

Prof. dr Iwo BIAŁYNICKI

W popularnych opracowaniach na temat fizyki kwantowej zwykło się rozpoczynać wywody od opisu zadziwiających doświadczeń, z pomocą których odsłaniają fizycy tajemnice świata atomowego. W opisach tych roi się od potężnych akceleratorów, strumieni niedostrzegalnych cząstek pędzących z prędkością światła, rozbijanych jąder atomowych i innych, trudnych do wyobrażenia zjawisk. Kładąc nacisk na niezwykłość zdarzeń zachodzących w świecie cząstek atomowych, porywamy co prawda wyobraźnię czytelnika, słuchacza czy widza, ale pozostawiamy nieco w cieniu ogrom twórczej myśli ludzkiej tkwiącej we współczesnej fizyce atomowej.

Dziś chciałbym pokazać fizykę atomową przez pryzmat teorii naukowej. Czym jest jednak teoria?

Wybitny fizyk Leopold Infeld dał kiedyś taką odpowiedź na to pytanie: „Teoria naukowa jest próbą, jest usiłowaniem stworzenia obrazu otaczającej nas rzeczywistości. Obejmuje ona węższy lub szerszy zakres faktów i praw doświadczalnych, na który się teoria ta rozciąga, wprowadzając w nie ład i porządek. Nauka nie jest bowiem zbiorowiskiem praw i rupieciarnią faktów. Teoria wiąże je myślą wspólną, stwarza obraz rzeczywistości, z którego fakty owe wynikają na drodze rozumowania logicznego”.

Wybrałem tę wypowiedź, bo jest w niej mowa o logicznym rozumowaniu, a prawa logicznego rozumowania, obowiązujące w świecie atomowym, są równie zadziwiające jak i zjawiska, których dotyczą.

W fizyce klasycznej, przed powstaniem teorii kwantowej, obowiązywały reguły rozumowania logicznego sformułowane po raz pierwszy już przez Arystotelesa. Jednym z fundamentów tej klasycznej logiki jest zasada określona przez Rzymian jako *tertium non datur*, co w swobodnym przekładzie na język polski znaczy: „na dwoje babka wróżyła”. Matematycy nazywali taki system logiczny logiką dwuwartościową. W systemie tym każde zdanie mające sens jest albo prawdziwe, albo fałszywe. Popularny zwrot „wóz albo przewóz” dobitnie obrazuje powszechne stosowanie przez nas wszystkich właśnie tej dwuwartościowej logiki. Hamlet również nie rozważał więcej niż dwóch możliwości, wybierając tylko między „być albo nie być”...

Dwuwartościowa logika powstała w wyniku obserwacji zjawisk dostrzegalnych bezpośrednio zmysłami. Oparte na niej wnioski nigdy nas nie zawiodą w tym właśnie zakresie zjawisk. Przekonanie o powszechnej stosowalności praw tej logiki było tak przemożne, że bez wahania zaczęto ją stosować również w rozumowaniach dotyczących nowo odkrywanych na początku naszego stulecia zjawisk atomowych. Atomy i ich składniki są tak małe, iż nie obserwujemy ich nigdy bezpośrednio i dlatego rozciągnięcie logiki klasycznej na ten nowy zakres zjawisk okazało się ryzykowne.

W latach dwudziestych było już wiadomo, że w świecie atomowym obowiązują inne niż w życiu codziennym prawa rozumowania. Konieczność wprowadzenia innej logiki najdobitniej wynikała z odkrycia w roku tysiąc dziewięćset dwudziestym siódmym, przez Heisenberga, zasady nieoznaczoności. Zasada ta przetłumaczona na język logicznych reguł głosi, że cząstki atomowe „uznają” nie dwie, lecz trzy możliwości. Tą trzecią jest... stan nieokreślony, coś pośredniego między „tak” i „nie”. System logiczny zawierający oprócz prawdy i fałszu także „nieokreśloność” nazywamy logiką trójwartościową. Warto wiedzieć, że na siedem lat przed odkryciem Heisenberga dwaj polscy logicy Łukasiewicz i Tarski wskazywali na możliwość wprowadzenia takiej logiki.

Ze względu na zastosowanie w teorii kwantowej, logikę trójwartościową nazywa się też logiką kwantową, podobnie jak dwuwartościową nazywaliśmy logikę klasyczną. Zilustrujmy różnicę istniejącą między nimi na prostych przykładach. Ziarnko piasku może być w pudełku od zapalek lub może w nim nie być. Elektron natomiast może być w pewnym obszarze przestrzeni, może tam nie być, albo też położenie jego jest nieoznaczone. Ta trzecia możliwość w logice kwantowej, owa nieoznaczoność, jest istotnie różna od prawdy i fałszu. Nie oznacza ona bowiem tylko naszej niewiedzy. Gdy pudełko jest zamknięte, to można się wahać, czy ziarenko piasku jest w środku, czy go tam nie ma, ale wiemy, że tylko jedna z tych dwóch możliwości wchodzi w rachubę. W przypadku elektronu trzecia możliwość jest równie rzeczywista, jak dwie pozostałe.

W żadnej innej — poza teorią kwantową — dziedzinie nauki nie odkryto dotąd załamania klasycznych reguł rozumowania. Teoria kwantowa zajmuje więc



wyjątkową pozycję wśród wszystkich gałęzi nauk przyrodniczych. Można chyba zaryzykować twierdzenie, że jej stworzenie było największą z dotychczas dokonanych rewolucji w nauce, gdyż jej implikacje sięgają najgłębiej, do samych podstaw teorii naukowej, którymi są reguły rozumowania logicznego. Tak mocne podkreślenie odrębności teorii kwantowej może wywołać zrozumiałe zdziwienie słuchaczy: Przecież cały otaczający nas świat zbudowany jest z atomów! Jak to jest więc możliwe, że inne prawa są „obowiązujące” dla całości, a inne dla jej części składowych?

Źródłem tej pozornej sprzeczności jest trudna do wyobrażenia mnogość atomów w każdym dostrzegalnym skrawku otaczającej nas substancji. Gdyby np. atomy żelaza składające się na główkę szpilki rozsiać równomiernie po całej Polsce, to na każdy centymetr kwadratowy powierzchni naszego kraju przypadłby tysiąc atomów. Otóż zjawiska bezpośrednio obserwowane powstają przez nałożenie się ogromnej liczby zjawisk elementarnych, wywołanych przez pojedyncze atomy. To, co się dzieje z jednym atomem, nie odgrywa znacznej roli; ważne jest to, co się dzieje z większością atomów w dostrzeganym przez nas świecie; występują nowe prawidłowości. Prawa rządzące takimi zbiorowościami mają charakter statystyczny, bo wyznaczają tylko najbardziej prawdopodobne zachowanie się obiektów. Pojęcie prawdopodobieństwa jest właśnie kluczem do zrozumienia związku między logiką kwantową i logiką klasyczną.

Logika klasyczna jest przybliżeniem logiki kwantowej, ale wynikające z tego przybliżenia ewentualne odstępstwa, w świecie postrzegalnym bezpośrednio zmysłami, są niesłychanie mało prawdopodobne, ledwie możliwe do zauważenia. Posłużymy się znów przykładem ziarnka piasku i pudełka od zapalek. Owa trzecia, kwantowa możliwość, czyli nieoznaczone położenie ziarnka — ani w pudełku, ani poza nim — nie występuje prawie nigdy. Słowo „prawie” oznacza w tym przypadku, że liczba wszystkich ziarenek piasku na Ziemi i czas istnienia cywilizacji na naszej planecie są współmiernie małe, tak że nie istnieje szansa zaobserwowania takiego właśnie, konkretnego odstępstwa od klasycznej logiki. Dlatego w zastosowaniu do wszelkich naszych bezpośrednich obserwacji w zakresie poznanych dotąd zjawisk możemy ją traktować jako przybliżenie idealne. Można snuć jednak fantastyczne przypuszczenia na temat istnienia wspomnianych już odstępstw od logiki klasycznej w dziedzinie zjawisk, które dopiero zaczniemy dokładniej poznawać. Nie mam tu na myśli zjawisk noszących miano „nadprzyrodzonych”. Chodzi mi raczej o takie zjawiska, co do których istnienia nie ma wątpliwości, jak np. życie czy świadomość ludzka. Być może wyjaśnienie tych fascynujących zagadek będzie wymagać równie radykalnych zmian w regułach myślenia, jakich wymagało wyjaśnienie zjawisk atomowych.

«Młody Matematyk» — czasopismo dla młodzieży szkolnej

Mgr Władysław DUBIEL

ROK I MARZEC 1931 NR. 3

MŁODY MATEMATYK

WYDZIAŁ PEDAGOGICZNY I PSYCHOLOGICZNY
UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO
KATEDRA METODYCZNEJ PEDAGOGIKI

TRZĘSC: J. Gądomski. Odkrycie Plutona. — A. Tarski. O równości równości wielokątów. — Rozwiązania zadań Nr. 40 i 52. — Zadania Nr. 167 — 181.

W latach 1930–1932 wychodziło w Poznaniu czasopismo matematyczne «Parametr», poświęcone nauczaniu matematyki. W styczniu 1939 r. czasopismo to zostało reaktywowane i wychodziło do wybuchu drugiej wojny światowej.

Było to pierwsze tego typu czasopismo w Polsce. Założycielem i redaktorem był Antoni Marian Rusiecki, zaś współredaktorem Stefan Straszewicz. Ich współpracownikami byli czołowi matematycy i nauczyciele matematyki szkół różnych typów.

W czasopiśmie pojawiały się dość regularnie pewne stałe działy. Jednym z nich był dział dla młodzieży szkolnej. W 1931 r. wzbogacono pismo dodatkiem «Młody Matematyk» o wyraźnie zarysowanej autonomii. «Młody Matematyk» przeznaczony był dla uczniów gimnazjów i zakładów kształcenia nauczycieli. Od stycznia 1931 do grudnia 1932 r. ukazało się 10 zeszytów.

Przegląd zawartości działów dla młodzieży «Parametra» oraz «Młodego Matematyka» wskazuje, że redaktor do współpracy pozyskał niektórych wybitnych matematyków, między innymi Hugona Steinhaus i Alfreda Tarskiego oraz nauczycieli matematyki pracujących w szkołach. Wystarczy wymienić tutaj takie nazwiska, jak Stefan Kulczycki, Władysław Wójtowicz, Adam Zarzecki. Znaczną część artykułów dla młodzieży opracował redaktor A. M. Rusiecki.

Czasopiśmie «Młody Matematyk» żywo interesowali się uczniowie, o czym świadczy liczba nadesłanych rozwiązań zadań w ramach nieustającego konkursu. «Młody Matematyk» zamieszczał również artykuły, których autorami byli uczniowie. Do takich należą Marek Katz — autor artykułu *O nowym sposobie rozwiązywania równań trzeciego stopnia* («Parametr», nr 4–5) i Bronisław Bajrach — autor opracowania *Tablice do permutacji* («Parametr», nr 8–10). Zarówno w «Parametrze», jak też w «Młodym Matematyku» spotykamy artykuły wykraczające poza czystą