MLO Rzeszów

lekcja 14 17.04.2021 klasa I semestr II

Prawa Keplera

Historia odkrycia

Dzieło *Astronomia Nova* z 1609

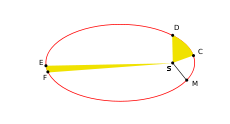
Kepler w trakcie studiów teologii protestanckiej w [Tybindze](https://pl.wikipedia.org/wiki/Tybinga) zapoznał się szczegółowo z teorią [heliocentryczną](https://pl.wikipedia.org/wiki/Heliocentryzm) [Kopernika](https://pl.wikipedia.org/wiki/Miko%C5%82aj_Kopernik) i odtąd stał się jej gorącym propagatorem. To, że udało mu się odkryć trajektorie planet, inne niż proponowane przez wszystkie dotychczasowe systemy kosmologiczne, zawdzięczał współpracy z [Tychonem Brahe](https://pl.wikipedia.org/wiki/Tycho_Brahe" \o "Tycho Brahe).

Brahe przez wiele lat regularnie rejestrował położenia planet w ich ruchu po niebie, w szczególności dokonał wielkiej liczby dokładnych pomiarów położenia [Marsa](https://pl.wikipedia.org/wiki/Mars). Wysoką ich dokładność osiągnął, wyznaczając przestrzenne położenie punktów [orbity](https://pl.wikipedia.org/wiki/Orbita) Marsa na podstawie znajomości średnicy orbity [Ziemi](https://pl.wikipedia.org/wiki/Ziemia) oraz kąta widzenia tych samych punktów orbity Marsa w odstępach roku marsjańskiego. Szczęśliwym zbiegiem okoliczności dla skuteczności tej metody był fakt, że orbita Ziemi jest niemal dokładnie [okręgiem](https://pl.wikipedia.org/wiki/Okr%C4%85g), a orbita Marsa jest [elipsą](https://pl.wikipedia.org/wiki/Elipsa) o stosunkowo dużym [mimośrodzie](https://pl.wikipedia.org/wiki/Ekscentryczno%C5%9B%C4%87_(fizyka)).

Po śmierci Tychona Brahe w [1601](https://pl.wikipedia.org/wiki/1601) bogate wyniki jego pomiarów na mocy testamentu stały się własnością Keplera. Dysponując nimi, Kepler mógł graficznie wyznaczyć orbitę Marsa względem różnych punktów orbity ziemskiej. Po wieloletnich wytrwałych obliczeniach doszedł do wniosku, że najwłaściwszą krzywą jest [elipsa](https://pl.wikipedia.org/wiki/Elipsa). Głębsza analiza umożliwiła mu precyzyjne określenie zmiennej [prędkości orbitalnej](https://pl.wikipedia.org/wiki/Pr%C4%99dko%C5%9B%C4%87_orbitalna) planety w jej ruchu po elipsie. Rezultaty tych prac opublikował w roku [1609](https://pl.wikipedia.org/wiki/1609) w dziele *Astronomia Nova*

Obserwacje [galileuszowych księżyców Jowisza](https://pl.wikipedia.org/wiki/Galileuszowe_ksi%C4%99%C5%BCyce_Jowisza" \o "Galileuszowe księżyce Jowisza), odkrytych w 1610 przez [Galileusza](https://pl.wikipedia.org/wiki/Galileusz), potwierdziły trafność pierwszych dwóch praw Keplera o ruchu planet. Ułatwiły też Keplerowi, po kilku kolejnych latach, sformułowanie III prawa, opublikowanego w roku [1619](https://pl.wikipedia.org/wiki/1619) w *Harmonices Mundi* („Harmonia świata”). Wnioski z obserwacji ruchów Marsa potwierdzono wkrótce także dla orbit innych planet.

Prawa Keplera

**Pierwsze prawo**[](https://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Com%C3%A8te_trajectoire_7.svg)

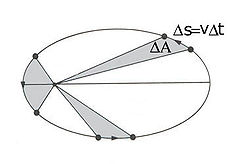
**Każda planeta**[**Układu Słonecznego**](https://pl.wikipedia.org/wiki/Uk%C5%82ad_S%C5%82oneczny)**porusza się wokół Słońca po orbicie w kształcie elipsy, w której w jednym z ognisk jest**[**Słońce**](https://pl.wikipedia.org/wiki/S%C5%82o%C5%84ce)

Elipsę można opisać na kilka sposobów, w astronomii najczęściej opisuje się elipsy, podając ich [wielką półoś](https://pl.wikipedia.org/wiki/P%C3%B3%C5%82o%C5%9B_wielka) {\displaystyle (a)}oraz [mimośród](https://pl.wikipedia.org/wiki/Ekscentryczno%C5%9B%C4%87_(fizyka)) {\displaystyle (e),} który określa stopień wydłużenia elipsy (im {\displaystyle e} bliższe zeru, tym elipsa bliższa jest okręgowi). Mimośród elipsy {\displaystyle e}jest równy stosunkowi długość odcinka {\displaystyle c}między środkiem a jednym z ognisk do długości wielkiej półosi:

{\displaystyle e={\frac {c}{a}}.}

Mimośrody orbit planet w naszym [układzie](https://pl.wikipedia.org/wiki/Uk%C5%82ad_S%C5%82oneczny) są w większości niewielkie. Poza Merkurym, dla którego mimośród przekracza nieco wartość 0,2, mimośrody orbit pozostałych planet są poniżej 0,1. Na przykład mimośród elipsy orbity Ziemi wynosi 0,0167, co oznacza, że wielka oś elipsy orbity Ziemi jest dłuższa od krótkiej osi niewiele więcej niż 1% jej długości.

**Drugie prawo**

[](https://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Kepler_2_a.jpg)

Graficzna interpretacja II prawa Keplera

**W równych odstępach czasu**[**promień wodzący**](https://pl.wikipedia.org/wiki/Promie%C5%84_wodz%C4%85cy)**planety, poprowadzony od Słońca, zakreśla równe pola**

Opisuje to wyrażenie:

{\displaystyle {\frac {\Delta A}{\Delta t}}={\text{const}}.}

Wynika stąd, że w [peryhelium](https://pl.wikipedia.org/wiki/Peryhelium) (w pobliżu Słońca) planeta porusza się szybciej niż w [aphelium](https://pl.wikipedia.org/wiki/Aphelium) (daleko od Słońca), czyli planeta w ciągu takiego samego czasu przebywa dłuższą drogę {\displaystyle (\Delta S)} w pobliżu peryhelium, niż w pobliżu aphelium.

Na przykład dla orbity Ziemi (mimośród {\displaystyle e} = 0,01672) prędkość liniowa Ziemi w [peryhelium](https://pl.wikipedia.org/wiki/Peryhelium) wynosi 30,3 km/s, zaś w [aphelium](https://pl.wikipedia.org/wiki/Aphelium) 29,3 km/s, dlatego lato (aphelium około 3 lipca) jest trochę dłuższe od zimy (peryhelium około 3 stycznia).

**Trzecie prawo**

**Stosunek kwadratu okresu obiegu planety wokół Słońca do sześcianu wielkiej półosi jej orbity jest stały dla wszystkich planet w Układzie Słonecznym**

Można to zapisać wzorem:

{\displaystyle {\frac {T\_{1}^{2}}{a\_{1}^{3}}}={\frac {T\_{2}^{2}}{a\_{2}^{3}}}={\text{const}},}

gdzie:

{\displaystyle T\_{1},T\_{2}} – okresy obiegu dwóch planet,

{\displaystyle a\_{1},a\_{2}} – wielkie półosie orbit tych planet.

Z prawa tego wynika, że im większa orbita, tym dłuższy okres obiegu, oraz że prędkość liniowa na orbicie jest odwrotnie proporcjonalna do pierwiastka promienia orbity (dla orbity kołowej).