

Kaprysy gwiazd

Po 300 latach zmagañ matematykom udało się wykazać, że trzy gwiazdy o równych masach mogą tworzyć trwały, zmieniający się cyklicznie układ. Podążając jedna za drugą, gwiazdy kreślą na niebie kształtną ósemkę. Cześć teraz tylko pozostaje, aż astronomowie wypatrzą w przestworzach taki gwiazdny trójkąt.

Stanisław Mrówczyński

Dociekania nad ruchem planet wokół Słońca doprowadziły do narodzin nowożytnej fizyki. Kopernik przeniósł środek świata z Ziemi na Słońce, lecz w jednym punkcie pozostał wierny starożytnej tradycji. Przyjął mianowicie, że planety krążą wokół Słońca po okręgach. Jakaż inna geometryczna figura mogła lepiej oddać harmonię niebieskich sfer niż doskonale symetryczny okrąg. Błąd kanonika z Fromborka naprawił Johannes Kepler. Wykorzystując wieloletnie obserwacje Tychona Brache, doszedł do wniosku, że planety obiegają Słońce po orbitach eliptycznych. Dlaczego, zastanawiały się najtęższe umysły epoki, natura zrezygnowała z idealnych kół, bezwstydnie je spłaszczając? Wyjaśnienie problemu wymagało sformułowania zasad dynamiki, odkrycia prawa powszechnego ciężenia i osiągnięcia zupełnie nowych matematycznych umiejętności. Syntezę tych niezwykłych dokonań zawarł Izaak Newton w „Zasadach matematycznych filozofii naturalnej” opublikowanych w 1687 r. Trzecia księga tej biblii nowożytnej nauki zawiera szczegółową analizę ruchu planet, satelitów i komet.

Chociaż ruch dwóch ciał, przyciągających się siłą odwrotnie proporcjonalną do kwadratu ich odległości, stał się zrozumiały w najdrobniejszych szczegółach, zachowanie układu potrójnego pozostawało dla Newtona i kilku pokoleń jego następców zupełną zagadką. Jeśli nawet udawało się znaleźć jakieś rozwiązania problemu, to były one jedynie wariacjami na temat zagadnienia dwóch ciał. Ruch Ziemi i Księżyca względem Słońca jest na przykład złożeniem obiegowego ruchu Ziemi wokół Słońca i Księżyca naokoło Ziemi. Niewiele bardziej niezwykła jest potrójna gwiazda Alfa Centauri. Dwa blisko siebie położone składniki tworzą jakby gwiazdę podwójną, trzeci zaś obiega swych towarzyszy szerokim łukiem.

Bodaj najciekawsze, chociaż tylko przybliżone, rozwiązanie problemu trzech ciał znalazł w 1772 r. Joseph-Louis Lagrange. Przebadał on ruch wokół Słońca planety oraz ciała na tyle lekkiego, że jego obecność nie ma wpływu na pozostałe dwa obiekty. Wielki matematyk zauważył, że owo małe ciało może podążać za bądź przed planetą, znajdując się w pobliżu tzw. minimum Lagrange'a – punktu wyznaczonego przez wierzchołek trójkąta równobocznego, którego podstawą jest odcinek łączący planetę i Słońce (patrz rysunek). W 1906 r. odkryto pierwszą planetoidę, a wkrótce całe ich dwie rodziny – nazwane Trojańczykami i Grekami, zachowujące się zgodnie z przewidywaniami Lagrange'a. Planetoidy z pierwszej rodziny podążają przed Jowiszem, z drugiej zaś – za nim. Występowanie minimum Lagrange'a wykorzystywano również przy planowaniu lotów kosmicznych. Satelita SOHO, umieszczony w minimum układu Ziemia-Słońce, spokojnie przypatruje się naszej dziennej gwiazdzie.

Konfiguracja Lagrange'a odporna jest na niewielkie zaburzenia. Małe ciało – planetoida czy satelita – nie musi znajdować się ściśle w punkcie minimum, aby tworzyć trwały układ. Lekko z tego punktu wychylone, na przykład przez przelatującą kometę, będzie krążyć wokół minimum niby potrącone wahadło. Matematycy zauważyli również, że możliwa jest, choć niezwykle mało prawdopodobna, zaznaczona na rysunku trajektoria w kształcie podkowy, po której małe ciało będzie okrążać oba minima Lagrange'a. Wśród fizyków powszechnie panuje przekonanie, że w przyrodzie występuje wszystko to, co nie jest zabronione. I rzeczywiście, w 1980 r. zaobserwowano, że dwa nowo odkryte księżycy Saturna zakreślają orbitę w kształcie podkowy. W 1997 r. doniesiono zaś, że Ziemi towarzyszy w wędrówce wokół Słońca niewielka, o średnicy zaledwie 5 km, planetoida oznaczona numerem 3753. W układzie obracającym się wraz z Ziemią trajektoria planetoidy przypomina podkowę.

W opisanych przykładach jedno ciało jest na tyle małe, że nie zaburza ruchu dwóch pozostałych. Analiza ruchu trzech obiektów o zbliżonych masach jest bez porównania bardziej skomplikowana. Przyczynę trudności wyjaśnił w 1890 r. Henri Poincare, demonstrując naturalną skłonność układu potrójnego do zachowań chaotycznych. Niewielkie zaburzenie trajektorii ruchu powoduje jej całkowitą zmianę, a dalsza ewolucja układu staje się nieprzewidywalna. W zainicjowanych przez Poincare'a badaniach układów chaotycznych poczyniono w ostatnich latach niezwykle postępy. Zapanowała moda na chaos, a poszukiwanie stabilnych konfiguracji zdawało się być melodią przeszłości.

„Nigdy nie chciałem zajmować się układem trzech ciał – wspomina Richard Montgomery, matematyk z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Santa Cruz, odkrywca ósemkowej konfiguracji trzech gwiazd. – Przypomina to grzebanie w grobowcach. 300 lat historii problemu sprawia, że nigdy nie wiesz, czy nie powtarzasz cudzych rachunków.” Montgomery poświęcił się innemu klasycznemu zagadnieniu mechaniki, którego sens sprowadza się do pytania: dlaczego kot spada na cztery łapy? Wypracowane przy tej okazji metody okazały się świetnie pasować do problemu trzech ciał. Umożliwiły mu znalezienie, we współpracy z Alainem Chencinerem, stabilnej konfiguracji gwiazdy potrójnej. Gdyby układ był stabilny tylko przy

ściśle równych masach poszczególnych gwiazd, tak jak zakładało rozwiązanie Chencinera i Montgomery'ego, to prawdopodobieństwo pojawienia się w kosmosie takiej potrójnej gwiazdy byłoby praktycznie równe zeru. Jednak Carles Simo z Uniwersytetu w Barcelonie wykazał, przeprowadzając komputerową symulację, że konfiguracja pozostaje stabilna również wtedy, gdy masy gwiazd nie są ściśle równe, lecz tylko bliskie sobie. Natura ma więc pewną szansę wykreowania takiego układu. Być może astronomowie wypatrzą już wkrótce gwiazdny trójkąt w przestworzach wszechświata.

Autor jest fizykiem, pracuje w Instytucie Problemów Jądrowych w Warszawie oraz w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Kielcach.