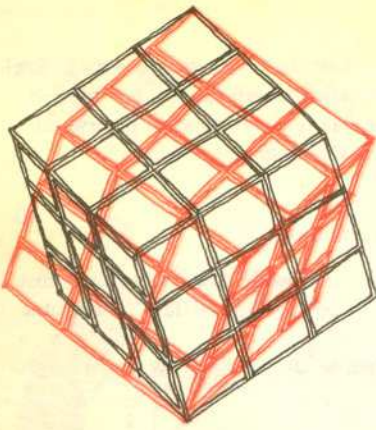


Pierwsza teoria atomu

Doc. dr Michał ŚWIĘCKI



Sto lat temu powstała pierwsza teoria budowy atomu, która czterdzieści lat później zaowocowała falową teorią struktury materii. A było to tak ...

W latach 1860—70 dzięki pracom Kirchhoffa, Bunsena i Lockyera przekonano się, że każdy pierwiastek chemiczny — co więcej, każdy atom pierwiastka — jest jednoznacznie określony przez liniowe widmo swego promieniowania.

Charakterystyczne widmo promieniowania elektromagnetycznego (Maxwell, 1868) powstaje więc wewnątrz atomów, skąd natychmiast wynika, że atomy zawierają naładowane elektrycznie poruszające się elementy składowe. Elementy te (elektrony i jądra atomowe) wydzielono z atomów wiele lat później, ale nawet dzisiaj podstawowym źródłem naszej wiedzy o rozmieszczeniu i własnościach składników *wewnątrz* atomów pozostaje badanie widma promieniowania atomowego. Jakże więc są te widma?

Niestety, liniowe widma atomowe są bardzo złożone i nie sposób w nich dostrzec żadnych regularności. Tym większa więc chwała dla Johanna Jakuba Balmera (1825—1898); gimnazjalnego nauczyciela fizyki w Bazylei, który w 1885 roku ogłosił prostą prawidłowość wiążącą długości fal linii wysyłanych przez jeden tylko spośród wielu pierwiastków — przez wodór:

$$\lambda = b \frac{k^2}{k^2 - n^2}$$

$$k > n = 1, 2, \dots; b = 3645,6 \text{ \AA}$$

A oto obliczone przez Balmera długości fal czterech linii ($n = 2, k = 3, 4, 5, 6$) w widzialnej części widma wodoru wraz z wynikami pomiarów przeprowadzonych uprzednio przez Ångströma:

Balmer	Ångström	k
6562,08	6562,1	3
4860,80	4860,74	4
4340,0	4340,1	5
4101,3	4101,2	6

Taka zbieżność liczb nie może być przypadkowa, tym bardziej, że zachodzi ona (jak przekonano się później) aż do $k = 31$, a także dla $n = 1, 3$ i 4 w niewidzialnej części widma wodoru.

Odkrycie Balmera zapoczątkowało nową erę w teorii budowy atomu. Wzór jego był przecież pierwszą taką teorią. Wzór ten zapisany nie dla długości, ale dla częstości fali przyjmuje postać jeszcze prostszą:

$$\nu = cR \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right),$$

$$R = 109677 \text{ cm}^{-1}, c — \text{prędkość światła.}$$

Przez kilkadziesiąt następnych lat wzór Balmera stanowił nieosiągalną dla nikogo granicę teorii budowy atomu. W tym czasie odkryto elektron (Thomson, 1897) i jądro atomowe (Rutherford, 1911), stwierdzono, że światło wysyłane jest z atomów porcjami o energii $\Delta E = h\nu$ (Planck, 1900, Einstein, 1905) — stąd charakterystyczne linie widmowe — a wzór Balmera ciągle pozostawał niewyjaśniony.

Po doświadczeniach Rutherforda utarło się przekonanie, że atom wodoru składa się z ciężkiego dodatnio naładowanego jądra i lekkiego elektronu utrzymywanego w okolicy jądra przez siłę przyciągania kulombowskiego. Twór taki nie tylko, że nie mógł być trwały, ale na domiar złego powinien wysyłać promieniowanie o widmie ciągłym, zupełnie niepodobnym do obserwowanego liniowego widma wodoru.

Jeżeli dla prostoty przyjmijmy, że elektron porusza się w atomie po okręgu, to zapominając na chwilę o promieniowaniu wywołanym przez taki ruch, otrzymujemy z II zasady dynamiki Newtona następujący związek pomiędzy pędem (p) i promieniem (r) orbity elektronu:

$$\frac{p^2}{mr} = \frac{e^2}{r^2},$$

gdzie m — masa, zaś e — ładunek elektronu (i jądra).

Rozwiązanie zadania F 109.
Przypuśćmy, że chłodzenie wodą jest tak intensywne, iż zanurzony w niej element przewodu skokowo zmienia swoją temperaturę i że osiągnięta w ten sposób wartość temperatury nie ulega dalszym zmianom. Opór danego elementu maleje, co przy niezmiennym oporze reszty drutu i stałym napięciu źródła oznacza skokowy wzrost prądu w obwodzie. Oznacza to również zmniejszenie poboru mocy przez element przewodnika pozostający w powietrzu, wzrost jego temperatury i narastanie intensywności świecenia.

Dokładne przesledzenie zmian czasowych powyższych wielkości jest bardzo kłopotliwe rachunkowo. Ograniczmy się do rozważenia stanu ustalonego. Niech I_0 oznacza prąd płynący w obwodzie przed rozpoczęciem chłodzenia, I_k — w stanie ustalonym. Odpowiadające tym stanom opory części zanurzonej w wodzie wynoszą: R_1, R_{1k} , zaś pozostającej w powietrzu: R_2, R_{2k} .
Przyjmijmy robocze założenie $I_k < I_0$. Wynika z niego, że $R_{2k} < R_2$ (zmniejszenie temperatury części niezanurzonej). Na pewno spełniona jest nierówność $R_{1k} < R_1$.
Przyjmując, że U_s jest napięciem źródła, mamy

$$I_0 = \frac{U_s}{R_1 + R_2}; \quad I_k = \frac{U_s}{R_{1k} + R_{2k}}$$

Wobec powyższych nierówności słuszna jest relacja

$$I_k > I,$$

co jest w sprzeczności z założeniem roboczym. Musi więc być $I_k > I_0$ oraz $R_{2k} > R_2$, co wystarcza, aby twierdzić, że przewodnik znajdujący się w powietrzu wydziela w stanie ustalonym większą ilość ciepła niż w stanie początkowym.

Zauważmy na koniec, iż wniosek, do którego doszliśmy, nie wymaga tak mocnych założeń jak te, które sformułowano na wstępie rozwiązania.

$$E = \frac{p^2}{2m} - \frac{e^2}{r} = -\frac{p^2}{2m} = -\frac{e^2}{2r}$$

Pomimo braku wewnętrznej spójności w modelu Rutherforda, Bohr (1913) uwierzył w ten wzór i dodał do niego hipotezę przeskoków elektronu z jednej orbity na drugą — wzbroniony przez elektrodynamikę Maxwella sposób promieniowania w atomie. To łatwo już było pogodzić z kwantami Plancka-Einsteina:

$$\Delta E = \frac{e^2}{2} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = h\nu$$

Do wzoru Balmera już bardzo blisko. Pod warunkiem, że spełniony jest związek $r \sim n^2$, czyli po skorzystaniu z zależności między pędem i promieniem orbity, $p \cdot r \sim n$ ($n = 1, 2, \dots$). Zgodność liczbowa uzyskuje się przyjmując stałą proporcjonalności równą stałej Plancka:

$$p \cdot r = n \cdot \frac{h}{2\pi}$$

Wyjaśnienie tej dziwnej relacji kwantowej (zwróćmy uwagę, że $p \cdot r$ to moment pędu elektronu) byłoby więc równoważne zrozumieniu wzoru Balmera.

Krok ten uczynił Louis de Broglie w 1923 roku, przyjmując, że nie tylko fotony, ale i wszystkie inne cząstki mają naturę falową. Elektron na orbicie atomowej to nic innego, jak stojąca fala na zamkniętej w okrąg strunie. Tylko bowiem fala stojąca jest stacjonarna, niezmienna. Z warunku na taką właśnie falę, $2\pi r = n \cdot \lambda$, oraz z powyższego wzoru Bohra uzyskujemy związek między pędem elektronu i długością związanej z nim fali:

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

taki sam, jak dla fotonu!

O Balmerze wiemy bardzo niewiele. Nie doczekał też on najwspanialszej nagrody, jaka była udziałem de Broglie'a: w 1925 roku Davisson i Germer stwierdzili, że strumień elektronów rzeczywiście zachowuje się jak fala.

Wyniki Konkursu Uczniowskich Prac z Matematyki, 1981 r.

Jury Konkursu Uczniowskich Prac z Matematyki, w składzie: Przewodniczący — prof. dr Leon Jeśmanowicz, przedstawiciel MOiW — prof. dr Włodzimierz Waliszewski, dr Jerzy Bednarczuk, dr Alicja Derkowska, dr Agnieszka Wojciechowska-Waszkiewicz, dr Marek Kordos, prof. dr Wojciech Żakowski

biorąc pod uwagę wybór tematu, treść pracy i przebieg obrony, postanowiło:

I. Wyróżnić wszystkich uczestników finału dyplomami.

II. Przyznać:

1. złoty medal i nagrodę w wysokości zł 4000,—

Jarosławowi WRÓBLEWSKIEMU z XIV LO we Wrocławiu za pracę pt. „Wokół kongruencji w pierścieniu liczb algebraicznych całkowitych”;

2. srebrny medal i nagrodę w wysokości zł 2000,—

Jackowi RZEŹNIKOWSKIEMU z II LO w Bydgoszczy za pracę pt. „Elementy geometrii metrycznej”;

3. brązowy medal i nagrodę w wysokości zł 2000,—

Elżbiecie ZIARKO z Liceum Ekonomicznego w Wieliczce za pracę pt. „Metryka miejska i jej konsekwencje w planimetrii”;

4. dwa równorzędne wyróżnienia i nagrody po zł 2000,—

Adamowi NOWAKOWI z II LO w Bydgoszczy i *Markowi ŚREDNIAWIE* z I LO w Gdańsku.

5. dwie nagrody po zł 1000,—

Wojciechowi KRYNICKIEMU z V LO w Gliwicach i *Maciejowi ZWORSKIEMU* z LO przy ambasadzie PRL w Trypolisie.

III. Przyznać nagrody pieniężne wszystkim opiekunom prac:

mgr *Cecylii TERLIKOWSKIEJ*, mgr *Kazimierzowi BANNACHOWI*, mgr *Bronisławowi PABICHOWI*, mgr *Zdzisławowi KAMROWSKIEMU*, mgr *Adelajdzie ADAMEK*, mgr *Krystynie HNATKÓW*, mgr *Elżbiecie DEDERKO*.

Skrót zwycięskiej pracy opublikujemy w nr 3/1982.

Szanowny Panie Redaktorze, otrzymałem przesłany pocztą nr 11(95) „Deltę” z artykułem na stronie 12 podpisanym moim nazwiskiem i zatytułowanym „Oddziaływanie międzycząsteczkowe”. W artykule tym nie rozpoznałem zdań z mojego tekstu, który złożyłem na ręce jednego z redaktorów. Tekst wydrukowany zawiera kilka niezwykle rażących nieścisłości i samowolnie wprowadzonych zdań. W związku z tym proszę stanowczo o opublikowanie mojego listu oraz o wydrukowanie mojego artykułu.

Doc. dr hab. *Lucjan PIEŁA*

Dziękujemy naszym Czytelnikom za liczny udział w konkursie ligowym. Dotyczy to zwłaszcza dwóch pierwszych serii zadań /nrnr 1,2,3 i 4,5,6/. Rozwiązań dalszych zadań otrzymaliśmy bardzo niewiele. Nie dziwny się temu wcale, nie mamy też do nikogo żalu. Wyjaśniamy tylko, że z powodu zbyt skąpego materiału — ograniczonego praktycznie do wspomnianych dwóch serii rozwiązań — wstrzymujemy się na razie z ogłoszeniem „tabeli ligowej” — za co naszych Czytelników przepraszamy.

Dziękujemy też Autorom propozycji zadań. Zamierzamy wykorzystać większość z nich w najbliższych bądź dalszych numerach. Nasz apel o przysyłanie propozycji jest nadal aktualny. Ale uwaga: do tekstów proponowanych zadań prosimy dołączać ich rozwiązania /pełne lub skrócone/.

Zapraszamy gorąco do dalszego udziału w lidze. Terminy nadejścia rozwiązań będziemy dostosowywać do terminów ukazywania się kolejnych numerów naszego miesięcznika.