

1. Bestimmen Sie den Betrag der Gravitationskraft zwischen:
  - (a) der Sonne und der Erde
  - (b) zwei Schiffen von je 100'000 t, die sich mit dem Schwerpunktsabstand von 200 m begegnen
  - (c) zwei Autos von je 900 kg, die im (Schwerpunkts-)Abstand von 5.0 m aneinander vorbeifahren
  - (d) zwei Wasserstoffatome ( $m_H = 1.67 \cdot 10^{-27}$  kg) im Abstand von 1.0 Å
2. Wie muss der Abstand zwischen zwei kugelförmigen Massen vergrößert werden, damit die Gravitationskraft verdreifacht wird?
3. Berechnen Sie die Masse der Sonne aus den Bahndaten der Mars. Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit dem Wert in der Formelsammlung.
4. Der Abstand eines Planeten von der Sonne nimmt um 5% zu. Wie ändert sich dabei die Gravitationskraft?
5. Eine Kugel befindet sich auf der Verbindungsstrecke zwischen zwei anderen Kugeln der Massen 3 kg und 5 kg im Kräftegleichgewicht. In welchem Verhältnis teilt sie den Abstand?
6. In welchem Abstand von der Erde auf der Verbindungslinie Erde - Sonne würde auf einen Satelliten keine Kraft mehr wirken? An dieser Stelle hat man einen Sonnenbeobachtungssatelliten (SOHO) "parkiert".
7. Entfernt man einen Körper immer weiter von der Erdoberfläche, so nimmt die Gravitationskraft zwischen ihm und der Erde ab. Bestimmen Sie die Höhe  $h$  über der Erdoberfläche, in welcher die Gravitationskraft auf  $x\%$  des anfänglichen Wertes auf der Erdoberfläche gesunken ist.
8. Ein Satellit bewegt sich auf einer Kreisbahn um die Erde in 10 000 km Höhe.
  - (a) Wie gross ist die Bahngeschwindigkeit des Satelliten?
  - (b) Wie gross ist seine Umlaufdauer?
9. Berechnen Sie die Gravitationsfeldstärke (=Fallbeschleunigung) auf dem Mond aus der Mondmasse und dem Mondradius.

## Lösung

- 1.** a)  $3.54 \cdot 10^{22}$  N b) 16.7 N c)  $2.2 \cdot 10^{-6}$  N d)  $1.9 \cdot 10^{-44}$  N **2.**  $\sqrt{3}$  mal kleiner **3.**  $1.9879 \cdot 10^{30}$  kg **4.** -10 %  
**5.**  $\sqrt{3} : \sqrt{5}$  **6.**  $0.26 \cdot 10^9$  m **7.**  $h = R(\sqrt{100/x} - 1)$  **8.** a)  $4.94 \cdot 10^3$  m/s, b) 5h 48min **9.**  $1.6249 \text{ m/s}^2$

## Musterlösung

1. Bestimmen Sie den Betrag der Gravitationskraft zwischen:

- (a) der Sonne und der Erde
- (b) zwei Schiffen von je 100'000 t, die sich mit dem Schwerpunktsabstand von 200 m begegnen
- (c) zwei Autos von je 900 kg, die im (Schwerpunkts-)Abstand von 5.0 m aneinander vorbeifahren
- (d) zwei Wasserstoffatome ( $m_H = 1.67 \cdot 10^{-27}$  kg) im Abstand von 1.0 Å

**Lösung:**

- a) Sonne ( $m_S = 1.9884 \cdot 10^{30}$  kg) und Erde ( $m_E = 5.9734 \cdot 10^{24}$  kg) und mittlerer Abstand  $d = 149.6 \cdot 10^9$  m, also  $F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = 3.54 \cdot 10^{22}$  N
- b)  $F_G = 16.7$  N
- c)  $F_G = 2.2 \cdot 10^{-6}$  N
- d)  $F_G = 1.9 \cdot 10^{-44}$  N

2. Wie muss der Abstand zwischen zwei kugelförmigen Massen vergrößert werden, damit die Gravitationskraft verdreifacht wird?

**Lösung:**  $\sqrt{3}$  mal kleiner

3. Berechnen Sie die Masse der Sonne aus den Bahndaten der Mars. Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit dem Wert in der Formelsammlung.

**Lösung:**  $M = 4\pi^2 \cdot r^3 / (GT^2) = 1.9879 \cdot 10^{30}$  kg

FoTa s.193:  $M_{\text{Sonne}} = 1.9884 \cdot 10^{30}$  kg

4. Der Abstand eines Planeten von der Sonne nimmt um 5% zu. Wie ändert sich dabei die Gravitationskraft?

**Lösung:** -10 %

5. Eine Kugel befindet sich auf der Verbindungsstrecke zwischen zwei anderen Kugeln der Massen 3 kg und 5 kg im Kräftegleichgewicht. In welchem Verhältnis teilt sie den Abstand?

**Lösung:**  $\sqrt{3} : \sqrt{5}$

6. In welchem Abstand von der Erde auf der Verbindungslinie Erde - Sonne würde auf einen Satelliten keine Kraft mehr wirken? An dieser Stelle hat man einen Sonnenbeobachtungssatelliten "parkiert". Er heisst SOHO.

**Lösung:**  $r_1/r_2 = \sqrt{m_E/m_S} = 0.001733$ , und  $r_1 + r_2 = 1.496 \cdot 10^{11}$  m, also  $r_2 = 1.4934 \cdot 10^{11}$  m, also Entfernung von der Erde:  $r_1 = 0.0026 \cdot 10^{11}$  m =  $0.26 \cdot 10^9$  m = 0.26 Millionen Kilometern

FoTa:

7. Entfernt man einen Körper immer weiter von der Erdoberfläche, so nimmt die Gravitationskraft zwischen ihm und der Erde ab. Bestimmen Sie die Höhe  $h$  über der Erdoberfläche, in welcher die Gravitationskraft auf  $x\%$  des anfänglichen Wertes auf der Erdoberfläche gesunken ist.

**Lösung:**  $\frac{1/R^2}{1/(R+h)^2} = x/100$ , also  $h = R(\sqrt{100/x} - 1)$ , mit  $R = R_{\text{Erde}}$

8. Ein Satellit bewegt sich auf einer Kreisbahn um die Erde in 10 000 km Höhe.

- (a) Wie gross ist die Bahngeschwindigkeit des Satelliten?
- (b) Wie gross ist seine Umlaufdauer?

**Lösung:** a)  $v = \sqrt{\frac{GM}{r_E+h}} = 4.94 \cdot 10^3$  m/s,

b)  $T = \frac{2\pi r}{v} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot (r_E+h)^3}{G \cdot M}} = 5\text{h } 48\text{min}$

9. Berechnen Sie die Gravitationsfeldstärke auf dem Mond aus der Mondmasse und dem Mondradius.

**Lösung:**  $g_{\text{Mond}} = GM_{\text{Mond}}/R_{\text{Mond}}^2 = 1.6249 \text{ m/s}^2$ . FoTa s. 210:  $g = 1.622 \text{ m/s}^2$