

4.2 Trudności w rozumieniu a rola dydaktyki

Nauczanie fizyki – trudności matematyczne czy nieumiejętność komunikacji

Referat na V Konferencji „Media – Język – Edukacja” Toruń 2009

Streszczenie

Fizykę na egzaminie maturalnym wybiera jedynie 4% uczniów. W powszechnej opinii, jest ona przedmiotem nielubianym i trudnym. Gdzie leżą trudności? Pokazujemy, że głównie w nieumiejętności komunikowania wiedzy. Rozwiązań należy szukać zarówno we właściwie konstruowanych ścieżkach dydaktycznych, z wykorzystaniem poglądowych eksponatów jak w warstwie etymologicznej – skojarzeń, gry słów, użycia wyrażen pochodzenia obcego.

I. Wstęp

Motto: „Chodzi mi o to , aby język giętki powiedział wszystko, co pomyśli głowa...”

Wybraliśmy na motto słowa Wieszcza, nie przez ukłon w stronę nauk humanistycznych, ale dla wskazania istotnego problemu we właściwej *werbalizacji* treści dydaktycznych, również w zakresie nauk ścisłych.

W języku Eskimosów kilkanaście określeń dotyczy rodzaju śniegu a języku gruzińskim kilkanaście określeń dotyczy stopnia zaawansowania wegetacji winorośli. Oczywiście, istnienie określonej *klasy* pojęciowej znajduje odzwierciedlenie w języku.

Podobnie ma się przy porównaniu języków obcych. W języku włoskim, korzystającym poprzez łacinę z wielu kategorii języka greckiego, *antagonista* oznacza nie tylko *wroga* ale i *przeciwwagę*, np. głównej postaci w greckim dramacie, a na określenie „bohatera” dramatu, używa się słowa *protagonista*. W polskim języku potocznym słowo bohater powieści i bohater bitwy korzystają z tego samego rzeczownika, czego nie ma w języku włoskim. De facto więc, w polskim języku potocznym słowo *protagonista* nie ma odpowiednika.

Włoskie *sentimento*, oznacza nie *sentymet*, ale *uczucie* a także *przecucie* a słowo *senso* to nie tylko polski *sens* ale także *zmysł* i *poczucie* (np. winy). Zakresy znaczeniowe *sentimento* i *senso* pozostają więc w dużej mierze rozdzielne w obu językach, choć odpowiednie kombinacje pozwalają na pokrycie w miarę wszystkich kategorii pojęciowych.

Nie jest tak na przykład ze słowem *revindicazione*, co można by przetłumaczyć na *rewindykację* nadając słowu od razu zastosowanie prawne (i finansowe). Włoski oryginał oznacza jednak nie tylko żądanie finansowe, ale też prośbę o odstąpienie zarezerwowanego uprzednio miejsca w pociągu. Na uprzejmą prośbę o uznanie naszych praw zaistniałych wcześniej brakuje w języku polskim odpowiednika. Z kolei włoskie *premio* to nie tylko *nagroda* ale także doroczna opłata z tytułu ubezpieczenia (domu, samochodu); tak trochę dla osłody konieczności płacenia. Wreszcie w kulturze, włoskie *rinascimento* oznacza dokładnie *odrodzenie*, które w języku polskim ma już znaczenie zarezerwowane, tak więc *renesansowi* nadajemy znaczenie *odnowy*.

Władysław Tatarkiewicz napisał traktat „O szczęściu” [1] z przesłaniem podkreślenia zasadniczej różnicy między angielskim *luck* i *happiness* – pierwsze jednorazowe i przelotne, drugie pełne i długotrwałe. We włoskim odpowiedniki są nawet bardziej przejrzyste: *fortuna* i *felicita'*. W języku polskim nachodzenie na siebie dwóch znaczeń sugeruje, że dla osiągnięcia *szczęścia* potrzebne jest *szczęście*, co może mieć konsekwencje nie tylko lingwistyczne, ale i edukacyjno - społeczne. Hedonizm wydaje się być nieobecny we współczesnych polskich wzorcach kulturowych, z Petroniuszem Sienkiewicza jako jego zapewne *epigonem*...

II. Budowanie zrozumienia w warstwie słownej

Co oznacza w praktyce dydaktycznej ta różnorodność sensów i zakresów pojęciowych tych samych słów? Tłumaczy się ona na umiejętność szukania przez wykładowcę właściwego określenia dla najlepszego oddania znaczenie danego: i) zjawiska, ii) przedmiotu, iii) kategorii abstrakcyjnej. Doświadczony wykładowca nie ogranicza więc wyjaśnienia do cytowania definicji, ale stwarza nie tylko warstwę słowną, ale i przykładową dla przekazania właściwego znaczenia.

W ostatnich latach niektóre środowiska fizyków w Polsce [2] podjęły próbę rozgraniczenia słowa „prędkość”, jako odnoszącego się do ruchu od słowa „szybkość” jako odnoszącego się np. do reakcji chemicznych. Oczywiście, sztuczne rozgraniczenie dwóch słów całkowicie zamiennych w języku potocznym (i angielskim również, *speed* i *velocity*) prowadzi do niepowodzeń dydaktycznych. Dobór słowa „jednostajny” jest sam w sobie niefortunny. Sugeruje on „monotonny” a w rzeczywistości chodzi o ruch ze stałą prędkością. Co więcej, dla ruchu po okręgu też używamy określenia *jednostajny* (po okręgu) a jest on jak najbardziej niejednostajny w sensie fizyki – prędkość w każdym momencie zmienia kierunek

(a prędkość jest *wektorem*, czyli wielkością dla której kierunek jest podstawowym atrybutem!)

Jak poradzić sobie z niefortunną definicją? Po pierwsze rozszerzyć zakres *słowny* przez użycie wyrażzeń bliskoznacznych. I tak, ruch ze stałą prędkością po linii prostej możemy nazwać ruchem *regularnym* zaś ruch po okręgu dodatkowo jest *powtarzalny*. I znów, włoski, język Galileusza, używa dwóch określeń zasadniczo różnych: *uniforme* jako jednostajny prostoliniowy i „ruch okrężny ze stałą prędkością”. Nie oznacza to, że powinniśmy zmieniać ustaloną terminologię, ale że powinniśmy jej używać ostrożnie, obrazowo mówiąc, znów po włosku, z *pincetą*. Co zrobiono w ostatniej podstawie programowej MEN z problemem? Po prostu usunięto ruch po okręgu z programu (czyli, absolwent gimnazjum będzie upoważniony, aby nie rozumieć tytułu dzieła Kopernika...)

Analogia ruchu (jednostajnego) po okręgu i po linii prostej jest jednak inna, i niezwykle ważna” w obu przypadkach nie zmienia się energia *kinetyczna* poruszającego się ciała. Innymi słowy, przy braku dodatkowych sił ruch jest *wieczny*. Takie postawienie problemu otwiera kolejne *ścieżki* dydaktyczne. Otóż w ruchu po okręgu *występuje* siła – siła „dośrodkowa”. W ruchu planet tą siłą jest siła grawitacja pochodząca od Słońca. W ruchu kamienia na sznurku, jest to naciąg sznurka. Dlaczego więc siła dośrodkowa nie zmienia wartości prędkości poruszającego się ciała? Działa ona *prostopadle* do trajektorii ruchu. Według definicji fizycznej *pracy*, taka siła wykonuje pracę *zerową*, a zerowa praca nie zmienia *energii* kinetycznej ciała.

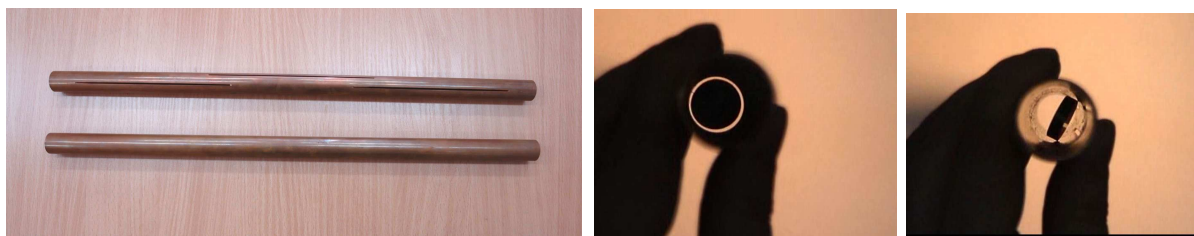
Analiza używanych pojęć, fortunnie lub niefortunnie, w kontekstach różnych języków, w kontekstach użycia *potocznego*, w kontekstach *historycznych* może niebywale wzbogacić proces dydaktyczny a przez to podnieść jego skuteczność.

III. Poglądowość i ścieżki poznania

Doświadczenie z silnym, neodymowym magnese spadającym w miedzianej rurce jest proponowane przez niektóre wydawnictwa w Polsce jako środek dydaktyczny wzbogacający nauczania elektromagnetyzmu. W pracy [3] zaproponowaliśmy zmodyfikowaną wersję tego doświadczenia, w którym rurka ma wąskie podłużne nacięcia. Pomysł został natychmiast skopiowany jego sens natomiast nie! Jaki jest sens uczynienia podłużnych nacięć w rurce?

Otóż, o całkach absolwenci liceum, przynajmniej tego „starej daty” mniej-więcej słyszeli. Jest to (jakaś) operacja matematyczna, która ma wiele zastosowań, zapewne i w statystyce jak i (na pewno) w technice i fizyce. Czym jest całka krzywoliniowa, a w

szczegółności po konturze zamkniętym, to i większość absolwentów matematyki i fizyki miałoby kłopoty z wyjaśnieniem. Matematycznie, całka krzywoliniowa da się zamienić na całkę „normalną”, tj. w jednym wymiarze, ale jak, to należałoby poszukać. A na pewno nie da się tego tak łatwo pokazać? Czyżby?



Ryc. 1. Dwie rurki miedziane i spadający w nich magnes - pogładowa realizacja całki krzywoliniowej w prawie indukcji elektromagnetycznej Faradaya. W rurce pełnej spadający magnes „lewituje”, wisząc w powietrzu i nie dotykając ścianek; w rurce naciętej podłużnie magnes spada „koziołkując” i objając się o ścianki

Drugą obserwacją dydaktyczną, która skłoniła nas do ponacinania rurki jest prawo indukcji (elektromagnetycznej), nazywane w Polsce (i Anglii) prawem Faradaya, w Rosji dodatkowo – Lenza a w Niemczech dodatkowo - von Neumanna. Co mówi prawo FLvN? Prawo określa wielkość prądu, jaki indukuje się w obwodzie elektrycznym (np. w prądnicy elektrowni) jeśli wsuwamy (lub wysuwamy) do (z) tego obwodu magnes. Otóż prąd ten, a raczej tzw. „siła elektromotoryczna” zależy od szybkości zmian „strumienia” pola magnetycznego. Matematycznie możemy zapisać to jako

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (1)$$

gdzie \mathcal{E} jest właśnie „siłą elektromotoryczną”, czyli innymi słowy generowanym napięciem a Φ - strumieniem magnetycznym; $\Delta\Phi/\Delta t$ jest szybkością *zmian* strumienia Φ . Pogładowo, im silniejszy magnes lub im szybciej go wsuwamy (lub nim kręcimy w elektrowni), tym większe napięcie się generuje.

Prawo (1) wystarcza w procesie dydaktycznym na poziomie gimnazjum i liceum. Na poziomie uniwersytetu nie jest on do końca poprawne *dydaktycznie*. Otóż, prawa Maxwella, będące uogólnieniem praw elektryczności i magnetyzmu nie używają pojęcia *siły elektromotorycznej*. Prawa Maxwella mówią o polach: elektrycznym i magnetycznym i o związkach między nimi. Po prawej stronie równania (1) mamy pole magnetyczne. A gdzie

jest odpowiadające mu pole elektryczne? Otóż siła elektromotoryczna \mathcal{E} jest właśnie *całką* z pola elektrycznego E , ale całką szczególną, *krzywoliniową* po profilu *zamkniętym*.

$$\oint E \circ ds = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (2)$$

Czy można nadać formę pogładową tak skomplikowanemu zapisowi matematycznemu? Służą ku temu właśnie nacięcia w miedzianej rurce. Całka po lewej stronie równani (2) jest całką po profilu *zamkniętym*. Jeśli rurkę ponacinamy, całka nie jest po profilu zamkniętym i magnes spada inaczej niż w rurce bez nacięć – objając się o ścianki i koziółkując.

Oczywiście, dla studentów operujących pojęciami pola elektrycznego i całki wyjaśnienie to jest wystarczające. Niestety, sama zasada pogładowości nie wystarcza, jeżeli odbiorca nie dysponuje odpowiednim zakresem pojęciowym. Należy skonstruować *ścieżkę* dydaktyczną, najlepiej korzystając z innych eksponatów *poglądowych*. Warstwa pogładowa służy *odnalezieniu* w kategoriach pojęciowych właściwego wytłumaczenia, korzystając z różnorodności sposobów *werbalizacji* zjawiska.

Przećwiczmy to na przykładzie spadającego magnesu i rurki. Rurkę z magnesem przekazujemy od ucznia do ucznia, aż do usłyszenia najwłaściwszej werbalizacji. Scenariusz (oparty na rzeczywiście przeprowadzonych lekcjach w różnych grupach słuchaczy) może być następujący:

N: - Co widać?

U1: - Magnes „tak” spada.

N: Jak?

U2: - Wolniej.

N: Czyli?

U3: Tak jakby był odpychany od ścianek?

N: Tak?

U4: Tak jakby *lewitował*.

Lewitacja jest w tym doświadczeniu najlepszym (i jedynym właściwym) wytłumaczeniem. Dlaczego? Otóż lewitacja oznacza, że spadające ciało jest przez cos podtrzymywane. Przez co, jeśli magnes niczego nie dotyka? Wyjaśnimy to przez drugi eksponat o funkcji pogładowej - wiszące magnesy, zob. ryc. 2. W wiszących magnesach jest natychmiast jasne, że górny magnes „wisi” w powietrzu (czyli lewituje), bo jest odpychany przez magnes dolny. Jeśli więc i magnes w rurce „lewituje”, to musi istnieć jakiś magnes, który go odpycha, i to

dokładnie ku górze. Skąd się taki magnes bierze? Oczywiście, z prądów w rurce, które płyną jakby po obwodzie magnesu na ryc. 2, czyli w rurce po okręgach prostopadłych do osi. Dwa eksponaty wzajemnie się uzupełniają i tworzą (w miarę kompletną) ścieżkę dydaktyczną.



Ryc. 2. Co powoduje, że górny magnes „wisi” w powietrzu? Oczywiście, odpychająca siła pochodząca od magnesów dolnych. Magnesy na ryc. 2 mają bieguny u góry i na dole (z jaśniejszej i ciemniejszej strony). Prąd elektryczny płynący po okręgu tj. po obwodzie magnesu wytwarza takie same bieguny. W rurce z magnesami, prąd płynie podobnie – po obwodzie okręgów. Jeśli te okręgi przetniemy, lewitacja ginie.

Nacięcia w rurce powodują, że ten prąd ulega przerwaniu, więc *indukowany* magnes nie jest doskonały i spadający neodym „koziołkuje”. Oczywiście, pogładowość lekcji wymaga samodzielnego wykonania doświadczeń przez ucznia, lub przynajmniej obejrzenia ich wirtualnej wersji [5].

Trudność w wyjaśnieniu zjawiska indukcji wynika więc z nieumiejętności użycia właściwej *werbalizacji* zjawiska i braku adekwatnych przykładów a nie z jego natury matematycznej. Niestety, liczne przykłady polskich podręczników wskazują, że wykładowca chce powiedzieć, to co on sam *wie*, a nie to czego powinien uczeń się *dowiedzieć*.

Reasumując, nawet w naukach przyrodniczo-matematycznych, a może szczególnie w naukach matematycznych, umiejętność poszukiwania i) różnych *znaczeń*, ii) różnych *kontekstów* praktycznych, iii) różnych uwarunkowań *kulturowych* [4], iv) różnych *etymologii* użytego **słowa** bywa wielokrotnie ważniejsza niż ścisłość formalna.

IV. Bibliografia

- [1] W. Tatarkiewicz, *O szczęściu*, PWN, 2005.
- [2] K. Fijałkowski, *Mechanika klasyczna*, J. R. Taylor, Postępy Fizyki **58** (2007) 273.
- [3] G. Karwasz, W. Niedzicki, A. Okoniewska, M. Jurek *Multimedia Tools in Teaching Physics*, Second International GIREP (Groupe International de Recherche sur l’Enseignement de la Physique) Seminar “Quality Development in Teacher Education and Training”, Selected Contributions, Forum, Editrice Universitaria Udinese, Udine, 2004, p. 477, Ed. M. Micheli.
- [4] Siemieniecki B., *Kulturowe uwarunkowania znaku, znaczenia i kontekstu*, w “Kognitywistyka i media w edukacji” 1-2/2007 Wyd. Adam Marszałek.
- [5] G. Karwasz, K. Służewski, wersja multimedialna artykułu, http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/semin_media_2009