

Q12 * Astrophysik * Bewegung von Himmelskörpern (Zusammenfassung)

Kreisbahn

„Leichter“ Körper (Masse m) bewegt sich auf Kreisbahn um einen „schweren“ Körper (Masse M).

Kraftansatz: Zentripetalkraft = Gravitationskraft

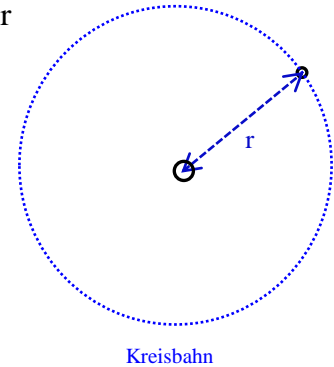
$$m \cdot \omega^2 \cdot r = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \quad \text{bzw.} \quad \frac{m \cdot v^2}{r} = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \quad \text{mit} \quad v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} = \omega \cdot r$$

$$\text{Kepler III:} \quad \frac{T^2}{r^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M}$$

Potentielle und kinetische Energie auf der Kreisbahn mit Radius r :

$$E_{\text{pot}} = -\frac{G \cdot m \cdot M}{r} \quad (\text{aus } E_{\text{pot}} = -\int_r^\infty \frac{G \cdot m \cdot M}{x^2} dx) \quad \text{und}$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{G \cdot m \cdot M}{2 \cdot r} \quad \text{und} \quad E_{\text{ges}} = -\frac{G \cdot m \cdot M}{2 \cdot r}$$



Kreisbahn

Ellipsenbahn

„Leichter“ Körper (Masse m) bewegt sich auf Ellipsenbahn um einen „schweren“ Körper (Masse M).

Ellipsen-Eigenschaften: $\overline{F_1P} + \overline{PF_2} = \text{konstant} = 2a$

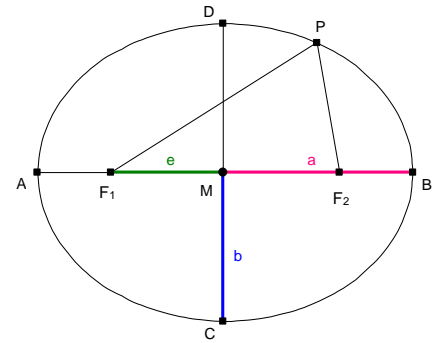
$$\text{Zudem gilt} \quad a^2 = b^2 + e^2 \quad \text{und} \quad \varepsilon = \frac{e}{a} = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} \quad (0 \leq \varepsilon < 1)$$

ε ist ein Maß für die Exzentrizität und für einen Kreis gilt $\varepsilon = 0$.

$$\text{Kepler III:} \quad \frac{T^2}{a^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M} \quad \text{und} \quad E_{\text{ges}} = -\frac{G \cdot m \cdot M}{2 \cdot a}$$

Geschwindigkeit $v = v(r)$ des Satelliten auf der Ellipsenbahn:

$$v = \sqrt{G \cdot M \cdot \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)} \quad (\text{aus } E_{\text{pot}}(r) + E_{\text{kin}}(r) = E_{\text{ges}} = -\frac{G \cdot m \cdot M}{2 \cdot a} \quad \text{mit } E_{\text{pot}}(r) = -\frac{G \cdot m \cdot M}{r})$$

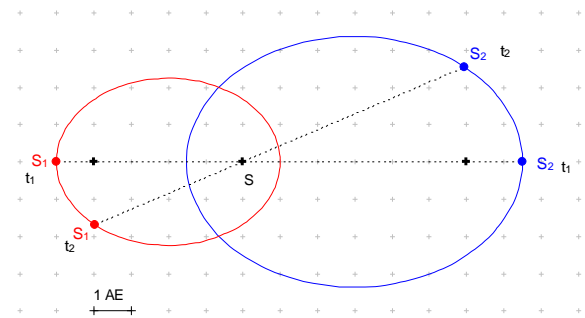


Ellipsenbahnen

zweier etwa gleich schwerer Körper

$$\text{Kepler III:} \quad \frac{T^2}{a^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot (m_1 + m_2)}$$

mit $a = a_1 + a_2$ und $m_1 \cdot a_1 = m_2 \cdot a_2$



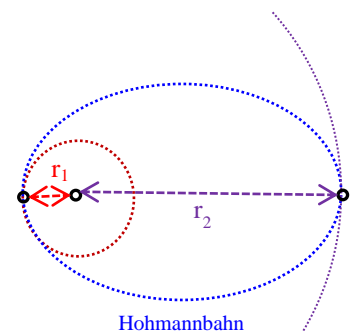
Hohmannbahn

Große Halbachse a_H der Hohmannbahn: $a_H = \frac{1}{2} \cdot (r_1 + r_2)$

Geschwindigkeit im Abstand r vom Zentralkörper:

$$v = v(r) = \sqrt{G \cdot M \cdot \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$$

$$\text{Flugdauer } T_F: \quad T_F = \frac{1}{2} \cdot T_{\text{Hohmann}} \quad \text{und} \quad \frac{T_{\text{Hohmann}}^2}{a_H^3} = \frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{r_2^3}$$



Hohmannbahn