I. Mechanik

1. Mechanische Energieformen

Aufgabe 1

a) 1 nach 2: Umwandlung Spannenergie in kinetische Energie
2 nach 3: Umwandlung kinetische Energie in potenzielle Energie
3 nach 4: Umwandlung potenzielle Energie in kinetische Energie

b) $E_{Sp} = \frac{1}{2} Ds^2 = \frac{1}{2} \cdot 500 \frac{N}{m} \cdot (0{,}03m)^2 = 0{,}225J$

c) Energieerhaltung: $E_{Sp} = E_{pot}$

$$E_{Sp} = \frac{1}{2} mv^2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2E_{Sp}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}225J}{0{,}02kg}} = 4{,}74 \frac{m}{s}$$

d) Energieerhaltung $E_{pot} = E_{Sp}$ ($=E_{kin}$)

$$mgh = E_{Sp} \quad \Rightarrow \quad h = \frac{E_{Sp}}{mg} = \frac{0{,}225J}{0{,}02kg \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2}} = 1{,}15m$$

e) Der Frosch durchfällt die Gesamthöhe h_{ges}=2,00m. Aus $E_{pot} = E_{kin}$ ergibt sich:

$$mgh_{ges} = \frac{1}{2} mv^2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{2gh_{ges}} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2} \cdot 2m} = 6{,}26 \frac{m}{s}$$

f) Der Frosch musste vor dem Experiment auf die Höhe der Tischkante gehoben werden. Die Energie stammt also von außen und wurde in Form von Hubarbeit auf den Frosch übertragen.

Aufgabe 2

a) A nach B: Umwandlung potenzielle Energie in kinetische Energie
B nach C: Umwandlung kinetische Energie in potenzielle Energie

b) $E_{vorher} = E_{nachher}$
$E_{potA} = E_{potC} + E_{kinC}$
$E_{kin,C} = E_{pot,,A} - E_{pot,C}$

$$\frac{1}{2} mv^2 = mg(h_A - h_C) \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{2g(h_A - h_C)} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \frac{N}{kg} \cdot 20m} = 20 \frac{m}{s} = 72 \frac{km}{h}$$

c)

$$W_{Reib} = E_{potA} - E_{potC} = mgh_A - mgh_C \quad \Rightarrow \quad mit \; W_{Reib} = F_R \cdot s:$$

$$F_R = \frac{mg(h_A - h_C)}{s} = \frac{300kg \cdot 9{,}81 \frac{N}{kg} \cdot 20m}{375m} = 157N$$

2. Arbeit

Aufgabe 1

a) An der Kugel wird zunächst Beschleunigungsarbeit verrichtet und ihre kinetische Energie nimmt zu, während die Spannenergie der Feder abnimmt. Dann wird an der Kugel Hubarbeit verrichtet, ihre potenzielle Energie nimmt zu, die kinetische Energie ab. Im höchsten Punkt ist die kinetische Energie Null.

b) $W_{Sp} = \frac{1}{2} Ds^2 = \frac{1}{2} \cdot 250 \frac{N}{cm} \cdot (0{,}1m)^2 = 1{,}3J$

c) Energieerhaltung: $E_{Sp} = E_{pot}$

$$E_{sp} = mgh \quad \Rightarrow \ h = \frac{E_{Sp}}{mg} = \frac{1{,}3J}{0{,}5kg \cdot 9{,}81\frac{m}{s^2}} = 0{,}27m$$

$$Energieerhaltung : E_{Sp} = E_{kin}$$

$$E_{Sp} = \frac{1}{2}mv^2 \quad \Rightarrow \ v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{Sp}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}3J}{0{,}5kg}} = 2{,}3\frac{m}{s}$$

Aufgabe 2

a) $h = b \cdot 0{,}1 = 2km$

b) Nimmt man an, dass der Vorgang reibungsfrei ist, kann man die goldene Regel anwenden. Es gilt dann mit der Fahrstrecke l=20km:

$$F_{mot} \cdot l = F_G \cdot h \quad \Rightarrow F_{mot} = \frac{mgh}{l} = \frac{28.000kg \cdot 9{,}81\frac{N}{kg} \cdot 2000m}{20.000m} = 27kN$$

c) Wird die Reibung mit berücksichtigt, so muss der Motor nach den Angaben die Kraft $F = 27kN + 5kN = 32kN$ aufbringen. Für die vom Motor zu verrichteten Arbeit W_{mot} gilt dann: $W_{mot} = F \cdot l = 32.000N \cdot 20.000m = 6{,}4 \cdot 10^8 J$

3. Formen mechanischer Arbeit

Aufgabe 1

$$W = \Delta E_{kin} = \frac{1}{2}mv_2^{\,2} - \frac{1}{2}mv_1^{\,2} = \frac{1}{2} \cdot 1200kg \cdot \left((27{,}78\frac{m}{s})^2 - (20\frac{m}{s})^2 \right) = 0{,}22\,MJ$$

Aufgabe 2

Gesamtmasse: $m = m_H + m_R = 30kg$

a) $$E_{kinvor} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{vor}^{\;2} = \frac{1}{2} \cdot 30kg \cdot (2{,}5\frac{m}{s})^2 = 94J$$

$$E_{kinnach} = 94J - 60J = 34J$$

b) $$E_{kinnach} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{nach}^{\;2} \quad \Rightarrow \ v_{nach} = \sqrt{\frac{2E_{kinnach}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 34J}{30kg}} = 1{,}5\frac{m}{s}$$

c) $$F \cdot s = E_{kinvor} - E_{kinnach} \quad \Rightarrow \ F = \frac{E_{kinvor} - E_{kinnach}}{s} = \frac{60J}{1{,}2m} = 50N$$

d) $$F = m \cdot a \quad \Rightarrow \ a = \frac{F}{m} = \frac{50N}{30kg} = 1{,}7\frac{m}{s^2}$$

e) $$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \Rightarrow \ \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{2{,}5\frac{m}{s} - 1{,}5\frac{m}{s}}{1{,}7\frac{m}{s^2}} = 0{,}59s$$

4. Leistung und Wirkungsgrad

Aufgabe 1

a) $$P = \frac{W}{t} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{t} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 75kg \cdot (10\frac{m}{s})^2}{1{,}3s} = 2{,}9kW$$

b) $v = \frac{s}{t} \Rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{189km}{42\frac{km}{h}} = 4{,}5h = 16.200s$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F_R s}{t} = \frac{25N \cdot 189.000m}{16.200s} = 0{,}29kJ$$

Aufgabe 2

$$\eta = \frac{E_{Nutzen}}{E_{Aufwand}} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{mgh} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 5000kg \cdot (20{,}833\frac{m}{s})^2}{5000kg \cdot 9{,}81\frac{m}{s^2} \cdot 30m} = 74\%$$

(die Masse spielt für den Wirkungsgrad keine Rolle)

II. Wärmelehre

1. Teilchenmodell und innere Energie

Aufgabe 1

fest:	Ausdehnung einer Brücke, Kabel im Sommer
flüssig:	Thermometer, Anomalie des Wassers
gasförmig:	Ball in der Sonne, Fahrradreifen in der Sonne

Aufgabe 2

a) Die kinetische Energie des Hammers wird in innere Energie des Hammerkopfes und des Eisenstückes umgesetzt. Dadurch erwärmt sich das Eisen.

b) Das Modell müsste man immer stärker hin-und herbewegen. Dadurch schwingen die Kugeln immer stärker um ihre Ruhelage und die Summe ihrer potenziellen und kinetischen Energien steigt.

2. Temperatur

Aufgabe 1

ϑ in °C	20	-100	27	727
T in K	293	173	300	1000

3. Innere Energie und spezifische Wärmekapazität

Aufgabe 1

Hände reiben, Bremsen, Schraube mit dem Akkuschrauber herausdrehen

Aufgabe 2

$$\Delta E_i = E_{pot} \quad \Rightarrow \quad cm\Delta\vartheta = mgh \quad \Rightarrow$$

$$\Delta\vartheta = \frac{mgh}{cm} = \frac{gh}{c} = \frac{9{,}81\frac{N}{kg} \cdot 50m}{4{,}19\frac{J}{gK}} = \frac{9{,}81 \cdot \frac{N}{1000g} \cdot 50m}{4{,}19\frac{J}{gk}} = 0{,}12K$$

Aufgabe 3

a) Die Temperatur steigt innerhalb der ersten 5 Minuten von 20°C auf 100°C fast linear an und bleibt dann näherungsweise konstant.

b) In den ersten 5 Minuten wird die von der Gasflamme zugeführte Energie für die Erwärmung des Wassers und der Kartoffeln verwendet, danach zum Verdampfen des Wassers. Während der ganzen Zeit wird ein Teil der zugeführten Energie an die Umgebung abgegeben.

c) Nach 5 Minuten ist nur noch die Energie zuzuführen, die an die Umgebung abgegeben wird bzw. mit dem Wasserdampf entweicht. Die Temperatur erhöht sich durch weitere Energiezufuhr nicht. Entsprechend kann man die Gasflamme kleiner stellen. Wird in dieser Phase zu viel Dampf verbrannt, verdampft unnötig viel Wasser und damit entweicht auch mehr Wasserdampf.

d)

$$\Delta\vartheta = 80K$$

$$80 \cdot 4{,}19kJ = 335{,}2kJ$$

$$1{,}5 \cdot 335{,}2kJ = 0{,}50MJ$$

4. Definition der Wärme

Aufgabe 1

a) $W_R = E_{kin} \quad \Rightarrow \; F_R \cdot s = E_{kin} \quad \Rightarrow \; 0{,}8 \cdot mgs = \frac{1}{2} mv^2$

$$\Rightarrow \; s = \frac{mv^2}{2 \cdot 0{,}8 \cdot mg} = \frac{v^2}{2 \cdot 0{,}8 \cdot g} = \frac{\left(15 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 0{,}8 \cdot 9{,}81 \frac{N}{kg}} = 14m$$

b) s ist proportional zu v^2, also vierfacher Bremsweg bei doppelter Geschwindigkeit.

III. Elektrizitätslehre

1. Ladung

2. Ladung-Strom-Spannung-Widerstand

Aufgabe 1

a) $Q = I \cdot t = 10 \cdot 10^{-6} A \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 s = 0{,}32 kC$

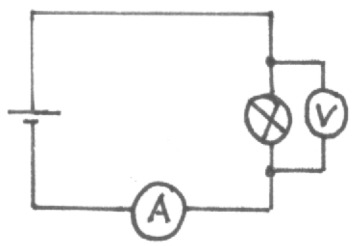
b) Die Anzahl n der Elektronen ergibt sich aus der in einer Sekunde geflossenen Ladung dividiert durch die Elementarladung e: $n = \frac{It}{e} = \frac{10 \cdot 10^{-6} A \cdot 1s}{1{,}6 \cdot 10^{-19} C} = 6{,}3 \cdot 10^{13}$

c) $6{,}3 \cdot 10^{13} : (4 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365) \approx 500.000$

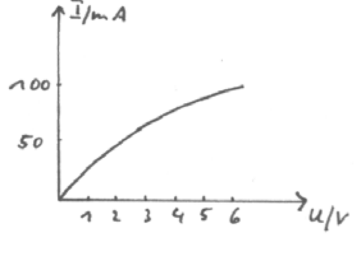
Man bräuchte also etwa 500.000 Jahre.

Aufgabe 2

a)



b)



c) Das ohmsche Gesetz gilt nicht, da die Temperatur der Glühwendel nicht konstant bleibt.

d) $R = \frac{U}{I} = \frac{6{,}3V}{0{,}1A} = 63\Omega$

3. Elektrische Arbeit und Leistung

Aufgabe 1

a) $P = \frac{W}{t} = \frac{F_R s}{t} = F_R \cdot \frac{s}{t} = F_R \cdot v = 1200N \cdot 22{,}22 \frac{m}{s} = 27kW$

b) $W_{el} = 10 \cdot UIt = 10 \cdot U \cdot Q = 10 \cdot 12V \cdot 160 \cdot 3600As = 69MJ$

c) $\eta = \frac{E_{Nutzen}}{E_{Aufwand}} = \frac{F_R s}{W_{el}} \quad \Rightarrow \; s = \frac{\eta W_{el}}{F_R} = \frac{0{,}8 \cdot 69 \cdot 10^6 J}{1200N} = 46km$

d) Gesamtkosten der elektrischen Energie für 46km:

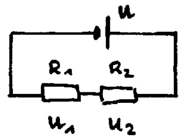
$$69 \cdot 10^6 J \cdot 0{,}16 \frac{€}{kWh} = 69 \cdot 10^6 J \cdot 0{,}16 \cdot \frac{€}{1000 \cdot 3600Ws} = 3{,}1€$$

Also betragen die „Stromkosten" pro Kilometer etwa 7ct.

4. Elektrische Schaltungen

Aufgabe 1

a) Reihenschaltung



Ersatzwiderstand: $R_{12} = R_1 + R_2 = 50\Omega + 150\Omega = 200\Omega$

Stromstärken: $I = I_1 = I_2 = \frac{U}{R_{12}} = \frac{12V}{200\Omega} = 60mA$

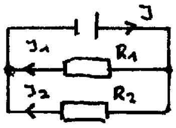
Teilspannungen:

$$U_1 = R_1 \cdot I_1 = 50\Omega \cdot 0{,}06A = 3{,}0V$$

$$U_2 = R_2 \cdot I_2 = 150\Omega \cdot 0{,}06A = 9{,}0V$$

Probe: $U_1+U_2=12V$

b) Parallelschaltung



Ersatzwiderstand: $\frac{1}{R_{ers}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{50\Omega} + \frac{1}{150\Omega} \Rightarrow R_{12} = 37{,}5\Omega$

Gesamtstromstärke: $I = \frac{U}{R_{12}} = \frac{12V}{37{,}5A} = 0{,}32A$

Teilspannungen: $U_1=U_2=12V$

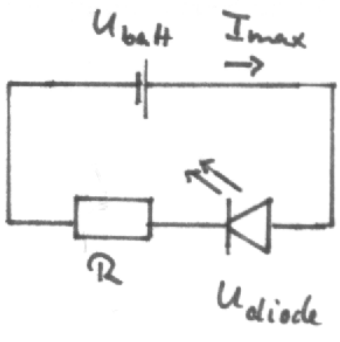
Teilströme: $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{12V}{50\Omega} = 0{,}24A$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_{21}} = \frac{12V}{150\Omega} = 0{,}080A$$

Probe: $I_1+I_2=0{,}32A$

Aufgabe 2

a) Durch eine Reihenschaltung mit einem vorgeschalteten Widerstand R wird der Gesamtwiderstand so vergrößert, dass die Stromstärke entsprechend niedrig ist.
(Andere Begründung: An dem Widerstand R fällt ein Teil der Gesamtspannung ab, so dass an der Diode nur noch eine Spannung von 1,5V abfällt.)



b) $U_R=U_{batt}-U_{diode}=6V-1{,}5V=4{,}5V$.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{4{,}5V}{0{,}03A} = 0{,}15k\Omega$$