



Kwanty w szkole – pochwała modelu Bohra

Zofia Gołąb-Meyer

Streszczenie wystąpienia na Szkole Dydaktyki Fizyki w Kudowie, jesień 2007. Autorka przedstawia swoje stanowisko w kontrapunkcie do prezentacji Ludwika Lehmana, którego referat opublikowano w *Fizyce w Szkole*.

Nauczanie elementów fizyki kwantowej w szkole i przedstawianie jej laikom w ogólności, jest sztuką karkołomną, stanowi nie lada wyzwanie, które zresztą wielu wybitnych ludzi i nauczycieli podejmuje, *nota bene*, z różnym skutkiem. W powszechnym kanonie wielu krajów europejskich model Bohra znajduje miejsce w programach szkolnych. U nas także znalazł się w podstawie programowej. Ten fakt spotyka się często z krytyką. Argumentuje się, że model ma znaczenie wyłącznie historyczne, że jest niespójny, że ma założenia zupełnie *ad hoc*, że ma bardzo ograniczone możliwości zastosowania i przewidywania. Jednym słowem, że jest modelem bardzo ubogim w konfrontacji ze współczesną mechaniką kwantową. Padają mocne argumenty, że należy uczyć prawdy, tak by niczego nie musieć później „odszcze kiwać”. Pan Krzysztof Prałat z II LO w Poznaniu w liście do Redakcji *Fizyki w Szkole* (2/2007, s. 63) słusznie zwraca uwagę na szereg błędów metodycznych popełnianych przy nauczaniu o modelu Bohra. Problemem nie do pokonania wydaje się być brak synchronizacji z nauczaniem chemii. Na lekcjach chemii, znacznie wcześniej niż na lekcjach fizyki, uczniowie dowiadują się o orbitalach i chmurach elektronowych. Wiedza ta, nie oparta na solidnej podstawie, wpada w szufladkę o nazwie „chemia” i pozostaje bez związku z fizyką.

Oczywiście ograniczenia modelu Bohra jako takiego są znane. Inna sprawa, że te ograniczenia i krytyka modelu, tak jak i sam model wcześniej są przez uczniów przyjmowane na zasadzie informacji podanej przez autorytety, a nie poparte własną wiedzą i rozumieniem. Uczniowie nie posiadają dostatecznej wiedzy, choćby z elektrodynamiki, aby sami mogli zauważyć te ograniczenia. Wprawdzie nie jest to argument istotny za modelem Bohra w szkole, ale warto go mieć na uwadze.

Panu Ludwikowi Lehmanowi ostro atakującemu model Bohra w szkole (*Dość bohrowania, Fizyka w Szkole*, 3/2007, s. 17) trzeba przyznać rację, gdy zauważa on niepoprawne sformułowania przy nauczaniu modelu.

Trzeba dobrze samemu rozumieć jaka jest istota modelu, co on przewiduje i jakie ma ograniczenia. Jeśli nie ma tego zrozumienia, to jest wrażenie, że model Bohra to **kłamstwo**, a dopiero mechanika kwantowa zapodaje **prawdę**.

(„...model Bohra to kłamstwo. I uczniowie to dobrze wiedzą od samego początku. I my nauczyciele, to wiemy. Tak długo oddychaliśmy w oparach absurdu, że różnica między PRAWDĄ a KŁAMSTWEM zamazała się nam zupełnie”. Lehman, *FwS*, 3/2007, s.18).

I niestety jest to prawda, „zamazało się” i nauczycielom, i niektórym autorom podręczników. Chodzi o nieporozumienie związane ze zrozumieniem sensu modelu.

Model Bohra powinien być i na ogół jest prawidłowo przedstawiany jako typowy przykład MODELU, a nie ogólnej teorii.

Model jest po to, by pomóc zrozumieć, wyobrazić sobie, przebieg jakichś zjawisk pierwotnie dziwnych, czy obcych. Użyteczny model ma uchwycić istotne cechy zjawisk czy obiektów modelowanych. Już dziecko bawiąc się miśkiem nie oczekuje od zabawki prawdziwych ludzkich zachowań. Wie, że miś sam nie zje i nie będzie się poruszać, nie przemówi ludzkim głosem. Model Bohra przedstawiany w szeregu innych modeli – począwszy od modelu atomu w postaci babki z rodzynkami – nie ma powodu być przyjmowany jako prawda absolutna o naszej rzeczywistości (mimo iż każdy, świadomie lub nie, oczekuje prawdy absolutnej).

Prawdą jest jednak, iż na hasło „atom” u większości wykształconej populacji wyskakuje ikona modelu: kulka otoczona obręczkami ilustrującymi obiegające jądro elektronu lub, co gorsza, na hasło „atom” wyskakuje obraz-ikona grzyba po wybuchu bomby jądrowej.

Za upowszechnienie powyższej ikony nie jest odpowiedzialne nauczanie fizyki lepsze czy gorsze. Używana w szkole ilustracja to płaskie koncentryczne okręgi z zaznaczonymi przejściami elektronów.

Argumentuje się, że obraz elektronu goniącego jako klasyczna kulka po orbicie jest sprzeczny z głównym założeniem mechaniki kwantowej. Prawda. Tyle, że nie posiadamy żadnego poprawnego obrazka. Uważa się, że już lepsze są chmurki gęstości prawdopodobieństwa.

Założmy, że rzeczywiście model Bohra pozostawia w umysłach ludzi trwałą obraz elektronów jako kulek poruszających się klasycznie wokół jądra.

No i jakie płynie z tego niebezpieczeństwo? Żadne. Może jedynie zrodzić pewien dyskomfort poznawczy, gdy dana osoba zechce zgłębiać inne problemy wymagające rozumienia mechaniki kwantowej. Tak, wtedy zajdzie potrzeba pogłębienia tematu i zrozumienia ograniczeń modelu.

Bywają sytuacje, kiedy zrodzone w nauczaniu tzw. *misconception* są groźne, zarówno w sensie jednostkowym, jak i w skali społecznej. Niezrozumienie lub złe zrozumienie zasady zachowania energii czy też drugiej zasady termodynamiki może mieć niemiłe konsekwencje, tak jak i błędne zrozumienie prawa Archimedesesa. Nie z takim przypadkiem mamy tu do czynienia.

Co daje model Bohra? Pokazuje, że fizyka radzi sobie z opisem atomów, które są obiektami złożonymi z jąder i elektronów. Pokazuje, że nadspodziewanie **dobrze ilościowe rozumienie** tajemniczego zjawiska (prążkowa struktura widm atomowych) można uzyskać za pomocą **zaskakująco prostego założenia** o kwantyzacji momentu pędu. We wszystkich nas drzemie trochę z Keplera, by odgadywać ilościowe relacje występujące w naturze z prostych reguł matematycznych, za którymi kryje się jakaś harmonia. Model Bohra ilustruje potęgę fizyki. Model jest na tyle prosty, że może być, on sam i jego przesłanie, zrozumiany nawet przez bardzo przeciętnych uczniów.

Bardzo ważnym argumentem za modelem Bohra w szkole jest czynnik kulturowy. Model Bohra był niesłychanie ważnym wydarzeniem w rewolucji naukowej XX wieku, o poważnych konsekwencjach dla rozwoju technologii, która odmieniła codzienne życie każdego z nas. I dobrze, żeby to był powszechnie znany fakt, ważniejszy niż zabójstwo księcia Ferdynanda na moście w Sarajewie, które spowodowało wybuch I wojny światowej.

Od Redakcji:

Redakcja *Fotonu* poleca artykuł, naszego długoletniego współpracownika Theo Ruijgroka z uniwersytetu w Utrechcie, pt. *Wyczucie kwantów*, dostępny w Internecie (*Foton* 14/1992)



Od prawej: Schrödinger, Heisenberg i Dirac z żonami na dworcu w Sztokholmie