



Nocne rozmyślenia fizyka szkolnego – felieton

Ludwik Lehman

II LO im. M. Kopernika w Głogowie

Rubrykę pod tą nazwą prowadziłem w „Fizyce w Szkole” od 2002 roku dzięki niezapomnianemu Redaktorowi Adamowi Smólskiemu. Czas jednak wiele zmienił (niestety), lecz bezdomną rubrykę przygarnął gościnnie „Foton”. Na szczęście dla jednych, na nieszczęście dla innych. Niżej tekst, który miał się ukazać w numerze 5 „Fizyki w Szkole” w 2012 roku. Miał.

Efektywnie o masie i nie tylko

Masa to fundamentalne pojęcie fizyczne. Na pozór wydaje się, że jest ono dobrze zdefiniowane, ale... właściwie gdzie? Za ścisłą definicję masy uznaje się nieraz – zwłaszcza w fizyce szkolnej – drugą zasadę dynamiki: masa to stosunek siły do przyspieszenia. Jednak ta zasada jest prawem przyrody, nie może więc być jednocześnie definicją! Jak wobec tego zdefiniować masę niezależnie od niej? Określenie z *Principiów* Newtona, że masa to iloczyn gęstości i objętości ciała, także nie jest porządną definicją. Gdy bowiem pytamy, co to jest gęstość, musimy odpowiedzieć, że to stosunek masy do objętości. Używane często określenie, że masa jest miarą ilości substancji, może być traktowane tylko intuicyjnie, bowiem substancja jest równie niezdefiniowana... Wszelkie ewentualne definicje oparte na energii i tak odwołują się do zasad dynamiki, bowiem z nich wyprowadzamy wzory na energię.

Zatem okazuje się, że masa (podobnie jak siła i parę innych ważnych pojęć) NIE JEST precyzyjnie zdefiniowana!¹ Taki już los fizyków. Muszą oni przyjąć po prostu, że masa jest tym, co pokazuje waga, siła tym, co pokazuje siłomierz, a temperatura jest tym, co pokazuje termometr. Następnie budują – posługując się pojęciami rozumianymi intuicyjnie – teorie, które potem są potwierdzane przez eksperymenty. To naprawdę ważne – podstawowe pojęcia fizyki nie są jasno i jednoznacznie zdefiniowane, zatem trzeba je wciąż dookreślać na nowo, uwzględniając kolejne etapy w rozumieniu natury. Zatem nie ma nadziei, że wszyscy fizycy będą używać wszystkich pojęć w tym samym znaczeniu!

Przyjrzyjmy się bliżej masie. W fizyce ciała stałego wprowadza się pojęcie masy efektywnej elektronu. Jest ona wielkością tensorową, to znaczy zależną od kierunku, w którym działa siła. W pewnych sytuacjach bywa nawet ujemna. Jest tak dlatego, że masa efektywna uwzględnia oddziaływanie elektronu z polem elektrycznym wewnątrz kryształu. Czy masa efektywna to masa „prawdzi-

¹ Zob. jednakże artykuły Marka Zrałka i Krzysztofa Fiałkowskiego.

wa” czy „nieprawdziwa”? Na to pytanie nie ma dobrej odpowiedzi, tak mi się przynajmniej zdaje. Wprowadzamy takie pojęcia, które pomagają nam zrozumieć Naturę. Nie byłoby celowe używać pojęcia masy efektywnej w gimnazjum, ale w wykładach dla studentów fizyki jest to bardzo wskazane. Jeśli ktoś z Szanownych Czytelników chce się jednak upierać, że masa efektywna nie jest cechą samego elektronu, zatem nie możemy jej uważać za „pełnowartościową” masę, to niech poczyta trochę dalej...

Otóż od dawna wiadomo, że pole elektryczne elektronu wnosi wkład w jego masę spoczynkową, bo elektron po prostu je ze sobą wlecze, czyli wpływa ono na jego bezwładność. Dalej jest jeszcze ciekawiej. Otóż zgodnie z Modelem Standardowym masy spoczynkowe wszystkich cząstek elementarnych są właśnie masami efektywnymi powstałymi wskutek oddziaływania tych cząstek z polem Higgsa! Mało tego! Ponad dziewięćdziesiąt procent masy nukleonów pochodzi od energii kinetycznej oraz oddziaływania bezmasowych gluonów! To gdzie jest ta porządna masa spoczynkowa? Nie ma, wyparowała ze współczesnej fizyki całkowicie...

Chciałem rozwinąć temat niejasności podstawowych pojęć fizyki, ale lektura Nr 4 „Fizyki w Szkole” z 2012 roku zmusza mnie do czegoś innego. Otóż Aleksander Nowik bez pardonowo zaatakował nasz (napisany przeze mnie i Witolda Polesiuka) podręcznik *Fizyka. Po prostu*. Zarzuca nam wprowadzanie treści sprzecznych z teorią względności oraz wzywa niedwuznacznie do wyeliminowania podręcznika z rynku z powodu używania przez nas pojęcia masy relatywistycznej, jego zdaniem zakazanej całkowicie we współczesnym nauczaniu fizyki. Polemizowałem już z Aleksandrem Nowikiem na podobny temat („Fizyka w Szkole” Nr 4 z 2010 roku), zatem nie chcę powtarzać pewnych argumentów. Dlaczegoż to nie wolno używać pojęcia masy relatywistycznej? Dlatego, że nie podoba się to niektórym fizykom? W czym jest ona gorsza od masy efektywnej? Tej ostatniej warto używać tylko na wysokim poziomie wykładu, np. dla studentów fizyki. Z masą relatywistyczną jest odwrotnie: świetnie nadaje się do poziomu szkolnego, a studentom fizyki nie jest już tak potrzebna (tu się z Olkiem zgadzam). Masa relatywistyczna jest jedynym szczątkiem teorii względności (obok równoważności masy i energii), który możemy przedstawić w szkołach młodym Polakom. Nawet w podstawie programowej dla poziomu rozszerzonego nie ma wszak śladu fizyki współczesnej. Uczniowie często zadają pytanie: dlaczego nie można osiągnąć prędkości światła? Jak wyjaśnić to inaczej niż wzrostem masy wraz z prędkością? Zjawiska obserwowane w akceleratorach też są w warunkach szkolnych niemożliwe do objaśnienia bez tego pojęcia.

Nie odniosę się tu do konkretnych zarzutów Aleksandra Nowika, bo z felietonu zrobiłby się elaborat. Zatem stwierdzę tylko, że nie zgadzam się z jego zarzutami. Jako błędy i treści sprzeczne z teorią względności traktuje on po prostu ujęcie inne od swojego. Poucza nieznośnym tonem o „jedynie słusznym”

podejściu do trudnych zagadnień równoważności masy i energii, sam jednak – jak widać z jego tekstu – nie całkiem je rozumie. Niestety, muszę przez to zaliczyć Aleksandra Nowika do grupy fizyków regularnie pisujących do „Fizyki w Szkole”, których nazywam sobie roboczo ortodoksami. Ortodoks to osoba, która uważa, że w pewnym obszarze fizyki (każdy ortodoks ma swojego konika) niesłuchanie ważna jest precyzja. Ortodoks jest przekonany, że posiadał wiedzę absolutną na dany temat, a każde odchylenie od jego poglądów jest dużym błędem, skandalem i tak dalej. Żadne autorytety nie zachwieją tą jego pewnością (nic to, że nasz podręcznik był recenzowany nie tylko przez recenzentów MEN, ale również wcześniej przez wybitnych fizyków i astronomów, którzy nie dopatrzyli się żadnego błędu). Ortodoks będzie bronił PRAWDY ABSOLUTNEJ do upadłego. Konik Aleksandra Nowika to najwyraźniej teoria względności, a szczególnie masa relatywistyczna. Chętnie podrzucę mu inny temat – bieguny magnetyczne. To pojęcie, dawno wyrugowane z teorii magnetyzmu, wciąż „szlaja się” po podręcznikach, prowadząc do potwornego zamieszania. Przecież bieguny nie istnieją nie tylko w teorii, ale również w rzeczywistym świecie! Zatem ich status jest w fizyce znacznie gorszy od masy relatywistycznej, którą przynajmniej można ściśle zdefiniować i stosować zgodnie z definicją. Jednak trudno bez ich pomocy wyjaśnić dzieciom oddziaływanie dwóch magnesów i dlatego wciąż są obecne w podręcznikach.

To tylko przykład, że fizyka – i jej nauczanie – nie są takie proste, jak się to ortodoksom wydaje. Od Aleksandra Nowika oczekiwałbym konsekwencji. Niechaj teraz wezwie do bojkotu wszystkich podręczników zawierających to mylne, bałamutne pojęcie „biegunu magnesu”. Do ataku, naprzód i hurra!

Powtórzę jeszcze raz: w naszym podręczniku wprowadzamy, podobnie jak to robią autorzy innych podręczników, takie pojęcia i takie przybliżenia, jakie naszym zdaniem pozwolą uczniom opanować ważne treści fizyczne. Otrzymaliśmy już wiele relacji potwierdzających, że naprawdę można się z niego skutecznie uczyć fizyki. Jednak od początku byłem przekonany, że ortodoksi będą ten podręcznik ostro zwalczać. Rzeczywistość okazała się, jak zwykle, bogatsza od przewidywań. Jeśli bowiem już w pierwszym tekście krytycznym mamy wezwanie do całkowitego bojkotu, to co będzie dalej?

PS. Nie chcę już więcej pisać w nocnych rozmyślaniach ani o swoim, ani o cudzych podręcznikach. Chciałbym tylko zapewnić Pana Marcina Brauna, iż – wbrew temu, co napisał w „Fizyce w Szkole” – wcale nie uważam Jego podręcznika za kiepski. Wręcz przeciwnie!