

Dolecki, Marcin

Nie-kwantowe teorie budowy atomu dyskutowane na łamach tygodnika "Wszechświat" w latach 1882-1914

Analecta 14/1-2(27-28), 167-184

2005

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



Marcin Dolecki
Instytut Historii Nauki PAN
Warszawa

**NIE-KWANTOWE TEORIE BUDOWY ATOMU
DYSKUTOWANE NA ŁAMACH TYGODNIKA
„WSZECHŚWIAT” W LATACH 1882–1914**

Wstęp

W tekstach fizycznych i chemicznych dotyczących budowy materii z przełomu XIX i XX w. występuje znaczna liczba hipotez budowy atomu. Choć ówczesne modele budowy atomu mają jedynie historyczne znaczenie, a przy tym wiele z nich miało krótki żywot w nauce, warto przypomnieć najważniejsze z nich, ponieważ ze względu na swoją oryginalność i często wielką pomysłowość ich twórców mogą być one interesujące zarówno dla historyków, jak i dla przyrodników.

Historia poszukiwań odpowiedzi uczonych z przełomu wieku XIX i XX na pytanie, jak zbudowany jest atom, została już dawno opracowana przez historyków nauki w różnych aspektach¹, jednakże przeprowadzono stosunkowo niewiele badań poświęconych temu zagadnieniu w nauce polskiej (pomijając prace poświęcone twórczości tak wybitnych uczonych, jak Maria Skłodowska-Curie czy Kazimierz Fajans), toteż w tym artykule skoncentruję się na teoriach, które były znane oraz dyskutowane wśród Polaków. Ograniczę się do tylko jednego źródła i przedstawię główne koncepcje struktury atomu, które były omawiane w warszawskim tygodniku „Wszechświat” w latach 1882–1914. W tym okresie czasopismo to ukazywało się systematycznie, natomiast od 1914 roku nastąpiła przerwa w jego wydawaniu do roku 1927.

Tygodnik „Wszechświat” był poświęcony naukom przyrodniczym, ze szczególnym uwzględnieniem najnowszych odkryć oraz teorii naukowych. Na jego łamach ukazywały się zarówno tłumaczenia oraz streszczenia wykładów, przemówień, fragmentów książek itp. ówczesnych najwybitniejszych uczonych, jak również komentarze autorów polskich. O tym, iż „Wszechświat” miał silną i stabilną pozycję na ówczesnym rynku wydawnictw naukowych, świadczą chociażby poniższe słowa skierowane w 1904 r. od redakcji do czytelników, iż pismo to „pragnie się utrzymać na stanowisku organu przyrodników polskich. Chce, żeby w nim odzwierciedlały się wszystkie sprawy, zajmujące przyrodników w ogóle, a badaczy polskich w szczególności.”². Ze względu na wspomnianą już wielość doniesień poświęconych budowie atomu, przedstawię jedynie te teorie, które były powszechnie znane i dyskutowane w polskich kregach naukowych tego okresu.

Uczni badający strukturę atomu nie ograniczali się wyłącznie do prób określenia, jakiego typu cząstki wchodzi w jego skład, jaką mają wielkość i ładunek elektryczny oraz jakie wykonują ruchy, lecz próbowali również odpowiedzieć na takie pytania jak np.: czy atomy składają się z cząstek obdarzonych ładunkiem czy może raczej z ładunków? Czy istnieje związek pomiędzy atomami i ich częściami składowymi a eterem świetlnym? Fizycy i chemicy końca XIX w. i początku XX w. stawiali sobie za cel nie tylko poznanie, *jaki* jest atom, lecz również, *czym* jest atom.

Postanowiłem ograniczyć się do przedstawienia nie-kwantowych koncepcji budowy atomu z dwóch powodów.

Po pierwsze, modele kwantowe pojawiły się kilkanaście lat później aniżeli nie-kwantowe. Opublikowana w 1901 r. koncepcja kwantów Maxa Plancka początkowo nie przyciągnęła szczególnej uwagi i jeszcze przez ponad 10 lat nie była uznana przez ogół fizyków³, zatem do 1914 r. propozycje budowy atomu oparte na teorii tego niemieckiego uczonego miały niewielkie znaczenie⁴.

Po drugie, modele kwantowe różnią się znacznie od tych, które były oparte na klasycznej fizyce, ponieważ zakładają one istnienie specyficznych praw przyrody, które odnoszą się wyłącznie do obiektów o rozmiarach atomowych⁵, dobrym przykładem takiego prawa jest zasada nieoznaczoności Heisenberga.

Problem podzielności atomu w XIX wiecznej nauce

Chociaż do odkrycia elektronu przez Josepha Johna Thomsona w 1897 r. przyrodnicy formalnie uznawali atomy chemiczne za kres podzielności materii, przynajmniej chemicznymi środkami, jednakże nie oznaczało to, iż nie rozważali możliwości dalszego ich rozkładu. W 1896 r. Wiktor Meyer pisał: „[...] różniamy dziś około 70 pierwiastków chemicznych, zwanych inaczej ciałami prostymi, ponieważ żadną drogą nie udało się dotychczas rozłożyć ich na dalsze

części składowe. Dopóki ściśle trzymamy się tego, co nam daje obserwacja, musimy widzieć w nich ostatnie cegiełki świata fizycznego. Co więcej, każdy oddzielny pierwiastek wydaje się nam światem samoistnym, niemającym żadnej łączności z innymi. Historia nauki wskazuje nam jednak, że w uczonych żyje niczym nie zwalczone dążenie do wyzwolenia się spod tego zapatrywania.”⁶

Na wiele lat przed odkryciem cząstek wchodzących w skład atomów znane już były obserwacje, które w sposób pośredni świadczyły o złożoności atomów. Zaliczano do nich między innymi: znaczną liczbę linii w emisyjnych i absorbcyjnych widmach większości ówczesnie znanych pierwiastków, istnienie prostych zależności arytmetycznych pomiędzy masami różnych atomów oraz systematycznych podobieństw pomiędzy ich właściwościami chemicznymi, wyrażonych w prawie okresowości Dymitra Mendelejewa.

Już na początku XIX wieku odkryto, iż masy atomowe najczęściej można wyrazić za pomocą liczb całkowitych będących wielokrotnością masy najlżejszego z nich, wodoru. W 1815 r. angielski chemik William Prout postawił hipotezę, iż atomy wszystkich pierwiastków są zbudowane z różnej ilości atomów wodoru. Drobne odchylenia od wspomnianej wyżej prawidłowości tłumaczył on błędami doświadczalnymi, które zostaną skorygowane w miarę udoskonalania metod wyznaczania mas atomowych. Gdy uczeni przekonali się o tym, że coraz dokładniej określone masy atomowe pewnych pierwiastków znacząco odbiegają od całkowitych wielokrotności masy atomu wodoru (np. masa atomu Cl wynosi ok. 35, 45 masy atomu H), hipoteza Prouta w swojej pierwotnej postaci upadła, jednakże nie usunęło to pytania o przyczynę stwierdzonej przez niego zależności dla znacznej liczby pierwiastków.

Za udoskonaloną wersję hipotezy Prouta można uznać koncepcję Williama Crookesa z 2 poł. XIX w. Badacz angielski przyjął, że w początkowej fazie tworzenia się naszej części Wszechświata istniała pierwotna praszubstancja, nazwana protylem, która zawierała „potencjalnie wszelkie możliwe kombinacje skupienia materii, czyli ciężary atomowe”⁷. Z niego powstał na drodze kondensacji najpierw wodór, (najbardziej podobny do protylu), następnie zaś tworzyły się stopniowo coraz cięższe pierwiastki⁸. Koncepcję tę w następujących słowach scharakteryzował Maksymilian Flaum: „Pierwiastki, według niego [Crookesa], byłyby pewnymi stanami równowagi, do jakiej dąży i którą stara się zachować pewna pierwotna materya, protyl”⁹.

Skonstruowanie w 1859 r. pierwszego spektroskopu przez Roberta Bunsena i Gustava Kirchoffa pozwoliło nie tylko na wprowadzenie nowej, niezwykle czułej metody identyfikacji pierwiastków, lecz również doprowadziło do postawienia pytania, jak wytłumaczyć fakt, iż pozbawione struktury atomy są źródłem znacznej liczby linii widmowych? Spektroskopisci odkrywali również matematyczne formuły, pozwalające wyznaczyć położenia wielu linii widmowych¹⁰.

W miarę rozwoju chemii poznawano nie tylko zależności pomiędzy masami atomowymi różnych pierwiastków, lecz także połączono niektóre z nich np. Li, Na, K, w grupy o podobnych własnościach fizycznych (np. twardość, ciężar właściwy) i chemicznych (reaktywność). Systematycznym wyrazem tych analogii stało się prawo okresowości, sformułowane przez Mendelejewa i nazwana jego nazwiskiem tablica pierwiastków, przedstawiona w 1869 r. Chemicy i fizycy coraz częściej wyrażali przypuszczenia, że owe podobieństwa pomiędzy różnymi „odmianami materii” nie mogą pozostawać bez związku z jej budową.

Przełom wieku XIX i XX był okresem niezwykle doniosłych odkryć fizycznych i chemicznych w zakresie budowy materii. W 1896 r. Wilhelm Conrad Roentgen opublikował wyniki badań nad nowym rodzajem niezwykle przenikliwego promieniowania, nazwanego później jego imieniem¹¹. W tym samym roku Henri Becquerel odkrył promieniowanie uranu i jego związków. W 1897 r. Joseph John Thomson stwierdził, iż promieniowanie katodowe jest strumieniem naładowanych ujemnie cząstek o masie znacznie mniejszej, aniżeli masa atomów wodoru; cząstki te zostały nazwane elektronami. Wyniki eksperymentów Thomsona wskazywały również, że elektrony są składnikami każdego atomu.

Skutkiem wymienionych wyżej odkryć, jak również wielu innych, było otrzymanie przez uczonych znacznej ilości nowych danych dotyczących budowy materii, co w konsekwencji doprowadziło do gwałtownego rozwoju badań nad strukturą atomu.

Termin *atom* $\alpha\tau\omicron\mu\omicron\varsigma$ oznacza po grecku *niepodzielny*), w odniesieniu do atomów chemicznych, stracił pod koniec XIX w. ontologiczny sens ostatecznego substratu, z którego jest zbudowana każda materia (nadany mu jeszcze w starożytności przez Leukipposa i Demokryta) i od tej pory służy jedynie do oznaczania pewnego układu innych, drobniejszych cząstek, których liczba staje się obecnie coraz trudniejsza do określenia. Od czasu odkrycia Thomsona, właściwości atomów nie mogły być już dłużej uważane za ostateczną przyczynę właściwości przedmiotów świata fizycznego; przed fizykami i chemikami pojawił się nowy, rozległy obszar badań, a materia okazała się czymś znacznie bardziej tajemniczym, aniżeli przypuszczano do końca XIX w.

Atom jako obiekt złożony

Po odkryciu elektronów ujemnych¹² fizycy i chemicy stanęli przed problemem określenia ich natury oraz relacji pomiędzy nimi a atomami znanych pierwiastków. Niektórzy, jak Walter Kaufmann¹³, czy polski przyrodnik Bronisław Sabat¹⁴, uznawali je za poszukiwane od dawna protoatomy, inni, np. Walter Nernst nazywali je pierwiastkami i chcieli je umieścić w układzie okresowym (także nie odkryte jeszcze elektrony dodatnie), ponieważ traktowali jony jako

związki elektronów z pierwiastkami lub rodnikami¹⁵. W miarę postępu badań nad atomami przyrodniczy rezygnowali stopniowo z przypisywania cząstkom budującym atom właściwości nie mających bezpośredniego potwierdzenia w danych eksperymentalnych, a wynikających przede wszystkim z fascynacji świata naukowego „nowymi” obiektami i uznali, że elektrony, a później również protony, są wyłącznie obdarzonymi ładunkiem elektrycznym częściami składowymi atomów.

Należy pamiętać o tym, iż ówczasie nierozstrzygnięte pozostawało pytanie, czym jest elektryczność w ogóle. Fizycy końca XIX i początku XX w., którzy nie byli zgodni nawet w kwestii, „czy istnieje jedna tylko elektryczność, czy też są dwie przeciwne jakieś elektryczności”¹⁶, tym bardziej nie mogli rozstrzygnąć, czy elektryczność należy uważać za rodzaj energii, materii, czy raczej coś jeszcze innego, a także jaki jest związek pomiędzy nią a eterem¹⁷. Inną sprawą jest, iż zjawiska elektryczne można było z powodzeniem wykorzystywać praktycznie, konstruując np. ogniwa galwaniczne czy telegraf, abstrahując od teorii dotyczących natury elektryczności.

Ładunek elektronu wyznaczył w 1909 r. amerykański uczone Robert Millikan, otrzymując wartość $1,602 \times 10^{-19}$ C. Pytanie o liczbę elektronów w atomach poszczególnych pierwiastków pozostawało przez wiele lat bez odpowiedzi, a badacze byli zmuszeni poprzestawać na ogólnikowych stwierdzeniach, iż atom składa się z „wielkiej ilości tych niezmiernie drobnych ciałek”¹⁸. Przełomowe w tej sprawie okazały się dopiero wyniki doświadczeń Henri Moseleya nad promieniami Rentgena emitowanymi przez antykatody wykonane z różnych pierwiastków. Po odkryciu zależności pomiędzy długością fali tych promieni i liczbą określającą położenie pierwiastka w układzie okresowym, doszedł on do przekonania (1914 r.), że liczba porządkowa pierwiastka określa ładunek jądra jego atomu (wyrażony wielokrotnością ładunku elementarnego), a także ładunek sumy elektronów.

Zagadkowa pozostawała również natura elektryczności dodatniej, która w obojętnym elektrycznie atomie musi równoważyć ładunek ujemny. Próbowano odkryć istnienie elektronów dodatnich, jednakże rezultaty tych prób, pomijając niepewne wnioski z danych spektroskopowych¹⁹, przez długi czas były uznawane za bezowocne. W związku z tym wielu uczonych, w tym również Maria Skłodowska-Curie oraz Kazimierz Fajans, uważało, iż w przeciwieństwie do elektronów, cząstki elektryczności dodatniej nie mogą występować oddzielnie, a zatem nie mogą być poddane bezpośrednim eksperymentom²⁰. Obecnie wiadomo, że takie stanowisko było błędne, a ówcześni badacze faktycznie cząstki te otrzymywali, gdy badali promieniowanie kanalikowe w rozrzedzonym wodorze²¹. W promieniowaniu tym znajdowały się kationy wodorowe, czyli obdarzone elementarnym ładunkiem dodatnim protony, jednakże ówczasie jonom tym niegodnie z prawdą przypisywano budowę złożoną²².

Fajans uważał, że główna różnica pomiędzy różnymi przedstawianymi wtedy modelami budowy atomu sprowadza się tak naprawdę do różnicy w pojmowaniu natury elektryczności dodatniej²³, ponieważ twierdzenie, iż w skład atomu wchodzi (wyłącznie) cząstki naładowane dodatnio i ujemnie, nie budziło już na początku w. XX w. świecie naukowym większych wątpliwości²⁴.

Masa a elektryczność

Czytając teksty fizyczne i chemiczne z przełomu XIX w. i XX w. łatwo zauważyć, iż ich autorzy dość powszechnie nie przywiązywali większego znaczenia do rozróżniania dwóch pojęć: ładunku (elementarnego) oraz cząstki obdarzonej tym ładunkiem. Jako przykłady tej tendencji można podać wypowiedź Fajansa, iż dążeniem wszystkich teorii jest „przedstawić atom jako zbudowany tylko z tych dwu elektryczności [dodatniej i ujemnej]”²⁵, czy Balfoura, iż „atomy są układami monad elektrycznych”²⁶. Nie należy jednak tego zjawiska uważać za skutek niewiedzy czy pewnej niedbałości terminologicznej autorów, lecz raczej za wyraz panującego wówczas w świecie nauki przekonania, iż masa elektronu jest „pozorna”.

Aby wyjaśnić, na czym miałyby polegać „pozorność” masy, należy najpierw wyjaśnić, jaki jest dokładny sens terminu masa. Otóż termin ten w sensie ścisłym w fizyce odnosi się do współczynnika proporcjonalności w drugiej zasadzie dynamiki Newtona: $F = ma$, gdzie „F” oznacza siłę działającą na dane ciało, „a” – przyspieszenie, jakie uzyskuje to ciało pod działaniem siły, natomiast „m” jest masą tego ciała. Jeżeli dwa różne ciała uzyskują różne przyspieszenia pod działaniem jednakowej siły, oznacza to, iż mają różne masy, ponieważ łatwiej jest przyspieszyć ciało o mniejszej masie, aniżeli o większej²⁷.

Jeżeli rozważy się ruch dwóch cząstek różniących się wyłącznie tym, że jedna z nich jest naładowana elektrycznie a druga nie, to okazuje się, iż do przyspieszenia cząstki naładowanej należy użyć większej siły, aniżeli w przypadku cząstki nienaładowanej, ponieważ część energii, którą cząstka obdarzona ładunkiem uzyskuje, jest przeznaczana na wytworzenie pola magnetycznego wokół niej. Przyjmując podaną wyżej definicję masy, należy uznać, iż obie te cząstki różnią się masą oraz, że istnienie ładunku na jednej z nich jest przyczyną wzrostu jej masy. Ów dodatkowy wkład do masy nazwano masą elektromagnetyczną lub „pozorną”²⁸; dla małych prędkości jest on stały, wzrasta natomiast gwałtownie przy zbliżaniu się do prędkości światła²⁹. Bardzo ważną sprawą jest rozróżnianie znaczenia pojęć: *masa* i *materia*. Zdefiniowana na postawie drugiej zasady dynamiki Newtona, masa jest uznawana za podstawową własność materii, jednakże przyjęcie wzrostu masy ciała nie jest równoznaczne z uznaniem wzrostu ilości tworzącej go materii.

Wkrótce po tym, jak Kaufmann w roku 1901 sformułował koncepcję masy „pozornej” elektronów³⁰, postawiono pytanie, czy cała masa tej cząstki jest pochodzenia elektromagnetycznego?

Badacze, którzy odpowiadali na to pytanie pozytywnie oraz przyjmowali, że atomy składają się wyłącznie z cząstek obdarzonych ładunkiem, skłaniali się ku twierdzeniu, iż elektryczność i materia są w istocie tym samym, ponieważ masę uznaje się za podstawową własność materii. Na gruncie takiego stanowiska, powiedzenie, że atom składa się z cząstek obdarzonych ładunkiem elektrycznym jest równoważne stwierdzeniu, iż składa się on z odpowiednich elektryczności³¹, zatem nie powinno dziwić często wymienne stosowanie tych określeń przez wielu ówczesnych uczonych.

Na wykładzie z fizyki ogólnej, wygłoszonym na Sorbonie w 1906 r. Maria Skłodowska-Curie stwierdziła, iż ogół wysiłków badaczy „dąży do zlania się zupełnego pojęcia materii z pojęciem elektryczności w taki sposób, że dwa te pojęcia staną się może identycznymi”³². Artur James Balfour przypuszczał nawet, iż elektryczność stanowi „rzeczywistość, dla której materia jest tylko wyrazem zmysłowym”³³. Niektórzy autorzy jak np. Stefania Rozenblatówna, którzy przyjmowali elektromagnetyczne pochodzenie masy, wyrażali przypuszczenia, iż również ciężenie powszechne oraz bezwładność uda się w przyszłości wyjaśnić za pomocą własności elektronów³⁴. W niedługim czasie od sformułowania koncepcji masy „pozornej” można było mówić o powstaniu nowego, całościowego obrazu świata fizycznego, w którym istnieją wyłącznie elektromagnetyczne masy, siły oraz energia. Stanowisko głoszące całkowitą „pozorność” masy zdobyło dość powszechne uznanie na zjeździe przyrodników w Karlsruhe w 1907 r.³⁵ W świecie nauki doszło do niewątpliwego przewrotu w pojmowaniu, czym jest materia, ponieważ przestała ona być uznawana za coś, co istnieje samo przez się³⁶.

Z zagadnieniem pozorności masy związany był również problem określenia kształtu elektronu³⁷. W tej kwestii istniały dwa zasadnicze stanowiska: według hipotezy Maksa Abrahama z 1902 r. elektron ma postać sztywnej kuli z równomiernie rozłożonym w niej ładunkiem, natomiast według hipotez Alfreda Bucherera oraz Heinricha Lorentza z 1904 r., a także zgodnie ze szczególną teorią względności przedstawioną przez Alberta Einsteina w 1905 r., elektron podczas ruchu w atomie ulega deformacji. Założenie sztywności elektronu usuwa konieczność wyjaśnienia, dlaczego elektron się nie rozpada na skutek działania własnego ładunku, toteż odpowiada pogładowi elektromagnetycznemu, gdyż nie wprowadza konieczności rozważania innego rodzaju energii niż elektromagnetyczna. Przyjęcie deformacji elektronu, wiąże się natomiast z koniecznością założenia istnienia pewnego rodzaju energii potencjalnej i sił „elastyczności”, które równoważą „rozsadzające” działanie ładunku elektrycznego wewnątrz niego, zatem jest ono nie do przyjęcia na gruncie stanowiska elektromagnetycznego.

Wiadomo było również, iż bezwładność elektronu poruszającego się z prędkością bliską prędkości światła zależy nie tylko od wartości jego prędkości, lecz także od kąta pomiędzy wektorami: siły przyspieszającej elektron oraz prędkości. Bezwładność tej cząstki nie mogła być zatem w takim przypadku określona wyłącznie za pomocą jednej skalarnej wielkości, masy, lecz należało wprowadzić tzw. masę podłużną (m_{\parallel}) i masę poprzeczną (m_{\perp}) elektronu³⁸. Aby określić sens m_{\parallel} i m_{\perp} w odniesieniu do tej cząstki, należało przyjąć dla niej określoną strukturę.

Próby rozstrzygnięcia problemu kształtu elektronu, a w konsekwencji także słuszności lub niesłuszności hipotezy głoszącej, że cała masa elektronu jest pochodzenia elektromagnetycznego opierały się na porównaniu eksperymentalnie wyznaczonej zależności masy tej cząstki od jej prędkości z zależnością teoretycznie przewidzianą w koncepcji elektromagnetycznej, o postaci: $m = m_0(1+6/5(v/c)^2+9/7(v/c)^4+12/9(v/c)^6+...)$; „ m ” oznacza masę (podłużną) cząstki poruszającej się, „ m_0 ” – masę spoczynkową, „ v ” – prędkość cząstki, „ c ” – prędkość światła³⁹. Szczególna teoria względności również przewiduje wzrost masy poruszającego się ciała, zwłaszcza dla dużych prędkości, jednakże opisuje ją inną formułą matematyczną: $m = m_0/(1-(v/c)^2)^{1/2}$, toteż starannie przeprowadzone pomiary mogły rozstrzygnąć, którą z obu tych hipotez: elektromagnetyczną czy relatywistyczną należy przyjąć. Jako pierwszy, Kaufmann w 1906 r. próbował doświadczalnie rozstrzygnąć dylemat określenia kształtu, jaki przyjmuje elektron, jednakże jego wyniki okazały się dyskusyjne, podobnie jak późniejsze o dwa lata rezultaty eksperymentów Bucherera. W konsekwencji, wśród fizyków przez kilka lat toczył się spór, który jednakże ostatecznie zakończył się odrzuceniem koncepcji elektromagnetycznego pochodzenia masy i tryumfem teorii Einsteina.

Atomy jako wiry w eterze

Obecnie w naukach fizykalnych jest powszechnie przyjęte, iż światło może przemieszczać się w próżni, co więcej, w takich warunkach rozchodzi się ono najszybciej i bez strat spowodowanych rozpraszaniem. Takie stanowisko jednakże jeszcze na przełomie wieku XIX i XX było nie do zaakceptowania. Uczniowie owego okresu postulowali istnienie specjalnego ośrodka, eteru wszechświatowego, w którym rozchodzą się fale elektromagnetyczne, a zatem również światło. Postulat ten był oparty na analogii do innych ruchów falowych, z którymi człowiek miał do czynienia (np. fale na wodzie, akustyczne) i które mogły zachodzić wyłącznie w specyficznych dla nich ośrodkach. Problemy pojawiały się, gdy trzeba było określić własności eteru. Nieważki eter musiał wypełniać całą przestrzeń Wszechświata, gdyż światło rozchodzi się w całym kosmosie, nie mógł być ani gazem, ani cieczą, gdyż jedynie w ciele stałym mogą rozchodzić

się fale poprzeczne (światło jest falą poprzeczną). Musiał mieć sprężystość większą od stali⁴⁰, a jednocześnie być na tyle rzadki, aby nie stawiać oporu poruszającym się w nim ciałom niebieskim. Zazwyczaj przyjmowano również, iż ma on budowę atomową⁴¹.

Fizycy zdawali sobie sprawę z tego, iż trudno jest uniknąć konkluzji, że postulowane własności eteru są sprzeczne, jednakże mając do wyboru przyjęcie istnienia eteru o wymienionych wyżej właściwościach albo uznanie, iż istnieje ruch falowy, który rozchodzi się bez właściwego dla niego ośrodka, zdecydowali się powszechnie na to pierwsze rozwiązanie, pomimo tego, że wszelkie próby doświadczalnego wykazania istnienia eteru kończyły się niepowodzeniem.

Zakładając istnienie eteru, ówczesni uczeni stawali również przed problemem określenia relacji pomiędzy eterem a „zwykłą” materią. Jednym z rozwiązań było przyjęcie hipotezy, iż atomy są wirami w eterze, a zatem są wtórne względem niego i nie mogą stanowić innego, aniżeli on rodzaju materii. Tak przypuszczało wielu uczonych, m.in.: James Clark Maxwell⁴², Benjamin Thomson, (znany bardziej jako lord Kelvin), Joseph Larmor⁴³, Nikolaus Dellinghausen oraz Gustave Le Bon. Do koncepcji tej często nawiązywano w publikacjach zamieszczanych we „Wszechświecie” i dlatego warto krótko scharakteryzować różne jej warianty.

Koncepcja atomów wirowych uzyskała największy rozgłos w ujęciu lorda Kelvina. Znany warszawski popularyzator nauk przyrodniczych, Stanisław Kramsztyk, pisał, że teoria tego angielskiego uczonego została wyprowadzona w całości na podstawie wniosków z koncepcji ruchów wirowych w cieczach, stworzonej w roku 1858 przez Hermanna Helmholtza⁴⁴. Zgodnie z teorią niemieckiego fizyka, w idealnej cieczy (tj. nieściśliwej i pozbawionej tarcia wewnętrznego) żaden nowy wir nie może powstać, a już istniejący jest niezniszczalny. Wiry mogą się ze sobą zderzać, łączyć, jednakże nie mogą się wzajemnie przenikać. Należy podkreślić, że zerowa lepkość takiego ośrodka wyklucza możliwość jego ziarnistej budowy⁴⁵. Przyjmując, że atomy są wirami w eterze, mającym postać zbliżoną do smoły i któremu przypisać można wspomniane wyżej własności cieczy idealnej⁴⁶, Thomson dążył do wyjaśnienia najważniejszych ich właściwości, takich jak sprężystość (powszechnie przyjmowana w teorii kinetycznej) czy wzajemne ich przyciąganie lub odpychanie, wyłącznie poprzez ruchy eteru. Oznacza to, iż przedstawiony przez Thomsona model budowy materii był w całości mechaniczny.

Aby przybliżyć sposób rozumowania tego uczonego, który poprzez ruch ośrodka próbował wyjaśnić naturę oddziaływań, które wydają się zachodzić między atomami na odległość, można odwołać się do prostej analogii z zachowaniem się kilku korków w naczyniu z wodą. Obserwacja takiego układu dowodzi, że wprawione w ruch obrotowy korki zachowują się względem siebie w taki

sposób, jakby działały pomiędzy nimi jakieś niewidzialne siły (można pominąć znikomą wzajemną siłę grawitacji); takie zjawisko jest spowodowane ruchami cieczy, której korki przekazały część energii.

Właściwości tych hipotetycznych wirów w eterze, które przypisywał im lord Kelvin odpowiadały podstawowym właściwościom atomów, jakie były im przypisywane powszechnie w nauce do początku lat 90-tych XIX stulecia, nie powinno zatem dziwić, że teoria atomów wirowych, tak oryginalna z punktu widzenia dzisiejszego stanu wiedzy, zyskała ówczesnie w świecie nauki znaczny rozgłos. Thomson jednakże pod koniec życia odrzucił ją, opowiadając się ostatecznie za elektryczną teorią budowy materii.

Dellinghausen uważał, iż powstanie atomów, a zatem również i pozostałych ciał fizycznych jest skutkiem tego, że powstające (na skutek drgań) w pierwotnie jednorodnej i nieważkiej materii fale kuliste interferują za sobą tworząc fale stojące, czyli węzły, które posiadają pewną „stateczność i jedność”⁴⁷. Kramsztyk zarzuca tym wywodom mętność oraz brak odpowiedniego opracowania matematycznego⁴⁸.

Na łamach „Wszechświata” pojawiło się także kilka artykułów lekarza i socjologa francuskiego, Gustava Le Bona⁴⁹. Autor ten głosił ewolucję materii, którą w znacznym uproszczeniu można przedstawić następująco: atomy powstały w początkowej fazie istnienia Wszechświata na skutek zagęszczania się eteru (pod działaniem nieznanymi nam sił) i obecnie stanowią w nim wiry. Ulegają one jednakże stopniowo procesom dematerializacji, której przykładami są: zjawiska elektryczne, promieniowanie, istnienie emanacji radowej⁵⁰, i w konsekwencji „rozpływają” się ponownie w eterze. Le Bon nie wyklucza nawet możliwości wielokrotnego powtarzania się takiego cyklu⁵¹. Niekiedy przejawia on w swoich opisach poetycką wrażliwość, np. nazywając eter „pierwszym źródłem i ostatnim kresem wszechrzeczy, substratum światów i wszystkich istot w nich zamieszkałych”⁵².

Chociaż przypisuje tej hipotetycznej substancji tak wielką rolę w świecie fizycznym, to przyznaje, że „o budowie eteru nic prawie nie możemy powiedzieć”, poza tym, że fizycy i chemicy zgadają się co do tego, iż „eter jest substancją bardzo różną od materii i niepodległą prawom ciężkości”⁵³.

Wydawać by się mogło, że hipoteza „eterowej” genezy atomów jest łatwiejsza do przyjęcia przy założeniu, iż atomy są niepodzielne, gdyż w takim przypadku należy wyjaśnić wyłącznie ich powstawanie jako szczególnych miejsc w eterze, toteż nie pojawia się problem konieczności wyjaśnienia pochodzenia poszczególnych ich części, ruchów wewnętrznych oraz związków, w jakich pozostają one względem siebie. Wielość doświadczalnych dowodów złożoności atomów nie stanowi jednakże dla Le Bona większej przeszkody w głoszeniu jego hipotezy, ponieważ próbuje on przerzucić punkt ciężkości wyjaśniania

powstawania materii ważkiej z atomów na elektrony, porównując je do pewnego rodzaju żyroskopów w eterze⁵⁴. Nie wyjaśnia natomiast kwestii, w jaki sposób powstały atomy jako układy zawierające elektrony.

Chociaż teoria atomów wirowych była dla pewnej grupy ówczesnych fizyków i chemików atrakcyjna z tego względu, że ogół zjawisk próbowała wyjaśnić za pomocą właściwości jednej praszubstancji, jednakże większość badaczy nie godziło się na uznanie głoszonego przez nią redukcjonizmu. Była ona również praktycznie niemożliwa zarówno do eksperymentalnego potwierdzenia, jak i do obalenia, gdyż można ją było (łatwiej lub trudniej) uzgodnić z każdą szczegółową teorią budowy atomu. Jest zrozumiałe, iż taka koncepcja musiała pozostać wyłącznie w sferze spekulacji, toteż niektórzy słusznie uznawali ją za będącą z pogranicza nauki i metafizyki⁵⁵.

Nie-planetarne modele budowy atomu

Oryginalną hipotezę budowy atomu przedstawił niemiecki fizyk Philipp Lenard w 1903 roku⁵⁶. Lenard zasłużył się w historii nauki o strukturze materii m. in. tym, iż jako pierwszy wykazał eksperymentalnie, iż wewnątrz atomu jest prawie puste, przepuszczając promieniowanie katodowe, czyli strumień elektronów poprzez cienkie okienko z glinu na zewnątrz rury do wyładowań. Z punktu widzenia panującego ówczasnie przekonania, że ciała stałe są „gęsto upakowane” materią otrzymane rezultaty były niezwykle. Jego koncepcja jest jednocześnie próbą wyjaśnienia obserwowanego zjawiska.

Zdaniem uczonego niemieckiego, atomy składają się ze centrów pól elektrycznych, nazwanych przez niego dynamidami (słowo $\delta\nu\alpha\mu\iota\varsigma$ oznacza po grecku *siłę*). Dynamidy zajmują nie więcej niż jedną miliardową część objętości atomu, toteż ich układ w atomie można przyrównać do rozsiania ciał niebieskich w przestrzeni międzyplanetarnej⁵⁷. Wszystkie one są jednakowo ciężkie, bezwładne oraz mają jednakowy przekrój, a ich liczba w danym atomie jest proporcjonalna do jego ciężaru⁵⁸. Ze względu na to, iż dynamidy znajdują się w znacznych odległościach od siebie ich wzajemne oddziaływania elektryczne są zanedbywalnie małe, ponieważ natężenie pola wokół nich maleje wraz z odległością. Lenard przyjmował, iż dynamidy znajdują się w ruchu, ponieważ wiedział, że tylko drgające cząstki są w stanie wyjaśnić (względna) trwałość atomów oraz pochodzenie widm. Nie wykluczał również, że każda z nich lub jej cząstka mogłaby być w istocie wirującym dipolem elektrycznym, układem „ilostek elementarnych, obdarzonych ruchem obrotowym”⁵⁹. Opisujący tę koncepcję we „Wszechświecie” Stanisław Bouffał przyznaje rację Lenardowi, gdy ten stwierdza istnienie podobieństwa pomiędzy tą koncepcją, a hipotezą atomów wirowych Lorda Kelvina⁶⁰.

Jedną z ciekawszych koncepcji wyjaśnienia budowy atomu została przedstawiona przez Josepha Johna Thomsona w 1904 r.; jest ona nazywana „rodzynkowym” (*plum pudding*) modelem budowy atomu. Badacz angielski przyjmował, że atom składa się z kuli elektryczności dodatniej o stałej gęstości, w której – podobnie jak rodzynki w cieście – znajdują się elektrony. Stabilność układu wymagała przyjęcia założenia o ruchu elektronów wewnątrz sfery elektryczności dodatniej. Thomson twierdził, że elektrony, których liczba w atomach miała być trzykrotnie większa od ich masy atomowej, znajdują się w jednej płaszczyźnie przechodzącej przez środek kuli i krążą po orbitach o różnych promieniach⁶¹. Twórca modelu „rodzynkowego”, świadomy, iż z punktu widzenia elektrodynamiki układ, w którym ciało porusza się ruchem obrotowym, nie jest trwały, próbował udowodnić, że wzrost liczby elektronów w atomie stabilizuje go. Jeżeli prędkość tych cząstek spadnie poniżej pewnej krytycznej wartości, wówczas dochodzi do rozpadu atomu⁶².

Fajans krytycznie odnosił się do tego modelu, uważając, że Thomsonowi bardziej chodziło o możliwość przedstawienia matematycznego opisu budowy atomu, aniżeli o wykazanie, iż jego model jest najbardziej prawdopodobny⁶³.

Planetarne modele budowy atomu

W stosunkowo niedługim czasie od odkrycia faktu złożoności atomu pojawiły się wyobrażenia atomu jako miniaturowego układu planetarnego. Już w 1907 r. Paul Gruner wyrażał dość powszechnie panujące wśród uczonych przeświadczenie, iż atom „jest to niejako miniaturowy system słoneczny, w którym niezliczone elektrony krążą jeden dookoła drugich po niezliczonych orbitach”⁶⁴. Z punktu widzenia obliczeń teoretycznych, obdarzone ładunkiem ujemnym elektrony tworzą najbardziej stabilną strukturę wtedy, gdy się obracają wewnątrz atomu. Tym niemniej, taki układ musi cechować się pewną niestabilnością, ponieważ z punktu widzenia klasycznej elektrodynamiki, w układzie, w którym ładunek wykonuje ruch obrotowy, powinna być stale emitowana energia w postaci fali elektromagnetycznej; oznacza to, iż po pewnym czasie elektrony powinny spaść na jądro.

Profesor fizyki z Sorbony, H. Pelat uważał, że dane spektroskopowe wskazują na to, iż przyjmując planetarny model budowy atomu należy jedno z trzech poniższych twierdzeń uznać za fałszywe: a) elektrony poruszają się w atomie po orbitach kołowych, b) atom ma kształt kulisty, c) prawo Coulomba stosuje się także przy małych odległościach pomiędzy oddziaływującymi ze sobą ładunkami. Będąc przekonany o słuszności modelu planetarnego, Pelat odrzucił ostatecznie z podanych wyżej twierdzeń⁶⁵.

W 1911 r. Ernest Rutherford skonstruował model budowy atomu oparty na eksperymentalnym wyznaczeniu przez Geigera i Marsdena w 1909 r. rozkładu

dotatnich cząstek α (jąder atomów ${}^4\text{He}$) padających na cienką folię złotą w zależności od kąta rozpraszania. Uczony ten przyjął, że w centrum atomu znajduje się dodatnio naładowane jądro, wokół którego krążą elektrony⁶⁶ oraz że promień jądra jest o kilka rzędów wielkości mniejszy od promienia atomu, a jego masa stanowi prawie całą masę atomu. Rutherford był w stanie dość dokładnie obliczyć stosunek wymiarów atomu do wymiarów jądra. Model ten nie od razu wywołał wielkie zainteresowanie świata nauki, zatem jest zrozumiałe, że w publikacjach drukowanych we „Wszczęświecie” do roku 1914 znajdowały się jedynie niewielkie wzmianki o nim⁶⁷. Model Rutherforda stanowił punkt wyjścia dla propozycji budowy atomu Nielsa Bohra, ten natomiast był podstawą dla współcześnie przyjmowanego na gruncie mechaniki kwantowej.

Interesującą propozycją była teoria Johna Nicholsona z 1911 r. Koncepcję tę omówił dosyć dokładnie w wykładzie habilitacyjnym w 1912 r. Fajans, który był wtedy jej umiarkowanym zwolennikiem⁶⁸. Wychodząc z zależności matematycznej związanej z przyjęciem elektromagnetycznego pochodzenia całej masy atomów, o postaci: $m = 2/3 e^2/a$, gdzie „m” oznacza masę elektromagnetyczną cząstki, „e” – jej ładunek, „a” zaś – promień, Nicholson doszedł do wniosku, że promień elektronu dodatniego musi być znacznie mniejszy niż promień elektronu ujemnego⁶⁹, gdyż masa elektronów ujemnych jest znacznie mniejsza od masy elektronów dodatnich. Na tej podstawie przyjął on, iż elektryczność dodatnia musi być skupiona na niewielkim obszarze w środku atomu, wokół którego krążą cząstki ujemne. Liczba elektronów dodatnich równa jest liczbie elektronów ujemnych.

Model Nicholsona nie był całkowicie klasyczny z tego względu, że zakładał on kwantowanie momentu pędu elektronu⁷⁰, jednakże do wyjaśniania własności atomów i ich części stosował prawa fizyki klasycznej, toteż byłoby przynajmniej przesadą określanie tej propozycji jako kwantową.

Uczony ten podjął próbę nie tylko przedstawienia wzajemnego rozmieszczenia części atomów, lecz także wyjaśnienia, z pewnymi sukcesami⁷¹, widm korony słonecznej, co doprowadziło go do próby opisanie genezy atomów różnych pierwiastków. W tym celu przyjął on istnienie 4 prapierwiastków, które są „budulcem” całej materii we Wszczęświecie, a w stanie wolnym mogą występować w gwiazdach. Owe postulowane przez niego pierwiastki to: koron, wodór, nebul i protofluor, które miały być zbudowane odpowiednio z 2, 3, 4 oraz 5 elektronów dodatnich i ujemnych. Nicholson odrzucił możliwość istnienia atomu zbudowanego tylko z jednej cząstki dodatniej i z jednej ujemnej, gdyż zgodnie z klasyczną elektrodynamiką uważał, że układ taki byłby nietrwały i wysyłająca promieniowanie elektromagnetyczne ujemna cząstka spadłaby w końcu na jądro. Uważał natomiast, że w przypadku większej liczby elektronów, przy założeniu równych odległości od siebie na pierścieniu, układ można uważać za trwały.

Cząstki w jądrze częściowo stapiają się ze sobą w taki sposób, iż gęstość elektryczności dodatniej nie ulega zmianie, a zatem objętość jądra jest proporcjonalna do wielkości jego ładunku.

Nicholson na drodze czysto matematycznych rozważań wyliczył masy atomowe, które powinny posiadać postulowane przez niego pierwiastki, a następnie próbował za pomocą prostego sumowania kombinacji odpowiednich wielokrotności tych mas wyliczać masy atomów znanych pierwiastków. Dla wielu atomów obliczone w taki sposób masy zgadzały się z masami wyznaczonymi eksperymentalnie z dokładnością do pierwszego miejsca po przecinku (np.: F, N), a w niektórych przypadkach nawet drugiego miejsca (np.: C, Mg)⁷².

Podsumowanie

Nie zaprzeczając historycznej roli powstałych teorii budowy atomu w rozwoju tej gałęzi wiedzy, należy przyznać, że większość tworzonych modeli było w znacznym stopniu wytworem spekulacji naukowej. Surowa opinia, wyrażona przez E. E. Fourniera D'Albe, który w 1914 r. pisał, że „od czasów pomysłów [J.J.] Thomsona uczyniono niewiele w kierunku pogłębienia wiedzy o budowie materii”⁷³, chociaż przesadzona nie była bezpodstawna.

Chcąc zrozumieć założenia leżące u podstaw koncepcji budowy atomu z przełomu XIX i XX wieku, należy pamiętać, iż uczeni, którzy chcieli rozwiązać problem wyjaśnienia struktury materii nie tylko poruszali się na całkowicie nowym dla nich obszarze nauki, lecz ze względu na stan wiedzy fizycznej i chemicznej w tym okresie musieli odpowiedzieć na bardzo trudne pytanie o wzajemne relacje pomiędzy trzema „elementami” świata fizycznego, których istnienie ówczesnie przyjmowano: elektrycznością, materią ważką („zwykłą”) oraz eterem świetlnym.

Jeżeli uwzględnimy fakt, że natura elektryczności nie była wówczas bliżej znana, a postulowanie istnienia eteru doprowadziło do wielu dodatkowych komplikacji, nie dziwi wtedy wielość propozycji budowy atomu, niekiedy zadziwiających swoją oryginalnością. Przypominając kilka spośród wielu istniejących ówczesnie koncepcji budowy atomu można docenić przenikliwość myśli uczonych, którzy nierzadko działalności naukowej poświęcali większą część swojego życia, starając się sprostać temu niezwykle trudnemu wyzwaniu.

PRZYPISY

¹ Np.: Czesław Białobrzęski, *Rozwój pojęć o budowie atomu*, Warszawa 1915; J. R. Partington, *A History of Chemistry*, Londyn 1964, t. 4, s. 929–969; David Anderson, *Odkrycie elektronu*, Poznań 1966; Igor Aleksiejew, *Razwitiie predstavlenij o strukture atoma*, Nowosybirsk 1968.

- ² „Wszechświat” 1904, t. 23, s. 1.
- ³ Zob. np.: Edward. N. De C. Andrade, *Rutherford and the nature of the Atom*, New York 1964, s. 136.
- ⁴ Jeden z pierwszych modeli, który zakładał istnienie wyłącznie dyskretnych (skwantowanych) stanów energetycznych w atomie, opracowany przez Nielsa Bohra, pochodzi dopiero z 1913 r. i nie od razu zdobył on szerokie uznanie w świecie naukowym.
- ⁵ Ściślej: w stosunku do obiektów makroskopowych efekty kwantowe są zaniedbywalnie małe.
- ⁶ W[iktor] Meyer, *Zagadnienia z dziedziny atomistyki*, tłum. W. M., „Wszechświat” 1896, t. 15, s. 34. Uwaga: w przypadkach, gdy nie udało mi się ustalić imion i nazwisk tłumaczy, podaję, w jaki sposób podpisywali się pod artykułami.
- ⁷ Henryk Silberstein, *Geneza pierwiastków chemicznych*. „Wszechświat” 1887, t. 6, s. 106.
- ⁸ Tamże, s. 108.
- ⁹ Maksymilian Flaum, *Zadania chemii współczesnej*, „Wszechświat”, 1890, t. 9, s. 682.
- ¹⁰ Pierwsza zależność, odkryta przez Johanna Balmera dotyczy widzialnej części widma wodoru i ma następującą postać matematyczną: $1/\lambda = R (1/2^2 - 1/n^2)$; „ λ ” oznacza długość fali promieniowania, „ R ” – eksperymentalnie wyznaczona tzw. stała Rydberga, „ n ” przybiera wartości kolejnych liczb naturalnych; następne zależności określające położenia pasm w widmach cięższych pierwiastków były niewiele bardziej skomplikowane pod względem matematycznym. Interesujące jest, że tacy zasłużeni dla fizyki badacze jak Balmer czy Johann Rydberg twierdzili, że złożona postać widm atomowych nie musi wcale świadczyć o tym, że atom jest zbudowany z mniejszych części. Uważali oni, że wielość linii widmowych może być wyjaśniona obecnością wielu nadtonów, które towarzyszą drganiom podstawowym atomów. Zob. W[iktor] Meyer, dz. cyt., s. 37.
- ¹¹ W języku angielskim i francuskim mówi się o *promieniach X*, natomiast nazwa *promienie Roentgena* funkcjonuje m. in. w językach: polskim, niemieckim oraz rosyjskim. Por. Józef Hurwic, *Twórcy nauki o promieniotwórczości*, Warszawa 1989, s. 18.
- ¹² Uwaga terminologiczna: na przełomie XIX i XX w. termin *elektron ujemny* był używany w odniesieniu do cząstek ujemnych, *elektron dodatni* zaś – w odniesieniu do (postulowanych) cząstek dodatnich. Terminem *elektron*, bez dodatkowego określenia, określano zazwyczaj elementarną cząstkę ujemną.
- ¹³ W[alter] Kaufmann, *Rozwój pojęcia elektronu*, tłum. M[ieczysław] Centerszwer, „Wszechświat”, 1902, s. 26.
- ¹⁴ Bronisław Sabat, *O promieniach Becquerela i ciałach promieniotwórczych*, „Kosmos”, 1903, t. 28, s. 548.
- ¹⁵ Walter Nernst, *Metody i teorie elektryczne w chemii*, tłum. Ad. Czartkowski, „Wszechświat” 1902, s. 280–281.
- ¹⁶ William Crookes, *Atom elektryczny*, tłum. T. R., „Wszechświat” 1892, t. 11, s. 121.
- ¹⁷ Zob. Tamże.
- ¹⁸ St[anisław] B[ouffał], *Ustrój wewnętrzny atomu*, „Wszechświat” 1907, t. 26, s. 338.
- ¹⁹ We „Wszechświecie” opublikowanych zostało kilka doniesień Jakuba Salpetra, opisujących próby wykrycia elektronów dodatnich: *elektrony pozytywne*, 1907, t. 26, s. 804–805, *Jeszcze o elektronach dodatnich*, 1908, t. 27, s. 172., *Elektrony dodatnie*, 1908, t. 27, s. 447–448.
- ²⁰ Maria Skłodowska-Curie, *Teorie współczesne, odnoszące się do elektryczności i do materii*, „Wszechświat” 1906, t.25, s. 666. Kazimierz Fajans, *Najnowsze pojęcia o budowie atomów*, „Wszechświat” 1913, t. 32, s. 294.
- ²¹ Jako niezależna cząstka, proton został ostatecznie zidentyfikowany przez Rutherforda w 1919 r.
- ²² Przekonanie o złożoności dodatnich jonów wodorowych było oparte na doświadczalnym stwierdzeniu, że są one źródłem promieniowania świetlnego, a zatem wyciągano wniosek, iż w ich wnętrzu muszą zachodzić drgania. Zob. np.: Kazimierz Fajans, dz. cyt., s. 294.

- ²³ Kazimierz Fajans, dz. cyt., s. 294.
- ²⁴ Neutron został odkryty przez Chedwicka dopiero w 1932 r.
- ²⁵ Kazimierz Fajans, dz. cyt., s. 295.
- ²⁶ A[rthur] J[ames] Balfour, *Refleksje nad nową teorią materii*, „Wszechświat” 1904, t. 23, s. 676.
- ²⁷ Tak określona masa jest nazywana masą bezwładną. W fizyce istnieje również pojęcie masy grawitacyjnej występującej w prawie powszechnego ciężenia. W 1909 r. Eotvos udowodnił doświadczalnie z dokładnością rzędu 5×10^{-9} , że masa bezwładna jest równa masie grawitacyjnej.
- ²⁸ Zob. Kazimierz Fajans, dz. cyt., s. 275–276.
- ²⁹ Zob. J[akub] Salpeter, Elektron sztywny czy niesztynny? Elektromagnetyczny pogląd na świat a zasada relatywizmu, „Wszechświat” 1909, t. 28, s. 9.
- ³⁰ Na podstawie danych dotyczących ugięcia strumienia promieni katodowych pod działaniem pola elektrycznego i magnetycznego. Zob. Borys Spasskij, *Istoria fizyki*, t. 2, Moskwa 1964, s. 130. Dla ścisłości należy wyjaśnić, że Kaufmann rozpędzając elektrony stwierdził jedynie spadek ilorazu ich ładunku do masy. Stanąwszy wobec alternatywy wyboru pomiędzy zasadą zachowania ładunku, z zasadą zachowania masy (bezwładnej) fizycy zdecydowali się na odrzucenie tej ostatniej.
- ³¹ Pomijając problem samej natury elektryczności oraz ewentualnego istnienia tylko jednego jej rodzaju.
- ³² Maria Skłodowska-Curie, dz. cyt., s. 669.
- ³³ A[rthur] J[ames] Balfour, dz. cyt., s. 676.
- ³⁴ Stefania Rozenblatówna, *Elektryczność i materia*, „Wszechświat” 1904, t. 23, s. 663.
- ³⁵ J[akub] Salpeter, dz. cyt., s. 9.
- ³⁶ Pisząc, iż istnienie materii było przyjmowane samo przez się należałoby dodać: w porządku empirycznym. Pytanie, czy materia jest wieczna czy stworzona przez Boga, jest natury metafizycznej, zatem próba odpowiedzi na nie musi mieć zasadniczo odmienny charakter. Pomijam w tym miejscu uczonych, którzy głosili, że materia jest pochodną eteru, ponieważ ich poglądom będzie poświęcony dalszy fragment.
- ³⁷ Zob. Borys Spasskij, dz. cyt., s. 132 in.
- ³⁸ Bardziej jasny stanie się sens m_e oraz m_p , jeżeli wstawi się je do drugiej zasady dynamiki Newtona. Przyjmując, że kierunek prędkości elektronu pokrywa się z osią x , równania ruchu dla obu tych „mas” będą miały następującą postać: $F_x = m_e d^2x / dt^2$; $M_y = m_l d^2y / dt^2$; $F_z = m_l d^2z / dt^2$. Zob. Borys Spasskij, dz. cyt. s. 131.
- ³⁹ J[akub] Salpeter, dz. cyt., s. 27.
- ⁴⁰ Gustave Le Bon, *O eterze*, „Wszechświat” 1912, t. 31, s. 851–854; 868–871, streściła Z[ofia] Joteyko-Rudnicka.
- ⁴¹ Zob. Borys Spasskij, dz. cyt., s. 522 in.
- ⁴² Maksymilian Flaum, *Zadania...*, s. 682.
- ⁴³ Gustave Le Bon, *O eterze*, s. 869.
- ⁴⁴ S[tanisław] K[ramszytk], *O atomach wirowych*, „Wszechświat” 1891, t. 10, s. 685.
- ⁴⁵ Por. Czesław Białobrzeski, dz. cyt., s. 7. Z drugiej jednak strony przyjęcie ciągłej budowy eteru prowadzi do niemożliwości opisu zachodzących w nim ruchów falowych, falowanie dowolnego ośrodka jest bowiem spowodowane jego periodycznym zgęszczaniem i rozrzedzaniem. Por. Zygmunt Straszewicz, *Zagadka ciężenia*, „Wszechświat” 1887, t. 6, s. 533.
- ⁴⁶ Kramszytk w innym tekście w następujących słowach opisywał własności, jakie lord Kelvin przypisywał eterowi: „[...] przypisuje [Kelvin] eterowi pewną analogię do ciał galaretowatych, jak smoła, która posiadając sprężystość właściwą ciałom stałym ustępuje łatwo, skoro ciało jakie przez nią się przesuwają, a zarazem daje jakby obraz ciągłości nieprzerwanej.” *Wielka Encyklopedia Powszechna*, t. 20, s. 660, Warszawa 1897.
- ⁴⁷ S[tanisław] K[ramszytk], *O atomach...*, s. 884.

- ⁴⁸ Tamże.
- ⁴⁹ Zob. Gustave Le Bon, *Dematerializacja materii*, tłum. S[tanisław] B[ouffał], „Wszecławiat” 1905, t. 24, s. 49–53; 71–75; 161–164; 180–184; 201–206., *Powszechna dysocjacja materii. Odpowiedź niektórym krytykom*, tłum. S[tanisław] B[ouffał], „Wszecławiat” 1906, t. 25, s. 407–412, *Starość atomów a ewolucja kosmiczna*, tłum. S[tanisław] B[ouffał], „Wszecławiat” 1906, t. 25, s. 642–645; 671–676., *Zjawiska elektryczne i ich przyroda*, tłum. S[tanisław] B[ouffał], „Wszecławiat” 1907, t. 26, s. 65–69; 105–110; 121–125., *O eterze*.
- ⁵⁰ Obecnie wiadomo, że substancja określana na początku XX w. jako „emanacja radowa” jest radonem (Rn), promieniotwórczym gazem szlachetnym.
- ⁵¹ Gustave Le Bon, *Starość...*, s. 675. Por. także przypis Le Bona na tej stronie.
- ⁵² Gustave Le Bon, *O eterze...*, s. 869.
- ⁵³ Tamże, s. 868.
- ⁵⁴ Gustave Le Bon, *Dematerializacja...*, s. 53.
- ⁵⁵ Np. Maksymilian Flaum, *Co wiemy o istocie pierwiastków chemicznych*, „Wszecławiat” 1891, t. 10, s. 248.
- ⁵⁶ S[tanisław] Bouffał, *Atomy a dynamidy*, „Wszecławiat” 1904, t. 23, s. 5–10. Można spotkać się także z próbami zaliczenia koncepcji Lenarda do modeli planetarnych. Zob. np. Igor Aleksiejew, dz.cyt., s. 23–24. W wymienionej pracy brak jest uzasadnienia takiego stanowiska.
- ⁵⁷ Tamże, s. 10.
- ⁵⁸ Takie założenia pozwoliły Lenardowi na wytłumaczenie odkrytej przez siebie zależności pomiędzy gęstością ośrodka a jego zdolnością absorbowania promieni katodowych. Zob. Tamże, s. 8.
- ⁵⁹ Tamże, s. 10. Założenie, iż dynamidy są dipolami pozwala na wyjaśnienie dużych zmian natężenia pola elektrycznego wraz ze zmianą odległości względem nich. Materia zbudowana w taki sposób charakteryzowałaby się znaczną przenikliwością, nawet względem strumienia cząstek naładowanych (jak promienie katodowe); takie zachowanie cienkich płytek Lenard istotnie obserwował podczas swoich eksperymentów.
- ⁶⁰ Zob. przypis Bouffała na s. 10.
- ⁶¹ Kazimierz Fajans, *Najnowsze pojęcia o budowie atomów*, „Wszecławiat” 1913, t. 32, s. 316.
- ⁶² Zob. Czesław Białobrzęski, dz. cyt., s. 17–18.
- ⁶³ Kazimierz Fajans, dz. cyt., s. 295.
- ⁶⁴ Paul Gruner, *Radioaktywność i rozpadanie się atomów*, tłum. H., „Wszecławiat” 1907, t. 26, s. 369.
- ⁶⁵ S[tanisław] B[ouffał], *Ustrój wewnętrzny atomu*, „Wszecławiat” 1907, t. 26, s. 340. Nie udało mi się ustalić imienia francuskiego autora, o którym pisze Bouffał.
- ⁶⁶ Założenie dodatniego ładunku jądra na podstawie wniosków z tych eksperymentów było do pewnego stopnia arbitralne, ponieważ przyjęcie, że jądro atomu jest ujemne w żaden sposób nie zmieniłoby opisu matematycznego rozpraszania cząstek α w doświadczeniu Rutherforda. Zob. Edward. N. Da C. Andrade, dz. cyt., s. 118.
- ⁶⁷ Np. Kazimierz Fajans, dz.cyt., s. 316.
- ⁶⁸ Tamże, s. 316–318.
- ⁶⁹ Zob. Kazimierz Fajans, dz. cyt., s. 316.
- ⁷⁰ Zob. Czesław Białobrzęski, dz. cyt., s. 47; Borys Spasskij, dz. cyt., s. 231.
- ⁷¹ Zob. Kazimierz Fajans, dz. cyt., s. 318.
- ⁷² Otrzymanie tak dużej zbieżności wyników nie musi świadczyć o słuszności koncepcji Nicholsona, gdyż dodawanie wielokrotności trzech liczb można prowadzić w taki sposób, aby otrzymać dostatecznie dużą liczbę. Zob. tamże., s. 317.
- ⁷³ E. E. Fournier D'Albe, *Najnowsze teorie elektryczności*, tłum. J. Faterson, „Wszecławiat” 1914, t. 33., s. 364.

Non-quantum theories of atomic structure discussed in the journal „Wszechświat” in the years 1882-1914

SUMMARY

The paper gives a brief account of those non-quantum theories of atomic structure which were most frequently discussed in the years 1882-1914 in „Wszechświat” [The Universe], a Warsaw-based weekly devoted to the natural sciences. The paper describes both the works of foreign scientists, and the comments by Polish authors. Now the models are only of a historical significance, which means that many of them remain unknown even to people who are professionally engaged in atomic physics.

A considerable amount of experimental data, such as the complex form of emission and absorption atomic spectra, the periodicity of properties of elements, simple arithmetical interdependencies between atomic masses, and finally the discovery of the electron in 1897, led 19th-century naturalists to recognize the complex structure of the atom.

The paper discusses very briefly the following issues: the role of positive and negative particles in the structure of the atom, the ratio of mass to electricity (involved in the discussion on the theory of the electromagnetic origin of mass), and ether (the view of atoms as vortices in ether, as conceived of by Benjamin Thomson, Gustave Le Bon and Nikolaus Dellinghausen), as well as selected conceptions of atomic structure - non-planetary (by Joseph John Thomson and Philipp Lenard) and planetary (by Ernest Rutherford and John Nicholson).