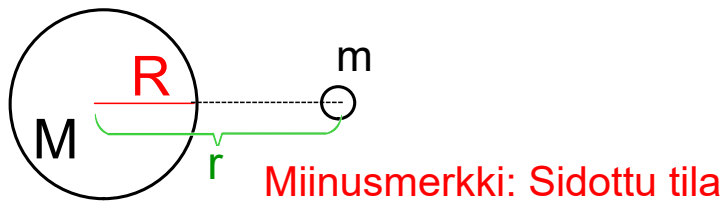


## 6. Mekaaninen energia gravitaatiokentässä

### Gravitaatiokentän potentiaalienergia



$$E_p(r) = -\frac{\gamma M m}{r}, \quad r \geq R \quad \text{MAOL s. 125}$$

helmi 5-9:38

Palautetaan mieleen mekaanisen energian säilymlaki

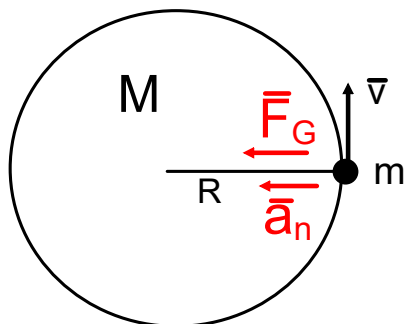
$$E_p + E_k = \text{VAKIO} \quad \text{eli}$$

$$E_{p,a} + E_{k,a} = E_{p,l} + E_{k,l}$$

## ESIMERKKI 3

Ensimmäinen pakonopeus:

Ongelma: Millä lähtönopeudella päästään maapalloa kiertävälle radalle?



$$\text{Liikkeyhtälö: } \vec{F}_G = m\vec{a}_n$$

Skalaariyhtälö:

$$\frac{\cancel{GMm}}{R^2} = \frac{\cancel{mv^2}}{\cancel{R}} \quad | \cdot R | : m$$

helmi 5-9:45

$$v^2 = \frac{GM}{R} \quad | \sqrt{\quad}$$

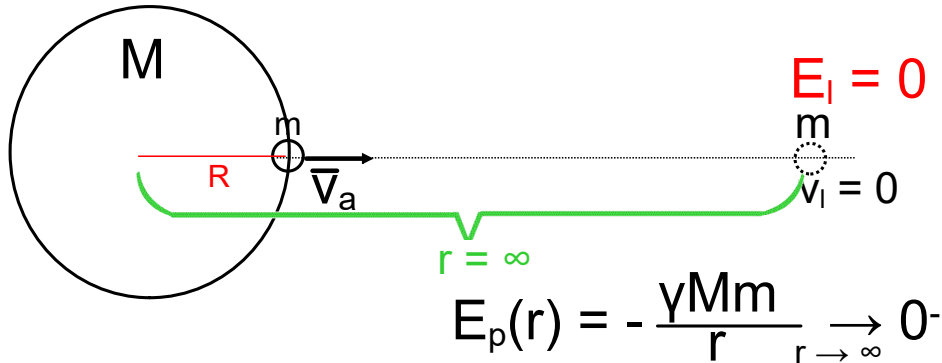
$$v = v_I = \sqrt{\frac{6,67259 \cdot 10^{-11} \cancel{\text{kgm/s}^2 \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2} \cdot 5,974 \cdot 10^{24} \cancel{\text{kg}}}{6378 \cdot 10^3 \cancel{\text{m}}}}$$

$$\approx 7900 \text{ m/s.}$$

helmik. 15-17.30

## ESIMERKKI 4 Toinen pakonopeus

Ongelma: Millä lähtönopeudella päästään äärettömän kauas maapallosta?



helmi 6-12:50

Energiaperiaate:

$$E_{p,a} + E_{k,a} = \underbrace{E_{p,l}}_{\xrightarrow{r \rightarrow \infty} 0} + \underbrace{E_{k,l}}_0, \text{ ts.}$$

$$-\frac{\gamma M m}{R} + \frac{1}{2} m v_a^2 = 0 \quad | \cdot 2 \quad | : m$$

$$v_a^2 = \frac{2\gamma M}{R} \quad \text{eli}$$

$$v_a = v_{II} = \sqrt{\frac{2\gamma M}{R}} = \sqrt{2} v_I = \dots \approx 11200 \text{ m/s}$$

helmi 6-12:54

helmik. 13-16.23