

DROBIAZGI

W XIX w. nikt już nie wierzył w realność „sfery gwiazd stałych”, a formalny dowód jej nieistnienia powinien polegać po prostu na pomiarze odległości konkretnych gwiazd. Dowodów tych w postaci paralaktycznych przesunięć gwiazd bliskich na tle dalszych (wynikających z rocznego ruchu Ziemi) poszukiwano od dawna, a powodzenie osiągnięto w 1837 r. Wtedy bowiem pojawiły się techniczne możliwości mierzenia kątów poniżej 1" – takie paralaksy mają najbliższe gwiazdy. Niemal jednocześnie Bessel wyznaczył wtedy paralaksę gwiazdy 61 Cyg (0,"35), Struve – Wegi (0,"25) i Henderson α Cen (1"). Pomiary te zostały zresztą z czasem poprawione odpowiednio na 0,"29, 0,"12, 0,"76. Nic dziwnego, że Kopernik, choć przeczuwał występowanie zjawiska paralaksy, nie mógł tak małych kątów zmierzyć.

W 1866 roku ukazała się praca Jamesa Clerka Maxwella dotycząca kinetycznej teorii budowy materii. W przeprowadzonych obliczeniach Maxwell zastosował pomysłową metodę. Zauważył mianowicie, że wiele obliczeń ogromnie się upraszcza, jeżeli założyć, że cząsteczki odpychają się z siłą proporcjonalną do $1/r^5$ (r – odległość cząsteczek). Po otrzymaniu wyniku można natomiast udowodnić, że założenie szczególnej formy oddziaływania nie jest istotne.

Śledzenie ruchu kontynentów polega głównie na mierzeniu różnicy długości geograficznych dwóch wybranych punktów obserwacyjnych. Ruch kontynentów odbywa się dość powoli, z prędkością rzędu centymetrów na rok. Z kolei pomiary długości geograficznej sprowadzają się do wyznaczania lokalnego czasu, zatem by wykryć i zmierzyć tak powolny ruch, trzeba dysponować fantastycznie dokładnymi zegarami. Współczesne zegary atomowe „trzymają” czas z dokładnością rzędu 10^{-12} i dzięki temu ruch kontynentów już dawno przestał być hipotezą i jest zjawiskiem doskonale mierzalnym.

Wyznaczanie kolejnych cyfr po przecinku stałych przyrody nie jest głównym sadaniem fizyki. Jednak akurat bardzo ważne było (i zresztą jest nadal) sprawdzenie, czy masa „bezwładna” (ta występująca w drugiej zasadzie dynamiki Newtona) jest równa masie „ciężkiej” (występującej w prawie grawitacji). Cała fizyka z astronomią przysięga, że tak jest, jednak wypada upewnić się o tym doświadczalnie. Szereg przemyślnych eksperymentów dowodzi, że masy te są równe przynajmniej z dokładnością do 10^{-11} .

W Holandii aż do 1918 r. od kandydatów na studia uniwersyteckie wymagano znajomości greki i łaciny niezależnie od kierunku studiów. Johannes Van der Waals i Jacobus Van't Hoff nie spełniający tego warunku otrzymali specjalne imienne pozwolenia na podjęcie studiów.

Gdyby nieskończony Wszechświat był średnio równomiernie wypełniony gwiazdami, to w każdym kierunku trafiłoby się na gwiazdę, wobec czego całe niebo powinno świecić z jasnością powierzchniową jak u przeciętnej gwiazdy – tymczasem jest czarne. Tak brzmi fotometryczny paradoks Olbersa pochodzący z 1826 r. Przez lata spędzał sen z powiek liczny astronomom. Próbowano ratować sytuację za pomocą doraźnych dodatkowych założeń, np. o hierarchicznej budowie Wszechświata. Paradoks zniknął po opracowaniu ogólnej teorii względności i poznaniu na jej gruncie własności ekspandującego Wszechświata bez potrzeby wprowadzania dodatkowych założeń.

Zaproponowany przez Nielsa Bohra i rozwinięty przez Arnolda Sommerfelda planetarny model budowy atomu wodoru wyjaśniał istnienie skwantowanych stanów energetycznych atomu. Obliczane energie dość dobrze zgadzały się z wynikami pomiarów. Przejście do opisu atomów wieloelektronowych wymagało dodania do teorii jeszcze jednego założenia dotyczącego sposobu obsadzania stanów przez elektrony. Sformułował je Wolfgang Pauli w pracy z 1925 r. (tzw. zakaz Pauliego): w atomie nie ma nigdy dwu lub więcej elektronów w tym samym stanie, tj. stanie opisanym tymi samymi liczbami kwantowymi.

Nieco wcześniej, bo już w 1911 r., Władysław Natanson jako pierwszy zauważył, że wyprowadzenie wzoru Plancka (wzoru opisującego rozkład energii w widmie promieniowania ciała doskonale czarnego) wymaga założenia całkowitej nierozróżnialności kwantów promieniowania (fotonów).

Oba te fakty, niezrozumiałe w ramach fizyki klasycznej, zostały „wyjaśnione” po sformułowaniu mechaniki kwantowej. Odpowiednią regułą brzmi: Funkcja falowa układu identycznych cząstek o spinie równym nieparzystej wielokrotności $\hbar/2$ (tzw. fermionów – elektrony, protony, neutrony ...) jest zawsze całkowicie antysymetryczna, natomiast funkcja falowa układu identycznych cząstek o spinie całkowitym (fotony ...) jest zawsze całkowicie symetryczna. Czy jest to jednak wyjaśnienie zadowalające?

Według newtonowskiej teorii grawitacji każda planeta poruszałaby się po niezmiennej elipsie, gdyby podlegała oddziaływaniu tylko ze strony Słońca. Perturbacje ze strony innych planet powodują powolne zmiany elementów orbity, co najłatwiej prześledzić na przykładzie Merkurego, ponieważ porusza się on najszybciej ze wszystkich planet. Już U. Leverrier (1811 – 1877) stwierdził, że np. peryhelium orbity Merkurego porusza się w tempie $573''$ /wiek, podczas gdy z uwzględnieniem wszystkich perturbacji tempo to powinno wynosić $530''$ /wiek. Brak $43''$ wytłumaczyła dopiero ogólna teoria względności opracowana przez A. Einsteina w 1917 r.

Jedną z konsekwencji zakazu Pauliego jest istnienie ferromagnetyzmu. W sieci krystalicznej dla jednakowych sąsiednich atomów, mających niezapełnioną powłokę elektronową, jest energetycznie korzystne równoległe ustawienie ich spinów, a więc i momentów magnetycznych. Mechanizm ten prowadzi do powstawania obszarów (domen) o jednakowo zorientowanych momentach magnetycznych. Wynikające z zakazu Pauliego oddziaływanie momentów magnetycznych elektronów jest znacznie większe od ich „klasycznego” oddziaływania magnetoostatycznego.