

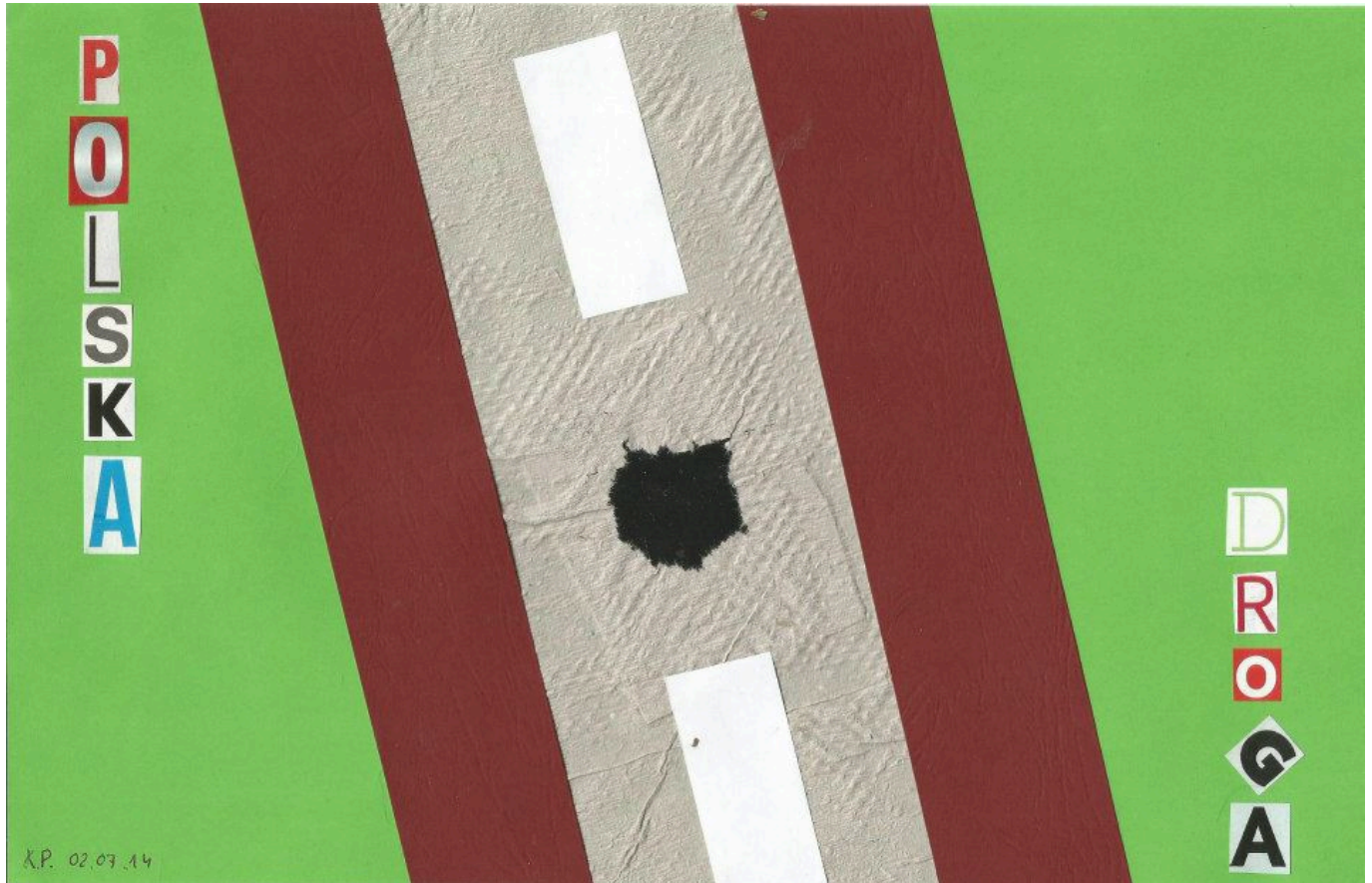
P
O
L
S
K
A

D
R
O
G
A

K.P. 02.07.14

Adam Cebula "O dydaktycznym robieniu w balona"

nimfa bagienna



Kumpel pracujący w naszym instytucie przypędził do mnie zbulwersowany. W ręku trzymał podręcznik do przyrody. Po usadzeniu na krześle i uspokojeniu w końcu się wyjaśniło. No i muszę przyznać: teraz ja musiałem się uspokajać. A rzecz pewnie osobie postronnej wyda się błaha, nieważna, daleka od jakiegokolwiek prawdziwego znaczenia. Cóż kogoś może obchodzić, co komu może zaszkodzić jeden błąd w podręczniku do przyrody?

Jaki błąd? Jest się czego czepiać? Ano, postanowiono maluczkiem zademonstrować, że powietrze ma ciężar, a może to, że waży. Zrobiono to w następujący sposób: powieszono na prowizorycznej wadze wykonanej ze szkolnej linijki dwa puste baloniki. Następnie jeden z nich nadmuchano, powieszono ponownie i okazało się, że ów nadmuchany balonik jest cięższy. Sprytne, prawda?

Durne. Balonik znajduje się cały czas w powietrzu. Nadmuchany tym powietrzem wypiera dokładnie tyle, ile waży powietrze w jego wnętrzu. Prawo Archimidesa zapewnia, że dopóki te baloniki są zanurzone w powietrzu, żadne dmuchanie czy niedmuchiwanie nie ma prawa niczego zmienić. Jak bardzo jesteśmy robieni w balona, widać z prostego wyliczenia: litr powietrza waży około grama dwadzieścia. W balonie mieści dwa, trzy litry, różnica ciężaru powinna wynosić kilka gramów. A – jak widać z działania tej prymitywnej wagi – siły są mniejsze niż 0,1 G. Duże – za przeproszeniem – G, bo mówimy o siłach.

Obserwowany efekt jest związany z czymś zupełnie innym. Nie pierwszy raz z czymś takim mamy do czynienia i powiedzmy szczerze: rozwikłanie tego, co obserwujemy, mimo pozornej prostoty zjawiska

wcale nie jest łatwe. Pierwsze, co się tu narzuca przy czytaniu opisu eksperymentu, i co ma na pewno miejsce: jeśli dmuchamy balon „paszczowo”, to nadziewamy go całkiem sporą ilością pary wodnej. Kolega jednak okazał się zajadłym eksperymentatorem i nadał balona za pomocą pompki. I to samo. Aliści w tym podejściu stało się widoczne coś, co jest zmorą takich pomiarów: siły elektrostatyczne. A jeśli je wyeliminujemy – to co? Zapewne gęstość naciągniętej gumy rośnie, i to, co widać w pomiarach, to różnica w sile wyporu gumy i nieco sprężonego powietrza. Niestety, nieważne. To nie są „czyste” eksperymenty i zajmowanie się nimi nie za bardzo ma sens. Bardzo prawdopodobne, że chodzi o kilka efektów na raz. Jeśli ktoś chce, może się bawić w rozwiązywanie, natomiast warto przyjąć do wiadomości, że eksperyment fizyczny polega na tym, by wyeliminować wszelkie możliwe dodatkowe efekty. Pełny sukces mamy wówczas, gdy da się przeprowadzić pomiar, a nie zademonstrować, że coś idzie „w chyba dobrą stronę”. Dopiero gdy wyniki dobrze zgadzają się z teorią, to możemy... podejrzewać, że zrobiliśmy dobrze. Bo zwykle jeszcze trzeba się sporo napracować, by oczyścić sprawę i z błędów i choćby wszechmocnego chciejstwa, które miewa zabójczą moc dopasowywania wyglądu rzeczywistości do naszych fantazji.

Nie pierwszy raz w długiej historii nauczania fizyki jesteśmy robieni w balona. Zapewne wszyscy pamiętają słynną Krzywą Wieżę w Pizie i opowieść o tym, jak Galileusz zrzucił z niej różne przedmioty dla zademonstrowania niezależności czasu spadania od tego, jaki ciężar miało to, co leci. Bujda. Bujda przynajmniej co do tego, że jak się z wieży tej wysokości zrzuci np. dwie cegły związane ze sobą sznurkiem oraz identyczną cegłą luzem, to nie spadną w jednym czasie. Nie spadną, bo siły aerodynamiczne w powietrzu wystarczą do tego, by ta luźna wyraźnie się spóźniła.

Nie wiem, czy to interesujące, ale zazwyczaj, gdy pokazuje się nam coś zwane „maszyną elektrostatyczną”, jest to coś, co jest współczesnym modelem, i z tymi historycznymi maszynami używanymi do epokowych doświadczeń nie ma za wiele wspólnego. Można jeszcze dodać rzecz niekoniecznie związaną bezpośrednio z pokazami: nie za bardzo wiemy, jak działają te stare maszyny. To, co zwiemy czasami tryboelektrycznością, jeśli chodzi o wyjaśnienie na gruncie współczesnej fizyki, ciągle jest zagadkowe. Współczesne urządzenie do uzyskiwania elektryczności statycznej oparte jest na tych zjawiskach, co do których nie ma żadnych wątpliwości – solidnej elektryce, dzięki której świeci żarówka w lampie czy działa komputer. Tak naprawdę to coś na kształt prądnicy, tyle że tu mamy zamiast pola magnetycznego – elektryczne. Tylko start jest magiczny, bo trzeba potrzebować ebonitową pałkę sukrem albo czymś w działaniu podobnym.

Dlaczego nie ma awantur wokół demonstracji z użyciem tej jakby oszukańczej maszyny? Bo, powiedzmy sobie, niezależnie od tego, jakim cudem się prąd uzyskuje, potem wszystko już jest tak samo.

Oszukany jest opis działania banalnej wagi. Takiej najprostszej, szalkowej. Kiedy zważyliśmy ciało? Gdy waga jest w równowadze. Po czym poznajemy równowagę? Ano – waga ma wskazówkę przymocowaną do belki, na której wiszą szalki, dokładnie w połowie, dokładnie tam, gdzie znajdują się przyrządy, na których waha się belka. Jeśli wskazówka pokazuje zero na skali zamocowanej zazwyczaj u dołu konstrukcji, to mamy sytuację, gdy coś ważone waży, ile odważniki na drugiej szalce. Coś się nie zgadza? A owszem, przestanie się zgadzać, gdy sięgniemy do prostych schematycznych rysunków, przedstawiających wagę jako odcinek w środku podparty, na którego końce działają siły szalek. Co się stanie, jeśli między tymi siłami będzie choćby minimikrusia różnica? Belka powinna się obrócić o tyle, o ile pozwala konstrukcja. Do oporu. Jak się chwilę zastanowimy, to tak opisana waga będzie działać jak nóż postawiony na ostrzu, zawsze w końcu poleci w którąś stronę. Tylko wolniej. Takiej sytuacji, że uda nam się wstrzelić w równowagę choćby z dokładnością do pojedynczych miligramów, trudno sobie wyobrazić, jeśli nie zastosuje się jakiś ekstra pomysłów. A nasz model nie dopuszcza dowolnej różnicy. Dowolnie małej.

Nie zamierzam tu się zapuszczać w dokładne wyjaśnianie tego problemu: dość powiedzieć, że w

prawdziwej wadze szalkowej musimy uwzględnić to, że środek masy belki, na której wiszą szalki, znajduje się POD punktem zawieszenia. Zwykle na tej z pozoru pełniącej tylko rolę czysto demonstracyjną wskazówce znajduje się ciężarek, który można podnosić i opuszczać dla regulowania czułości wagi. Jak jest wyregulowana, to podziałka z zerem pośrodku nie służy tylko dla orientowania się na oko, ile trzeba dołożyć odważników, ale pozwala udokładnić ważenie.

Kompletnym kantem - pisałem już o tym, jak zresztą chyba i o naszej wadze - jest pokaz przecinania lodu za pomocą struny. Kant, bo wystarczy eksperyment przeprowadzić w pomieszczeniu, gdzie temperatura jest utrzymana w pobliżu zera stopni Celsjusza. Do tego, by pokaz się udał, potrzeba nie tylko ciepłego pokoju, ale i metalowej struny. Jeśli użyjemy czegoś w stylu nylonu, będzie kiszka. Co ma demonstrować ów pokaz? A mianowicie, że lód topi się na skutek ciśnienia powstającego pod cienką struną. Ciśnienie to jest jednak o wiele razy za małe, prawdziwa przyczyna zjawiska sprawiającego, że struna w końcu przetnie blok lodu, to przewodnictwo cieplne: po prostu metal nagrzewa się w ciepłym powietrzu, struna wielokrotnie lepiej transportuje ciepło niż lód, który roztapia się wokół niej. Struna zagłębia się coraz bardziej, a ponieważ kostka lodu ma zwykle wewnątrz temperaturę kilka, kilkanaście stopni poniżej zera, to po przejściu drutu zamarza. Tyle mądrości.

Inny klasyczny kant, także już się nad nim pastwiłem, to młynek demonstrujący pęd światła. Mamy szklaną bańkę z próżnią, w niej leciutki wiatraczek na cieniutkiej osi. Sterczą z niego łopatki - z jednej strony srebrne, z drugiej czarne. Świecimy na bańkę silną - zwykle łukową - lampą, i to coś w środku zaczyna się obracać. Kant wyjdzie na jaw, gdy bańkę dobrze odpompujemy z powietrza. Wiatraczek stanie. Co go napędzało? Tak naprawdę różnica temperatur pomiędzy powierzchniami łopatek i reakcja z resztkowymi ilościami gazu. To jest zupełnie inne zjawisko, banalny „wiatrak na wiatr”, można powiedzieć.

Do kolekcji tych kantów doszła niedawno rewelacyjna demonstracja prądu termoemisji. Mamy włókno, na przykład w żarówce, i gdy rozgrzejemy je do wysokiej temperatury, najmniej kilkuset stopni, to zaczyna ono emitować elektrony. Jeszcze całkiem niedawno dzięki temu zjawisku oglądaliśmy obraz na ekranie telewizora. Tego archaicznego, z kineskopem. Tamże obraz rysował strumień elektronów wysyłany z działa elektronowego, działającego właśnie w ten sposób. Pomysł na zademonstrowanie zjawiska powalił mnie. Mianowicie owijamy bańkę żarówki folią aluminiową i włączamy pomiędzy nią a jedną z elektrod zasilających włókno mikroamperomierz. Włączamy zasilanie i miernik pokazuje prąd. Genialne?

Cóż, obawiam się, że co żarówka, to przyczyna tego efektu będzie inna. Prosty eksperyment: weźmy w ręce elektrody miernika i ściśnijmy. Płynie prąd... Właśnie jakieś mikroampery. Bioprądy? Nie. Materiał, z jakiego wykonano elektrody, nieznacznie się różni. Zamienimy druty, prąd płynie w drugą stronę. Nie, nie wiem, dlaczego prąd w tym eksperymencie z żarówką płynie, wiem, że jest dosyć efektów, by mógł płynąć, i że za pomocą żarówki i folii nie pokaże się istotnych właściwości termoemisji, bo to nie jest to o co chodzi, to pewnie na kupę efekty termoelektryczne, fotoelektryczne, pewnie prostowanie prądów sieciowych na złożonym układzie elektrycznym.

Jeśli więc mamy tak poważny zasób oszukanych demonstracji, co mnie tak wzruszyło (poruszyło) w tej z balonami? Czy nie należy się przyzwyczać do kolejnego zjawiska przyrodniczego, polegającego na błędach w podręcznikach? Na tym, że wiedza pokazuje coś obok prawdy? Ano... owszem, staliśmy nad przepaścią i zrobiliśmy krok naprzód, jak powiedział Władysław Gomułka. Sęk w tym, że o ile chcemy wykształcić obywatela uczestniczącego w tak technologiczowanym świecie, to musimy z nim przeciwiczyć prawo Archimedesesa, i istotnym elementem ćwiczeń będzie wbicie mu do łepety, że właśnie takie manipulacje, jak z tymi balonami, dają zerowy efekt. A jeśli dają, jest to jakiś kant, generalnie chodzi o coś całkiem innego, niż mówią, że chodzi.

Piekłą się, bo mamy pokonaną kolejną barierę w tworzeniu coraz to większej fikcji kształcenia. O ile eksperyment z blokiem lodu czy oświetlonym młynkiem nie mają dalszego ciągu i niczemu specjalnie nie wadzą, to już z działaniem wagi student fizyki musiał się zmierzyć po raz drugi, i musiał wyrzucić z głowy to, co mu do niej nakładzono. Tak, dobrze nie było, lecz dotyczyło to stosunkowo niewielkiej liczby nieszczęśliwych. W przypadku balonów – balona robi się z całej stawki uczniów, na dodatek podejrzewam niezłe awantury w klasie i ciężki zgryzy dla nauczyciela, który nie umie wytłumaczyć „a dlaczego”?

Historia ta jest kolejną odsłoną procesu faktycznej degrengolady całego systemu kształcenia. Po pierwsze, widać jak na dłoni, że za pisanie podręczników biorą się amatorzy z danego przedmiotu. Zawodowy fizyk, nawet zawodowy laborant, taki jak ja, reaguje na pomysły z balonami automatycznie. Dydaktyk powinien – także automatycznie – wyłapać kolizyjną sytuację z następnymi partiami materiału. Nie wiem, czy nie bardziej bolesną sprawą jest po prostu materialna bryndza oświaty. Albowiem nawet za czasów sprzed II wojny światowej szkoły dysponowały maszyną niezbędną na przykład do zaprezentowania ciężaru powietrza. Jeden z patentów to butelka, waga i pompa próżniowa. Butelka musi mieć korek z zaworem z możliwością podłączenia do pompy. Ważymy butelkę z powietrzem, podłączamy do pompy, wypompowujemy powietrze z butelki, i ponownie ważymy. Będzie lżejsza o tyle, ile trzeba, możemy pokazać tablicową gęstość powietrza.

Nauczania na sznurkach zrobić się tego nie da. Potrzeba pompy, porządniejszej wagi, owej butelki z zaworami. Lecz rynkowa koncepcja kształcenia, generalnie brak ochoty do finansowania czegokolwiek, co może służyć wspólnemu dobru, popycha szanownych decydentów ku rozwiązaniom, które moja świętej pamięci babcia Cebulowa określała: „Ty, znowu chciałeś szkłem d...ę utrzyć!”. Zarezerwowanym na te okoliczności, gdy finał był mniej więcej w rozmiarze szkód adekwatny do przykładu.

Taki drobiazg: jak mi się zdaje, pęd do cięcia kosztów rzucił się zresztą już dawno na dziedzinę, w których ani nie ma co ciąć, ani nie ma pomysłu jak. A tym bardziej w których, aby – jak to się mówi – zyskać na konkurencyjności jako społeczeństwo, należałoby posypać forszą, a co najważniejsze, dużo się napracować. Tymczasem są pomysły, że właśnie można wziąć żarówkę i pokazać coś całkiem innego niż opowiadamy, że chcemy pokazać, poświęcić czas na wmawianie dzieciarni, że jak się stopią lody w Arktyce, to nas morza zaleją, ćwiczyć używanie jedynie słusznej suity biurowej albo lądkowanie w ramach poznawania nowoczesnych technologii. Otóż mamy rozwiniętą wiarę w skuteczność stosowania różnej maści ersatzów. I nawet jakoś obolała d... od traktowania jej szkłem nie nakłania do refleksji. Niestety, kochani: szkoła potrzebuje prawdziwych pomocy naukowych, nawet jeśli to kosztuje. I nie da się tego oszukać, ani szkłem, ani linijką, ani balonem.

Gdy piszę te słowa, bulgocze jeszcze afera taśmowa. Tak zwani katolicy zagłuszają przedstawienie, robiąc mu przy okazji pyszną klakę. Kochani, doprawdy mamy poważniejsze problemy. Dużo poważniejsze. Durniejemy jako społeczeństwo na własne głośne żądanie. Durniejemy już nieodwracalnie, tracimy jedyną przewagę nad ościennymi, przynajmniej z dalszej zachodniej ściany, krajami, jaką było trochę więcej oleju we łbie. Durniejemy, zamieniamy wiedzę na magię. To nie złudzenie, nie propaganda: studenci informatyki (bodaj trzeciego roku) połamali się na dodawaniu liczb w systemie dwójkowym. Zapomnij, człowieku, by owa elita technicznej inteligencji miała jakieś pojęcie na temat tego, jaką stabilność ma zegar procesora, nie mówiąc już o tym, dlaczego ją ma. Nasza wiedza jest taka, że z jednej fabryki wyjeżdża kompilator, z innej płyta główna, ewentualnie coś do tego dopisujemy. Wedle przepisu wydobytego z Internetu. O żadnym tworzeniu algorytmów mowy nie ma.

Przejechałbym się po studentach fizyki... gdyby byli. Fizykę w szkole wywalono na fakultety, wagi zamieniono na linijki na sznurkach, robi się dzieciarnię w balona za pomocą idiotycznych demonstracji. O fizyce mają pojęcie jeszcze jakimś cudem studenci z Ukrainy czy Białorusi. Nasi

zostali zabalonowani i przy własnych wielkich chęciach nie potrafią niczego. Często nie idzie wytłumaczyć, jak użyć suwmiarki, a noniusz kątowy jest pionową ścianą nie do przejścia. Makabra, tym bardziej że nie ma już prawie tak zwanej fizyki uniwersyteckiej, są jakieś ersatze i za kilka lat nie będzie już komu tę fizykę w szkołach poprowadzić.

Nie, nic mądrego do powiedzenia nie mam. Tyle że się wali, że sami rozwalamy systematycznie, i powinniśmy się liczyć z tym, że zrobieni w balona nie zauważymy, kiedy sufit na łeb nam się zawali.

Adam Cebula