

4 Energieumwandlung

4.1 Energieerhaltungssatz (ohne Reibung)

4.1 Aufgabe

Ein Lachs der Masse $m = 24 \text{ kg}$ springt eine $h = 2.3 \text{ m}$ hohe Stromschnelle hinauf.

- Welche Geschwindigkeit hatte der Lachs beim Verlassen des Wassers mindestens?
 - Welche Geschwindigkeit braucht ein Junglachs mit 12 kg für dieselbe Stromschnelle mindestens?
-

4.2 Aufgabe

Eine Armbrust kann einen Pfeil der Masse $m = 100 \text{ g}$ exakt hundert Meter hoch schiessen. Der Spannweg beträgt dabei 10 cm .

- Wie gross ist die Federkonstante D der Armbrust?
 - Mit welcher Kraft F muss die Armbrust gespannt werden?
-

4.3 Aufgabe

Ein Tennisball der Masse 40 g trifft mit einer Geschwindigkeit von 110 km/h senkrecht auf die Bespannung eines Tennisschlägers. In grober Näherung verhält sich die Bespannung wie eine Feder der Härte $94\,400 \text{ N/m}$.

- Wie weit wird die Bespannung eingedrückt?
 - Wie hoch würde der Tennisball fliegen, wenn er mit der angegebenen Geschwindigkeit senkrecht nach oben geschossen wird?
-

4.4 Aufgabe

Ein Ball mit $m = 200 \text{ g}$ wird mit der Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 10 \text{ m/s}$ senkrecht nach oben geworfen.

- Welche maximale Höhe erreicht er?
 - Welche Geschwindigkeit hat er in 1.8 m Höhe?
-

4.5 Aufgabe

Ein Auto der Masse 800 kg prallt mit der Geschwindigkeit 60 km/h gegen eine Mauer.

- Berechnen Sie die kinetische Energie unmittelbar vor dem Aufprall.
- Berechnen Sie aus welcher Höhe man das Auto frei fallen lassen müsste, um beim Auftreffen auf den Boden dieselbe kinetische Energie zu besitzen.
- Wie viel Liter Wasser könnte man mit obiger kinetischer Energie um 40 K erwärmen? (Wasser: $\rho = 0.95 \text{ kg/dm}^3$ und $c = 4.19 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$)

4.2 Energieerhaltungssatz (mit Reibung)

4.6 Aufgabe

Ein beladener Schlitten der Masse 80 kg startet aus der Ruhe von einem Hügel aus 20 m Höhe und erreicht den Fuss des Hügels mit einer Geschwindigkeit von 57.6 km/h.

Berechnen Sie, welcher Betrag der ursprünglich vorhandenen Energie durch Reibungsarbeit in Wärme umgewandelt wurde.

4.7 Aufgabe

Bei einem Vulkanausbruch wird ein Gesteinsstück, das eine Masse von 2 kg besitzt, mit einer Geschwindigkeit von 144 km/h senkrecht in die Luft geschleudert. Es erreicht eine maximale Höhe von 50 m und fällt anschliessend wieder zu Boden.

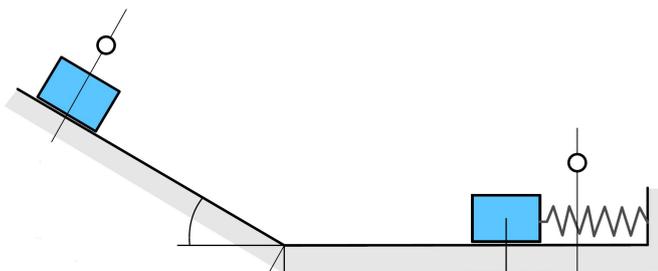
- Wie gross ist die kinetische Energie des Steins am Anfang?
- Wie stark steigt die Wärmeenergie des Steins durch Reibung während des Aufstiegs?
- Um wie viele Kelvin könnte man mit obiger Wärmeenergie 1 dl Wasser erwärmen?
(Wasser: $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$ und $c = 4190 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$)

4.8 Aufgabe

Ein Skifahrer der Masse 60 kg startet mit der Anfangsgeschwindigkeit 4 m/s von einem Hügel aus 5 m Höhe. Beim Hinunterfahren gehen 2.2 kJ Energie durch Reibung verloren.

- Welche Energie besitzt der Skifahrer zuoberst auf dem Hügel?
- Welche kinetische Energie besitzt der Skifahrer am Fuss des Hügels?
- Welche Geschwindigkeit (in m/s und km/h) hat der Skifahrer am Fuss des Hügels?

4.9 Aufgabe



Eine Kiste der Masse $m = 18 \text{ kg}$ wird mit der Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 5 \text{ m/s}$ aus der Höhe $h = 12 \text{ m}$ losgelassen, gleitet die schiefe Ebene abwärts, dann auf der waagrechten Strecke weiter und wird schlussendlich durch eine Feder mit $D = 2 \text{ kN/m}$ bis zum Stillstand abgebremst.

- Wie weit s_1 wird die Feder zusammengedrückt, wenn beim Gleitvorgang keine Reibungsverluste auftreten?
- Wie weit s_2 wird die Feder zusammengedrückt, wenn beim Gleitvorgang Reibungsverluste von insgesamt 1780 J auftreten?

4 Energieerhaltungssatz: Lösungen

4.1 Lösung

a)

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \quad \Rightarrow \quad \frac{m \cdot v_0^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2.3 \text{ m}} = \underline{\underline{6.72 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

b)

Auch 6.72 m/s , denn die Geschwindigkeit ist unabhängig von der Masse.

Die Masse kürzt sich nämlich aus der Gleichung raus und kommt nicht in der Formel vor.

4.2 Lösung

a)

$$E_{\text{Feder}} = E_{\text{pot}} \quad \Rightarrow \quad \frac{D \cdot s^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

$$\Rightarrow D = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot h}{s^2} = \frac{2 \cdot 0.1 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 100 \text{ m}}{(0.1 \text{ m})^2} = \underline{\underline{19620 \frac{\text{N}}{\text{m}}}}$$

b)

$$F = D \cdot s = 19620 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 0.1 \text{ m} = \underline{\underline{1962 \text{ N}}}$$

Hinweis: Das ist die Gewichtskraft von circa 200 kg!

4.3 Lösung

a)

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{Feder}} \quad \Rightarrow \quad \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{D \cdot s^2}{2} \quad v = 110 \text{ km/h} = \underline{\underline{30.56 \text{ m/s}}}$$

$$\Rightarrow s = \sqrt{\frac{m \cdot v^2}{D}} = \sqrt{\frac{0.04 \text{ kg} \cdot \left(30.56 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{94400 \frac{\text{N}}{\text{m}}}} = \underline{\underline{0.0199 \text{ m} = 1.99 \text{ cm}}}$$

b)

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \quad \Rightarrow \quad \frac{m \cdot v_0^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} = \frac{\left(30.56 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \underline{\underline{47.6 \text{ m}}}$$

4.4 Lösung

a)

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \quad \Rightarrow \quad \frac{m \cdot v_0^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

$$\Rightarrow \quad h = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} = \frac{\left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \underline{\underline{5.10 \text{ m}}}$$

b)

$$E_{\text{kin1}} = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin2}} \quad \Rightarrow \quad \frac{m \cdot v_0^2}{2} = m \cdot g \cdot h_1 + \frac{m \cdot v_1^2}{2}$$

$$\Rightarrow \quad v_1 = \sqrt{v_0^2 - 2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{\left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - 2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1.8 \text{ m}} = \underline{\underline{8.04 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

4.5 Lösung

a)

$$v = 60 \text{ km/h} = \underline{\underline{16.7 \text{ m/s}}} \quad E_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{800 \text{ kg} \cdot \left(16.7 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} = \underline{\underline{110\,224 \text{ Nm}}}$$

b)

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} \quad \Rightarrow \quad \frac{m \cdot v^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

$$\Rightarrow \quad h = \frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{\left(16.7 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \underline{\underline{14.2 \text{ m}}}$$

c)

$$E_{\text{kin}} = Q = \underline{\underline{110\,224 \text{ Nm}}} = 110\,224 \text{ J} = 110.224 \text{ kJ}$$

$$m = \frac{Q}{c \cdot \Delta\vartheta} = \frac{110.224 \text{ kJ}}{4.19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 40 \text{ K}} = \underline{\underline{0.658 \text{ kg}}}$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{0.658 \text{ kg}}{0.95 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}} = \underline{\underline{0.693 \text{ dm}^3}} \hat{=} \underline{\underline{0.693 \text{ Liter}}}$$

4.6 Lösung

$$v = 57.6 \text{ km/h} = \underline{\underline{16 \text{ m/s}}}$$

$$E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{Reib}}$$

$$E_{\text{Reib}} = E_{\text{pot}} - E_{\text{kin}} = m \cdot g \cdot h - \frac{m \cdot v^2}{2} = 80 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 20 \text{ m} - \frac{80 \text{ kg} \cdot \left(16 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} = \underline{\underline{5456 \text{ J}}}$$

4.7 Lösung

a)

$$v = 144 \text{ km/h} = \underline{\underline{40 \text{ m/s}}} \quad E_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{2 \text{ kg} \cdot \left(40 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} = \underline{\underline{1600 \text{ Nm}}}$$

b)

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 2 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 50 \text{ m} = \underline{\underline{981 \text{ Nm}}}$$

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} + E_{\text{Reib}} \quad \Rightarrow \quad E_{\text{Reib}} = E_{\text{kin}} - E_{\text{pot}}$$

$$E_{\text{Reib}} = E_{\text{kin}} - E_{\text{pot}} = 1600 \text{ Nm} - 981 \text{ Nm} = \underline{\underline{619 \text{ Nm} = 619 \text{ J}}}$$

c)

$$E_{\text{Reib}} = Q = \underline{\underline{619 \text{ J}}}$$

$$\Delta\vartheta = \frac{Q}{m \cdot c} = \frac{619 \text{ J}}{0.1 \text{ kg} \cdot 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = \underline{\underline{1.48 \text{ K}}}$$

4.8 Lösung

a)

$$E_1 = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} = m \cdot g \cdot h + \frac{m \cdot v^2}{2} = 60 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 5 \text{ m} + \frac{60 \text{ kg} \cdot \left(4 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} = \underline{\underline{3423 \text{ Nm}}}$$

b)

$$E_1 = E_{\text{kin}2} + E_{\text{Reib}} \quad \Rightarrow \quad E_{\text{kin}2} = E_1 - E_{\text{Reib}} = 3423 \text{ Nm} - 2200 \text{ Nm} = \underline{\underline{1223 \text{ Nm}}}$$

c)

$$E_{\text{kin}2} = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1223 \text{ Nm}}{60 \text{ kg}}} = \underline{\underline{6.38 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 22.99 \frac{\text{km}}{\text{h}}}}$$

4.9 Lösung

a)

$$E_1 = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} = m \cdot g \cdot h + \frac{m \cdot v^2}{2} = 18 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 12 \text{ m} + \frac{18 \text{ kg} \cdot \left(5 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} = \underline{\underline{2344.0 \text{ Nm}}}$$

$$E_{\text{Feder1}} = E_1 = \frac{D \cdot s^2}{2}$$

$$s_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{Feder1}}}{D}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2344 \text{ Nm}}{2000 \frac{\text{N}}{\text{m}}}} = \underline{\underline{1.53 \text{ m}}}$$

b)

$$E_{\text{Feder2}} = E_1 - E_{\text{Reib}} = 2344.0 \text{ Nm} - 1780 \text{ J} = \underline{\underline{564 \text{ Nm}}}$$

$$s_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{Feder2}}}{D}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 564 \text{ Nm}}{2000 \frac{\text{N}}{\text{m}}}} = \underline{\underline{0.75 \text{ m}}}$$