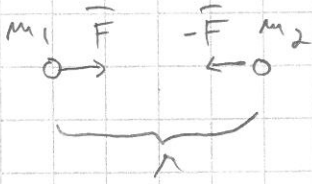


## 4. gravitaatio

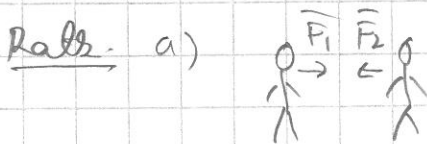
- Tyko Brahe (sank. 1546-1601) toimi tarkkajana kasaantoja tahtitieteestä
- Brahen oppilas Johannes Kepler (1571-1631) esitti Keplerin 3 lakia
- Isaac Newton v. 1687: kaikki massat vetävät toisiaan puoleensa



$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \text{GRAVITAATIOVOIMA}$$

$$\gamma \approx 6,67428 \cdot 10^{-11} \text{ N} \frac{\text{kg}^2}{\text{kg}^2} \quad \text{gravitaatiovakio}$$

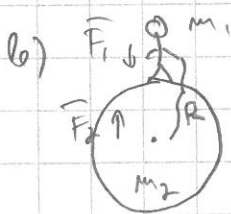
Esim. Lohke a) kahden oppilaan, b) oppilaan ja Maan välisen gravitaatiovoima.



$$m_1 = 61 \text{ kg} \\ r = 2,3 \text{ m}$$

$$m_2 = 57 \text{ kg}$$

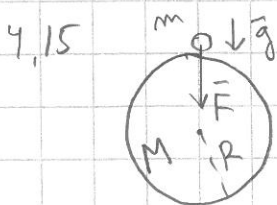
$$F_1 = F_2 = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6,67428 \cdot 10^{-11} \text{ N} \frac{\text{kg}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{61 \text{ kg} \cdot 57 \text{ kg}}{(2,3 \text{ m})^2} \\ \approx 4,387 \cdot 10^{-8} \text{ N} \approx \underline{44 \text{ nN}}$$



$$m_1 = 61 \text{ kg}, \quad m_2 = 5,9723 \cdot 10^{24} \text{ kg} \\ R = 6370 \text{ km}$$

$$F_1 = F_2 = \gamma \frac{m_1 m_2}{R^2} = 6,67428 \cdot 10^{-11} \text{ N} \frac{\text{kg}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{61 \text{ kg} \cdot 5,9723 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6370000 \text{ m})^2} \\ \approx 599,235 \text{ N} \approx \underline{600 \text{ N}}$$

huom.  $\gamma$  on hyvin pieni  $\Rightarrow$  jotta gravitaatiovoima olisi merkittävä, täytyy ainakin toisen massan olla "tähtitieteellinen" (maapallo, kuu, aurinko, galaksi, ...)



$$M = 2,8 \cdot 10^{30} \text{ kg}, \quad R = \frac{24 \text{ km}}{2} = 12 \text{ km}$$

$$NII: \sum \vec{F} = m\vec{a} \quad \Rightarrow \quad F = \gamma \frac{Mm}{R^2} = mg \quad | :m$$

$$\Leftrightarrow g = \frac{\gamma M}{R^2} = \frac{6,67428 \cdot 10^{-11} \text{ N} \frac{\text{kg}^2}{\text{kg}^2} \cdot 2,8 \cdot 10^{30} \text{ kg}}{(12000 \text{ m})^2} \approx 1,29778 \cdot 10^{12} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ \approx \underline{1,3 \cdot 10^{12} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$