

Wstęp

Atom – słowo zadomowione we współczesnym języku na stałe i, jak można przypuszczać, którego sens nie wymaga wyjaśnienia. Gdyby jednak zapytać o definicję tego pojęcia, okazałoby się, że trudno ją jednoznacznie sprecyzować. W encyklopediach atom opisywany jest jako najmniejsza składowa materii mająca właściwości pierwiastka chemicznego. Według Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej atom to „najmniejsza cząstka reprezentująca pierwiastek chemiczny, składająca się z jądra mającego ładunek dodatni, którego masa stanowi większość masy atomu (ponad 99,9%), oraz z elektronów określających jego rozmiar”. Sam atom jest na tyle mały, że próby przewidywania jego zachowania na podstawie praw fizyki klasycznej są niemożliwe, gdyż w skali atomowej uwidaczniają się efekty kwantowe.

Idea, że materia składa się z mikroskopijnych składników, których nie da się w nieskończoność dzielić na mniejsze części, pojawiła się już w starożytności – w Indiach i Grecji. Nie opierała się jednak na żadnych danych empirycznych, a jedynie stanowiła jedną z filozoficznych koncepcji natury. Cechy tych mikroskopijnych składników były odmiennie opisywane przez przedstawicieli różnych szkół filozoficznych, którzy często uwzględniali ich duchowe właściwości i opracowywali zawiłe teorie opisujące łączenie się atomów w bardziej złożone obiekty. Najstarsze odniesienia do atomów można znaleźć w pismach filozoficznych i religijnych napisanych w VI wieku p.n.e. w Indiach. W cywilizacji zachodniej pojawiły się mniej więcej sto lat później, w pismach Leukipposa, i zostały usystematyzowane przez jego ucznia Demokryta, który około 450 roku p.n.e. wprowadził słowo *ἄτομος* (*átomos*), czyli niepodzielny. W latach pięćdziesiątych I wieku p.n.e. Lukrecjusz twierdził, iż świat składa się jedynie z atomów i pustki. Choć te starożytne koncepcje

były czysto filozoficzne, współczesna nauka zaadaptowała nazwę najmniejszych składników materii.

W XIII wieku w alchemii pojawiła się koncepcja korpuskularyzmu. Za jej autora uważa się arabskiego alchemika podpisującego się imieniem Geber. Zgodnie z jego hipotezą wszystkie fizyczne obiekty miały posiadać wewnętrzną i zewnętrzną warstwę zbudowaną z mikroskopijnych cząstek. Teoria ta nawiązywała do starożytnej idei atomizmu, odrzucano jednak koncept, że cząsteczki te są niepodzielne. Przykładowo spekulowano, że rtęć może wnikać do wnętrza metali i zmieniać ich wewnętrzną strukturę, co miało umożliwić wytwarzanie złota. Koncepcja ta zdominowała alchemię na następnych kilkaset lat.

Poglądy atomistyczne odnowił w 1624 roku Pierre Gassendi w dziele *Exercitationes paradoxicae adversus Aristoteleos*. W 1661 roku Robert Boyle opublikował traktat *The Sceptical Chymist*, w którym przekonywał, że materia zbudowana jest z kombinacji wielu różnych korpuskuł, a nie czterech żywiołów (powietrza, ziemi, wody i ognia), jak tego dowodzili filozofowie starożytni. Koncepcję tę wykorzystał dziesięć lat później do opracowania korpuskularnej teorii światła Isaac Newton. Z kolei w 1758 roku atomizm był postulowany przez Rudera J. Boškovicia, encyklopedystę znanego z rozległej, obejmującej wiele dziedzin wiedzy. Jak widać, w XVII i XVIII wieku koncepcja atomowej budowy materii zyskiwała na znaczeniu. Wraz z rozwojem nauki, a zwłaszcza przekształceniem się chemii w naukę ścisłą, nastąpił dalszy rozwój teorii atomowej. W 1789 roku Antoine Lavoisier odkrył prawo zachowania masy i zdefiniował pierwiastek chemiczny jako podstawową substancję, która nie może już być rozdzielona metodami chemicznymi. W 1803 roku John Dalton skorzystał z koncepcji atomów do wytłumaczenia, czemu pierwiastki wchodzą w reakcje w stosunkach ilościowych dających się przedstawić w postaci niewielkich liczb naturalnych (prawo stosunków wielokrotnych) i dlaczego jedne gazy łatwiej się rozpuszczają w wodzie niż inne. Postulował, że każdy pierwiastek składa się z atomów jednego, unikalnego typu i że atomy te mogą się łączyć, tworząc związki chemiczne. Postawienie tych hipotez uczyniło Daltona twórcą współczesnej teorii atomistycznej.

Fakty doświadczalne potwierdzające teorię atomistyczną pojawiły się w 1827 roku, gdy botanik Robert Brown odkrył zjawisko spontanicznego, chaotycznego ruchu pyłków kwiatowych zawieszonych w wodzie, nazwane w późniejszym czasie ruchami Browna. Wyjaśnienie tego procesu przez termiczne ruchy cząsteczek wody zasugerował w 1877 roku Joseph Delsaulx, a w 1905 roku Albert Einstein przedstawił jego pełną matematyczną analizę. Fundamentalny wkład do teorii ruchów Browna wniósł w latach 1906–1917 Marian Smoluchowski (stworzył przy okazji nową gałąź fizyki statystycznej określaną obecnie jako procesy stochastyczne). Analiza Einsteina została potwierdzona eksperymentalnie po raz pierwszy już w 1906 roku, przez

Theodora Svedberga, a Jean Baptiste Perrin wykorzystał dwa lata później teoretyczne prace Einsteina i Smoluchowskiego do eksperymentalnego wyznaczenia mas i „rozmiarów” atomów, dzięki czemu potwierdził ostatecznie teorię Daltona.

W 1869 roku Dmitrij Mendelejew opublikował pierwszy układ okresowy pierwiastków. W 1897 roku J.J. Thomson odkrył istnienie elektronów podczas badania promieni katodowych i doszedł do wniosku, że znajdują się one w każdym atomie. Tym samym obalił tezę, że atomy są ostatecznymi, niepodzielnymi elementami materii. Thomson stworzył pierwszy model struktury atomu, w którym ujemnie naładowane elektrony unoszą się w jednorodnej, dodatnio naładowanej kuli. Niepoprawność tego modelu wykazali w 1909 roku Hans Geiger, Ernest Marsden i Ernest Rutherford, gdy podczas bombardowania złotej folii cząstkami alfa odkryli, że tylko niewielka część z nich jest odbijana, co było sprzeczne z przewidywaniami modelu Thomsona. Na podstawie tych wyników Rutherford stworzył nowy model atomu, w którym dodatni ładunek i większość masy atomu są skupione w niewielkim jądrze w jego centrum, a ujemnie naładowane elektrony krążą wokół jądra.

W 1913 roku Frederick Soddy podczas badania produktów rozpadu promieniotwórczego odkrył, że atomy każdego pierwiastka mogą występować w kilku odmianach różniących się nieco masą atomową. Określenie izotop (z gr. *isos topos* – „w tym samym miejscu”) zasugerowała mu szkocka pisarka i lekarka Margaret Todd (1859–1918). W tym samym 1913 roku fizyk Niels Bohr zaproponował wyjaśnienie występowania linii spektralnych w widmach emisyjnych pierwiastków przez wprowadzenie hipotezy istnienia zestawu dopuszczalnych orbit, na których elektrony mogą krążyć wokół jądra atomowego. Z modelu tego skorzystał Gilbert Newton Lewis, który w 1916 roku postawił hipotezę, że istotą wiązań chemicznych jest wymiana i współdzielenie elektronów znajdujących się na najbardziej zewnętrznych orbitach atomowych. Trzy lata później, w 1919 roku, Irving Langmuir zaproponował koncepcję mówiącą, że podobieństwo właściwości chemicznych pierwiastków tworzących grupy w układzie okresowym jest efektem lokalizacji elektronów na pewnych orbitach tworzących powłoki elektronowe.

W 1922 roku doświadczenie Sterna–Gerlacha pokazało, że kierunek wektora magnetycznego momentu dipolowego atomów jest skwantowany, co zgodnie z mechaniką klasyczną nie powinno mieć miejsca. Dwa lata później Louis de Broglie zasugerował, że wszystkie cząstki mogą zachowywać się jak fale. W 1926 roku Erwin Schrödinger rozwinął tę ideę i przedstawił matematyczny model atomu, w którym ruch elektronów został opisany funkcjami fal stojących. Konsekwencją opisywania cząstek jako fali było to, że matematycznie niemożliwe stało się jednoczesne określenie ich położenia i pędu, co zostało sformułowane jako zasada nieoznaczoności przez Wernera Heisenberga w 1926 roku. Zgodnie z nią, zwiększając precyzję pomiaru położenia, zmniejsza się jednocześnie precyzję pomiaru pędu i *vice versa*.

Model Schrödingera umożliwił rozwiązanie problemów, które napotykały wcześniejsze modele przy wyjaśnianiu istnienia linii spektralnych atomów cięższych od wodoru.

W 1932 roku fizyk James Chadwick odkrył neutron – elektrycznie obojętną cząstkę podobną do protonu. Sześć lat później, w 1938 roku, niemiecki chemik Otto Hahn podczas próby uzyskania cięższych pierwiastków skierował strumień neutronów na atomy uranu. Produktem okazał się lżejszy pierwiastek – bar. Rok później Lise Meitner i Otto Frisch potwierdzili, że eksperyment ten był pierwszym sztucznie wywołanym rozbitiem jądra atomowego.

Po 1950 roku rozpoczęto budowę licznych akceleratorów i detektorów cząstek. Ich wykorzystanie pozwoliło fizykom badać wyniki zderzeń atomów poruszających się z dużymi prędkościami, dzięki czemu odkryto dziesiątki, a później – setki nowych cząstek. Ich strukturę wyjaśnili w 1964 roku, niezależnie od siebie, Murray Gell-Mann i George Zweig, którzy wprowadzili pojęcie kwarków, czyli najmniejszych znanych, jak na razie, cząstek materii. Neutrony i protony okazały się hadronami, cząsteczkami zbudowanymi z kwarków. Model standardowy, wyjaśniający strukturę jądra atomowego, stworzono właśnie z wykorzystaniem kwarków i opisu sił, jakim one podlegają.

Tak następował rozwój teorii atomowej od filozoficznej idei do fizycznej rzeczywistości. Niniejsze opracowanie przedstawia odkrycia, sylwetki badaczy i koncepcje, które doprowadziły do współczesnego opisu atomu – niegdyś uważanego za podstawowy budulec materii, a który w rzeczywistości posiada wewnętrzną strukturę. Celem monografii jest przekazanie w prosty i zrozumiały dla niespecjalistów sposób opisu teoretycznych i praktycznych zagadnień, z jakimi mierzyli się na przestrzeni lat uczeni pracujący nad problemami budowy materii. Autor starał się uniknąć nadmiernej recytacji faktów, ale jednocześnie – zawrzeć taką ilość podstawowych informacji, która pozwoli na korzystanie z książki jako źródła do dalszych studiów. Podstawową strukturę organizacyjną opracowania wyznacza chronologia, podkreślająca ciągłość rozwoju pojęć. Aby zwiększyć atrakcyjność tekstu i ożywić prezentowane zagadnienia, odkrycia naukowe zostały przedstawione w ramach szerszej analizy, uzupełnionej danymi bibliograficznymi.