Patrz w niebo

Wszystkie planety obiegają Słońce w tym samym kierunku – fakt ten wydaje się tak banalny, że nie poświęca mu się niemal żadnej uwagi. Skoro Układ Słoneczny powstał z jakoś wirującej pierwotnej mgławicy, to nic dziwnego, że nadal wszystko obraca się jak poprzednio.

Ale nie jest tak z rotacją samych planet – trzy rotują w kierunku wstecznym, tzn. przeciwnie do kierunku obiegu wszystkich planet: Wenus, Uran i Pluton. W przypadku Urana jest to akurat dość formalne, bo jego oś obrotu leży niemal w płaszczyźnie orbity.

Nie jest też tak z kierunkiem obiegu satelitów planet. Wprawdzie znaczna ich większość obiega swoje planety ruchem prostym, ale Saturn ma jednego satelitę o ruchu wstecznym (Phoebe), a Jowisz cztery (Ananke, Carme, Pasiphae i Sinope). Nawiasem mówiąc te cztery nazwy dla satelitów Jowisza zostały swego czasu specjalnie dobrane, wszystkie kończą się na „e". W ogólności jednak nie każdy satelita o nazwie kończącej się na „e" ma ruch wsteczny. Przyczyny wstecznego ruchu satelitów planet są do dziś właściwie nie znane.

Okazuje się, że jest też przykład ruchu wstecznego w większej skali. Mianowicie w Warkoczu Bereniki leży galaktyka M64 (a więc dość bliska i jasna, skoro znalazła się w katalogu Messiera), w której obszar centralny o promieniu rzędu 1 kpc rotuje w przeciwną stronę niż cała galaktyka. Stwierdzono to kilka lat temu w wyniku radiowych obserwacji neutralnego wodoru w tej galaktyce, prowadzonych za pomocą sieci radioteleskopów Very Large Array w Nowym Meksyku (USA) oraz w obserwatorium w Westerborku (Holandia). Fala 21 cm, emitowana przez wodór, jest pozornie dłuższa, gdy obszar wodoru oddala się od obserwatora, a krótsza, gdy zbliża – jest to efekt Dopplera powodujący również poczerwienienie lub poniebieszczenie światła widzialnego pochodzącego z ruchomego źródła. Właśnie w M64 owo radiowe poczerwienienie i poniebieszczenie względnie małej części centralnej jest przeciwne niż całości galaktyki. Przypuszcza się, że przeciwbieżna rotacja jest skutkiem tego, że galaktyka M64 powstała z dwóch innych rotujących w przeciwne strony. Co prawda, nikt dotychczas jeszcze tego porządnie nie sprawdził, np. poprzez numeryczne symulacje.

Tomasz KWAST

Rozwiązanie zadania F 427. Czas spadania obliczymy całkując równanie

$$v = \frac{dx}{dt}$$

(x jest chwilową odległością Ziemi od Słońca)

$$t = \int_h^R \frac{dx}{v} .$$

Z zasady zachowania energii

$$\frac{1}{2}v^2 - \frac{GM}{x} = -\frac{GM}{h}$$

otrzymujemy prędkość

$$v = -\sqrt{\frac{2GM(h-x)}{hx}} .$$

Tak więc

$$t = h\sqrt{\frac{h}{2GM}} \int_{R/h}^{1} \sqrt{\frac{y}{1-y}}\, dy .$$

Po obliczeniu całki otrzymujemy

$$t = h\sqrt{\frac{h}{2GM}}\left(\frac{\pi}{2} - \arcsin\sqrt{\frac{R}{h}} - \sqrt{\frac{R}{h}\left(1-\frac{R}{h}\right)}\right).$$

Ponieważ stosunek R/h jest bardzo mały, drugi i trzeci wyraz są praktycznie zaniedbywalne, a zatem

$$t \approx \frac{\pi h}{2}\sqrt{\frac{h}{2GM}} \approx 64{,}5 \text{ dnia} .$$

Inne rozwiązanie: Trajektoria spadającej Ziemi jest elipsą zdegenerowaną do odcinka, którego jeden koniec znajduje się na orbicie Ziemi, a drugi w środku Słońca. Czas spadania jest równy połowie okresu ruchu po tej elipsie. Duża półoś tej elipsy jest równa połowie promienia orbity Ziemi. Zgodnie z trzecim prawem Keplera czas spadania wyrażony w latach jest równy

$$t = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}\right)^{3/2} \text{ lat} ,$$

czyli nieco więcej niż dwa miesiące.

suma kątów w dowolnym trójkącie jest równa 180 stopni. W geometrii absolutnej twierdzenie to nie daje się dowieść, można natomiast okazać, że suma kątów trójkąta jest bądź równa 180 stopni, bądź mniejsza od 180 stopni. Zależnie, która z tych ewentualności zachodzi, mamy geometrię Euklidesa lub geometrię Łobaczewskiego.

Jeżeli jednak rozmiary trójkąta są dostatecznie małe, to suma jego kątów staje się bardzo bliska 180 stopniom. Ze wzrostem trójkąta odchylenie to staje się coraz większe. Fakt ten pozwala szukać odpowiedzi doświadczalnej na pytanie, czy świat zbudowany jest według geometrii Euklidesa, czy może według geometrii Łobaczewskiego. W tym celu zmierzmy sumę kątów dowolnego trójkąta. Jeżeli obowiązuje geometria Euklidesa, suma ta powinna wynosić dokładnie 180 stopni, jeżeli obowiązuje geometria Łobaczewskiego – powinna być mniejsza od 180 stopni. Najbardziej jednak precyzyjne pomiary nie są całkowicie dokładne, a więc za ich pomocą nigdy nie możemy stwierdzić, że suma kątów jest dokładnie równa 180 stopniom. Doświadczenie więc tego rodzaju nie pozwoli z całą pewnością stwierdzić, że obowiązuje geometria Euklidesa. Natomiast należy liczyć się z możliwością, że mierząc trójkąty dostatecznie duże (o wymiarach kosmicznych), w sposób bardzo dokładny, będzie można na tej drodze stwierdzić, że geometria Euklidesa w świecie rzeczywistym nie obowiązuje. Nowoczesne koncepcje fizyczne (teoria względności) przyjmują, że geometria Euklidesa daje dobre przybliżenie rzeczywistości jedynie w obszarach niezbyt wielkich. W skali kosmicznej należy posługiwać się inną geometrią. Jakkolwiek nie jest nią geometria Łobaczewskiego, to jednak Łobaczewski był tym, który stwarzając swą geometrię pierwszy wyszedł świadomie i konsekwentnie poza koncepcję przestrzeni pozostawioną nam przez świat antyczny.

Stworzenie nowej geometrii jest dziełem, które imię Mikołaja Łobaczewskiego ozdobiło blaskim nieśmiertelnej sławy. Dlatego też w artykule tym mówiłem tylko o tym jego dziele. Warto jednak wspomieć, że w ciągu swego pracowitego życia w skromnym środowisku prowincjonalnego uniwersytetu genialny ten człowiek napisał szereg wartościowych prac również z innych działów matematyki (algebry, teorii szeregów, rachunku całkowego). Ponadto nie uchylał się od prac organizacyjnych i administracyjnych, pełniąc przez blisko 20 lat obowiązki rektora Uniwersytetu w Kazaniu. Umarł 24 lutego 1856 roku.