

## Gawędy o diodach i czarnych dziurach

### *uwagi o uwagach Ryszarda Nycha*

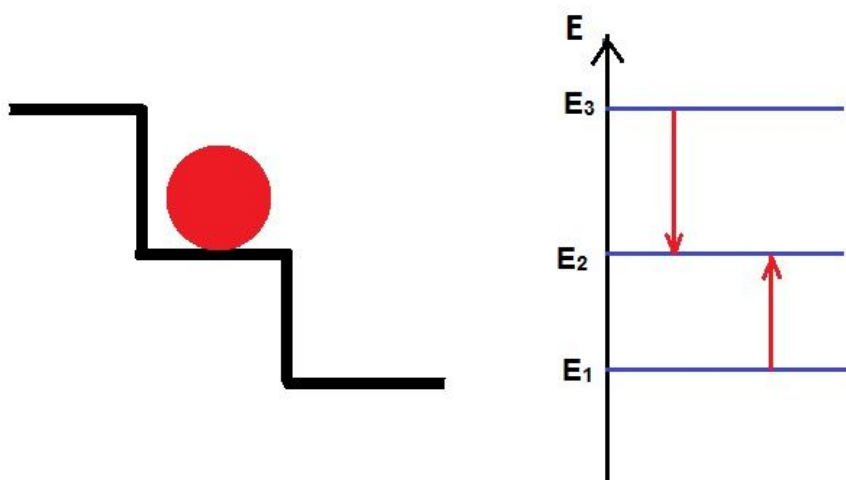
Oj, Ryszardzie! Twoje uwagi do mojego listu otwartego wydają się rzeczywiście **bardzo** nieuporządkowane. Zatem nie będę się odnosił do wszystkich Twoich dywagacji. Trudno mi jednak przemilczeć powtarzane zarzuty, że przeciwko poprzednim zmianom "nie protestowaliście". Przede wszystkim to merytorycznie nie ma nic do rzeczy. Z tego, że ktoś kiedyś nie protestował, nijak nie wynika, że dzisiaj jego argumentacja jest zła! Poza tym dobrze pamiętam różne dyskusje i protesty. Sam opublikowałem w ciągu ostatnich piętnastu lat kilkadziesiąt artykułów (w "Fizyce w Szkole" i w "Fotonie"), a prawie w każdym z nich pokazywałem na jakimś przykładzie, że kiepsko uczymy fizyki. Masz więc pamięć dziwnie krótką lub nader wybiórczą!

Wolę jednak dyskutować merytorycznie o fizyce zamiast gawędzić o tym jak kiedyś - gdy byliśmy piękni i młodzi - było świetnie, a potem tylko wszystko psuli i psuli.

Pytasz, jak możemy dzieciom tłumaczyć działanie diody? No właśnie: jak?

Być może podstawowym problemem jest nasza zachłanność w natychmiastowym wprowadzaniu analizy wielkości zmieniających się w sposób ciągły. Kinematyka nie wyjaśnia świata - to tylko matematyczny **ciągły** opis ruchu. Żeby to zrobić, Newton musiał wymyślić rachunek różniczkowy i całkowy. A my każemy dzieciom rozpocząć przygodę z fizyką od tak trudnych pojęciowo i matematycznie zagadnień. Liczby naturalne są o wiele prostsze o rzeczywistych. Czemu o tym zapomnieliśmy?

Gdy wprowadzamy energię, może warto się skupić na zmianach dyskretnych? Oto przykład: piłka na schodach. Jej stabilne stany opisywane są przez poziomy energetyczne: pierwszy, drugi, trzeci.. (rys. 1)

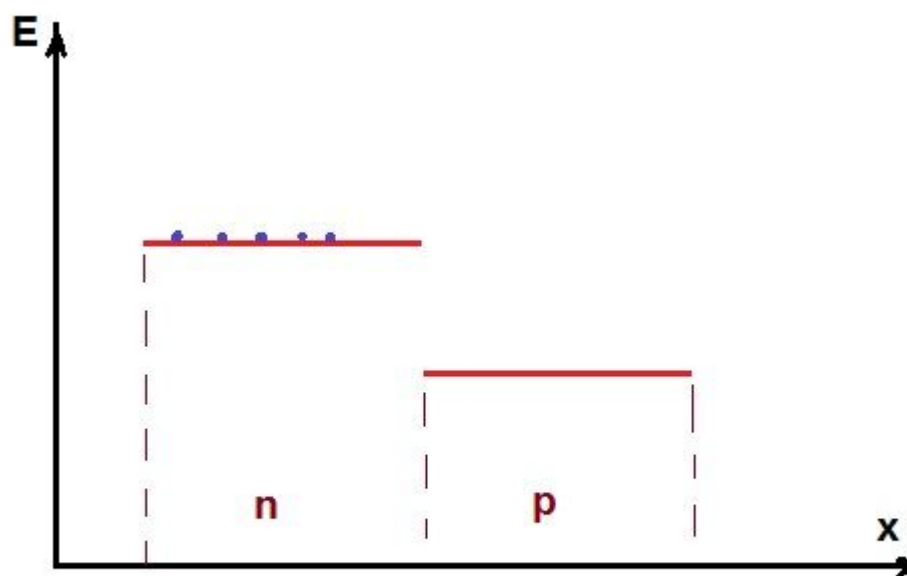


**Poziomy energii piłki na schodach**

Rys. 1

Na tym przykładzie łatwo pokazać, czym różni się stan podstawowy od wzbudzonych i na czym polegają przejścia między poziomami. W ten sposób płynnie możemy przejść do atomu podkreślając, że w przeciwieństwie do piłki **nie możemy** obserwować zachowania elektronu w atomie, ale możemy badać poziomy energetyczne.

A co z diodą? Ano spróbujmy (rys. 2).



**Prosty model działania diody**

Rys. 2

Dioda jest połączeniem dwóch materiałów nazywanych półprzewodnikami: jednego typu n, który ma poziom (pasmo) z elektronami swobodnymi oraz drugiego typu p, który ma niższy poziom. Jeśli przyłożymy napięcie wymuszające ruch elektronów w prawo, to spadają na niższy poziom i bez przeszkód płyną dalej - prąd przez diodę płynie. Jeśli pole elektryczne pcha elektrony w lewo, to wpływają do diody, ale napotykają przeszkodę, nie mogą wszak podskoczyć na wyższy poziom. Prąd wtedy nie płynie. Stąd dioda może być zarówno prostownikiem jak i podstawowym elementem bramki logicznej. Mało tego, gdy prąd płynie, elektrony spadając na niższy poziom emitują fotony, które pochłaniane powodują ogrzewanie diody. Jeśli jednak skonstruujemy ją tak, by złącze było nie przesłonięte - dioda będzie świecić! To jeszcze nie wszystko. Jeśli diodę odpowiednio oświetlimy, fotony będą przetrzucać elektrony na wyższy poziom (z "p" do "n"), a dalszą część obwodu mają "z górki". Dioda może więc być podstawowym składnikiem ogniwa słonecznego.

To prościutki model. Ma on tylko pokazać, że **można** łatwo przekazać podstawowy mechanizm działania diody. Trzeba tylko **chcieć**!

A jak tu mówić nieprzygotowanym dzieciom o czarnych dziurach? Może tak:

***Czarna dziura to obiekt o tak dużym ciężeniu na powierzchni, że nie wypuszcza żadnego ciała, nawet światła. Powstaje wtedy, gdy gazowa gwiazda jest ściskana przez grawitację. Czarne dziury mają fascynujące właściwości, dlatego są tak sławne. Na przykład na powierzchni czarnej dziury zatrzymuje się czas. Niestety, żadne ciało nie może się tam zatrzymać! Jeśli chcesz coś z tego zrozumieć - musisz studiować fizykę. Tylko specjaliści mają w dzisiejszym świecie szansę zrozumieć jakiś kawałek rzeczywistości.***

Zresztą wcale nie twierdzę, że czarne dziury muszą się znaleźć w podstawie programowej. Z pewnością powinny tam się znaleźć: poziomy energetyczne, dioda, elementy teorii względności i rozszerzający się Wszechświat.

Twoje przekonanie, że nie możemy nic na lekcjach fizyki wprowadzać ad hoc, bez uzasadnienia, jest oparte na fałszywych przesłankach. Nie wyjaśniamy wszak, dlaczego istnieje (i ma takie a nie inne własności) elektron. Po prostu stwierdzamy, że istnieją elektrony. Tak samo stwierdzamy, że istnieją neutrony i protony. Dlaczego nie mielibyśmy podobnie wprowadzić na przykład fotonów? Obowiązujący dydaktyczny paradygmat to stwierdzenie, że fala elektromagnetyczna to drgające pole elektryczne i magnetyczne rozchodzące się z prędkością światła. Tyle że dzieci, którym mamy wprowadzić fale elektromagnetyczne, nie znają pojęcia pól elektrycznych i magnetycznych! Nie prościej jest powiedzieć: światło to strumień cząstek poruszających się z prędkością światła nazywanych fotonami? I nowocześniej, i łatwiej!

Gdy mamy własne dzieci - odpowiadamy (mam nadzieję!) na niezliczone ich pytania. Gdy stajemy przed dziećmi cudzymi, nagle załamujemy ręce. Niemożliwe. Nie da się! Ściśle albo w ogóle nie! Rzecz jasna podstawowy warunek przetrwania to zasada najmniejszego działania: nic w nauczaniu fizyki nie zmieniać. Jak było na początku (naszej kariery), tak już zawsze i na wieki wieków.

Ludwik Lehman