

Grawitacja

Grawitacja jest powszechną siłą przyciągania się ciał w przyrodzie. Dzięki niej Ziemia i inne ciała niebieskie przyjmują kuliste kształty. Ona trzyma nas na powierzchni Ziemi, nie pozwalając nam odpaść i odlecieć w przestworza Kosmosu. Sprawia też, że Ziemia i inne ciała Układu Słonecznego trzymają się Słońca, okrążając je po swoich orbitach. Jest to siła stwórcza i ożywiająca – bez niej nie byłoby Ziemi, Słońca, Księżyca; nie byłoby też żadnych planet, gwiazd czy galaktyk; nie byłoby życia. Grawitacja jest wiodącą siłą kształtującą Wszechświat. Żyjemy dzięki niej i ciągle pozostajemy pod jej wpływem. Tak przyzwyczailiśmy się do niej, że często sobie jej nawet nie uświadamiamy; no chyba, że skądś spadniemy albo coś dzwiganymy.

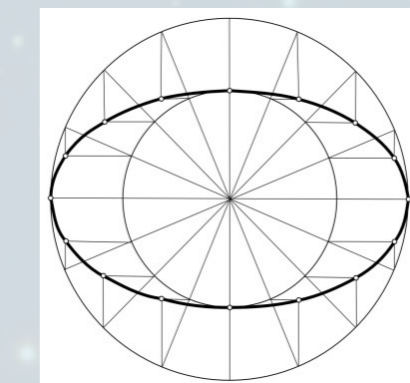
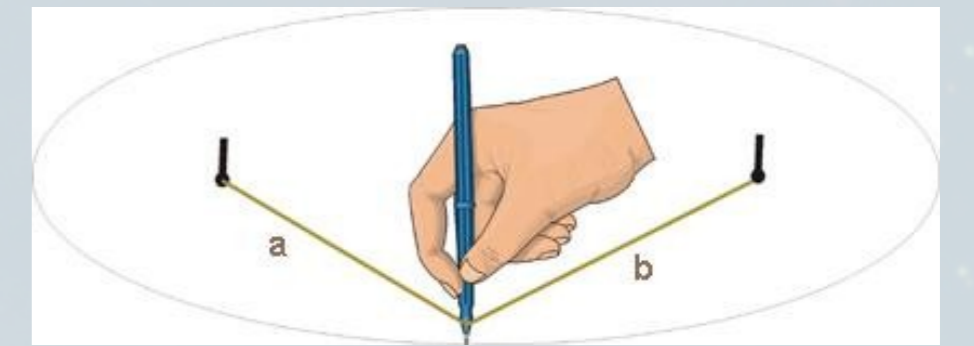
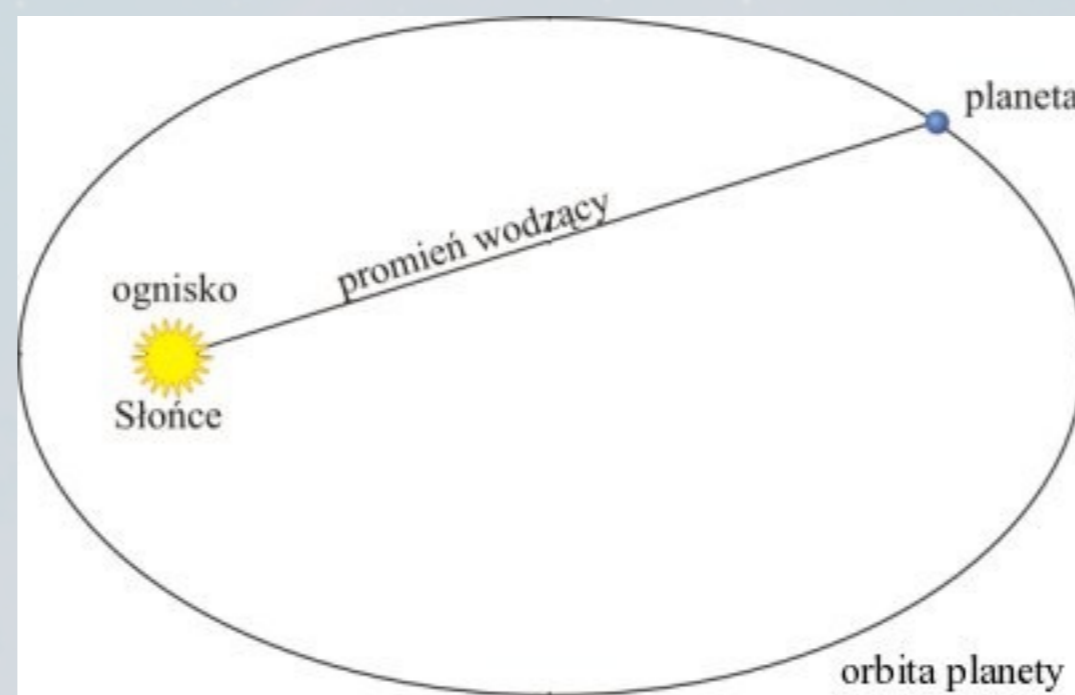
Ciężar ciał znajdujących się na Ziemi (podobnie rzecz się ma na innych ciałach niebieskich) jest uwarunkowany nie tylko masą tych ciał, ale przede wszystkim ogromną masą naszej planety ($6 \cdot 10^{24}$ kg). Gdyby ta masa była 10 razy mniejsza, wszystkie ciężary, w tym naszych ciał, zmalałyby 10-krotnie. Gdyby masa Ziemi była 10 razy większa, człowiek dorosły ważyłby około 1 tony.

Dla człowieka grawitacja jest wielkim dobrodziejstwem, choć w niektórych sprawach odczuwamy ją, jako przeszkadzającą i utrudniającą życie. Gdyby nie ta siła, nie byłoby tarcia między ziemią, a naszymi stopami; nie dało by się więc chodzić. Grawitacja utrzymuje atmosferę, nie pozwalając jej odlecieć od Ziemi. Mamy zatem czym oddychać. To, że płyną rzeki, że są jeziora, morza i oceany, również zawdzięczamy grawitacji. Podobne przykłady można przytaczać bez końca. Dokuczliwym przejawem działania grawitacji są m. in. utrudnienia przy budowach i transporcie. Ciężkość przedmiotów oraz ich tendencja do spadania to zasługa grawitacji. Grawitacja wymusza na człowieku np. budowę dróg, które z kolei niszczyją z racji istnienia grawitacji.

Ziemska grawitacja jest istotną przeszkodą dla lotnictwa i astronautyki. W ostatnim stuleciu człowiek nauczył się już sobie radzić z tą uciążliwością. Na tym przykładzie widać, że grawitacja wymusza również postęp cywilizacyjny ludzkości, którego poziom mierzy się właściwie zdolnością radzenia sobie z wszechobecnym ciężaniem.

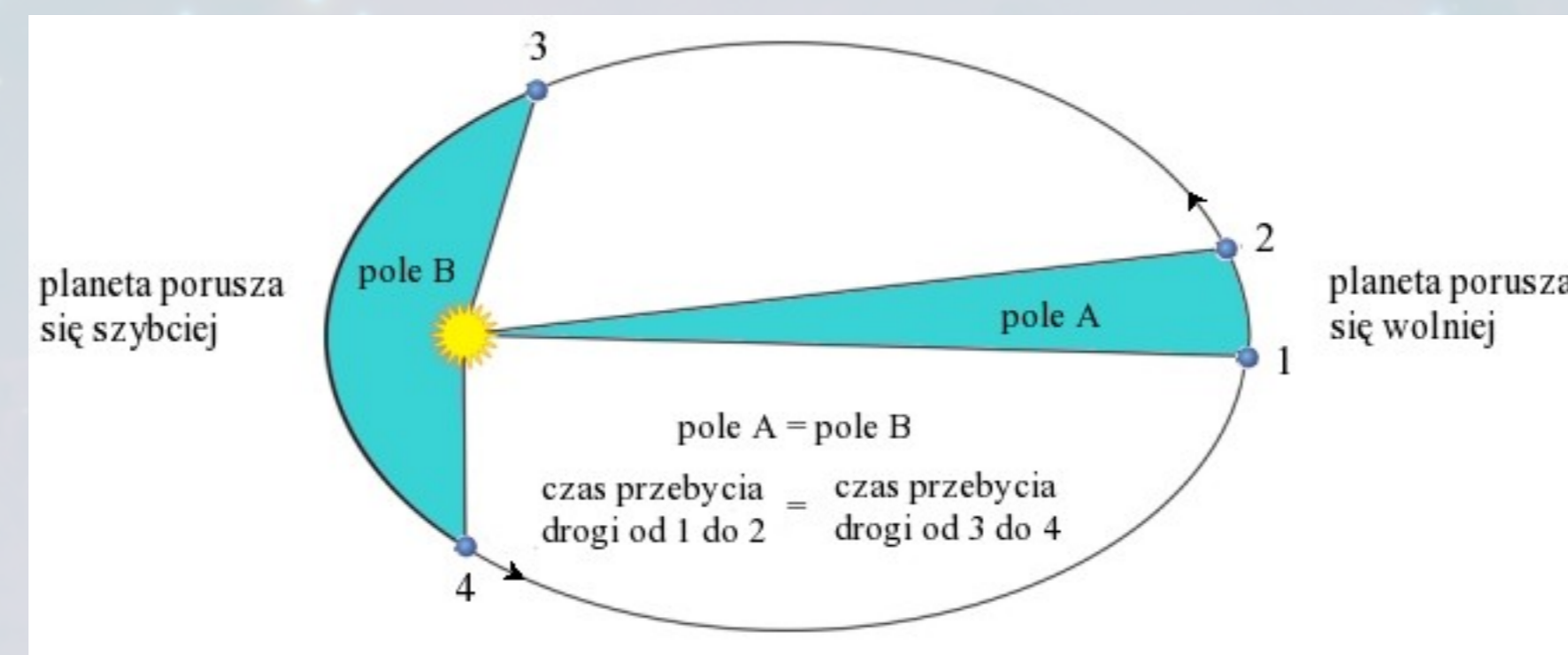
Nowożytnemu rozwojowi myśli na temat grawitacji dał początek, jeszcze nie świadome, Mikołaj Kopernik ogłaszając w 1543 roku heliocentryczny model budowy Świata. Przyjmując ten model, Johannes Kepler postawił sobie pytanie o przyczynę ruchu planet wokół Słońca. Zbadał dokładnie drogi planet (na początek Marsa) i początkiem XVII wieku odkrył trzy ważne prawa rządzące ich ruchami. Są to tak ważne prawa, że do dziś powszechnie naucza się ich na całym świecie. I słusznie, bo ludzkość im właśnie zawdzięcza wyjście ze średniowiecznej stagnacji i współcześnie doświadczany postęp cywilizacyjny.

I prawo Keplera: *Orbity planet krążących wokół Słońca nie są okręgami, jak wcześniej sądzono, ale mają kształt elipsy. Słońce (sprawca ruchu) znajduje się w jednym z dwóch ognisk eliptycznej orbity.*



Proste sposoby rysowania elipsy. Przy pomocy nitki i dwóch szpilek, wyznaczających ogniska elipsy (u góry) oraz przy pomocy dwóch współśrodkowych okręgów (po lewej).

II prawo Keplera: *W równych odstępach czasu promień wodzący planety obiegającej Słońce (odcinek łączący planetę i Słońce) zakreśla takie same pola.*



Oznacza to, że planeta znajdując się w swoim ruchu bliżej Słońca musi poruszać się wzdłuż swojej orbity szybciej, niż w przypadku, gdy znajduje się dalej. Punkt orbity planety znajdujący się najbliżej Słońca nazywa się peryhelium. Punkt orbity najbardziej oddalony od Słońca to aphelium. Zgodnie z II prawem Keplera, w pobliżu peryhelium planeta porusza się najszybciej, a w pobliżu aphelium najwolniej. Czas potrzebny planecie na pełny obieg dookoła Słońca nosi nazwę okresu gwiazdowego. Oznacza się go literką T . Dla Ziemi jest to rok gwiazdowy, który liczy sobie 365.256363 dób. Kształt i rozmiar elipsy określają jej osie a i b . Pierwsza (duża) wyraża odległość najdalszego punktu elipsy od jej środka, druga zaś najbliższego. Planeta obiegająca Słońce co chwilę znajduje się w innej odległości od niego. Wprowadza się pojęcie średniej odległości planety od Słońca. Tak się składa, że ta średnia odległość jest równa dużej półosi eliptycznej orbity, którą oznacza się zwyczajowo literką a .

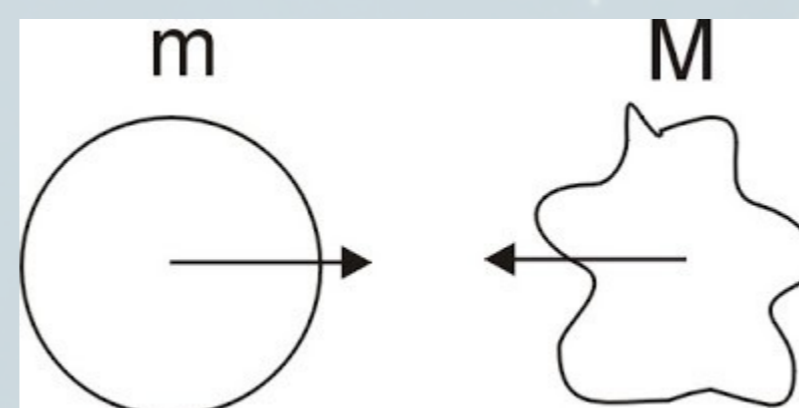
III prawo Keplera: *Stosunek kwadratu okresu gwiazdowego obiegu planety wokół Słońca do sześcienną wielkiej półosi jej orbity jest taki sam dla wszystkich planet Układu Słonecznego.*

Matematycznie prawo to zapisuje się w postaci:

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{constans}$$

Jeśli okresy planet wyrazić w ziemskich latach gwiazdowych, a średnie odległości w jednostkach astronomicznych, to wartość tej stałej (constans) wyniesie 1.

W oparciu o prawa Keplera Izaak Newton, pod koniec XVII wieku, wywiódł wzór na powszechne ciężenie.



$$F = G \frac{m \cdot M}{R^2}$$

Pokazał, że siła z jaką przyciągają się dwa ciała jest proporcjonalna do iloczynu mas tych ciał (m i M) i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości pomiędzy środkami tych ciał (R). Stała G , tzw. stała grawitacji, została wyznaczona w XVIII wieku przez Cavendisha w Cambridge. Jej wartość wynosi:

$$G = 6.673848 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg s}^2}$$

Okazało się, że siła utrzymująca planety na orbitach okołosłonecznych i Księżyc na orbicie okołozemskiej jest tą samą siłą, którą ludzie na Ziemi odczuwają jako ciężar. Wyprowadzenie wzoru na ciężenie powszechne jest pięknym przykładem na to, że zrozumienie tego, co rozgrywa się blisko nas, na Ziemi, przychodzi często poprzez wnikliwe analizy tego, co rozgrywa się na niebie.

Posiłkując się wzorem na ciężenie powszechne oszacujemy, z jaką siłą przyciągają się Ziemia i Słońce. Potrzebujemy znać masę Ziemi (m), masę Słońca (M) oraz odległość między środkami Ziemi i Słońca (R). Wobec tego, że rzeczywista odległość (zgodnie z I prawem Keplera) zmienia się od chwili do chwili, za R przyjmijmy średnią roczną odległość, czyli tzw. jednostkę astronomiczną.

Korzystając z tablic astronomicznych zapisujemy:

$$\begin{aligned} m &= 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \\ M &= 2 \cdot 10^{30} \text{ kg} \\ R &= 1 \text{ j.a.} = 15 \cdot 10^{10} \text{ m} \end{aligned}$$

Wstawiając powyższe wartości do wzoru na siłę grawitacji otrzymujemy:

$$F = 6.673848 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 2 \cdot 10^{30} / (15 \cdot 10^{10})^2 \approx 3.56 \cdot 10^{22} \text{ N}$$

Otrzymaliśmy niewyobrażalnie wielką siłę. Dla porównania zauważmy, że 1 tonowy ciężar na powierzchni Ziemi przyciągany jest w kierunku środka Ziemi z siłą prawie 10^4 N (niutonów). Słońce i Ziemia przyciągają się więc $3.56 \cdot 10^{18}$ razy mocniej od tej siły.

Zrozumienie jak działa grawitacja pozwoliło ustalić masę Ziemi i innych ciał Układu Słonecznego. Daje możliwość ustalenia położenia planet na dowolny moment czasu w przeszłości i przyszłości. Przede wszystkim zaś umożliwia planowanie i realizację lotów kosmicznych. Loty te, z kolei, pozwalają umieszczać w kosmosie teleskopy. Praca teleskopów kosmicznych nie jest zaburzana przez ziemską atmosferę, co oznacza, że z kosmosu można obserwować nie tylko w świetle widzialnym i w zakresie radiowym (co jest możliwe z powierzchni Ziemi), ale również w pozostałych obszarach widma elektromagnetycznego (podczerwień, ultrafiolet, promieniowanie, rentgenowskie i gamma). Otrzymywane przez teleskopy kosmiczne obrazy są przesyłane na Ziemię drogą radiową. Naziemne radioteleskopy przechwytyują te obrazy a astronomowie mogą je analizować i odkrywać nowe prawa przyrody. Tak więc, obserwacje astronomiczne pozwoliły zrozumieć jak „działa” grawitacja, a następnie wiedza o grawitacji zaowocowała wypracowaniem bardzo precyzyjnych technik przeprowadzania dalszych obserwacji astronomicznych. Obserwacje te znowu pozwolą wykrywać nowe prawa przyrody.

Do tej pory udało się człowiekowi zrozumieć jak działa grawitacja. Dało się nawet sformułować ściśle matematyczne wzory, które to działanie opisują. Czym jednak grawitacja jest w swej istocie, tzn. co się fizycznie rozgrywa pomiędzy masami, że muszą się przyciągać, tego nikt na Ziemi jeszcze nie wie. Skoro tyle dobrego wynika ze samej znajomości tego jak grawitacja działa, ileż więcej korzyści możemy oczekiwać od zrozumienia, czym ona jest!