



Adam Cebula "Milczenie jest złotem, czyli o mechanice Newtona"

nimfa bagienna



Foto: Adam Cebula

Nieboszczyk Newton sformułował trzy fajne zasady... oczywiście zanim został nieboszczykiem. W mitycznych czasach, czyli jakieś trzydzieści lat wstecz, znali je wszyscy uczniowie szkoły podstawowej. I komu to przeszkadzało?!

Przyznaję: nie spodziewałem się, że kiedykolwiek będzie potrzeba napisania takiego artykułu. Nawet ostatnio, widząc, co się dzieje w nauczaniu fizyki, jakoś moja wyobraźnia nie potrafiła mi podpowiedzieć, że zdałoby się napisać o czymś, czego „za moich czasów” nauczano już w klasie szóstej szkoły podstawowej, i co było kanoniczną wiedzą człowieka po maturze. Choć powinno być opanowane przez każdego, kto skończył szkołę podstawową.

Nie wyobrażałem sobie, albowiem ludzie WYKSZTAŁCENI, ELITA, o ile — powiedzmy sobie szczerze — nie umiała tego nigdy dobrze, to jednocześnie doskonale o tym wiedziała, i na wszelki wypadek bardzo umiejętnie milczała w odpowiednich momentach. Aliści wszystko, co dobre, kiedyś się kończy.

Pewien człowiek, niewymieniany z imienia w krótkim artykule (<http://tvnmeteo.tvn24.pl/informacje-pogoda/ciekawostki,49/pedzimy-z-predkoscia-ponad-1600-kmh-dlaczego-nie-odczuwamy-ruchu-obrotowego-ziemi,182882,1,0.html>), postanowił wytłumaczyć, czemuż to nie odczuwamy, że Ziemia pędzi jak szalona wokół Słońca z prędkościami około 30 km/s, i jeszcze wiruje wokół własnej osi, obkręcając się wokół tejże osi raz na dobę, co powoduje, że ludzie, drzewa i wszystko na równiku porusza się z prędkością 465 metrów na sekundę?

Pan dziennikarz zaczął nie najgorzej, bo zatytułował kilka akapitów „Punkt odniesienia”. Ale nie powiedział, po ki diabli ów punkt odniesienia w przypadku rozpatrywania ruchów. Tak, to prawda, wewnątrz samolotu człowiek może nie odczuwać ruchu. Tak, chodzi między innymi o to, że względem powierzchni Ziemi powietrze zamknięte w kabinie ma taką samą prędkość jak samolot.

Rzecz w tym, że dla pasażera wszystko wewnątrz kabiny jest nieruchome względem samolotu. Także powietrze, ale i talerzyk na kolanie, gazeta w schowku, wszystkie przedmioty. Autor, opisując przypadek, dodał warunek, by samolot nie zmieniał wysokości. Warunek jest NIEPRAWDZIWY, choć coś gdzieś dzwoni.

Jeśli chcemy się zająć ruchem, musimy odpowiedzieć, WZGLĘDEM CZEGO rozpatrujemy ruch. Mówimy „punkt odniesienia”, lecz chodzi o układ odniesienia, na nieszczęście o cały układ współrzędnych. Uczeni z czasów Galileusza i Newtona wykombinowali, by wybierać układy pozostające w spoczynku lub poruszające się ruchem jednostajnym prostoliniowym. Wówczas można łatwo używać wyliczone względem nich (układów) prędkości do opisu zjawisk fizycznych. Mówi o tym pierwsze pryncypium Newtona: „W inercjalnym układzie odniesienia, jeśli na ciało nie działa żadna siła, lub siły działające równoważą się, to ciało pozostaje w spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym”. Tak, właśnie to oznacza, że z takim układem będzie łatwo.

Prawo jednocześnie nam mówi, w jakich warunkach nie będziemy odczuwać ruchu: właśnie w układzie spełniającym wymienione warunki. Im bardziej układ zbliża się do idealnego wyobrazonego, tym trudniej dostrzec, że jednak jest on w ruchu.

Wybór układu odniesienia to cała historia. W praktyce nie może być to dowolny punkt w przestrzeni, ale konkretne „coś”, jakiś obiekt, względem którego da się mierzyć zmiany położenia. Zawsze jest to jakieś kompromis między owym układem, jak to się uczenie mówi, inercjalnym, poruszającym się ruchem jednostajnym prostoliniowym lub pozostającym w spoczynku, a tym, co mamy do dyspozycji. Powierzchnia Ziemi jako tako nadaje się do pomiaru prędkości samolotu, statku czy samochodu, ale w kosmosie odnośnienie się do jej położenia prowadzi do układu ptolemejskiego, co jest katastrofą. Ziemia zasuwa wokół Słońca, więc Kopernik uznał, że powinno być ono punktem odniesienia, ale dziś wiemy, że nasze Słoneczko krąży z ogromną prędkością wokół jądra Galaktyki, ta zaś jest przyciągana przez inne (jak Obłoki Magellana), zaś wszystko gna na złamanie karku gdzieś, z prędkością rzędu 500 km/s, wyznaczoną względem promieniowania relikтового.

Nawet gdybyśmy wzięli to zjawisko (promieniowanie reliktowe), czy raczej kosmiczny obiekt, za najlepszy układ odniesienia, to niestety przy kombinowaniu, o ile konkretny kierowca przekroczył prędkość, do niczego on się nie nada. Musielibyśmy uwzględnić wszystkie ruchy: Galaktyki, Słońca, postępowy ruch Ziemi po orbicie i jej ruch wirowy. I na samym końcu mielibyśmy samochód na powierzchni Ziemi. Prawdziwym problemem w wyborze, względem czego mierzyć prędkość i położenie, jest, by wybór umożliwiał rozwiązanie zadania. Był rozsądnym kompromisem między tym, jakie chcemy uzyskać wyniki, a dokładnością przybliżenia.

Ziemia zwykle jest dla nas dobrym przybliżeniem układu inercjalnego, czyli poruszającego się prostoliniowo z jednostajną prędkością, lub nieruchomego. Jeśli lecimy samolotem, który nie zmienia swojej prędkości, on będzie także niezłym układem odniesienia dla zjawisk dziejących się na jego pokładzie. Może on zmieniać swoją wysokość, lecieć w górę lub w dół, byle wektor jego prędkości nie ulegał zmianie.

Czym jest wektor prędkości? To sposób na opis ruchu. Wektory wypadają ze szkół, więc pozwolę sobie na bardzo uproszczony opis, jak się tą strzałką posługiwać. W przestrzeni wykreślamy linię prostą i odkładamy na niej odcinek. Jeden punkt nazywamy sobie początkiem wektora, drugi końcem. Wektor prędkości nie zmienia się, gdy nie przekreścimy prostej, na której leży, albo nie zmieniamy odległości pomiędzy jego początkiem i końcem. Nie zmienia wektora przesunięcie równoległe, na przykład po prostej, na której leży, czy przeniesienie na inną prostą, równoległą do poprzedniej.

Prostą wybieramy tak, że w kolejnych chwilach czasu to, co się porusza, będzie przez nią przecinane.

Ściśle — powinna być styczną do toru ruchu, lecz uprośmy sprawę. Długość mierzymy metrówką i stoperem: jednocześnie wciskamy start stopera i robimy punkt na prostej, gdzie znajduje się to coś, co się porusza, i np. po sekundzie robimy drugi punkt w miejscu, do którego przesunęło się ciało. Pierwszy jest początkiem wektora, drugi końcem, a odległość między nimi wartością wektora lub jego modulem, jak zwał tak zwał, byle nie pomylić.

Jeśli samolot leci po prostej, także w górę lub w dół, jego wektor prędkości jest taki sam. Co się dzieje, gdy najpierw leciał prosto, a teraz zaczyna skręcać w rzeczoną górę, w dół albo na boki? Najprostszym przypadkiem jest sytuacja, gdy zaczyna on przyspieszać lub zwalniać. Wówczas wszystkie przedmioty wewnątrz samolotu, pasażerowie, ale też cała maszyna, doznają znanego z kosmicznych opowiadań przyspieszenia. Niestety w fizyce jest takie, że terminem tym określamy każdą zmianę prędkości. Zwalnianie, przyspieszanie, zmiana kierunku ruchu — wszystko, co prowadzi do zmiany wektora prędkości, to przyspieszenie.

Jeśli ciało doznaje przyspieszenia, to działa na niego siła wprost proporcjonalna do przyspieszenia i masy tego ciała. To mniej więcej drugie pryncypium Newtona. To autor, mam nadzieję, chciał napisać, gdy mówił, że zmianę prędkości Ziemi „odczulibyśmy fizycznie”. Jeśli samolot przyspiesza, to na plecy (oraz inne, mniej szlachetne w nazwach części ciała) pasażera naciska fotel, i działa on z siłą proporcjonalną do masy i przyspieszenia. Z powodu istnienia ziemskiego pola grawitacyjnego przy ruchu w dół robi się komplikacja: odczuwamy ubytek ciężaru zamiast nacisku z góry.

Bez wyglądania na zewnątrz samolotu możemy zarejestrować za pomocą własnego ciała albo mechanicznych eksperymentów (typu użycie wagi sprężynowej) zmiany prędkości, a nie samą prędkość. W szczególności niezmiernie ważną zasadą fizyczną jest to, że jeśli coś (rakietę?) porusza się bez zmian wektora prędkości w przestrzeni bez żadnych pól grawitacyjnych, elektrycznych czy magnetycznych, to wszystkie zjawiska fizyczne przebiegają tam tak samo, jak każdym innym dowolnym układzie (na przykład w innej rakiecie), poruszającym się jednostajnie i prostoliniowo. Dopóki nie wystawiamy głowy na zewnątrz samolotu czy rakiety, nawet gdy poruszamy się w gęstej atmosferze, fizyka „czuje” jedynie zmiany (wektora!) prędkości, a nie samą prędkość.

Wektor prędkości człowieka stojącego na równiku oczywiście ciągle się zmienia, ponieważ delikwent nie porusza się po linii prostej ale po kole równika. Nie odczuwa on żadnej strasznej prędkości, ponieważ nasza fizjologia spostrzegania jest tak ukształtowana, że jeśli jesteśmy nieruchomi względem powierzchni Ziemi, to nasz wewnętrzny system czujników ma poinformować mózg, że to jest właśnie bezruch.

Dlaczego Ziemia jest dobrym przybliżeniem układu inercyjnego? Można powiedzieć, że na Ziemi poza wyjątkowymi sytuacjami interesuje nas jedynie prędkość względem Ziemi. Prędkość samochodu względem drogi objawia się podskakiwaniem na wybojach, szarpaniem w fotelu na zakrętach. Wiatr wpadający do wnętrza kabiny to wynik przemieszczania się względem atmosfery, która jest w stosunku do powierzchni planety prawie nieruchoma. Do opisanie tych zjawisk absolutnie wystarcza powierzchnia Ziemi jako układ odniesienia.

A dlaczego człowiek stający na równiku nie odczuwa działania siły odśrodkowej? Wszak, jak napisał autor artykułu, „Ruch obrotowy to nic innego, jak siła odśrodkowa”. No nie... ruch to ruch, a siła się trzeba z fizyką namęczyć. Ruch po okręgu to jedna ze zmór w nauczaniu, ale nic mądrego.

Dlaczego się klaruje w podręcznikach, że siła odśrodkowa jest siłą pozorną? Jak pozorną, skoro urywa koła i sznurki?! Widzimy działanie tej siły.

Spróbujmy to rozplątać. Niestety, siły opisujemy również wektorami. Do ciała przyczepiamy dynamometr sprężynowy (to początek wektora), wykreślamy prostą biegnącą wzdłuż dynamometru.

Długość wektora określa wydłużenie sprężyny. Koniec wektora odkładamy na prostej zgodnie z kierunkiem, w którym ciągniemy za dynamometr. Proste?

Jest kociokwik, jak wiadomo — zawsze mamy parę sił. Jeśli ciało A naciska na ciało B z siłą F , to ciało B naciska na A z siłą $-F$. Prosty wniosek: $F + (-F) = 0$ i wszystko powinno pozostawać w bezruchu. No cóż... Fizyka to praktyczny system do opisu zjawisk, w tym wypadku chodzi o oddziaływania pomiędzy ciałami. Siła reakcji działa na to drugie ciało, jeśli chcemy się dowiedzieć, co z nim będzie, to użyjemy $-F$. Jeśli podparłem się z siłą F (eufemistycznie mówiąc) plecami pod wagon, by go popchać, to wagon się porusza zgodnie z prawem Newtona, a moja... , przepraszam, moje plecy doznają zniekształcenia proporcjonalnego do $-F$.

Dynamometr ciągnie ciało z siłą F , ale sprężyna dynamometru rozciąga się z siłą reakcji ciała $-F$. Siły akcji i reakcji są przyłożone do innych ciał i nie znoszą się. Tak działa praktycznie trzecie pryncypium Newtona.

Jeśli kręcimy się na karuzeli, to odczuwamy działanie siły dośrodkowej, a nie odśrodkowej. To krzesło zawsze pociąga nas ku środkowi obrotu. Siłę odśrodkową reakcji „odczuwa” karuzela. Do opisu ruchu ciała po okręgu potrzebna jest siła dośrodkowa, a odśrodkowej w nim (w opisie) nie ma. Kręcimy kamieniem uwiązany na sznurku. Sznurek nadaje kamieniowi stałe dośrodkowe przyspieszenie, stale zmienia wektor jego prędkości, i dlatego kamień zakreśla koło. Nic już więcej nie potrzeba do opisu. Zaś o tym, że siła odśrodkowa nie działa na kamień, przekonamy się, gdy sznurek się urwie. Kamień odleci po stycznej do toru. Siła odśrodkowa to reakcja na działanie siły dośrodkowej. W tym sensie siła odśrodkowa jest siłą pozorną. Tym bardziej pisanie „Ruch obrotowy to nic innego jak siła odśrodkowa” jest zgrozą.

Niestety, gdy zabieramy się za pytanie, jak odczuwamy siły związane z ruchem obrotowym Ziemi, to najprościej zapytać o pozorną siłę odśrodkową. Na podłożu naciskamy bowiem z siłą jaka wynika z różnicy pomiędzy siłą grawitacji i siłą odśrodkową. No i owszem, dla człowieka ważącego 100 kG pomiędzy równikiem i biegunem jest około 0,3 kG siły różnicy. Pokaże je waga sprężynowa. Dlaczego napisałem kG a nie kg? Ano, bo fizycznie kilogram jest jednostką masy, a tu chodzi o kilogram siły, czyli siłę, z jaką Ziemia przyciąga ten jeden kilogram masy na średnich szerokościach geograficznych.

Uczciwa odpowiedź na pytanie „Dlaczego nie odczuwamy ruchu obrotowego?” jest taka, że słabo, ale odczuwamy. Ziemia nie jest idealnym układem inercyjnym, jest jego przybliżeniem, na tyle kiepskim, że już dość toporne przyrządy to pokażą.

Kosmiczne wyboje prowadzą do tego, że jak najbardziej obserwujemy „podskakiwanie” wywołane ruchem obrotowym Ziemi. To przypływy morskie, których amplituda sięga kilkunastu metrów. Wywołuje je niejednorodność pola grawitacyjnego, spowodowana obecnością Księżyca. Dlaczego ruchu obrotowego nie widać? Ależ widać!

Wszystko co tu piszę, to elementarna fizyka. Wszystko to jest bardzo dobrze — dużo zborniej, niż ja to usiłuję zrobić — wyłożone w różnych podręcznikach. Wystarczy do nich sięgnąć, jeśli już chce się o tym pisać.

Nie, niekoniecznie chodzi mi o wytłumaczenie trzech zasad mechaniki Newtona, bo wiem, że choć elementarne, to trudne jak diabli. Chodzi mi o pokazanie, że ktoś coś o tym wie, potrafi to stosować, i bajdur nie przyjmie z radością. Owszem, za nie tak dawnych czasów inteligencja lubiła się chwalić, że nic nie kuma z przedmiotów ścisłych, a na maturze cudem i ściągą przetrwała. I niech jej będzie, byle miała świadomość, że nic, ani w ząb. To już bardzo dobrze, albowiem wiedziała, ta inteligencja, na czym się kompletnie nie rozumie.

Autor sadzi zdania, od których włos na głowie się podnosi: „Na równiku prędkość obrotu naszej planety wokół własnej osi jest dużo większa niż na umiarkowanych szerokościach geograficznych”. Nawet, o co chodzi, ale... „Wszystko, co znajduje się wewnątrz samolotu, jest w ruchu, ale dlatego, że my poruszamy się z tą samą prędkością, nie dostrzegamy tego. Naukowcy tłumaczą, że takie samo podłoże ma fakt, iż nie odczuwamy ruchu obrotowego Ziemi. „Po pierwsze, pokazaliśmy, że Murzyni są nieco lżejsi od Eskimosów, odczuwamy ten ruch, tyle że słabo. Po drugie, słabo się robi od pomieszania ruchu po okręgu i prostoliniowego.

„Wszystkie ciała w Układzie Słonecznym zaczęły poruszać się w tę samą stronę, o czym mówi moment bezwładności.” Jak to we wsi Przedborowa mówili — „ni w piastę, ni w oko”, bo moment bezwładności owszem, jest, ale o kierunku ruchu najlepiej mówi kierunek ruchu...

O, gdzież się podziały przepiękne czasy, gdy Prawdziwa Inteligencja, zdająca cudem maturę z matmy, wiedziała, że nic nie wie, i milczała!?

Adam Cebula