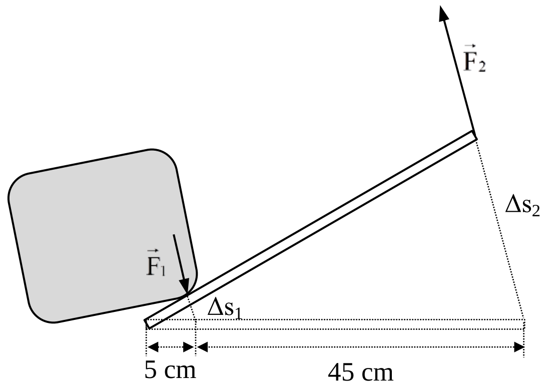
1.5. Aufgaben zur Energieerhaltung

Aufgabe 1: Hebel

Eine Last mit F_1 = 1 kN wird mit dem rechts abgebildeten Hebel um Δs_1 = 2 cm angehoben.

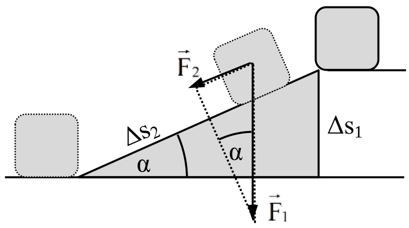
a) Mit welcher Kraft F_2 und um welche Strecke Δs_2 muss das andere Ende des Hebels bewegt werden?

b) Berechne die an der Last verrichtete Arbeit W_1 sowie die von der Hand geleistete Arbeit W_2 und vergleiche.



Aufgabe 2: Schiefe Ebene

Eine 100 kg schwere Last soll in ein Δs_1 = 3 m höheres Stockwerk transportiert werden. (siehe unten) Berechne die Arbeit W_1, die verrichtet wird, wenn man die Last gegen die Gewichtskraft F_1 senkrecht emporzieht und die Arbeit W_2, wenn man die Last auf einer reibungsfreien schiefen Ebene mit 10° Steigung gegen die Hangabtriebskraft F_2 um die Länge Δs_2 der schiefen Ebene hochzieht



Aufgabe 3: Flaschenzug

Ein 200 kg schweres Gewicht soll an dem rechts abgebildeten Flaschenzug mit zwei losen und zwei festen Rollen um Δs_1 = 10 cm angehoben werden.

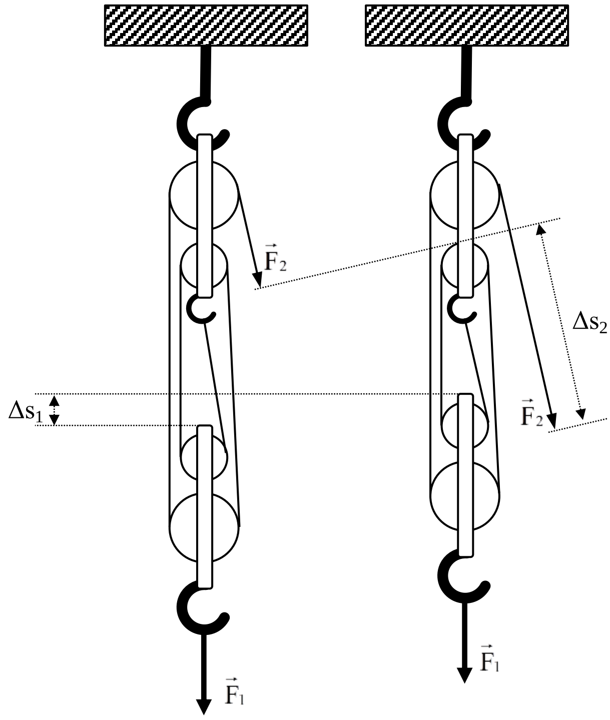
a) Berechne die Lastkraft F_1.

b) Berechne die Seilkraft F_2, wenn die Last über die frei beweglichen Rollen gleichmäßig auf die vier tragenden Seilabschnitte verteilt wird.

c) Warum zählt das Zugseil ganz rechts nicht als tragender Seilabschnitt?

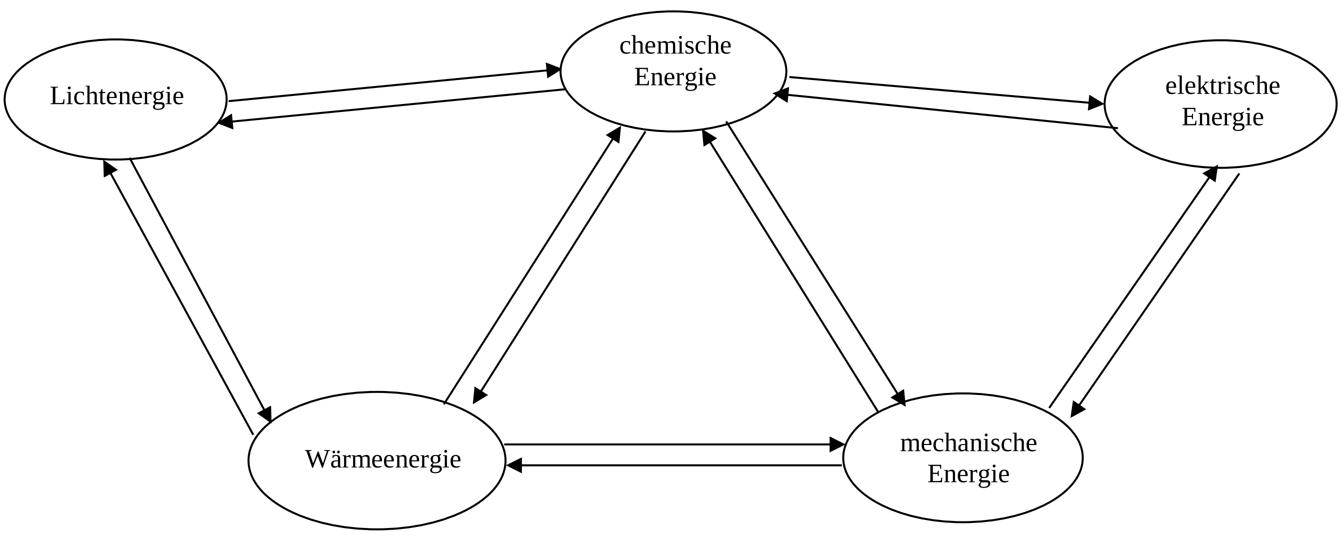
d) Um welche Strecke Δs_2 muss am Zugseil ganz rechts nach unten gezogen werden, damit sich jeder der vier tragenden Abschnitte um Δs_1 = 10 cm verkürzt?

e) Berechne die Arbeit W_1, die an der Last gegen die Lastkraft F_1 verrichtet wird und vergleiche mit der Arbeit W_2, die am Zugseil gegen die Seilkraft F_2 geleistet wird.



Aufgabe 4: Energieformen

Beschrifte die Pfeile mit den folgenden Begriffen: *Sonnenbad, Sonnenbrand, Akku entladen, Akku aufladen, Photosynthese der Pflanzen, Sahne schlagen, Teig kneten, Dynamo, Elektromotor, Feuer (zwei Mal), glühender Nagel, Verbrennungsmotor, Dampfmaschine, Eisengewinnung im Hochofen, Reibung*



Aufgabe 5: Potentielle Energie

a) Wieviel potentielle Energie verliert ein 30 kg schwerer Junge beim Sprung vom Fünfmeterturm? Wohin geht diese Energie?
b) Wieviel potentielle Energie benötigt man, um einen 50 kg schweren Zementsack 3 m hoch ein Stockwerk höher zu schleppen?
c) Wieviel Höhenmeter kann ein 80 kg schwerer Mann (theoretisch) mit dem Energiegehalt einer Tafel Schokolade (800 kJ) überwinden? Warum schafft er praktisch nur einen Bruchteil davon? Wohin geht der Rest der Energie?

Aufgabe 6: Kinetische Energie

a) Welche kinetische Energie hat ein 1 t schweres Auto bei 36 km/h?
b) Wie schnell ist ein 30 kg schwerer Junge mit einer kinetischen Energie von 150 J?
c) Wie schnell wird ein 30 kg schwerer Junge beim Sprung von einem Zehnmeterturm? Verwende die Aufgaben 6 a) und 7a).
d) Wie schnell wird ein 3000 kg schwerer Elefant beim Sprung vom Zehnmeterturm? Warum würde er sich dabei trotzdem viel stärker verletzen als der Junge?
e) Welche kinetische Energie hat ein 50 000 t schwerer Frachter bei 36 km/h (≈ 17 Knoten)? Wie groß ist die kinetische Energie eines 500 kg schweren Tretbootes bei der gleichen Geschwindigkeit? Wie wirkt sich das auf die Bremswege im Hafen aus?

Aufgabe 7: Federenergie

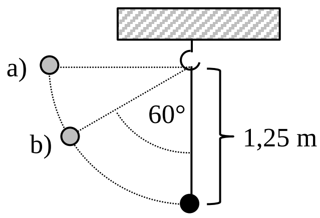
a) Welche Energie benötigt man zum Spannen einer Feder mit D = 20 N/cm um s = 3 cm?
b) Wie stark wird eine Stoßfeder mit D = 50 kN/cm zusammengedrückt, wenn durch eine Bodenwelle eine Energie von 250 J übertragen wird?
c) Welche kinetische Energie gewinnt ein 500 g schwerer Pfeil, der mit einem um 80 cm gespannten Bogen mit D = 3 N/cm abgeschossen wurde?
d) Wie schnell wird der Pfeil aus c)?
e) Wie hoch kann man den Pfeil aus c) schießen? Hinweis: Auf dem höchsten Punkt steht der Pfeil in der Luft und hat keine kinetische Energie mehr. Welche Art von Energie hat er dann?

Aufgabe 8: Energieerhaltung

a) Wie hoch fliegt ein Stein, der mit 12 m/s senkrecht nach oben geworfen wurde?
b) Eine Federpistole enthält eine Schraubenfeder mit D = 10 N/cm, die beim Spannen um 4 cm zusammengedrückt wird. Wie schnell und wie hoch kann ein 20 g schweres Geschoss damit senkrecht nach oben geschossen werden?
c) Ein 70 kg schwerer Hochspringer stößt sich in einer Zeit von 0,2 s vom Boden ab und überspringt eine 2 m hohe Latte. Sein Schwerpunkt war beim Absprung 80 cm über dem Boden und ist am höchsten Punkt der Flugbahn 15 cm über der Latte. Welche Absprungkraft musste der Sportler mindestens aufbringen?
d) Auf welche Geschwindigkeit muss ein 72 km/h schnelles Auto beschleunigen, wenn es seine kinetische Energie verdoppeln will?

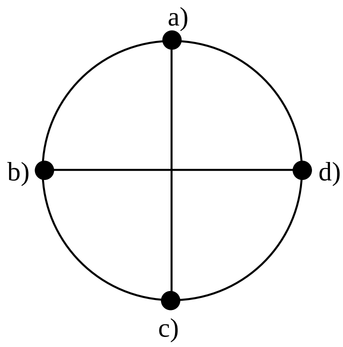
Aufgabe 9: Energieerhaltung

Wie schnell wird die rechts abgebildete Kugel am untersten Punkt ihrer Bahn, wenn sie
a) aus der Position a)
b) aus der Position b)
losgelassen wurde?



Aufgabe 10: Energieerhaltung

Eine 100 g schwere Kugel wird an einem 80 cm langen Faden auf einem senkrechten Kreis geschleudert, so dass der Faden am obersten Punkt gerade nicht mehr gespannt wird. Wie schnell ist die Kugel an den vier Punkten a), b), c) und d)?



Aufgabe 11: Leistung

a) Welche Zugkraft kann ein Pferd dauerhaft aufbringen, wenn es einen Wagen seiner Leistung von 1 PS und einer Gehgeschwindigkeit von 3,6 km/h zieht?
b) Wieviel kW sind 50 PS? Wieviel PS sind 80 kW?
c) Josef verbraucht beim Treppensteigen alle vier Sekunden ein Kilojoule. Wie groß ist seine Leistung?
d) Ein Haushalt bezieht in der Mittagszeit eine halbe Stunde lang eine Leistung von 500 Watt aus dem Stromnetz. Welche Energie wurde in dieser Zeit dem Netz entnommen?
e) Der Akkumulator eines Elektroautos entleert sich während der zwanzigminütigen Fahrt zur Arbeit um 30 MJ. Welche Leistung haben die Motoren des Autos während der Fahr durchschnittlich abgegeben?
f) Wieviel Wärmeenergie gibt eine 2-kW-Elektroheizung in einer Stunde an den Raum ab?

Aufgabe 12: Spannung und elektrische Arbeit

a) Ein Stromkreis wird von einer Stromquelle mit der Spannung U = 6 v angetrieben. Die Stromstärke beträgt I = 1,2 A. Welche Ladung ΔQ wurde im Zeitabschnitt Δt = 45 s durch den Stromkreis transportiert und welche elektrische Energie ΔW wurde dabei umgesetzt?

b) Der Motor einer Waschmaschine läuft bei einer Netzspannung von U = 220 V mit einer Stromstärke von I = 3,6 A. Er hat einen Wirkungsgrad von η = 80 %, d.h., nur 80 % der zugeführtem elektrischen Energie wird in mechanische Energie umgewandelt und die restlichen 20 % gehen als Abwärme verloren. Welche mechanische Arbeit verrichtet der Motor in einer Stunde und wie viel Wärme produziert er in dieser Zeit?

c) Zum Backen einer Waffel benötig ein Waffeleisen eine Zeitspanne von Δt = 30 min bei einer Spannung von U = 220 V und einer Stromstärke von I = 3 A. Wie viel Energie nimmt die Waffel auf, wenn der Wirkungsgrad η = 60 % beträgt, d.h., 40 % der Wärme werden nicht auf die Waffel übertragen, sondern auf das Gehäuse und die Umgebung?

Aufgabe 13: Mechanische und elektrische Arbeit

a) Rechne um: 70 kWh = ___ MJ, 5 MJ = ___ kWh, 30 Ws = ___ J

b) Der Motor einer Seilbahn befördert bei U = 380 V und I = 84 A in Δt = 12 min eine Last von m = 2000 kg gegen die Gravitationsfeldstärke g = 10 N/kg auf eine Höhe von h = 800 m. Berechne die vom Motor aufgenommene elektrische Arbeit W_{el}, die abgegebene Arbeit W_{Hub} und den Wirkungsgrad η der Seilbahn.

c) Ein Warmwasserboiler mit dem Wirkungsgrad η = 85 % soll in Δt = 1 h eine Wassermenge von m = 40 kg von ϑ_1 = 16 °C auf ϑ_1 = 80°C erwärmen. Die spezifische Wärmekapazität von Wasser ist c = 4,19 $J \cdot g^{-1} \cdot K^{-1}$ und die Netzspannung beträgt U = 220 V. Berechne die an das Wasser abgegebene Wärme Q, die dafür benötigte elektrische Arbeit W_{el} und schließlich die erforderliche Stromstärke I. Ist eine 16 A-Sicherung ausreichend?

d) Eine Pumpe soll bei einer Spannung von U = 380 V innerhalb der Zeitspanne Δt = 30 min eine Wassermenge von m = 100 t in ein h = 78 m höher gelegenes Staubecken pumpen. Der Wirkungsgrad ist η = 85 % und die Gravitationsfeldstärke ist g = 10 N/kg. Berechne die erforderliche Stromstärke I.

Aufgabe 14: Elektrische Leistung

a) Ein elektrisches Bügeleisen trägt die Aufschrift 220 V / 500 W. Wie groß ist die Stromstärke beim Einschalten?

b) Eine 600 W-Heizplatte soll m = 1 kg Wasser mit der spezifischen Wärmekapazität c = 4,19 $J \cdot g^{-1} \cdot K^{-1}$ von ϑ_1 = 20 °C auf ϑ_1 = 100 °C erwärmen. Wie viele Minuten braucht sie dafür und welcher Strom fließt bei einer Spannung von U = 220 V?

c) Ein Baukran wird mit einer Spannung von U = 380 V betrieben und hebt eine Masse von m = 500 kg in Δt = 4 s gegen die Gravitationsfeldstärke g = 10 N/kg auf eine Höhe von h = 10 m. Wie groß ist die erforderliche Stromstärke?

Aufgabe 15: Wärmekapazität

a) Rechne um: 80 kcal = ___ kJ d) 100 kJ = ___ kcal

b) Erkläre am Beispiel Wasser die spezifische Wärmekapazität eines Stoffes und wie man sie bestimmt.

c) Wie viel Joule benötigt man, um eine Tasse Wasser (V = 0,2 Liter, ρ = 1 g/cm^3, c = 4,19 J/K·g) von 20°C auf 100°C zu erwärmen?

d) Um wie viel Grad steigt die Temperatur eines Aquariums mit 500 Litern Inhalt, wenn 1 kWh = 360 kJ an elektrischer Energie zum Heizen aufgewendet wurden?

e) Um wie viel Grad steigt die Temperatur von Mineralwasser (V = 0,7 Liter, ρ = 1 g/cm^3, c = 4,19 J/K·g) in einer Flasche, die durch das Stehen an der Sonne eine Energie von 100 kJ aufgenommen hat?

f) Ein 50 kg schwerer Junge besteht zu 60 % aus Wasser (c = 4,19 J/K·g) Wie viel Energie benötigt er, um seine Körpertemperatur um bei einer fiebrigen Grippe von 36,8°C auf 38,3°C zu erhöhen? Wie viel g Kartoffeln (Brennwert 3 kJ pro g) oder wie viel g Schokolade (23 kJ pro g) müsste er essen, um diesen Energieverlust wieder auszugleichen?

g) Ein ausgekühlter Wanderer sitzt in einer Berghütte. In der Berghütte befinden sich noch 100 m^3 kalte Luft (ϑ= 10°C, ρ = 1 g/dm^3, c = 1 J/g·K) und ein Propangaskocher mit 200 g Propan (Brennwert 32,5 kJ pro g). Um wie viel Grad erwärmt sich (theoretisch!) die Luft in der Hütte, wenn er den Propangaskocher als Heizung verwendet?

h) Vor der Hütte des Wanderers aus f) steht ein Faß, das mit 10 °C kaltem Regenwasser gefüllt ist (c = 4,19 J/g·K). Wie viel Liter Regenwasser kann er mit dem Propangaskocher auf 90°C erwärmen und als Teewasser verwenden? Welche Methode ist sinnvoller, um wieder warm zu werden?

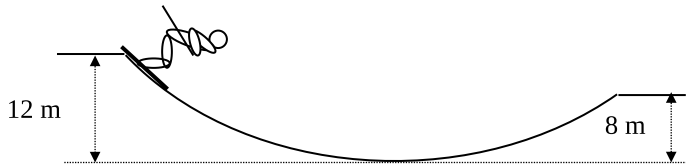
Aufgabe 16: Reibungsarbeit

a) Welche Arbeit muss mindestens an einem 200 kg schweren Maschinenteil verrichtet werden, welches auf einer 10 m langen Rampe eine 1 m höher liegende Ladefläche erreichen soll?

b) Wie groß ist die tatsächlich verrichtete Arbeit, wenn der Transport durch eine Reibungskraft von 150 N behindert wird?

Aufgabe 17: Reibungsarbeit

Ein 80 kg schwerer Skifahrer lässt sich aus dem Stand durch eine 50 m lange Mulde gleiten und erreicht ohne eigene Anstrengung das andere Ende, so dass er dort stehen bleibt.



a) Wie viel Energie hat der Skifahrer bei der Fahrt durch die Mulde an den Schnee abgegeben?
b) Wie groß war die durchschnittliche Reibungskraft zwischen Schnee und Skiern?
c) Wie groß ist der Reibungskoeffizient μ, wenn man vereinfachend davon ausgeht, dass die Gravitationskraft senkrecht zur Gleitfläche wirkt?

Aufgabe 18: Reibungsarbeit

a) Ein Junge zieht einen Schlitten einen 100 m langen und 10° steilen schneebedeckten Hang hinauf. Junge und Schlitten wiegen zusammen 50 kg und auf den unbelasteten Schlitten wirkt eine Reibungskraft von 10 N gegen die Bewegungsrichtung. Welche Arbeit muss der Junge dafür verrichten?
b) Oben setzt sich der Junge auf den Schlitten und fährt wieder runter, wobei nun auf den belasteten Schlitten eine Reibungskraft von 80 N wirkt. Mit welcher Geschwindigkeit erreicht der Junge den Fuß des Hanges?

Aufgabe 19: Reibungsarbeit

Ein Zug fährt mit 72 km/h und einem Rollreibungskoeffizient von $\mu = 0{,}005$ eine 3° steile Strecke hinauf, als sich der letzte Wagen löst und nun ohne Antrieb weiterrollt. Wie weit rollt der Wagen, bis er zum Stehen kommt?

Aufgabe 20: Energieformen

a) Das Schluchseewerk gewinnt Energie aus dem 900 m hoch gelegenen und 5 km^2 großen Schluchsee. Mit den Seegemeinden ist vertraglich festgelegt, dass der See um höchstens 2 m abgesenkt werden darf, weil sonst das Landschaftsbild und damit der Tourismus zu stark beeinträchtigt wird. Wieviel Tonnen Süßwasser mit der Dichte $\rho = 1$ g/cm^3 stehen dem Schluchseewerk damit zur Verfügung?
b) Die zweite Staustufe ist der 750 m hohe Schwarzasee, dann geht es in den 550 m hohen Schlüchtsee und schließlich in den 350 m hoch gelegenen Rhein. Wieviel Energie kann bei maximaler Entleerung des Schluchsees direkt in den Rhein gewonnen werden?
c) Durch die beiden Fallrohre fliessen pro Sekunde jeweils 50 Kubikmeter Wasser in den Schwarzasee. Wie viele Stunden und Minuten dauert die Absenkung des Wasserspiegels um 2 m und welche Leistung wird dabei abgegeben?
d) Das Wasser strömt mit 72 km/h aus den beiden Rohren in den Schwarzasee. Wie schnell wäre es, wenn es die 150 Höhenmeter in freiem Fall durchs Vakuum zurückgelegt hätte?
e) Durch die Flüssigkeitsreibung an den Rohrwänden wird das Wasser in den Rohren auch bei unendlicher Fallhöhe niemals schneller als ca. 90 km/h. Bei dieser Geschwindigkeit ist die Reibungskraft genau so gross wie die Erdanziehungskraft und das Wasser wird nicht mehr schneller. Mit welcher Kraft zieht das Wasser an den letzten 10 Metern eines 2 m dicken Rohres?
f) Warum hat das Schluchseewerk viel Geld für zwei zusätzlich Stauseen einschließlich Kraftwerksanlagen ausgegeben statt das Wasser direkt die 550 Höhenmeter hinunter in den Rhein laufen zu lassen?
g) Der Schluchsee wird auf natürlichem Wege durch Bäche aus dem Feldberggebiet wieder aufgefüllt. Woher kommt die Energie, die das Wasser aus dem Rhein bzw. dem Meer wieder auf den Feldberg hebt?
h) Der Schluchsee dient auch als Pumpspeicher. Nachts wird mit billigem Atomstrom des benachbarten Kernkraftwerkes Leibstadt Wasser aus dem Rhein hochgepumpt. Tagsüber wird das Wasser wieder abgelassen und produziert teuren „Ökostrom“ für deutsche Kunden wie z.B. die Deutsche Bahn. Warum ist der Atomstrom nachts so billig, dass sich dieses Geschäft trotz der gewaltigen Investitionskosten und der Energieverluste beim Aufpumpen lohnt?

1.5. Lösungen zu den Aufgaben zur Energieerhaltung

Aufgabe 1: Hebel

a) Nach dem Hebelgesetz bzw. Drehmomentgleichgewicht bezogen auf das linke Ende des Hebels gilt

$5\text{ cm}\cdot F_1 - 50\text{ cm}\cdot F_2 = 0 \Rightarrow F_2 = 100\text{ N}$

Nach dem Strahlensatz bzw. zentrischer Streckung mit Zentrum im linken Ende des Hebels gilt

$\frac{\Delta s_2}{\Delta s_1} = \frac{50\text{ cm}}{5\text{ cm}} \Rightarrow \Delta s_2 = 20\text{ cm}$

b) $W_1 = F_1\cdot\Delta s_1 = 20$ J und $W_2 = F_2\cdot\Delta s_2 = 20$ J: Die geleistete Arbeit W_2 ist gleich der verrichteten Arbeit W_1.

Aufgabe 2: Schiefe Ebene

Aus den beiden getönten rechtwinkligen Dreiecken liest man ab:

$\sin(\alpha) = \frac{\Delta s_1}{\Delta s_2} \Rightarrow$ Weglänge $\Delta s_2 = \frac{\Delta s_1}{\sin(\alpha)}$

$\sin(\alpha) = \frac{F_2}{F_1} \Rightarrow$ Hangabtriebskraft $F_2 = F_1\cdot\sin(\alpha)$

$W_1 = F_1\cdot\Delta s_1$ und $W_2 = F_2\cdot\Delta s_2 = F_1\cdot\sin(\alpha)\cdot\frac{\Delta s_1}{\sin(\alpha)} = W_1$.

Mit $F_1 = m\cdot g = 1$ kN und $\Delta s_1 = 3$ m ist $W_1 = W_2 = 3$ kJ.

Aufgabe 3: Flaschenzug

a) Lastkraft $F_1 = m\cdot g = 2$ kN

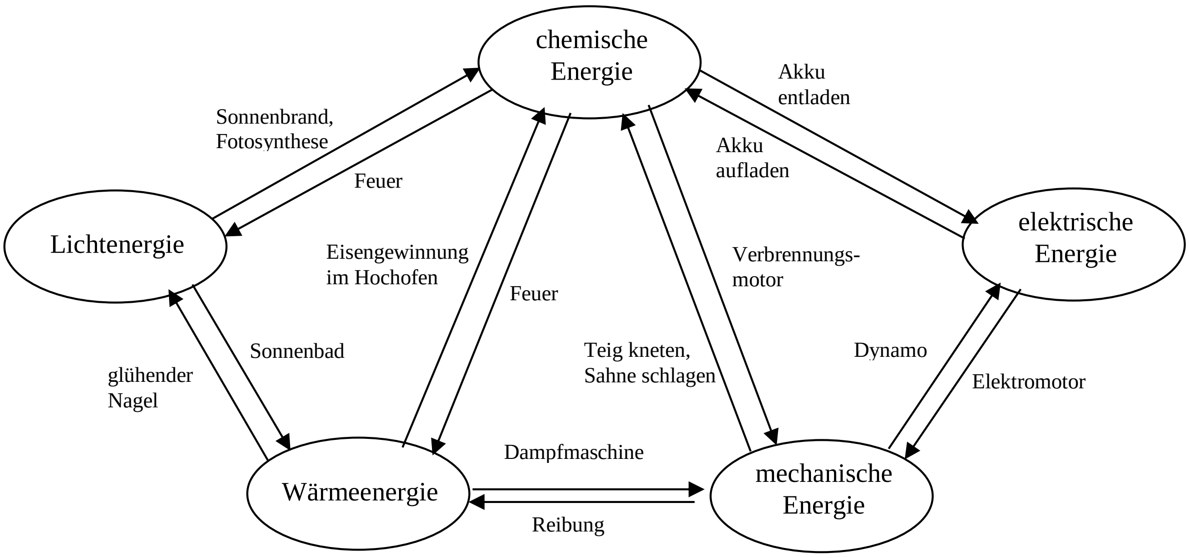
b) Seilkraft $F_2 = \frac{F_1}{4} = 500$ N

c) Am ganz rechten Seilabschnitt hängt keine Last

d) Da alle vier Seilabschnitte zum selben Seil gehören, muss dieses insgesamt um $\Delta s_2 = 4\cdot\Delta s_1 = 40$ cm verkürzt werden.

e) $W_1 = F_1\cdot\Delta s_1 = 200$ J und $W_2 = F_2\cdot\Delta s_2 = \frac{F_1}{4}\cdot 4\Delta s_1 = W_1 = 200$ J.

Aufgabe 4: Energieformen



Aufgabe 5: Potentielle Energie

a) Die potentielle Energie $E_{pot} = m\cdot g\cdot h = 1{,}5$ kJ wird zunächst in Bewegungsenergie und beim Aufprall in Verformungs- bzw. Wärmeenergie umgewandelt.

b) Man benötigt (theoretisch, siehe c)) wieder $E_{pot} = m\cdot g\cdot h = 1{,}5$ kJ. Dazu kommt außerdem das eigene Körpergewicht!

c) Er könnte $h = \frac{E_{pot}}{g\cdot m} = 1000$ Höhenmeter schaffen. Praktisch ist die Tafel Schokolade nach 200 – 300 Höhenmetern weg, weil der größte Teil der zugeführten Energie als Wärme abgegeben wird.

Aufgabe 6: Kinetische Energie

a) $E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2 = 50$ kJ

b) $v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{kin}}{m}} \approx 3{,}16$ m/s

c) Die kinetische Energie vor dem Sprung E_{pot} wird während des Fluges vollständig in kinetische Energie E_{kin} umgewandelt: $E_{pot} = E_{kin} \Leftrightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \approx 14{,}14$ m/s.

d) Der Elefant wird genauso schnell wie der Junge, weil sowohl die kinetische als auch die potentielle Energie proportional zur (trägen bzw. schweren) Masse ist und sich diese daher herauskürzt. Weil der Elefant aber aufgrund seiner hundertfachen Masse auch die die hundertfache kinetische Energie beim Aufprall hat, würde der schwere Verletzungen erleiden.

e) Der Frachter muss beim Abbremsen seine kinetische Energie von $E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2 = 2500$ MJ als Verformungs- und Wärmeenergie an das Wasser abgeben. Das dauert viel länger und hat einen Bremsweg von einigen Kilometern zur Folge, während das Tretboot mit 25 kJ schon nach wenigen Metern zum Stoppen kommt.

Aufgabe 7: Federenergie

a) $E_D = \frac{1}{2}Ds^2 = 0{,}9$ J

b) $s = \sqrt{\frac{2 \cdot E_D}{D}} = 1$ cm.

c) Die Federenergie wird beim Abschuss vollständig in Bewegungsenergie umgewandelt: $E_{kin} = E_D = \frac{1}{2}Ds^2 = 96$ J.

d) Aus $E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2$ folgt $v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{kin}}{m}} \approx 19{,}6$ m/s.

e) Die kinetische Energie wird vollständig in potentielle Energie umgewandelt: $E_{kin} = E_{pot} = m \cdot g \cdot h \Rightarrow h = \frac{E_{kin}}{m \cdot g} = 19{,}2$ m.

Aufgabe 8: Energieerhaltung

a) $E_{kin} = E_{pot} \Leftrightarrow mgh = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow h = \frac{v^2}{2g} = 7{,}2$ m.

b) Beim Abschuss wird die Federenergie vollständig in kinetische Energie umgewandelt: $E_D = E_{kin} \Leftrightarrow \frac{1}{2}Ds^2 = \frac{1}{2}mv^2$ Das Geschoss wird also $v = \sqrt{\frac{Ds^2}{m}} \approx 8{,}94$ m/s schnell. Beim Aufstieg wird die kinetische Energie vollständig in potentielle Energie umgewandelt: $E_{kin} = E_{pot} \Leftrightarrow mgh = \frac{1}{2}mv^2$ Das Geschoss steigt also $h = \frac{v^2}{2g} = 4$ m hoch.

c) Aus der Energieerhaltung $E_{kin} = E_{pot} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv^2 = mgh$ erhält man die Absprunggeschwindigkeit $v = \sqrt{\frac{2g}{h}} \approx 3{,}85$ m/s und aus der Impulsänderung die Absprungkraft $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{mv}{\Delta t} = 1{,}35$ kN.

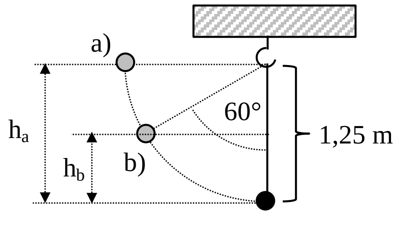
d) $E_{kin}‘ = 2\,E_{kin} \Leftrightarrow v‘^2 = 2v^2 \Rightarrow v‘ = \sqrt{2}\,v \approx 113{,}1$ km/h.

Aufgabe 9: Energieerhaltung

$E_{kin} = E_{pot} \Leftrightarrow mgh = \frac{1}{2}mv^2 \Leftrightarrow$

a) $h_a = 1{,}25\text{ m} \Rightarrow v_a = \sqrt{2gh_a} = 5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$

b) $h_b = 1{,}25\text{ m} - \cos(60°) \cdot 1{,}25\text{ m} = 0{,}625\text{ m} \Rightarrow v_b = \sqrt{2gh_b} \approx 3{,}53\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$



Aufgabe 10: Energieerhaltung

a) Der Faden ist gerade nicht mehr gespannt, wenn die Zentripetalkraft F_z gerade gleich der Gewichtskraft F_g ist:

$F_z = F_g \Leftrightarrow \frac{mv_a^2}{r} = mg \Leftrightarrow v_a = \sqrt{g \cdot r} \approx 2{,}83$ m/s und $E_{kina} = \frac{1}{2} mv_a^2 = \frac{1}{2} r \cdot m \cdot g = 0{,}4$ J

b) Beim Fallen um die Höhe h = r wird die kinetische Energie E_{kina} um die potentielle Energie m·g·r vermehrt zu

$E_{kinb} = E_{kina} + mgr = \frac{3}{2} r \cdot m \cdot g = 1{,}2$ J mit der Geschwindigkeit $v_b = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{kinb}}{m}} = \sqrt{3 \cdot g \cdot r} \approx 4{,}90$ m/s.

c) Beim erneuten Fallen um h = r kommt noch einmal m·g·r hinzu und man erhält

$E_{kinc} = \frac{5}{2} r \cdot m \cdot g = 2$ J und $v_c = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{kinc}}{m}} = \sqrt{5 \cdot g \cdot r} \approx 6{,}32$ m/s.

d) Beim Steigen um h = r verliert die Kugel die Energie m·g.r und hat dann wieder die gleiche Energie und die gleiche Geschwindigkeit wie in b): $E_{kind} = E_{kinb}$ und $v_d = v_c$.

Aufgabe 11: Leistung

a) $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\Delta F \cdot v}{\Delta t} = 750$ N

b) 50 PS = 37,5 kW und 80 kW ≈ 106,7 PS

c) $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = 250$ W

d) $\Delta W = P \cdot \Delta t = 900$ kJ

e) $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = 25$ kW

f) $\Delta W = P \cdot \Delta t = 7{,}2$ MJ

Aufgabe 12: Spannung und elektrische Arbeit

a) $\Delta Q = I \cdot \Delta t = 54$ C und $\Delta W = U \cdot \Delta Q = 324$ J

b) $\Delta Q = I \cdot \Delta t = 12960$ C, $W_{el} = U \cdot \Delta Q = 2851{,}2$ kJ, $W_{mech} = \eta \cdot W_{el} = 2281$ kJ und $Q = W_{el} - W_{mech} = 570{,}2$ kJ

c) $\Delta Q = I \cdot \Delta t = 5400$ C, $W_{el} = U \cdot \Delta Q = 1188$ kJ, $W_{mech} = \eta \cdot W_{el} = 713$ kJ und $Q = W_{el} - W_{mech} = 475$ kJ

Aufgabe 13: Mechanische und elektrische Arbeit

a) 70 kWh = 252 MJ, 5 MJ ≈ 1,39 kWh und 30 Ws = 30 J

b) W_{el} $U \cdot I \cdot \Delta t = 23{,}256$ MJ; $W_{Hub} = m \cdot g \cdot h = 16$ MJ $\Rightarrow \eta = \frac{W_{Hub}}{W_{el}} = 68{,}8$ %

c) $Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 10{,}726$ MJ; $W_{el} = \frac{Q}{\eta} = 12{,}619$ MJ und $I = \frac{W_{el}}{\Delta t \cdot U} = 15{,}9$ A

d) $W_{Hub} = m \cdot g \cdot h = 78$ MJ; $W_{el} = \frac{W_{Hub}}{\eta} = 91{,}76$ MJ und $I = \frac{W_{el}}{\Delta t \cdot U} = 134{,}2$ A.

Aufgabe 14: Elektrische Leistung

a) $I = \frac{P}{U} \approx 2{,}27$ A

b) $\Delta W = m \cdot c \cdot \Delta T = 335{,}2$ kJ; $\Delta t = \frac{\Delta W}{P} = 558{,}6$ s ≈ 10 min und $I = \frac{P}{U} \approx 2{,}73$ A

c) $\Delta W = m \cdot g \cdot h = 50$ kJ; $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = 12{,}5$ kW und $I = \frac{P}{U} \approx 32{,}9$ A.

Aufgabe 15: Wärmekapazität

a) 80 kcal ≈ 336,8 kJ und 100 kJ = 23,8 kcal

b) siehe Skript

c) $Q = m \cdot c \cdot \Delta T \approx 67{,}2$ kJ

d) $\Delta T = Q/mc \approx 0{,}17$ K

e) $\Delta T = Q/mc \approx 34{,}1$ K

f) $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 30\,000$ g·4,19 J/g·K·1,5 K ≈ 189 kJ entsprechen 63 g Kartoffeln oder 8,2 g Schokolade

g) ΔT(Luft) = Q/mc = 7 000 000 J/100 000 g·1 J/g·K = 70 K (!). Leider wird sich die Sauna nur bei idealer Wärmedämmung realisieren lassen. In Wirklichkeit wird die Wärme durch Luftzug (Konvektion) schnell abgeführt.

h) m(Wasser) = Q/c·ΔT = 7 000 000 J/4,19 J/g·K·70 K ≈ 23,8 kg entsprechen 23,8 Liter Teewasser, die bei möglichst schneller Aufnahme (aber ohne sich die Zunge zu verbrennen) ihre Wärme direkt an den Körper abgeben, der wiederum durch Fett und Kleidung einigermaßen isoliert ist.

Aufgabe 16: Reibungsarbeit

a) Es muss mindestens die Hubarbeit $W_{Hub} = E_{pot} = mgh = 2$ kJ aufgewendet werden.
b) Hinzu kommt dann die Reibungsarbeit $W_R = F_R \cdot \Delta x = 1{,}5$ kJ, so dass man insgesamt auf $W_{Hub} + W_R = 3{,}5$ kJ kommt.

Aufgabe 17: Reibungsarbeit

a) Der Skifahrer verliert die Energie $E_{pot}' - E_{pot} = m \cdot g \cdot h' - m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot (h' - h) = 3{,}2$ kJ.
b) Die potentielle Energie wird in Reibungsarbeit $W_R = F_R \cdot \Delta x$ umgewandelt, die der Skifahrer auf der Strecke $\Delta x = 50$ m am Schnee verrichtet und ihn dadurch aufheizt. Aus $F_R \cdot \Delta x = W_R = 3{,}2$ kJ folgt die mittlere Reibungskraft $F_R = \frac{W_R}{\Delta x} = 64$ N.
c) Der mittlere Reibungskoeffizient ist also $\mu = \frac{F_g}{F_R} = 0{,}08$.

Aufgabe 18: Reibungsarbeit

a) Beim Aufstieg muss der Junge die Höhe $h = 100\ \text{m} \cdot \sin(10°) \approx 17{,}3$ m erreichen und dazu die Arbeit $W_{Hub} + W_{Rab} = m \cdot g \cdot h + F_{Rab} \cdot \Delta x = 8{,}68\ \text{kJ} + 1\ \text{kJ} = 9{,}68$ kJ verrichten.
b) Bei der Abfahrt gewinnt der Junge die kinetische Energie $E_{kin} = E_{pot} - W_{Rauf} = 8{,}68\ \text{kJ} - 8\ \text{kJ} = 0{,}68$ kJ und hat dann die Geschwindigkeit $v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{kin}}{m}} \approx 5{,}22$ m/s.

Aufgabe 19: Energieerhaltung

Der Wagen kommt nach der Strecke s zum Stehen, wenn seine gesamte kinetische Energie $E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ in potentielle Energie $E_{pot} = m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot \sin(3°) \cdot s$ und über Reibungsarbeit $W_R = F_R \cdot \Delta x = \mu \cdot m \cdot g \cdot s$ in Wärme umgewandelt wurde:

$$E_{kin} = E_{pot} + W_R \Leftrightarrow \frac{1}{2} m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot \sin(3°) \cdot s + \mu \cdot m \cdot g \cdot s \Rightarrow \frac{1}{2} v^2 = g \cdot s \cdot (\sin(3°) + \mu) \Rightarrow s = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot (\sin(3°) + \mu)} \approx 348{,}8\ \text{m}.$$

Aufgabe 20: Energieformen

a) Die Masse ist $m = \rho \cdot V = 1\ \text{t/m}^3 \cdot 2\ \text{m} \cdot 5\,000\,000\ \text{m}^2 = 10$ Millionen Tonnen.
b) Die potentielle Energie des Wassers bezogen auf den Rhein ist $E_{pot} = m \cdot g \cdot h = 55\,000$ GJ
c) 100 m^3 in einer Sekunde entsprechen 10 Millionen m^3 in 100 000 Sekunden = 27 h und 47 Minuten
Die theoretisch maximale Leistung wäre $P = W/t = m \cdot g \cdot 150\ \text{m}/100\,000\ \text{s} = 150$ MW
d) Im freien Fall durchs Vakuum würde die potentielle Energie komplett in kinetische Energie umgewandelt werden:
$E_{pot} = E_{kin} \Leftrightarrow mgh = \frac{1}{2} mv^2 \Leftrightarrow v = \sqrt{2gh} = 10\sqrt{30}$ m/s $\approx 54{,}78$ m/s anstelle von 72 km/h = 20 m/s.
e) Die Reibungskraft auf das Rohr ist genau gleich der Gewichtskraft des Wassers: $F_R = F_G = m \cdot g = \rho \cdot \pi r^2 \cdot l \cdot g \approx 314$ kN
f) Mit zunehmender Geschwindigkeit bzw. Fallhöhe wird immer mehr Energie als Reibungswärme an das Fallrohr abgegeben und das Wasser wird immer stärker abgebremst. Der Wirkungsgrad wird bei hohen Geschwindigkeiten und Fallhöhen also immer kleiner. Daher unterteilt man den Fall in möglichst viele kleine Stufen mit hohen Wirkungsgraden.
g) Es ist die Sonne, deren Wärme das Meerwasser verdampfen lässt und die die Wolken gegen den Schwarzwald treibt, wo sie sich wieder abregnen.
h) Kernreaktoren lassen sich schlecht regulieren und produzieren Tag und Nacht mit gleicher Leistung. Nachtstrom ist billiger, weil nachts die Nachfrage viel geringer als das Angebot ist.