



Uczenie fizyki, czyli stąpanie nad przepaścią*

Barbara Sagnowska

Wydawnictwo ZamKor, Kraków

Kiedy na przełomie wieków, w związku z nową reformą, mieliśmy przystąpić do tworzenia podręczników, postanowiliśmy przygotować system pojęć, którym będziemy mogli się posługiwać w ciągu całego szkolnego nauczania fizyki i system zasad, których będziemy przestrzegać. Chodziło nam o to, by pojęcie, któremu nadaliśmy jakieś znaczenie na pierwszych stronach podręcznika, miało dokładnie takie samo znaczenie do jego ostatniej strony. By nauczyciel nie musiał w pewnej chwili mówić swoim uczniom: a teraz zapomnijcie jak was tego uczono dotychczas, bo tak naprawdę to jest inaczej.

Ten system pojęć i zasad miał być oparty na naszych polskich wypracowanych przez dziesięciolecia „obyczajach” związanych z uczeniem fizyki, ale miał być także niesprzeczny z systemami stosowanymi w strefie anglojęzycznej po to, by polski uczeń przystępujący np. do międzynarodowej matury potrafił się w niej łatwo odnaleźć.

System pojęć i zasad przygotowaliśmy i z żelazną konsekwencją do dziś staramy się go stosować w naszych podręcznikach. Nie twierdzimy, że jest idealny, na pewno można byłoby go udoskonalać, przeprowadzając badania dydaktyczne, stosując różne odmiany tego systemu i sprawdzając, które są najefektywniejsze.

Niestety w Polsce tego rodzaju badania nie są traktowane jako badania naukowe, nie można na ich podstawie zdobywać stopni naukowych, więc nikt ich nie prowadzi. Żaden młody ambitny fizyk rozpoczynający karierę naukową nie zajmie się problemami, które nie zapewnią mu stabilizacji, awansu, a co najwyżej wyrotowanie za kilka lat.

Czego więc w tym naszym systemie pojęć i zasad konsekwentnie przestrzegamy, czego unikamy i poprzez podręczniki próbujemy wyeliminować z polskiego uczenia fizyki. Oto przykłady:

- Unikamy posługiwania się żargonem fizycznym, staramy się by tekst fizyczny był równocześnie poprawny i elegancki w sensie czysto językowym.
- Tego samego słowa używamy tylko w jednym znaczeniu, by język, którym się posługujemy, był możliwie najbardziej precyzyjny. W różnych znaczeniach bywają używane np. słowa *pomiar*, *wyznaczanie*, *zależność*. Szczególnie nadużywane bywa słowo *określ*, którym zastępuje się inne bardziej precyzyjne czasowniki operacyjne np. *oblicz*, *wyraż*. Rozumienie

* Fragment wystąpienia na zakończenie Projektu Feniks, marzec 2012 r.

działu zwanego nauką o ciepłe niezwykle utrudnia uczniom używanie słowa *ogrzewanie* w dwóch zupełnie różnych znaczeniach: wzrostu temperatury i dostarczania ciepła. Gdy mówimy: ciała na skutek tarcia ogrzały się mamy na myśli wzrost temperatury. Gdy mówimy: ogrzewamy topniejący lód mamy na myśli dostarczanie ciepła. Jak widać dwa zupełnie różne zjawiska zostały nazwane tym samym słowem. Konsekwencje używania tego słowa w różnych znaczeniach ujawniają się w liceum, przy omawianiu przemian gazowych. W naszych podręcznikach ogrzewanie to zawsze wzrost temperatury.

Konsekwentnie rozróżniamy *szybkość* jako wielkość skalarną i *prędkość* jako wielkość wektorową. Ma to (obok wprowadzania współrzędnej wektora) fundamentalne znaczenie w rozumieniu przez uczniów wielu problemów mechaniki. Tego samego zdania są autorzy wybitnych pod względem dydaktycznym podręczników: David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, *Fundamentals of Physics* i Paul G. Hewit, *Conceptual Physics*. W oryginalnych anglojęzycznych wersjach tych książek można zauważyć niezwykle pieczołowitość w rozróżnianiu tych dwóch pojęć (*speed, velocity*). Niestety z niewiadomych powodów polscy tłumacze nie respektowali woli autorów przez co teksty stały się miejscami niezrozumiałe.

- Unikamy sformułowań sprzecznych z wyrażanymi treściami. Np. od wielu lat do ilościowego opisu pola magnetycznego jako elementu badawczego używa się naładowanej, poruszającej się cząstki. Siła działająca na taką cząstkę w polu magnetycznym nie jest styczna do linii pola magnetycznego tylko do tych linii prostopadła. Nie można więc nieodpowiedzialnie nazywać tych linii *liniami sił pola magnetycznego*, wprowadzając ucznia w kompletną dezorientację. Nie znajdziecie Państwo w naszych podręcznikach sformułowania: *podczas tarcia wydziela się ciepło*, bo podczas tarcia w ogóle nie mamy do czynienia z ciepłem. Według szkolnej podstawy programowej pojęcie ciepła wprowadza się po wprowadzeniu pojęć energii wewnętrznej i temperatury. Przez ciepło lub ilość ciepła rozumie się tę część energii wewnętrznej, która jest przekazywana przez ciało o temperaturze wyższej, ciało o temperaturze niższej. Podczas tarcia dwóch ciał o siebie, na skutek wykonywanej pracy wzrasta ich energia wewnętrzna, co objawia się wzrostem temperatury. Temperatura obu ciał wzrasta jednakowo więc żadne nie przekazuje drugiemu ciepła. Jeśli temperatura otoczenia jest niższa od temperatury układu trących ciał, to później układ przekazuje otoczeniu ciepło, ale jest to już efekt wtórny. Innym przykładem bezrefleksyjnego używania wydzielenia się ciepła jest odpowiedź na pytanie *dlaczego wzrasta temperatura przewodnika przez który płynie prąd? Bo wydziela się ciepło*. Jeśli zgodzimy się na taką odpowiedź całkowicie zaprzepaszczamy rozumienie przemian

energii, które zachodzą przy przepływie prądu w przewodniku. Uczeń powinien sobie uświadamiać, że energia elektryczna uległa w przewodniku zamianie w energię wewnętrzną, a wzrost energii wewnętrznej objawia się wzrostem temperatury. I dopiero na skutek różnicy temperatury przewodnika i otoczenia następuje przekazanie otoczeniu części energii, czyli ciepła.

Pewien rzymski senator wypowiedział słynną sentencję *Verba voland, scripta manent* (słowa ulatują, pismo zostaje). Wynika z niej, że granica dowolności językowej nauczyciela (który głównie mówi) jest nieco większa niż autora podręcznika (który głównie pisze, choć ostatnio także przemawia głosem lektora komentującego animacje i filmy dydaktyczne). Nauczyciel zawsze może się poprawić, autor – nie.

Często o zrozumiałości tekstu decyduje jedno właściwie lub niewłaściwie użyte słowo. Oto kilka autentycznych przykładów wybranych z podręczników:

- *Przyspieszenie jest wprost proporcjonalne do siły **niezrównoważonej**.* Uczeń może rozumieć, że to jedna z sił działających na ciało. Używając pojęcia **siły wypadkowej** wskazujemy na algorytm postępowania; najpierw należy dodać wszystkie siły działające na ciało.
- *W ruchu satelity po orbicie kołowej siła dośrodkowa **jest równa sile grawitacji**.* Uczeń może rozumieć, że na satelitę działają dwie równe sobie siły. Lepiej powiedzieć, że siła grawitacji **jest** siłą dośrodkową.
- *Siła nacisku ciała na podłoże **jest siłą ciężkości tego ciała**.* Nie jest to prawdą, bo każda z tych sił ma inną naturę i działa na inne ciało.
- *Pracę nazywamy iloczyn przesunięcia i siły **powodującej to przesunięcie**.* Niekoniecznie, może to być jakakolwiek siła działająca na ciało, towarzysząca przesunięciu. Pracę wykonuje siła lub ciało, które tą siłą działa. Stąd jeśli uczeń przeczyta w podręczniku o pracy wykonanej *przeciwko sile* jest nieco zdezorientowany.
- *Gdy źródło dźwięku zbliża się do obserwatora lub obserwator zbliża się do źródła, to częstotliwość odbieranego dźwięku **zwiększa się**.* Powinniśmy powiedzieć **jest większa**, bo uczniowie często sądzą, że w miarę zbliżania się źródła dźwięku do obserwatora, częstotliwość rośnie.
- Istotne nieporozumienia pojawiają się gdy pytamy o stan nieważkości. Rozróżnienia wymagają dwa pytania:
 - Co to znaczy, że układ ciał jest w stanie nieważkości? To znaczy, że ciała tego układu nie naciskają na siebie wzajemnie.
 - Kiedy taki stan występuje? Układ jest w stanie nieważkości, gdy porusza się w polu grawitacyjnym swobodnie, tzn. na układ działa tylko siła grawitacji.

Jak Państwo zauważyli wybrałam przykłady bardzo proste, bo chodziło mi tylko o pokazanie idei.