

AKADEMIA CWINT - o grawitacji i ruchu planet

III prawo Keplera możemy sformułować również w następujący sposób: kwadraty okresów obiegu planet mają się do siebie jak sześciany ich średnich odległości od Słońca. Oznaczywszy przez T okresy obiegu planet, a przez a półosie wielkie ich orbit i zaznaczywszy wskaźnikami 1 i 2 wielkości odnoszące się odpowiednio do dwu różnych planet, możemy trzecie prawo Keplera zapisać w postaci następującego wzoru:

$$\frac{a_1^3}{a_2^3} = \frac{T_1^2}{T_2^2} \quad \text{lub} \quad \frac{a_1^3}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{T_2^2}$$

Jest to prawo określające, w jaki sposób okres obiegu planet rośnie wraz ze wzrostem ich średniej odległości od Słońca. Widzimy, że okres rośnie szybciej niż średnia odległość, a co za tym idzie — średnia prędkość liniowa planet w miarę wzrostu średniej odległości maleje. Najszybciej poruszają się planety bliskie Słońca.

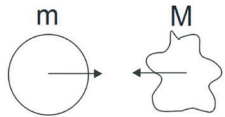
Uogólnione prawa Keplera

Kepler wyprowadził swoje prawa ściśle empirycznie na podstawie obserwacji. Są one, jak się potem okazało, również przybliżonymi wnioskami wynikającymi z praw mechaniki (prawa bezwładności i prawa powszechnego ciążenia). W rzeczywistości zarówno każda planeta, jak i Słońce poruszają się po elipsach wokół wspólnego środka masy. Ponieważ jednak masa Słońca jest większa tysiące (Jowisz), a czasem miliony (Merkury) razy od masy każdej z planet, praktycznie biorąc Słońce znajduje się tuż koło wspólnego środka masy i możemy mówić, że planety krążą wokół Słońca. Trzecie prawo Keplera dla ściślejzego sformułowania wymaga uwzględnienia również mas Słońca i rozpatrywanych planet. Oznaczywszy przez M masę Słońca, a przez m — masę planety, przez a odległość wzajemną Słońca i planety, możemy zamiast trzeciego prawa Keplera napisać ściślejszy związek zwany uogólnionym trzecim prawem Keplera. Brzmi ono:

$$a^3 = T^2 G \frac{M + m}{4\pi^2}, \text{ gdzie } G \text{ stała grawitacji}$$

Prawo to jest stosowalne do jakichkolwiek dwu obiegających się wzajemnie ciał, jeśli przez M i m oznaczyć odpowiednie ich masy.

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



$$F = G \frac{Mm}{R^2}$$

Stała G , tzw. stała grawitacji, została wyznaczona w XVIII wieku przez Cavendisha w Cambridge. Jej wartość wynosi:

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

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 ciążenie 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 ciążenie powszechne oszacujmy, 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 przyjmiemy średnią roczną odległość, czyli tzw. jednostkę astronomiczną. Korzystając z tablic astronomicznych zapisujemy: $m = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ $M = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ $R = 1 \text{ j.a.} = 15 \cdot 10^{10} \text{ m}$

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!

TROCĘ HISTORII

Odkrycia w dziedzinie astronomii odmieniają nasze wyobrażenia o Wszechświecie. Zmieniają sposób, w jaki postrzegamy materię, czas i przestrzeń, modyfikują nasze spojrzenie na historię oraz przyszłość gatunku ludzkiego. Starożytni astronomowie mówili o gwiazdach stałych, my zaś – o galaktykach, supernowych. Dawniej uważaliśmy Ziemię za centrum Wszechświata, dziś uznajemy ją za małą planetę, należącą do jednego z milionów podobnych układów, w których być może także istnieje życie. Te dramatyczne zmiany perspektywy opierają się na tysiącach pojedynczych odkryć. Każde odkrycie przybliży nas do zrozumienia tajemnic Wszechświata. Poniżej podano w porządku chronologicznym listę ważniejszych momentów w rozwoju wiedzy astronomicznej do drugiej połowy XVII wiek, a wie odkrycia przez Izaaka Newtona teorii grawitacji.

ok. 3000 p.n.e. Pierwsze informacje o konstelacjach w kulturze Sumerów (Mezopotamia)

ok. 1100 p.n.e. Pierwsze wyznaczenie nachylenia ekliptyki do równika (Chiny)

500 p.n.e. Pitagoras stwierdza, że sfery nieba wirują wokół kulistej Ziemi (Grecja)

350 p.n.e. Arystoteles rozbudowuje system sfer z centralną Ziemią

300 p.n.e. Arystarch proponuje heliocentryczny model Wszechświata (Grecja)

ok. 240 p.n.e. Pomiar długości południka ziemskiego (Eratostenes z Cyreny)

150 p.n.e. Obserwacje Hipparcha. Pierwszy katalog gwiazd

II wiek n.e. Opracowanie systemu geocentrycznego (Klaudiusz Ptolemeusz, Grecja)

1543 Mikołaj Kopernik proponuje heliocentryczny model Układu Słonecznego

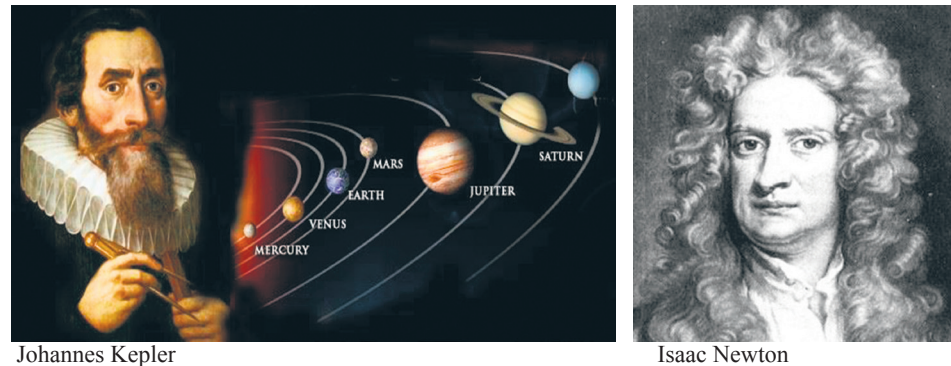


Mikołaj Kopernik i jego heliocentryczny model Układu Słonecznego

1608 Hans Lippershey konstruuje pierwszy teleskop

1609 – 1611 Pierwsze obserwacje teleskopowe, odkrycie czterech satelitów Jowisza, kraterów Księżyca i gwiazd Drogi Mlecznej (Galileusz)

1609 – 1618 Ogłoszenie praw ruchu planet. Opracowanie budowy lunety astronomicznej (Johannes Kepler)



Johannes Kepler

Isaac Newton

1639 Pierwsza obserwacja tranzytu Wenus, Jeremiah Horrocks (Anglia)

1676 wyznaczenie prędkości światła Ole Rømer (Dania)

1687 Ogłoszenie teorii grawitacji Newtona (Anglia)

Źródło: Materiały Stowarzyszenia Astronomia Nova
ASTRONOMIA – Konrad Rudnicki

Kontakt: Piotr Duczmal – CWINT, pd@ecis.pl, 601-97-70-54

Archiwalne numery Patrząc w NIEBO są dostępne na naszej stronie www.cwint.org.pl

CWINT - OTWIERAMY DLA CIEBIE SZEROKO DRZWI DO ŚWIATA WIEDZY I NAUKI