

δ

mała delta

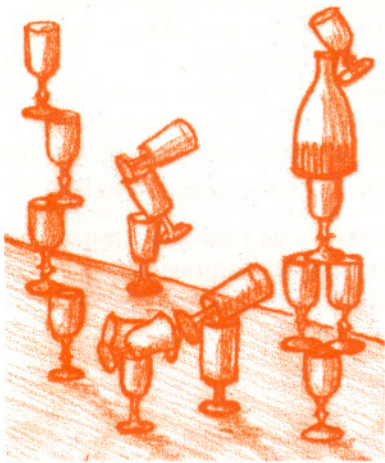
Czy stawianie igły jest trudniejsze od wstawania z krzesła?

Wstawanie z krzesła jest chyba łatwe, ale stawianie igły też nie wydaje się bardzo trudne. Wystarczy wbić igłę i już stoi. Chyba że wyjaśnimy sobie, iż igła wbita to nie to samo co postawiona. Dla przykładu sprawdźmy, czy można to zrobić na szkle. Weźmy wysoki słoik, ustawmy go do góry dnem i na tak przygotowanej powierzchni spróbujmy postawić naszą igłę. I co, nie chce stać? Więc wolicie wstawać z krzesła? Spokojnie, dojdziemy i do tego, ale może to dobry moment, żeby się założyć z kolegami? Choć goła igła za nic nie chce pozostać w pozycji wertykalnej, to może udałoby się to, gdyby coś do niej przymocować?



Rys. 1

Dajcie szansę Waszym kolegom, uprzedzając, że niedozwolone jest używanie magnesów, baloników z helem itp. Jedynym punktem podparcia zbudowanej konstrukcji ma być ostrze igły. Jeżeli zebrani uznają zadanie za niewykonalne, możecie się zakładać. Wam się to uda. Jedną z możliwości przedstawia rysunek 8. Nawet dla tych, którzy znają rozwiązanie, takie postawienie igły przyniesie frajdę. To się może bujać, kręcić w kółko, a przede wszystkim przeczyć naszemu codziennemu doświadczeniu. Nasi pradziadkowie z lubością oddawali się sztuce tworzenia konstrukcji podobnych do tych przedstawionych na rysunku 2. Dlaczego utrzymują się w równowadze? Choć są dziwne, to pod tym względem niczym nie różnią się od zwykłych przedmiotów. Równowaga jest możliwa przy spełnieniu następującego warunku (a): gdy patrzymy wzdłuż kierunku działania grawitacji, środek ciężkości znajduje się pomiędzy punktami podparcia. Jest to warunek konieczny i wystarczający, gdy ciało ma przynajmniej trzy niewspółliniowe punkty podparcia. Przykładem takiego układu jest słoń na trójnożnym taborecie. Jeżeli wszystkie punkty podparcia leżą na jednej linii, lub, w szczególności, jest tylko jeden punkt podparcia, to ... wszystko się przewróci, chyba że spełniony jest dodatkowy warunek (b): istnieje punkt podparcia, który znajduje się wyżej niż środek ciężkości. Dzięki spełnieniu tego warunku udało nam się postawić igłę. Gdzie jest środek ciężkości naszego układu (w stanie równowagi)? Dokładnie pod punktem zetknięcia igły ze szkłem. Czy potrafilibyście wyznaczyć odległość między tymi punktami? Sufler podpowiada, żeby naszym układem trochę pobujać. Naprawdę – nie bujam.



Rys. 2

Wróćmy do gołej igły. Ponieważ nie można dla niej spełnić warunku (b), to realizacja warunku (a) może być tylko chwilowa. Weźmy większą igłę, np. oszczep. Jeżeli ktoś z Was nie ma akurat w domu oszczepu, to szczotka do zamiatania na długim kiju albo sam kij będzie w sam raz. Postawcie kij pionowo na palcu i spróbujcie utrzymać go mniej więcej w takiej pozycji. Jeżeli nigdy tego nie robiliście, to początkowo ćwiczenie może nie wychodzić, ale już po kilku próbach powinniście umieć utrzymać taki kij co najmniej przez minutę. Dlaczego udaje się to pomimo niespełnienia warunku (b)? Żadna filozofia, teraz możemy ruszać ręką w taki sposób, aby skorygować tendencję kija do przewracania się. No to spróbujcie zrobić to samo z igłą albo nawet z ołówkiem. Mogę się założyć, że to Wam się nie uda. Ale to nie koniec. Weźcie kijek o długości około 30–40 cm. Jego też nie będziecie potrafili utrzymać w równowadze (jeżeli ktoś z Was potrafi, to ma zadatki na artystę cyrkowego). Teraz do górnego końca kijka przymocujcie mały ciężar o wadze około ćwierć kilograma (jeżeli mamy



Rys. 3

nie ma w domu, to można nadzieć na kijek odpowiedni kawałek żółtego sera zawiniętego w folię). Kijek z serem można utrzymać już kilkanaście sekund bez specjalnego treningu. Im dłuższy kijek i im większy kawałek sera (w rozsądnych granicach), tym łatwiej.

Pora zastanowić się nad wyjaśnieniem naszych obserwacji. Zamiast starać się spełnić warunek (b), cały czas podwyższaliśmy położenie środka ciężkości. Dlaczego to pomaga? Powód jest bardzo prosty. Im wyżej jest środek ciężkości, tym więcej czasu potrzeba na to, aby kijek upadł. Z drugiej strony, ponieważ precyzja naszych ruchów jest ograniczona, więc dopiero od pewnego rozmiaru kijka jesteśmy w stanie korygować jego ruch.

Postarajmy się wytłumaczyć to trochę dokładniej. Weźmy nieważki, cienki pręt o długości r z punktową masą m na końcu (to jest oczywiście idealizacja naszego kijka z żółtym serem). Odchylimy go pod niewielkim kątem α od pionu (rysunek 5) i puścimy. Od czego zależy czas, po jakim odchylenie zwiększy się dwukrotnie? Jeżeli rozpatrujemy małe kąty, to możemy przybliżyć łuk, po którym będzie się poruszał ser, przez cięciwę tego łuku, a wtedy mamy zsuwanie się sera po równi pochyłej bez tarcia. W takim przypadku wiemy, że przyspieszenie a nie zależy od masy ciała (zależy jakoś od kąta α , ale to dla nas nie jest istotne), a czas zależy tylko od odległości x proporcjonalnej do r i przyspieszenia. Jeżeli r wyrazimy w centymetrach, a przyspieszenie w centymetrach na sekundę do kwadratu, to jedynym sposobem otrzymania wyniku w sekundach jest wyciągnięcie pierwiastka kwadratowego z ilorazu długości i przyspieszenia $t \approx \sqrt{(r/a)}$. No to jesteśmy w domu. Nie tylko wiemy, że czas, w jakim musimy dokonać korekcji położenia kijka z serem, rośnie z długością kijka, ale nawet wiemy jak. Aby mieć dwa razy więcej czasu, trzeba mieć cztery razy dłuższy kij.

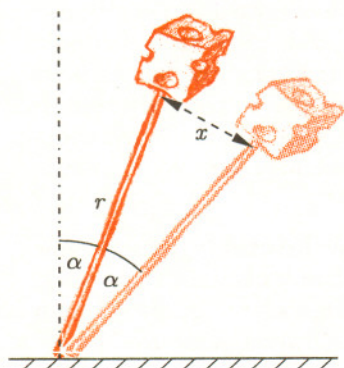
Zaraz, coś chyba naoszukiwaliśmy. W naszym wzorze nie ma masy. Do czego ten ser jest nam potrzebny? Ser jest potrzebny po to, żeby kijek można było uważać za nieważki. Jeżeli kawałek jest już istotnie cięższy od kijka, to dalsze zwiększanie masy nic nie pomoże. Pomóc może tylko zwiększanie długości kijka. Jak długi goły kij jest równoważny kijkowi z serem? Na to chyba potraficie już sami odpowiedzieć. Rozumiecie również, dlaczego w cyrku akrobata może spokojnie wykonywać ewolucje właśnie na bardzo wysokim kiju (nie wiem, jaka jest fachowa nazwa takiego drąga) umieszczonym na głowie drugiego akrobaty.

Skoro już jesteśmy w cyrku, to zastanówmy się, czy nasze rozważania pozwalają na uzasadnienie używania długiej, poziomo trzymanej tyczki przy chodzeniu po linie. W zasadzie tak, ale tu istotna jest taka cecha długiego kija, której udało nam się przy serze nie zauważyć.

Zacznijmy od prostego doświadczenia. Za pomocą nici mocujemy do haka ciężki przedmiot. Drugi kawałek nici o tej samej długości przywiązujemy do ciężaru od dołu. Która nić zerwie się, jeżeli gwałtownie szarpniemy za dolną nić? Przynajmniej część z Was wie, że zerwie się nić dolna, choć górna jest bliska zerwaniu pod samym wiszącym ciężarem (oczywiście doświadczenie to nie zawsze wychodzi, ważne jest tylko to, że im gwałtowniej szarpniemy, tym większe prawdopodobieństwo zerwania dolnej nici). Co to ma wspólnego z naszą tyczką? Tym, co chroni górną nić, jest bezwładność wiszącej na niej masy. Aby zmienić prędkość ciała, potrzebna jest nie tylko siła, ale i czas. Jeżeli ruch jest bardzo gwałtowny (nie ma czasu), to masę można uważać za przytwierdzoną. Wtedy górna nitka (prawie) nie wie o tym, że ktoś pociągnął za dolną. Z tyczką linskoczek jest tak samo. Tylko teraz ważna jest nie tyle sama bezwładność, co tzw. moment bezwładności, czyli wielkość mówiąca o tym, jak trudno jest coś obrócić. Moment bezwładności jest tym większy, im większa masa i im dalej od punktu obrotu jest umieszczona. Moment bezwładności tyczki jest ważny dla akrobaty, ponieważ trwanie równowagi związane jest z ruchem obrotowym wokół punktu podparcia. Taka tyczka składa się jakby z dwóch kijów z poprzedniego problemu. (Z jego analizy wiemy, że tyczkę można zastąpić krótszą z ciężarkami na obu końcach). Równowagę za jej pomocą łapie się,



Rys. 4



Rys. 5



Rys. 6



Rys. 7



Rys. 8

odpychając się od niej jak od poręczy. Im gwałtowniej się odpychamy (gwałtownie przekreślamy tyczkę wokół osi równoległej do liny), i im większy jest moment bezwładności tyczki, tym bardziej przypomina ona umocowaną poręcz. Oczywiście, zamiast tyczki można używać własnych kończyn czy parasolki (w tym przypadku ważny jest opór powietrza przy gwałtownych ruchach). Każdy to robi odruchowo na równoważni. Najlepiej to widać tuż przed spadnięciem. Czasami za pomocą gwałtownego ruchu udaje nam się równowagę przywrócić. W każdym razie okrzyk „malarz, trzym się pędzla, bo drabina leci!” nie jest wcale taki bezsensowny.

Na koniec ostrzeżenie. Chodzenie po linie, nawet z tyczką, wymaga żmudnego treningu i nikomu nie radzę próbować na wysokości wyższej niż pół metra. Autor i redakcja nie ponoszą żadnej odpowiedzialności za wykorzystywanie tego artykułu do nauki sztuk cyrkowych. Choć rozumienie fizycznych podstaw ewolucji akrobatycznej może pomóc w jej opanowaniu, to od rozumienia do umiejętności droga daleka. No to usiądźmy przed drogą na tytułowym krześle tak jak na rysunku 1. Proste w łokciach ręce, oparte na złączonych kolanach zgiętych pod kątem prostym. Jeżeli komuś uda się wstać, nie zginając łokci, nie odrywając rąk od złączonych kolan i nie odrywając stóp od podłogi, to ma gotowy numer cyrkowy bez wchodzenia na linę.

Małą Deltę przygotował Piotr ZALEWSKI

Aktualności (nie tylko) fizyczne

W dniach od 20. do 26. marca w *Georgia World Congress Center* w Atlancie odbył się *Centennial Meeting of the American Physical Society*. Według organizatorów było to największe spotkanie fizyków w historii, zorganizowane, jak sama nazwa wskazuje, dla uczczenia stulecia APS – Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego.

Ponad 11 tysięcy naukowców uczestniczyło w prawie tysiącu 2–3 godzinnych sesji po kilka-kilkanaście referatów każda. Katalog tytułów sesji przypominał rozkład lotów dużej linii lotniczej, a krótkie streszczenia referatów wręczono uczestnikom w postaci dwóch grubych książek telefonicznych. Większość referatów miała dokładnie określony i skrupulatnie odmierzany czas trwania: 10 minut plus 2 minuty na pytania i odpowiedzi. Mniej więcej co drugi uczestnik miał przynajmniej jedno swoje (podwójne) 5 minut. Stopień komplikacji samego centrum i jego otoczenia (olbrzymia hala sportowa, kwatery główna CNN, przebiegająca przez środek linia kolejowa) potęgowały wrażenie uczestniczenia w jakiejś surrealistycznej podróży.

Trudno powiedzieć, czy w trakcie tej konferencji dokonał się jakiś przełom w fizyce, czy zostało ogłoszone jakieś naprawdę epokowe osiągnięcie. Myślę, że nie. Pewne jest natomiast, że konferencja udowodniła wszechobecność fizyki i fizyków. Gdybym miał wybrać tylko cztery hasła charakteryzujące to spotkanie, a więc chyba i współczesną fizykę, to byłyby to: interdyscyplinarność, nowe materiały, mechanika kwantowa oraz warunki ekstremalne.

Ograniczę się do podania dwóch przykładów. Kilka doniesień dotyczyło zastosowań najpotężniejszego petawatowego, femtosekundowego lasera zbudowanego w Livermore. Tom Cowan poinformował o pierwszym ze złota elektronów o energii do 100 MeV, przypadku

wybicia rozbiciu jąder uranu i wytworzeniu par elektron-pozyton za pomocą lasera, a Todd Ditmore doniósł o syntezie termojądrowej, w której (za pomocą tego samego lasera) z gazowego deuteru otrzymano jądra trytu i wolne neutrony (w zestawie mieszczącym się na nocnym stoliku). Natomiast Ida Lee starała się przekonać uczestników konferencji, że następna generacja urządzeń opto-elektronicznych zamiast na krzemie, może zostać oparta na – szpinaku. Jej i współpracownikom udało się wytworzyć za pomocą platyny elektryczny kontakt z fotosyntetyzującą membraną proteinową.

Spotkanie w Atlancie miało szereg imprez towarzyszących. Począwszy od plenarnych (choć odbywanych równoległe) sesji podsumowujących dokonania różnych dziedzin fizyki i wpływu fizyki na inne dziedziny z udziałem wielu laureatów Nagrody Nobla, przez różnego rodzaju wystawy, do popularnych referatów w samym centrum kongresowym i poza nim. Wśród tych ostatnich kilka zasługuje na wyróżnienie. Na przykład Ken Laws z ujmującą prostotą przedstawił „fizykę tańca”. Wraz z tancerką wykonał sekwencję taneczną, zawierającą elementy (przy bliższej analizie) pozornie sprzeczne z prawami mechaniki, a w rzeczywistości właśnie na nich oparte. Z kolei Richard E. Berg przeprowadził „test na inteligencję fizyczną”, to znaczy próbę demokratycznego przewidzenia wyników prostych, acz podchwytliwych demonstracji fizycznych, w czasie której udało mu się wyprowadzić w pole chyba wszystkich obecnych na sali.

Ostatniego dnia konferencja płynnie przeszła w kolejną (trochę lepiej rozreklamowaną) imprezę – wystawę wyposażenia wnętrza.

Piotr ZALEWSKI