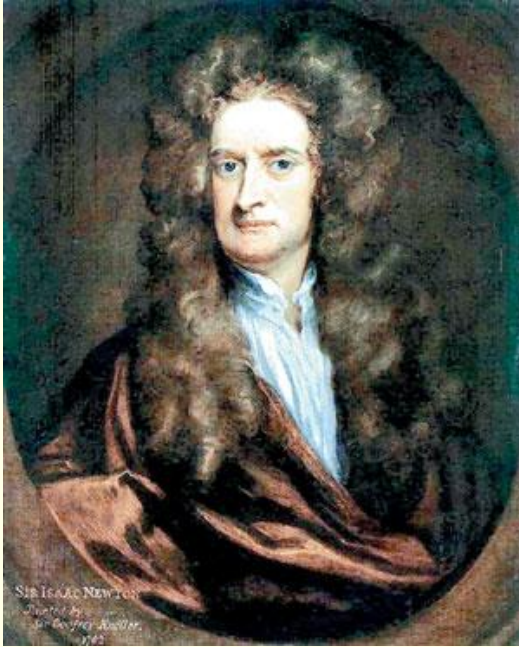


O Newtonie i prawie powszechnej grawitacji

dr inż. Romuald Kędzierski



Isaac Newton

1642 – 1727

*W swoim słynnym dziele **Matematyczne podstawy filozofii przyrody** (1687 r.) przedstawił prawo powszechnego ciążenia, a także prawa ruchu (zasady dynamiki) leżące u podstaw mechaniki klasycznej.*

Przypomnienie:

Oddziaływania ciał są zawsze wzajemne!

Jeżeli np. ciało *A* działa z pewną siłą na ciało *B*, to także ciało *B* działa na ciało *A* z pewną siłą!

Obie siły mają taką samą wartość, ten sam kierunek, przeciwne zwroty i różne punkty przyłożenia.

Trzecia zasada dynamiki Newtona

\vec{F}_{AB} - siła, z jaką ciało *A* działa na ciało *B*

\vec{F}_{BA} - siła, z jaką ciało *B* działa na ciało *A*

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA} \quad \text{ale: } F_{AB} = F_{BA}$$

Według Newtona:

Każde dwa ciała materialne przyciągają się wzajemnie tzw. siłą grawitacji.

Według Newtona:

Wartość siły wzajemnego oddziaływania grawitacyjnego jest zależna od mas tych ciał

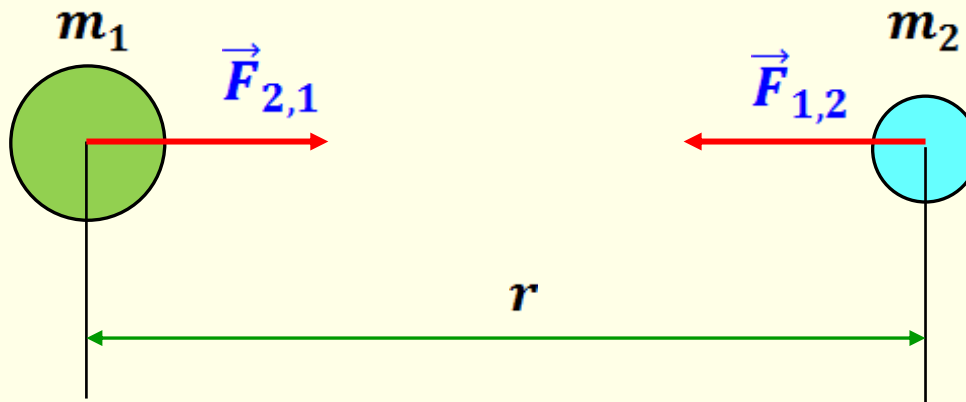
i

od odległości między nimi.

Prawo powszechnego ciężenia Newtona

Założenie:

Oddziałującą parę ciał materialnych można uważać za obiekty punktowe (punkty materialne) lub jednorodne kule (ewentualnie kulę i punkt materialny).



Z III Z.D.N:

$$F_{2,1} = F_{1,2} = F_g \longrightarrow \text{siła grawitacji}$$

Według Newtona:

Siła wzajemnego oddziaływania grawitacyjnego między dwoma ciałami materialnymi; punktami materialnymi lub jednorodnymi kulami), jest:

a. wprost proporcjonalna do iloczynu ich mas

$$F_g \sim m_1 \cdot m_2$$

To znaczy, jeżeli masa jednej z kul wzrośnie sześć razy, a drugiej kuli zmaleje dwa razy, to siła wzajemnego oddziaływania grawitacyjnego między dwoma ciałami materialnymi **wzrośnie trzy razy.**

b. odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między nimi (między ich środkami)

$$F_g \sim \frac{1}{r^2}$$

To znaczy, jeżeli na przykład wartość odległości między środkami obu kul wzrośnie dwa razy, to wartość tej siły **zmaleje cztery razy.**

Stąd:

$$F_g \sim \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$
$$[\text{N}] = \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \right] \neq \left[\frac{\text{kg}^2}{\text{m}^2} \right]$$

Współczynnik proporcjonalności w tej zależności nosi nazwę stałej grawitacji G .

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$G \cong 6,67 \cdot 10^{-11} \left[\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \right]$$

Sens fizyczny stałej grawitacji

Niech:

$$m_1 = m_2 = 1 \text{ kg}, \quad r = 1 \text{ m}$$

Wtedy:

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad \Longrightarrow \quad F_g = G$$

Wniosek:

Stała grawitacji jest równa co do wartości sile grawitacji, z jaką przyciągają się wzajemnie dwa obiekty punktowe (kule jednorodne) o masach 1 kilogram każdy, jeżeli odległość między nimi (między ich środkami) wynosi 1 metr.

Zadanie 1.

Człowiek ma masę $m = 100 \text{ kg}$.

$$M_Z \cong 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \qquad R_Z \cong 6400 \text{ km}$$

Oblicz wartość siły grawitacji działającej na człowieka ze strony Ziemi, jeżeli:

- a.** *człowiek znajduje się na powierzchni Ziemi,*
- b.** *człowiek znajduje się na wysokości $h = 1000 \text{ km}$ nad powierzchnią Ziemi.*
- c.** *O ile procent wartość siły grawitacji w przypadku **b** jest mniejsza niż w przypadku **a**?*

$$E = m \cdot c^2 \longrightarrow \text{wzór Einsteina}$$

$$c^2 = a^2 + b^2 \longrightarrow \text{tw. Pitagorasa}$$

Wniosek:

$$E = m \cdot (a^2 + b^2)$$

równanie Einsteina - Pitagorasa ??!