

## Waagrechter Wurf

---

---

1. Aus einem Schlauch fließt Wasser der Geschwindigkeit  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Ein Hobbygärtner hält ihn in 1,5m Höhe so, dass der Strahl waagrecht aus dem Schlauch austritt.

In welcher Entfernung trifft der Wasserstrahl auf den Erdboden?

---

2. Mit einer Pistole wird mit  $90 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  eine Kugel in Richtung auf eine 12 m entfernte Zielscheibe abgeschossen.



Wo trifft die Kugel die Zielscheibe, wenn der Schütze das Zentrum der Zielscheibe anvisiert ?

---

3. Ein Ball wird mit einer Geschwindigkeit von  $15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  waagrecht aus einer Höhe von 20 m abgeworfen.

a) Nach welcher Zeit und in welcher Entfernung schlägt der Ball auf?

b) Wie groß ist die Geschwindigkeit des Balls 1 s nach dem Abwurf ?

c) Mit welcher Geschwindigkeit und unter welchem Winkel gegen die Horizontale trifft der Ball den Boden ?

---

## Energie- und Impulserhaltung

---

---

1. Eine Kugel mit 20 g Masse trifft mit  $200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  auf einen ruhenden Klotz mit 20 kg Masse und prallt mit  $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  zurück.

a) Welche Geschwindigkeit erhält der Klotz dadurch ?

b) Wie viel Prozent an mechanischer Energie gehen beim Aufprall verloren ?

c) Welche Geschwindigkeit würde der Klotz erhalten, wenn die Kugel in ihm stecken bleiben würde ?

---

2. Ein Junge (60 kg) springt von einem Rollwagen der Masse (20 kg) bei einer Geschwindigkeit von  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  ab. Beim Auftreffen auf dem Boden

a) läuft der Junge mit der gleichen Geschwindigkeit weiter, die der Wagen vor dem Absprung hatte,

b) ist er gegenüber dem Boden in Ruhe,

c) bewegt er sich mit der doppelten Anfangsgeschwindigkeit des Wagens.

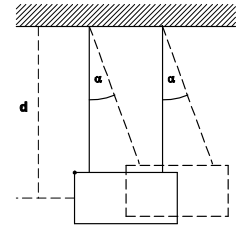
Wie ändert sich jeweils die Geschwindigkeit des Wagens beim Abspringen ?

3. Eine Rakete besitzt eine Masse von 250 t. Man lässt Sekunde 10 t Gas mit der Geschwindigkeit  $1400 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  ausströmen.

Welchen Geschwindigkeitkeitzuwachs hat die Rakete nach einer Sekunde erreicht ?

4. Ballistisches Pendel

Um die Geschwindigkeit eines Geschosses der Masse 12 g zu bestimmen, wird dieses in ein Pendel der Masse 20 kg geschossen, wodurch das Pendel um den Winkel  $10^\circ$  ausgelenkt wird. Dabei ist  $d = 1,0 \text{ m}$ .



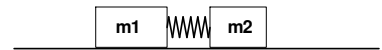
Welche Geschwindigkeit  $v$  hat das Geschöß ? Erläutern Sie die einzelnen Phasen der Bewegung !

5. a) Ein 1,0 kg schwerer Hammer trifft mit der Geschwindigkeit  $3,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  auf den Kopf eines Nagels. Der Hammer prallt fast nicht zurück.

Der Stoß dauert 2,0 Millisekunden. Wie groß ist die wirkende Kraft im Mittel?

- b) Nun trifft der Hammer einen etwas elastischeren Nagel und prallt mit etwa der halben Geschwindigkeit zurück. Welche mittlere Kraft wirkt jetzt auf den Nagel ?

6. Auf einer reibungsfreien horizontalen Unterlage befinden sich vor einer um 20 cm zusammengedrückten masselosen, arretierten Feder der Härte  $D = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$  befinden sich zwei Körper mit den Massen  $m_1 = 4,0 \text{ kg}$  bzw.  $m_2 = 6,0 \text{ kg}$ .



Mit welcher Geschwindigkeit bewegen sich die beiden Körper nach links bzw. rechts, wenn man die Arretierung löst ?

### Kreisbewegung

1. Ein Körper mit 400 g Masse wird an einer 80 cm langen Schnur 80-mal in der Minute auf einem Kreis, der in einer waagrechten Ebene liegt, herumgeschleudert.

a) Mit welcher Kraft zieht die Kugel am Seil ?

b) Bei welcher Drehfrequenz reißt die Schnur, wenn die Zugfestigkeit der Schnur bei 500 N liegt, und mit welcher Geschwindigkeit fliegt die Kugel weg ?

2. Der 200 kg schwerer Wagen einer Achterbahn fährt aus einer Höhe von 15 m nach unten und durchfährt dann einen Looping von 5,0 m Radius.



Mit welcher Kraft wird der Wagen im höchsten Punkt der Bahn gegen die Schienen gedrückt ?

- 
3. Ein Motorradfahrer fährt mit einer Geschwindigkeit von  $90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  in eine Kurve mit einem Radius von 100 m.

- a) Unter welchem Winkel zur Horizontalen muss er sich neigen?
- b) Wie groß muss der Haftreibungskoeffizient zwischen Straße und Reifen mindestens sein, damit das Motorrad nicht wegrutscht ?

- 
4. Die Sitze eines Kettenkarussell 3,0 m von der Drehachse entfernt und hängen an 2,60 m langen Ketten.

Wenn sich das Karussell dreht, werden die Ketten um  $42^\circ$  ausgelenkt.



Mit welcher Frequenz dreht sich das Karussell?

- 
5. Ein Auto mit einer Masse von 1,0 t fährt über den höchsten Punkt eines Straßenkuppe mit einem Krümmungsradius von 40 m.
- a) Berechne die Kraft  $F$ , mit der das Auto auf die Fahrbahnoberfläche drückt, wenn das Auto mit einer Geschwindigkeit von  $15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  über die Kuppe fährt.
- b) Interpretiere die Ergebnis physikalisch
-

## Lösungen

---

1. Gegeben :  $H = 1,5 \text{ m}$  und  $v_0 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Gesucht :  $W$

Zeit, bis ein Wasserteilchen auf dem Boden auftrifft :

$$H = \frac{1}{2}g \cdot T^2 \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}} \quad T = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \text{ m}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 0,55 \text{ s}$$

$$W = v_0 \cdot T \quad W = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,55 \text{ s} = 5,5 \text{ m}$$

---

2. Gegeben :  $W = 12 \text{ m}$  und  $v_0 = 90 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Gesucht :  $d$

$$\text{Flugzeit der Kugel : } W = v_0 \cdot T \Rightarrow T = \frac{W}{v_0} \quad T = \frac{12 \text{ m}}{90 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,13 \text{ s}$$

$$d = \frac{1}{2}g \cdot T^2 \quad d = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0,13 \text{ s})^2 = 0,083 \text{ m} = 8,3 \text{ cm}$$

Die Kugel trifft 8,3 cm unterhalb des Zentrums der Scheibe !

---

3. a)  $T = 2,0 \text{ s}$  und  $W = 30 \text{ m}$

$$\text{b) } v_x = v_0 = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v_y = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ s} = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = \sqrt{\left(15 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 + \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} = 17,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{c) } 24,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ und } \tan \alpha = \frac{g \cdot T}{v_0} \quad \tan \alpha = \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2 \text{ s}}{15 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \Rightarrow \alpha = 52,6^\circ \alpha = 53^\circ$$

---

1. Gegeben :  $m_1 = 0,020 \text{ kg}$   $v_1 = 200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $u_1 = -20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  und  $m_2 = 20 \text{ kg}$   $v_2 = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

a) Gesucht :  $u_2$

$$\text{Impulserhaltung : } m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2 \Rightarrow u_2 = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2 - m_1 u_1}{m_2}$$

$$u_2 = \frac{0,02 \text{ kg} \cdot 200 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0,02 \text{ kg} \cdot (-20 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{20 \text{ kg}} = 0,22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b) Gesucht :  $\frac{\Delta E}{E}$

$$\Delta E = \frac{1}{2} m_1 \cdot v_1^2 - \frac{1}{2} m_1 \cdot u_1^2 - \frac{1}{2} m_2 \cdot u_2^2 \quad \Delta E = 400 \text{ J} - 4 \text{ J} - 0,484 \text{ J} = 395,516 \text{ J}$$

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{395,516 \text{ J}}{400 \text{ J}} = 98,9\%$$

c) Gesucht : u

$$u = \frac{m_1 v_1}{(M + m)} \quad u = 19,98 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

---

2. Mit  $(m_1 + m_2) \cdot v = m_1 u_1 + m_2 u_2$  folgt

$$\text{a) } 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{b) } 8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{c) } -2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

---

3. Gegeben : M = 250 t und m = 10 t sowie  $u_1 = -1400 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Gesucht :  $u_2$

$$\text{Impulserhaltung : } 0 = m \cdot u_1 + (M - m) \cdot u_2 \Rightarrow u_2 = -\frac{m \cdot u_1}{M - m} \quad u_2 = 58,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

---

4. Gegeben : m = 0,012 kg und M = 20 kg sowie d = 1 m und  $\alpha = 10^\circ$

Gesucht : v

$$\text{Hubhöhe : } h = d - d \cdot \cos \alpha \quad h = 0,015 \text{ m}$$

Geschwindigkeit nach dem unelastischen Stoß :

$$\frac{1}{2} \cdot (M + m) \cdot u^2 = (M + m) \cdot g \cdot h \Rightarrow u = \sqrt{2g \cdot h} \quad u = 0,54 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Geschwindigkeit der Kugel : } m \cdot v = (M + m) \cdot u \Rightarrow v = \frac{(M + m) \cdot u}{m} \quad v = 900 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

---

5. Gegeben :  $v = 3,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  und  $\Delta t = 0,002 \text{ s}$

a) Gesucht : Auf den Nagel wirkende Kraft  $F$

$$\text{Kraft auf den Hammer : } F_1 = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad F = \frac{0 - 1 \text{ kg} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,002 \text{ s}} = -1,5 \text{ kN}$$

Auf den Nagel wirkt dann eine Kraft von 1,5 kN (actio = reactio).

b) Gesucht : Auf den Nagel wirkende Kraft  $F$ , wenn  $u = -1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$\text{Kraft auf den Hammer : } F_1 = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad F = \frac{1 \text{ kg} \cdot (-1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}) - 1 \text{ kg} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,002 \text{ s}} = -2,25 \text{ kN}$$

Auf den Nagel wirkt dann eine Kraft von 2,25 kN (actio = reactio).

---

6. Gegeben :  $m_1 = 4 \text{ kg}$  und  $m_2 = 6 \text{ kg}$  sowie  $D = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$  und  $x = 0,20 \text{ m}$

Gesucht :  $u_1$  und  $u_2$

$$\text{Impulserhaltung : } 0 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 \quad \Rightarrow \quad u_1 = -\frac{3}{2} u_2$$

$$\text{Energieerhaltung : } \frac{1}{2} D \cdot x^2 = \frac{1}{2} m_1 \cdot u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot u_2^2 \quad \Leftrightarrow \quad D \cdot x^2 = m_1 \cdot u_1^2 + m_2 \cdot u_2^2$$

$$D \cdot x^2 = m_1 \cdot (1,5 u_2)^2 + m_2 \cdot u_2^2 \quad \Rightarrow \quad u_2 = \sqrt{\frac{D \cdot x^2}{2,25 m_1 + m_2}}$$

$$u_2 = 0,52 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad u_1 = -0,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

---

### **Kreisbewegung :**

---

1. Gegeben :  $m = 0,4 \text{ kg}$  und  $f = \frac{80}{60 \text{ s}} = 1,3 \text{ s}^{-1}$  sowie  $r = 0,90 \text{ m}$

a) Gesucht :  $F$

$$F = m \cdot (2\pi f)^2 \cdot r \quad F = 22,5 \text{ N}$$

b) Gesucht :  $f$ , wenn  $F = 500 \text{ N}$

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{F}{m \cdot r}} \quad f = 6,3 \text{ s}^{-1} = 6,3 \text{ Hz}$$


---

2. Gegeben :  $m = 200 \text{ kg}$  und  $h = 15 \text{ m}$  sowie  $r = 5,0 \text{ m}$

Gesucht :  $F_D$

Die Kraft  $F_D$ , mit der der Wagen gegen die Schienen drückt, ist entgegengesetzt gleich der Kraft  $F_S$ , welche die Schienen auf den Wagen ausüben (actio = reactio).

Die Kraft  $F_S$  gibt zusammen mit der Gewichtskraft  $G$  die Zentripetalkraft.

$$\text{Also } G + F_S = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow F_S = m \cdot \frac{v^2}{r} - mg = m \cdot \left( \frac{v^2}{r} - g \right).$$

Die Geschwindigkeit  $v$  bzw.  $v_2$  erhält man mit dem Energieerhaltungssatz :

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot \Delta h = m \cdot g \cdot (h - 2r) \Rightarrow v^2 = 2g \cdot (h - 2r)$$

$$\text{Eingesetzt ergibt sich } F_S = m \cdot 1,96 \text{ kN} \left[ \frac{2g \cdot (h - 2r)}{r} - g \right] \quad F = 1,96 \text{ kN}$$


---

3. Gegeben :  $v = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  und  $r = 100 \text{ m}$

Gesucht: Winkel  $\beta$  zur **Horizontalen**

$$\text{a) Winkel zur Vertikalen : } \tan \alpha = \frac{v^2}{g \cdot r} \Rightarrow \alpha = 32,5^\circ \Rightarrow \beta = 57,5^\circ$$

b) Gesucht : Bedingung für Haftreibungskoeffizienten  $\mu_H$

$$\text{Bedingung : } \mu_H \cdot G \geq F_r \Rightarrow \mu_H \geq \frac{v^2}{g \cdot r} \text{ ergibt } \mu_H \geq 0,64$$

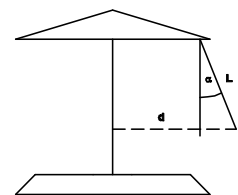

---

4. Gegeben :  $d = 3 \text{ m}$  und  $L = 2,6 \text{ m}$  sowie  $\alpha = 42^\circ$

Gesucht :  $f$

Radius der Kreisbahn :  $r = d + L \cdot \sin \alpha \quad r = 4,3 \text{ m}$

$$\tan \alpha = \frac{F_r}{G} = \frac{m \cdot (2\pi \cdot f)^2 \cdot r}{m \cdot g} = \frac{(2\pi \cdot f)^2 \cdot r}{g}$$



$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \tan \alpha}{r}} \quad f = 0,23 \text{ Hz}$$

---

5. Gegeben :  $m = 1,0 \text{ t}$   $r = 40 \text{ m}$  und  $v = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

s) Die Kraft  $F_D$ , mit der der Wagen die Straße belastet, entgegengesetzt gleich der Kraft  $F_S$ , die auf den Wagen wirkt.

Zusammen mit der Gewichtskraft ergibt letztere die Zentripetalkraft.

$$F_r = F_S + G \Rightarrow F_S = m \cdot \frac{v^2}{r} - mg = -4,2 \text{ kN}$$

Der Wagen belastet die Straße mit 4,2 kN

b) Wenn der Wagen genügend schnell ist, kann er die Bodenhaftung verlieren.

---