

Anmeldung zur Klausur: In VSPL zur Vorlesung anmelden

Anmeldung zur Vorlesung gilt für beide Klausuren:

Klausur 12.2.2010, 10h-12h, HZO 10

Nachklausur 26.3.2010, 10h-12h, HZO 20

Studierende der
Chemie, Biochemie:

- Mechanik (bis Weihnachten),
keine Thermodynamik

Studierende der
Geowissenschaften:

- Mechanik und Thermodynamik
(ganzes Semester)

Klausur: Mindestens 50% der Punkte erforderlich.

Wer über 50 % Übungspunkte erreicht, bekommt 5 % Bonuspunkte in der Klausur/Nachklausur.
Wer über 65 % Übungspunkte erreicht, bekommt 10 % Bonuspunkte in der Klausur/Nachklausur.

Bonuspunkte gelten für

- Studierende der Geowissenschaften (alle Semester)
- für Studierende der Chemie, Biochemie die nach der **neuen Prüfungsordnung (29.6.2009) studieren (1. Semester)**
- **Keine Bonuspunkte für Studierende der Chemie, Biochemie die nach der alten Prüfungsordnung studieren**

Letzte Stunde

- Drehimpuls L , Drehimpulserhaltung

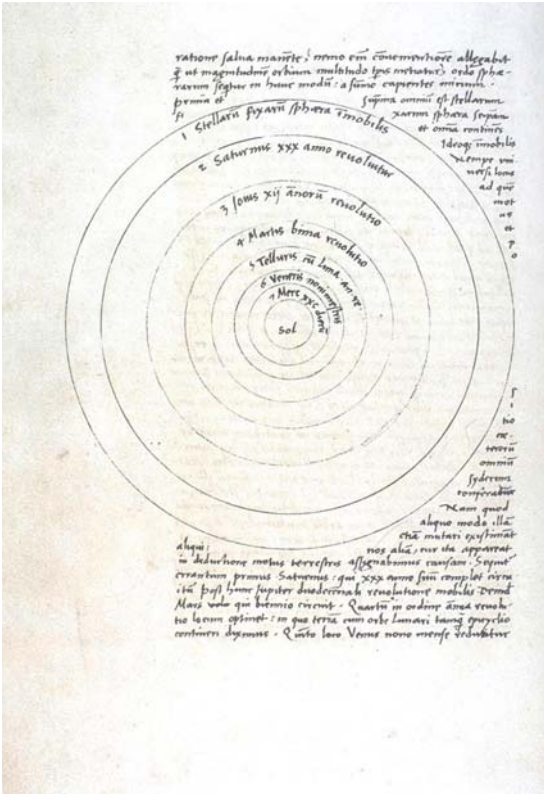
Translation	Rotation
Weg s (m)	Winkel φ (rad)
Geschwindigkeit $v=ds/dt$ (m/s)	Winkelgeschw. $\omega=d\varphi/dt$ (rad/s= s^{-1})
Beschleunigung $a=dv/dt$ (m/s ²)	Winkelbeschl. $\alpha=d\omega/dt$ (rad/s ² = s^{-2})
Masse m (kg)	Trägheitsmoment $J=\int r^2 dm$ (kg m ²)
Kraft $F=m a=dp/dt$ (N=kg m/s ²)	Drehmoment $M=J\alpha=dL/dt$ (N m)
Impuls $p=m v$ (kg m/s=N s)	Drehimpuls $L=J\omega$ (kg m ² /s=N m/s)
Arbeit $W=\int F ds$ (N m=J=W s)	Arbeit $W=\int M d\varphi$ (N m=J=W s)
Kin. Energie $E=\frac{1}{2} m v^2$ (N m=J=W s)	Kin. Energie $E=\frac{1}{2} J \omega^2$ (N m=J=W s)
Leistung $P=dW/dt=F v$ (W=J/s)	Leistung $P=dW/dt=M \omega$ (W=J/s)

Heute

- 5.10 Gravitation und Himmelsmechanik

<http://www.ep1.rub.de/lehre/veranstaltungen/ws0910/physikcbg/>

5.10 Gravitation und Himmelsmechanik



Nikolaus Kopernikus (1473-1543)

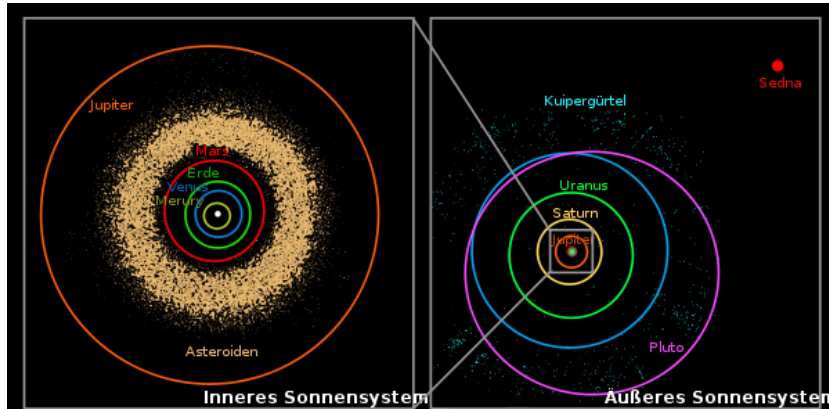
- Tycho Brahe (1546-1601)
 - kaiserlicher Hofastronom in Prag
 - Präzise Messungen der Planetenbahnen



Schleifenbahn des Mars

- Johannes Kepler (1571-1630)
 - erst Assistent von Brahe, dann sein Nachfolger
 - Mathematische Auswertung der Daten von Brahe

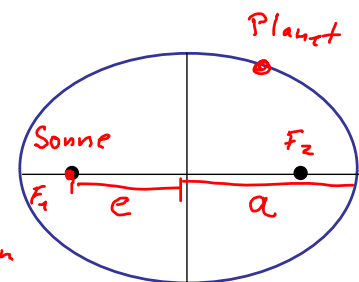
Sonnensystem



5.10.1 Keplersche Gesetze

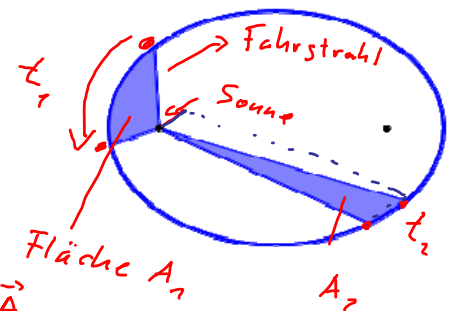


1. Die Planeten bewegen sich auf Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.



Erdbahn
Exzentrizität $e/a = 0,017$
 $F_1 \approx F_2$

2. Der von der Sonne zu einem Planeten gezogene Fahrstrahl überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen. \int Kreisbahn:



$$L = J \omega = m_p \cdot r^2 \cdot \omega = m_p \cdot r \cdot v_B$$

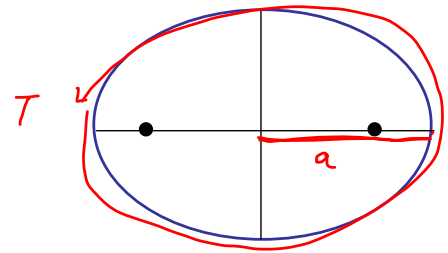
gilt auch für Ellipsen: \downarrow Const \downarrow Const.

$$\vec{L} = \vec{r} \times m_p \cdot \vec{v} = m_p \left(\vec{r} \times \frac{d\vec{r}}{dt} \right) = m_p \cdot 2 \frac{d\vec{A}}{dt} = \text{const}$$

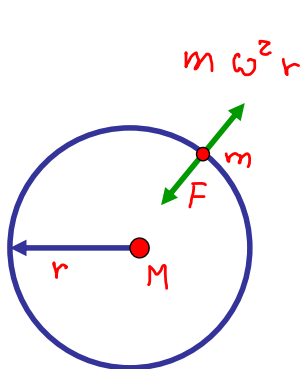
$$\vec{v} \times d\vec{r} = 2 \cdot d\vec{A}$$

3. Die Quadrate der Umlaufzeiten verschiedener Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen der großen Halbachsen der Ellipsen:

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \dots \quad \text{const.}$$



5.10.2 Gravitationsgesetz



weis:
 $a \approx r$

Newton: Gravitationskraft ist der Grund für Bahnbeschleunigung

$$F = m \omega^2 r = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

3. Keplerscher Gesetz:

$$T^2 = \text{const.} \cdot r^3$$

$$F = m \frac{4\pi^2}{\text{const.}} \cdot \frac{1}{r^3} \cdot r$$

$$F = \text{const.} \cdot \frac{m}{r^2}$$

Kraft = Gegenkraft
Erde → Sonne = Sonne → Erde

$$F = \gamma \frac{m M}{r^2}$$

Gravitationsgesetz
(Newton 1687)

$$\gamma = 6,67428(67) \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$$

Gravitationskonstante
 $\pm 0,00067$

$$m_1 = 80 \text{ kg} \quad m_2 = 50 \text{ kg} \quad r = 1 \text{ m} \quad F \approx 0,3 \mu\text{N}$$

Experiment von Cavendish (1798)

1. Drehmoment

$$M = \frac{L}{2} \cdot F_G \cdot 2$$

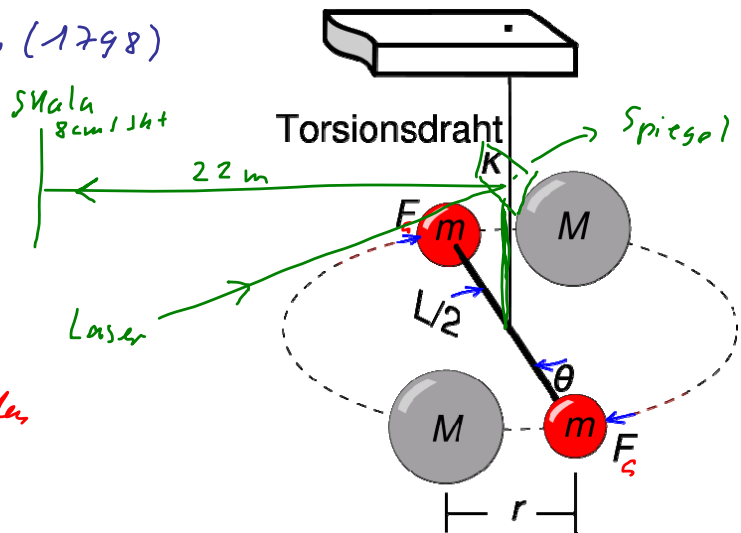
$$\text{mit } F_G = \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$$

2. Drehmoment Torsionsfeder

$$M = K \cdot \Theta$$

↑ Winkel

aus Schwingungss-
frequenz



$$M = 1,5 \text{ kg}$$

$$m = 1 \text{ g}$$

$$L = 10 \text{ cm}$$

Cavendish Ziel: Bestimmung der mittleren Dichte der Erde: Bsp. Apfel m_A

Gravitationskraft = Schwerkraft

$$\gamma \cdot \frac{m_A \cdot m_{\text{Erde}}}{r_{\text{Erde}}^2} = m_A \cdot g$$

$$m_{\text{Erde}} = \frac{g \cdot r_{\text{Erde}}^2}{\gamma} = \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (6,37 \cdot 10^6 \text{ m})^2}{6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 (\text{kg} \cdot \text{s}^2)}$$

$$= 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$\rho_{\text{Erde}} = \frac{m_{\text{Erde}}}{\frac{4}{3} \pi \cdot r_{\text{Erde}}^3} = 5,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

Erdkruste: $(2,5 - 4) \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

Erdinneren ca. 80% Eisenanteil

Geostationäre Satelliten

Umlaufzeit = 1 Tag

$$m_{\text{Sat}} \cdot r \omega_{\text{E}}^2 = \gamma \cdot \frac{m_{\text{Sat}} \cdot m_{\text{Erde}}}{r^2}$$

$$r = 42\,244 \text{ km}$$

Zusammenfassung

- Keplersche Gesetze
 - 2. Keplersches Gesetz ist durch die Drehimpulserhaltung begründet
 - 3. Keplersches Gesetz folgt aus dem actio-reactio Prinzip

- Gravitationskraft $F = \gamma \frac{mM}{r^2}$ $\gamma = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$