

Gdyby Arystoteles i Newton stanęli obok siebie, zapewne rozpętałyby się pomiędzy nimi kłótnia.

- To bzdura!
- To kłamstwo!
- To głupota!

Wykrzykiwaliby i oskarżali się nawzajem. Dwaj wielcy myśliciele, żyjący w różnych epokach, stworzyli teorie, na których przez wieki opierała się nauka. Teorie tak różne od siebie jak różny był poziom wiedzy naukowej w czasach, w których żyli.



Tomaz Sowiński

W 2005 roku skończył z wyróżnieniem studia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w zakresie fizyki teoretycznej. Obecnie jest asystentem w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN. Z zamiłowaniem zajmuje się popularyzacją nauki. W roku 2005 był nominowany do nagrody w konkursie Popularyzator Nauki organizowanym przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji oraz Polską Agencją Prasową.

W 2005 roku skończył z wyróżnieniem studia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w zakresie fizyki teoretycznej. Obecnie jest asystentem w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN. Z zamiłowaniem zajmuje się popularyzacją nauki. W roku

Czy ARYSTOTELES kłamał!?

TEKST TRUDNY

Czy potrafimy dziś prześledzić ewolucję teorii? Czy możemy przeanalizować, jak pracowały umysły wielkich uczonych? Jak to się działo, że fakty dla jednych oczywiste, były uznawane za absurdalne przez drugich? Co powodowało, że nauka robiła krok naprzód?

W śledztwie pomagają nam i na pytania odpowiada udział **Tomaz Sowiński**, asystent w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN.

MT: Jeśli teorie Newtona i Arystotelesa są sprzeczne, czy to znaczy, że tok rozumowania uczonych był różny?

TS: Arystoteles był autorem wielu wspaniałych dzieł filozoficznych. Stworzył podwaliny pod nauki ścisłe, opracowując logikę. Sformułował tzw. zasadę naukowego myślenia, która do dzisiaj obowiązuje w chemii, fizyce, we wszystkich naukach przyrodniczych.

Zasada naukowego myślenia składa się z 3 etapów.

I etap – to skonstruowanie założeń i przyjęcie ich jako pewników.

II etap – to stworzenie w oparciu o te założenia ścisłej teorii, posługując się myśleniem dedukcyjnym, czyli wyciąganie z tych założeń twierdzeń, które poprzednio nie były oczywiste i dowodzenie ich za pomocą powyższych pewników. Ujmując to jeszcze prościej: mamy pewien zbiór założeń i patrzymy, co z nich wynika. Patrzymy na logiczne konsekwencje naszych założeń.

III – etap to konfrontacja teorii z rzeczywistością.

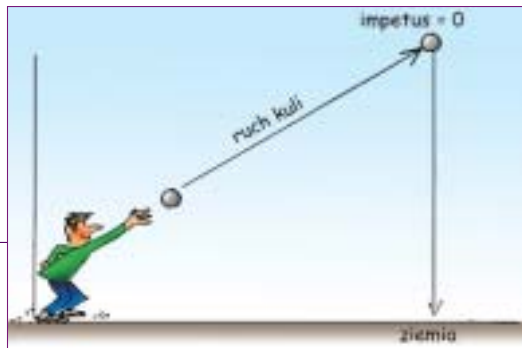
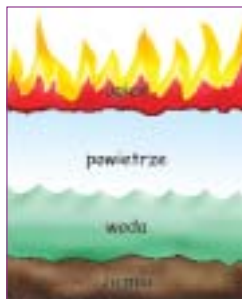
Trzeci etap jest bardzo istotny dla nauk przyrodniczych. W matematyce wystarczą 2 pierwsze kroki, wystarczy, aby konstrukcja była logicznie spójna. W naukach przyrodniczych musimy teorię skonfrontować z rzeczywistością. Jeśli teoria jest sprzeczna z wynikiem doświadczenia, z tym, co obserwujemy w przyrodzie, to automatycznie teorię albo wyrzucamy do

śmieci, albo, jeśli ma jakieś prawdziwe przewidywania, próbujemy udoskonalać. Wszystkie obowiązujące teorie fizyczne są sprawdzone doświadczalnie i każda nowa musi dawać się przetestować eksperymentalnie. Taka była teoria Newtona, teoria Kopernika, teoria względności, taka jest mechanika kwantowa.

MT: Skoro wszyscy myśleli tak samo, a wyciągali różne wnioski, to może mieli różne założenia?

TS: Starożytni myśliciele założyli, że materia składa się z 4 elementów: ziemi, wody, powietrza i ognia. Mają one swoją hierarchię w przyrodzie i każdy dąży do swego naturalnego miejsca. Najniższe jest ziemia w sensie materiału, nad nią woda, powyżej powietrze, a najwyższe ognie.

Jeżeli umieścimy kamień w powietrzu, to jego naturalnym ruchem jest ruch ku ziemi, czyli kamień spada. Jeżeli zanurzymy w wodzie kamień, to również będzie spadał, bo dąży do ziemi. Jeżeli wypuścimy powietrze pod wodą, to leci ono do góry, do swojego naturalnego stanu. Jeżeli zapalimy ognisko, to płomień wznosi się do góry. Jak możemy sami zaobserwować, założenie zgadza się z naszymi doświadczeniami.



Dodatkowe założenie mówiło o tym, że **ciało fizyczne może się znajdować w dwóch stanach: naturalnym lub wymuszonym**. Jeśli przedmiot istnieje i nic na niego nie działa, to znajduje się ono w stanie naturalnym. Stan wymuszony to taki, gdy coś z zewnątrz na ciało działa.

W arystoteleskim porządku stanem naturalnym dla ciał ziemskich jest spoczynek, a dla ciał niebieskich (Słońca, Księżyca, gwiazd) ruch po okręgu. Jeśli przedmiot na Ziemi się porusza, to znaczy, że **coś na niego musi działać, aby podtrzymywać ten nienaturalny stan**. W momencie gdy to coś przestanie działać, przedmiot w sposób naturalny dąży **do swego stanu naturalnego, czyli do spoczynku na Ziemi**.

Logiczną konsekwencją tych zasad było przewidywanie ruchu dla rzuconego kamienia. Na początku kamień jest jakoś rozprędzony. W związku z tym ma swój *impetus*, czyli pewną ilość ruchu, który się podczas tego ruchu wyczerpuje, ponieważ na kamień już nic nie działa. Porusza się wtedy po linii prostej.

W momencie, gdy impetus się skończy, kamień zbudowany z ziemi dąży do swojego stanu naturalnego, czyli do spoczynku i do miejsca naturalnego, czyli ziemi. Spada zatem w dół po linii prostej.

MT: A co z prędkością kamienia, oporem powietrza itp.?

TS: My od razu widzimy, że nie do końca wszystko było wyjaśnione. Starożytni wiedzieli, że coś tam się jeszcze dzieje, ale nie wiadomo było co. Teoria powstała na założeniu, że wszystko dąży do swojego naturalnego stanu i miejsca, i nie dawała w związku z tym możliwości znaczących przewidywań.

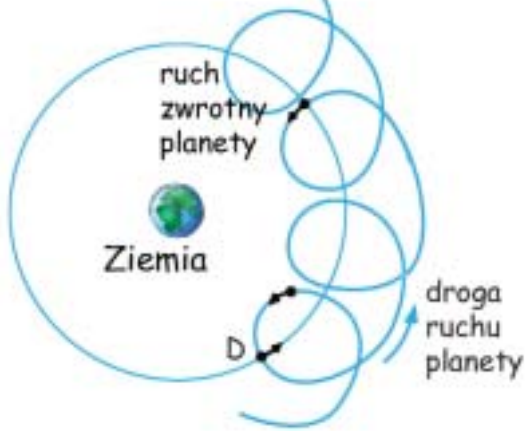
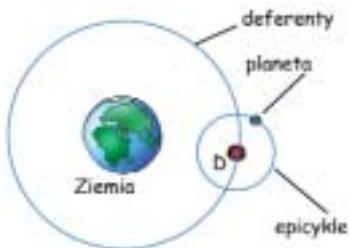
Jednak pomimo pewnych braków, na przykład **teoria Ptolemeusza (II w n.e.) o budowie kosmosu** (Ziemia jest w środku Wszechświata, a inne ciała niebieskie krążą po okręgach wokół Ziemi), która była oparta na teorii Arystotelesa, nawet dobrze się spisywała.

Gdy my, współcześni, spojrzymy na niebo, też zobaczymy na własne oczy, że rzeczywiście Słońce krąży w ciągu dnia po kole wokół Ziemi. Gwiazdy również zataczają koła na nocnym niebie.



Ale co na przykład z planetami? Planety dla nas, jako obserwatorów, nie krążą po okręgach, ale zakreślają na niebie dziwne figury, a czasem nawet zawirowania.

Punkt D krąży po okręgu wokół Ziemi (deferenty), co jest dla niego ruchem naturalnym, a planeta krąży po okręgu wokół tego punktu D (epicykle), co jest dla planety ruchem naturalnym.



Ptolemeusz miał na to odpowiedź. Była to teoria **deferentów i epicykli**. Deferenty to były duże okręgi, a epicykle to małe okręgi.

Możemy sobie wyobrazić dalszy ruch planety. Widzimy, że będzie ona krążyła po torze zbliżonym do spirali i rzeczywiście na niebie będziemy widzieli zawracanie planety. Jak odpowiednio dobierzemy prędkości okrążania, to możemy dostać coś bardzo zbliżonego do wyników obserwacji.

MT: Co takiego, w takim razie, zobaczył Kopernik, że zrewolucjonizował astronomię?

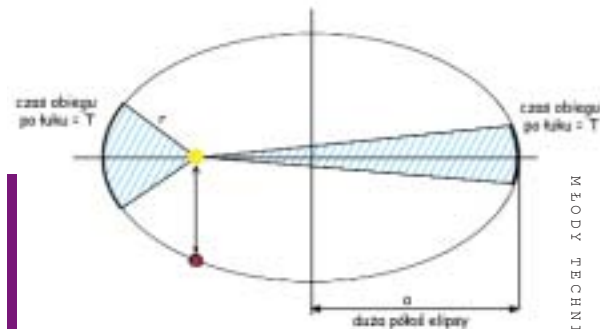
TS: Współcześnie mówi się, że **teoria Kopernika** to nie jest rewolucja polegająca na tym, że on zatrzymał Słońce, a ruszył Ziemię, ale jest to po prostu **spojrzenie na budowę świata z innego układu odniesienia**. Ptolemeusz patrzył z Ziemi, a Kopernik spoglądał na ruchy planet, tak jakby stał na Słońcu. W innym układzie odniesienia, związanym ze Słońcem, sprawa torów ruchu ciał niebieskich stała się o wiele prostsza. Wszystkie planety krążyły wokół Słońca, nie wykonując już ruchów spiralnych czy wstecznych.

Kopernik nie uciekł jednak od ruchów po okręgu, czyli od ruchów naturalnych dla ciał niebieskich.

Dopiero następny uczynek, oświecony ideami Kopernika, **Kepler** (wyciągając wnioski z obserwacji astronomicznych), powiedział:

– Jeżeli to jest prawda, że Słońce jest w środku i spoczywa, to lepiej by było, gdyby te planety krążyły po elipsach. Wtedy już by się wszystko zgadzało.

Kepler wiele lat obserwował planety i na podstawie swoich obserwacji podał 3 prawa rządzące ruchem planet, dziś nazywamy je prawami Keplera.



Gdy planeta przebyła zaznaczoną część łuku np. podczas 2 miesięcy i inną część łuku również w 2 miesiące, to pola zakreślone pomiędzy łukiem a ogniskiem elipsy są takie same.

- 1) Planety krążą po elipsach.
- 2) Promień wodzący planety zakreśla w jednostce czasu jednakowe pole, tzn. im planeta bliżej Słońca, tym porusza się szybciej.
- 3) Okres obiegu planety wokół Słońca podniesiony do kwadratu i podzielony przez sześćian dużej półosi elipsy jest liczbą stałą dla wszystkich planet.
 $T^2/a^3 = \text{stała}$

Jak widać z przykładu Kopernika i Keplera, często podczas rozumowania zgodnego z zasadą naukowego myślenia przejście do innego układu odniesienia wszystko upraszcza, umożliwiła wyciąganie wielu nowych wniosków. Do dziś zostało powiedzenie: „Punkt widzenia zależy od punktu siedzenia”. To niewątpliwe prawda!

MT: Współcześnie, dzięki różnym środkom lokomocji i zadaniom o dwóch pociągach jadących naprzeciw siebie (brrrr), łatwiej nam jest zmienić myślowo układ odniesienia.

ST: Popatrzmy na współczesny nam przykład zmiany układu odniesienia.

Jadą dwa samochody. Maluch jedzie z prędkością (V_1) 20 km/h, a Audi jedzie z prędkością (V_2) powiedzmy 100 km/h. Możemy zapytać: jaka jest prędkość Audi dla osoby jadącej maluchem?

$$V_2 - V_1 = 80 \text{ km/h}$$

Każdy czuje intuicyjnie, że prędkości trzeba odjąć, a wynikiem będzie 80km/h. Wystarczy nie patrzeć na dwa pojazdy, obiekty z boku, ale popatrzeć na sytu-



Dla policjanta mierzącego prędkość na radarze, samochody jadą z prędkościami 20 i 100 km/h. Dla kierowcy malucha, Audi wyprzedzi go z prędkością 80 km/h.

ację z wnętrza jednego z nich. I to właśnie jest zasada, którą wymyślił Galileusz. Dziś nazywamy ją **transformacją Galileusza**. Mówi ona dokładnie, jak należy przeliczać współrzędne jakiegoś punktu w przestrzeni, gdy przechodzimy do układu odniesienia, który porusza się z pewną prędkością. Sprowadza się ona właśnie do zasady dodawania prędkości i jest uzupełniona o fakt, że czas we wszystkich układach odniesienia płynie tak samo i jednostajnie.

Dla starożytnych byłoby trudne do pomyślenia przejście do układu odniesienia związanego z jednym z tych samochodów. Dla nas jest to oczywiste i naturalne.

MT: Z tego wynika, że Arystoteles nie kłamał, tylko patrzył na świat z innego punktu. Jednym z pierwszych kroków na drodze ewolucji teorii fizycznych było spojrzenie z innego układu odniesienia. Jednak to nam jeszcze nie wyjaśnia, dlaczego Newton widział świat w tak odmienny sposób niż starożytni.

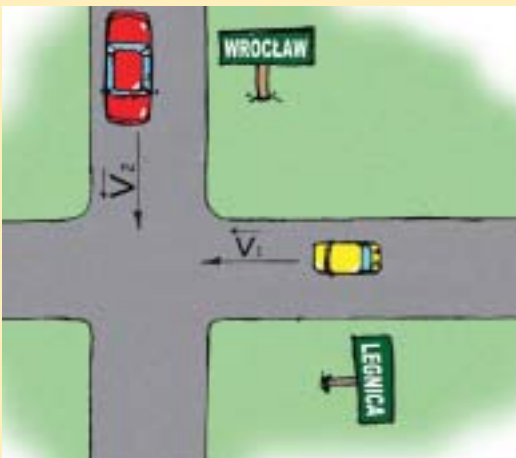
ST: Jaki był kolejny krok do powstania klasycznej mechaniki newtonowskiej i kto go uczynił, opowiemy podczas następnej rozmowy. ●

Rozmawiała Wisława Karolewska

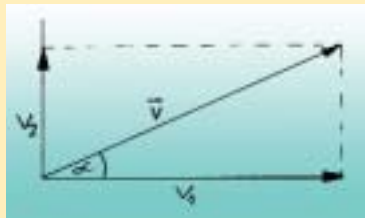
Dla dociekliwych:

Galileusz poszedł dalej i zapytał: Co się dzieje z prędkością, gdy ciała poruszają się w stosunku do siebie pod różnymi kątami? Galileusz podał ogólny przepis, jak należy wtedy dodawać prędkości. Prędkość trzeba traktować nie jako liczbę, ale jako wielkość, która ma również kierunek i zwrot, czyli jako **wektor**. Na prędkościach należy zatem dokonywać operacji wektorowych, np. dodawać je w odpowiedni sposób.

Wróćmy do samochodów, ale przenieśmy je na skrzyżowanie, gdzie jadą prostopadle do siebie.



Aby dodać te prędkości, trzeba użyć twierdzenia Pitagorasa. Suma tych prędkości jest wektorem, który ma długość



$$V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$$

i jest nachylony do prędkości V_1 , pod kątem, którego tangens obliczymy ze wzoru

$$\text{tg } \alpha = \frac{V_2}{V_1}$$

Oczywiście można sobie wyobrazić sytuację, gdy trzeba dodać prędkości ciał poruszających się względem siebie pod kątem ostrym.

Wtedy stosujemy tzw. zasadę równoległoboku na dodawanie wektorów, co daje możliwość dokładnego określenia kierunku, zwrotu i długości wysumowanych prędkości. Ale zostawiamy to czytelnikom jako zadanie domowe.

