



O kilku anachronizmach w nauczaniu fizyki

Marcin Braun

Kiedy byłem uczniem, moje zdumienie wzbudzały niektóre dziwaczne, choć prawdziwe, informacje. Dopiero później, czytając o historii nauki, zacząłem rozumieć, skąd się wzięły w nauczaniu. W tym artykule omawiam kilka przykładów.

Siły spójności i siły przylegania

Czy warto poświęcać cenny czas lekcji na wprowadzanie tak drobiazgowej klasyfikacji sił? Czy nie wystarczy mówić „siły międzycząsteczkowe”, dodając w razie potrzeby „między ... a ...”? A jeśli wystarczy, to skąd przywiązanie wielu nauczycieli do gnębienia uczniów dwoma kolejnymi pojęciami? Szczycimy się przecież tym, że – w odróżnieniu od biologii czy geografii – w fizyce nie ma dużo materiału pamięciowego.

Sprawę wyjaśnić może dopiero historia nauki. Pojęcia sił spójności i przylegania wprowadzono, zanim jeszcze wiadano, jaka jest ich fizyczna natura. Nie znano cząsteczek¹, trudno byłoby więc mówić o „siłach międzycząsteczkowych”.

Rzecz jasna, nie jest to żaden argument za nauczaniem o nich i dzisiaj. Przeciwnie, gdy rozumiemy, że pojęcie należy do dawnego obrazu świata, nieuwzględniającego dzisiejszej wiedzy, wiemy także, że nie warto o nim wspominać w szkole. Zdecydowanie lepiej poświęcić ten czas na wyjaśnienie, że siły międzycząsteczkowe to oddziaływania elektromagnetyczne (młodszym uczniom wystarczy określenie: elektryczne). W ten sposób pokazujemy potęgę i główny cel fizyki – jednolite wyjaśnianie różnych zjawisk.

Prawo Mariotte’a, Joule’a-Lenza...

Skoro nie stawiamy na wiedzę pamięciową, czemu tak wiele różnych faktów fizycznych ma swoje nazwy? Z równania gazu doskonałego można wysnuć trzy oczywiste wnioski (dla $p = \text{const}$, $T = \text{const}$, $V = \text{const}$), a każdy z nich nosi nazwę upamiętniającą średnio 1,67 wybitnego uczonego. Zależność $P = I^2 R$, prosty wniosek z definicji napięcia i prawa Ohma, nosi nazwiska aż dwóch fizyków. Czy rzeczywiście potrzeba było geniusza, aby dokonać przekształcenia wzorów dostępnego dziś dla bardziej rozgarniętego gimnazjalisty?

¹ Dopiero prace Smoluchowskiego i Einsteina o ruchach Browna ostatecznie przekonały fizyków o istnieniu cząsteczek. A był to rok 1905!

Oczywiście, że nie!

Robert Boyle prowadził swoje badania w roku 1662, skądinąd właściwego odkrycia dokonali jego współpracownicy. Edmé Mariotte powtórzył ten wynik kilkanaście lat później. Tymczasem kinetyczna teoria gazów stworzona została dopiero w XIX wieku, a powszechnie przyjęta w wieku XX.

Dopóki prawo Boyle'a-Mariotte'a było niezależnym, fenomenologicznym faktem, musiało się jakoś nazywać. Dziś jednak stanowi prosty wniosek z równania Clapeyrona, po cóż więc mielibyśmy obciążać pamięć uczniów kolejną nazwą, w dodatku sprzeczną z wiedzą historyczną²?

W przypadku prawa Joule'a-Lenza mamy tę pociechę, że nazwano je na cześć faktycznych odkrywców³, z punktu widzenia dydaktyki sytuacja jest jednak identyczna. Zależność mocy od natężenia prądu można wyznaczyć ze znanych praw, po co więc dodatkowa nazwa do pamiętania?

Pamiętajmy, że **istotą fizyki jest wyjaśnianie jak największej liczby zjawisk za pomocą niewielu praw**. Wprowadzając nazwy dla faktów, które dziś są zaledwie wnioskami z ogólniejszych (i znanych uczniom!) zależności, nie tylko obarczamy ich zbyteczną wiedzą pamięciową, ale po prostu źle pokazujemy, czym jest fizyka.

Co wynalazł Łukasiewicz?

Lampę naftową! – odpowie znaczna część społeczeństwa. Tak mówili w szkole. I mówili prawdę, tyle że jeśli nawet uczeń widział taką lampę w muzeum, i tak zostanie mu przekonanie, że polski aptekarz był autorem wynalazku należącego dziś do historii.

Tymczasem Ignacy Łukasiewicz wynalazł destylację ropy naftowej. Bez jego pomysłu nie byłoby benzyny ani oleju napędowego. Nie zbudowano by silnika spalinowego, a więc także samochodów, samolotów, motocykli, nie wspominając drobniczy w rodzaju kosiarek i pił motorowych. Nafta jako paliwo do lamp stała się pierwszym zastosowaniem pochodnych ropy, z perspektywy historii widzimy jednak, że była to sprawa drugorzędna.

Sto lat temu każde dziecko widziało lampę naftową, a mało które automobil, nie więc dziwnego, że o wynalazku Łukasiewicza mówiło się w takim kontekście. Dziś sytuacja jest przeciwna, szkoda tylko, że edukacja za tym nie nadąży. Zwłaszcza że w wypadku młodszych uczniów, gdy określenie „destylacja ropy naftowej” jest zbyt trudne, można mówić, że Łukasiewicz wymyślił, jak produkować benzynę, a bez niego nie byłoby motoryzacji.

² Jak już pisałem, Boyle sam nie odkrył „swojego” prawa, a co do Mariotte'a, to od razu powątpiewano w niezależność jego badań, skoro wyniki zespołu Boyle'a były od dawna znane.

³ Oryginalną pracę Joule'a możemy znaleźć pod adresem <https://books.google.com.au/books?id=hJEOAAAIAAJ&pg=PA260&hl=pl#v=onepage&q&f=false>.

1 : 3 : 5 : ...

Jest oczywiście prawdą, że drogi pokonywane w kolejnych jednakowych odcinkach czasu w ruchu jednostajnie przyspieszonym tworzą taką właśnie proporcję. Ale dlaczego uważać ją za coś szczególnie ważnego? Okazuje się, że w tym przypadku sięgniemy w głąb historii jeszcze dalej – do średniowiecza.

Otóż jednym z ważnych, choć nieco już zapomnianych matematyków tego okresu był Mikołaj Oresme. To właśnie on stworzył pojęcie funkcji i jej wykresu⁴. Między innymi rysował coś, co my nazwalibyśmy wykresem $v(t)$ w ruchu jednostajnie przyspieszonym, zauważył, że droga równa jest polu pod wykresem, a stąd wyciągnął wniosek o proporcji 1 : 3 : 5 : ...

Gdy Galileusz zaczął badać spadek swobodny, skorzystał z tego właśnie kryterium, aby upewnić się, że ma do czynienia z ruchem jednostajnie przyspieszonym.

Tylko jakie to wszystko ma znaczenie dzisiaj?

Eudoksos i równe drogi

Tyle było o historii, a jeszcze nie powiedziałem „już starożytni Grecy...” Pora to nadrobić.

Otóż już starożytni Grecy wiedzieli, że piękno świata wyraża się w liczbach. W każdym razie sądzili tak za czasów Pitagorasa. Niestety, wkrótce odkryli niewymierność, a ponieważ „liczbami” nazywali tylko liczby naturalne większe od jedności(!), w ich języku proporcja przekątnej kwadratu i jego boku nie wyrażała się stosunkiem liczb. Ta pożałowania godna sytuacja doprowadziła do powstania teorii proporcji Eudoksosa⁵.

Teoria ta stanowiła niewątpliwie wielkie dzieło abstrakcyjnego rozumowania, była jednak na tyle skomplikowana, że niektórzy historycy widzą w niej jedną z przyczyn upadku matematyki greckiej – na tym poziomie abstrakcji trudno było pracować.

Zgodnie z jednym z aksjomatów Eudoksosa porównywać można tylko wielkości jednego rodzaju. Nie możemy więc tworzyć proporcji z drogi i czasu. Dzieląc 10 m przez 5 s, pytamy, ile razy 10 m jest większe od 5 s, a przecież to nie ma sensu! Porównywać możemy za to bezwymiarowe proporcje, np. (proporcję drogi do jednostki długości) z (proporcją czasu do jednostki czasu).

Teoria Eudoksosa spisana została w *Elementach* Euklidesa i cieszyła się takim poważaniem, że przez wieki zdania formułowano w postaci „w dwa razy większym czasie ciało przebywa dwa razy dłuższą drogę”. Tak sformalizowany język dawno zarzucono, do dziś jednak można spotkać się z zabytkową definicją: „ruch jednostajny to taki ruch, w którym w jednakowych przedziałach cza-

⁴ Już wcześniej ktoś miał podobny pomysł, ale prace Mikołaja Oresme miały największe znaczenie.

⁵ Zainteresowanych odsyłam do *Historii matematyki* Marka Kordosa.

su ciało przebywa jednakowe drogi”. Drogę porównujemy tylko z drogą, czas tylko z czasem. Eudoksos byłby zachwycony.

Ta definicja pozwala zdefiniować ruch jednostajny, nie odwołując się do pojęcia prędkości. Tylko komu miałyby to być potrzebne? Licealiści z rozszerzenia może doceniliby ścisłość, ale oni od dawna wiedzą, co to jest prędkość. Gimnazjaliści z kolei nie rozumieją, dlaczego brak formalnej definicji prędkości miałby być przeszkodą w posługiwaniu się tym pojęciem, doskonale znanym im z życia codziennego. Definicja „eudoksosowa” tylko zaciemnia banalnie proste pojęcie, które można bez problemu wyjaśnić jako „ruch ze stałą prędkością”.

Refleksja ogólna

Podobnych anachronizmów można z pewnością znaleźć więcej, moim celem nie było wymienienie wszystkich. Chciałem tylko zwrócić uwagę, że trzeba się zastanawiać nad celem nauczania poszczególnych zagadnień, nawet jeśli „tak się zawsze robiło”. Może się bowiem okazać, że dzisiaj akcenty należy rozłożyć zupełnie inaczej.

Marcin Braun jest jednym z autorów podręczników *Na tropach przyrody* dla szkoły podstawowej, *To jest fizyka* dla gimnazjum, *Odkryć fizykę* dla zakresu podstawowego szkoły ponadgimnazjalnej oraz *Zrozumieć fizykę* dla zakresu rozszerzonego.