. Przeciwnie, wszystkie metale, nawet złoto są dla niego ciałami złożonymi, które można rozkładać i oczyszczać. Zatem krytyka poglądów perypatetycznych i spagiryznych przeprowadzona przez Boyle'a jest krytyką wyłącznie negatywną. Wskazuje on sposób, w jaki należy postępować, ale nie daje żadnych nowych konkretnych na miejsce obalonych. Dlatego też pierwiastkami perypatetycznymi posługują się chemicy jeszcze przez cały XVIII wiek, przez cały czas, w którym uznawana była teoria flogistonowa.

Na początku tego wieku arystotelesowski ogień i spagiryzna siarka pochłonięte zostały bowiem przez pierwiastek palności — flogiston. Teoria flogistonowa jest pierwszą w historii teorią chemiczną. Porządkuje ona reakcje, dziś zwane reakcjami utleniająco-redukującymi i staje się podstawą opracowania w drugiej połowie XVIII wieku dwu ważnych metod technologicznych: metody komorowej otrzymywania kwasu siarkowego i metody Leblanca otrzymywania sody. W połowie XVIII wieku chemicy otrzymują różne rodzaje gazów, które, ich zdaniem, różnią się między sobą zawartością flogistonu. W roku 1775 flogistyk, Joseph Priestley, odkrywca tlenu uważanego przezeń za powietrze pozbawione flogistonu, stwierdza:

„Sądzę, że mało jest twierzeń w filozofii, któreby w sposób bardziej trwały trzymały się umysłu, jak to że powietrze, rozumiejąc powietrze atmosferyczne, jest prostą substancją elementarną, nierozkładalną i niezmienną, co najmniej w tym stopniu w jakim sądzimy, że jest nią woda. Jednak w toku moich badań szybko przekonałem się, że powietrze atmosferyczne nie jest rzeczą niezmienną, ponieważ flogiston, którym się ono napelnia z ciał w nim się palących i ze zwierząt nim oddychających tak dalece zmienia je i psuje, że staje się całkowicie niezdatne do palenia i oddychania... Serie obserwacji spowodowały, że przyjąłem pogląd, że powietrze atmosferyczne może się zmieniać, nie jest zatem substancją elementarną, lecz związkciem”.

Priestley postępując zatem drogą wskazaną sto lat wcześniej przez Roberta Boyle'a udowodnia jakościowo, że jeden z pierwiastków arystotelesowskich, powietrze, nie jest substancją prostą. Dalszy krok zawdzięczamy działającemu równocześnie z Priestleym Antoniemu Lavoisierowi. Przyjmując (bez udowadniania!) jako przesłankę prawo zachowania masy, Lavoisier udowodnia ilościowo, że woda i powietrze składają się każde z dwu gazów, zaś ziemie składają się z metali i z tlenu. Lavoisier jako pierwszy badacz uznaje metale i gazy za pierwiastki. Nie można się więc dziwić, że przed sprecyzowaniem przez niego, które ciała należy uznać za pierwiastki, zarówno sam Boyle, jak i Izaak Newton prowadzili próby uszlachetniania metali nieszlachetnych.

Robert Boyle zwrócił więc uwagę, że panujące poglądy nie są adekwatne do istniejącego stanu wiadomości i wskazał, jak należy je zmienić. Uplłynęło jednak jeszcze sto lat nim sformułowano nowe prawa kierujące biegiem naszego poznania materii.



Rozwiązanie zadania M 269. Będziemy mierzyć kąty w nowych „jednostkach” zależnych od  $n$  — nianach:  $1 \text{ nian} = \frac{\pi}{n}$  radianów. Suma kątów trójkąta wynosi zatem  $n$  nianów. Łatwo wykazać, że każdy kąt między prostymi zawierającymi boki lub przekątne  $n$ -kąta foremnego ma całkowitą liczbę nianów. Ponieważ odpowiednie kąty trójkątów podobnych są równe, więc różnych niepodobnych trójkątów może być najwyżej tyle, ile rozkładów  $n$  na sumę trzech liczb naturalnych. Gdy teraz  $k+l+m=n$ , to trójkąt utworzony przez bok  $AB$ ,  $k$ -tą przekątną wychodzącą z  $A$  i  $l$ -tą przekątną wychodzącą z  $B$  lub ich przedłużenia ma kąty  $k, l, m$  nianów. Pokażaliśmy więc, że opisanych w zadaniu trójkątów jest co najmniej tyle, co rozkładów.