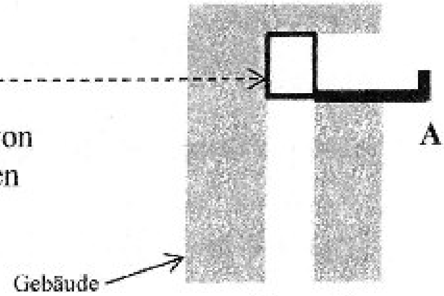
Aufgabe 1 (11 Punkte)

Herr Müller steigt in einem Gebäude in einen **Lift**, der ihn von der Aussichtsplattform A (*Figur1*) wieder nach unten bringen soll. Der Lift beschleunigt mit 1.2 m/s^2 nach unten auf die Geschwindigkeit 2.0 m/s.



Figur 1

a) Nach welcher Zeit erreicht der Lift die Geschwindigkeit 2.0 m/s?

a1) formal

$$\underline{a = \frac{\Delta v}{t}} \Rightarrow \underline{t} = \frac{\Delta v}{a} = \frac{v - v_0}{a} = \underline{\underline{\frac{v}{a}}} \qquad \| \; v_0 = 0$$

1 P.

a2) numerisch

$$\underline{t} = \frac{2 \frac{m}{s}}{1{,}2 \frac{m}{s^2}} = \underline{1{,}7 s}$$

1 P.

b) Nach welcher Strecke erreicht der Lift die Geschwindigkeit 2.0 m/s?

b1) formal

$$v^2 = 2as + v_0^2 \qquad \| \; v_0 = 0$$

$$\underline{s = \frac{v^2}{2a}}$$

1 P.

b2) numerisch

$$\underline{s} = \frac{(2 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 1{,}2 \frac{m}{s^2}} = \underline{1{,}7 m}$$

1 P.

c) Wie gross ist die Kraft F_1, die bei diesem Vorgang Herrn Müller (Masse 75 kg) beschleunigt (nur numerisch)?

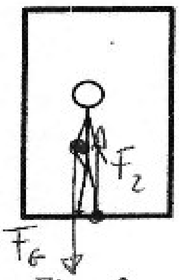
$$\underline{F_1} = ma = 75 kg \cdot 1{,}2 \frac{m}{s^2} = \underline{90 N}$$

1 P.

d) *Figur 2* zeigt Herrn Müller in der Liftkabine.

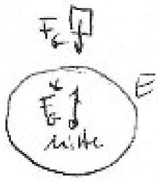
d1) Zeichnen Sie in *Figur 2* die Gewichtskraft $\mathbf{F_G}$ von Herrn Müller ein, beschriftet mit F_G (der Angriffspunkt muss klar erkenntlich sein). 1 P.

d2) Zeichnen Sie in *Figur 2* die Kraft $\mathbf{F_2}$ ein, die vom Boden der Liftkabine auf Herrn Müller wirkt, beschriftet mit F_2 (der Angriffspunkt muss klar erkenntlich sein). 1 P.



Figur 2

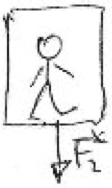
e) Welches ist die Gegenkraft von der bei d1) betrachteten Gewichtskraft $\mathbf{F_G}$ von Herrn Müller? Wo greift sie an? (Verbale Antwort, eventuell mit Skizze).



Erde

F_G ist Resultat der Anziehung (Gravitation) zwischen Erde und H. Müller. Die Gegenkraft F_G^* greift im Schwerpunkt der Erde (Mitte) an 1 P.

f) Welches ist die Gegenkraft von der bei d2) betrachteten Kraft F_2? Wo greift sie an? Welche Richtung hat sie? (Verbale Antwort, eventuell mit Skizze).



Die Gegenkraft greift am Fahrstuhlboden an, dort wo F_2 auf H. Müller einwirkt (actio = reactio)

1 P.

g) Berechnen Sie (nur numerisch) die Grösse der folgenden beiden Kräfte:

g1) Gewichtskraft F_G von Herrn Müller

$F_G = mg = 750\,N = 0{,}75\,kN$

0.5 P.

g2) Kraft F_2, die vom Boden der Liftkabine auf Herrn Müller wirkt. (Tipp: F_2 lässt sich leicht aus den bisher errechneten Kräften ermitteln)

$F_{eff} = F_1 = F_G - F_2$

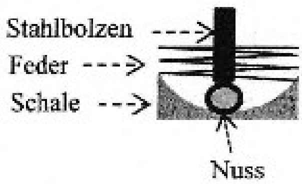
$F_2 = F_G - F_1 = 750\,N - 90\,N = 660\,N = 0{,}66\,kN$

Hr. Müller fühlt sich 90N (9kg) leichter.

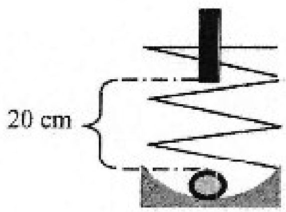
1.5 P.

Aufgabe 2 (10 Punkte)

An einer Messe wird ein neuartiger **Nussknacker** präsentiert (*Figuren 3a* und *3b*). Die Nuss wird in eine Schale gelegt, an der oben eine Feder mit einem Stahlbolzen angebracht ist (*Figur 3a*). Nun zieht man den Stahlbolzen um 20 cm nach oben, wodurch auch die Feder um 20 cm verlängert wird (*Figur 3b*). Nach dem Loslassen knackt der nach unten schnellende Stahlbolzen die Nuss.



Figur 3a



Figur 3b

a) Der Stahlbolzen hat eine Masse von 90 g. Um wie viel ändert sich seine Lageenergie (potenzielle Energie), wenn er 20 cm nach oben gezogen wird?

a1) formal

$E_{pot} = mgh$

1 P.

a2) numerisch

$E_{pot} = 0{,}09\,kg \cdot 10\,\frac{N}{kg} \cdot 0{,}2\,m = 0{,}18\,J$

1 P.

b) Wie gross ist die in der Feder (D = 50 N/m) gespeicherte Energie, nachdem sie um 20 cm verlängert wurde?

b1) formal

$E_F = \frac{1}{2} D s^2$

1 P.

b2) numerisch

$E_F = \frac{1}{2} \, 50 \frac{N}{m} \, (0{,}2 m)^2 = 1{,}0 \, J$

1 P.

c) Welche Arbeit ist demnach nötig, um den Nussknacker von dem in *Figur 3a* gezeigten Zustand in den in *Figur 3b* gezeigten Zustand zu bringen?

c1) formal

$W = E_{pot} + E_F = mgs + \frac{1}{2} D s^2$

1 P.

c2) numerisch

$W = 1{,}18 \, J = 1{,}2 \, J$

1 P.

d) Wie gross ist die Geschwindigkeit, mit der der Stahlbolzen auf die Nuss trifft? (nur numerisch)

$E_{kin} = W$

$\frac{1}{2} m v^2 = W$

$v = \sqrt{\frac{2W}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}18 \, J}{0{,}09 \, kg}} = 5{,}1 \frac{m}{s}$

2 P.

e) Beim Aufprall auf die Nuss wird der Stahlbolzen auf 2.0 mm Weg zum Stillstand abgebremst. Wie gross ist die dabei wirkende (mittlere) Kraft? (nur numerisch, aber Rechnung verbal begründen)

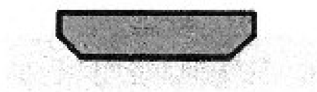
$W = F \cdot s$

$F = \frac{W}{s} = \frac{1{,}18 \, J}{0{,}002 m} = 590 \, N = 0{,}59 \, kN$

2 P.

Aufgabe 3 (10 Punkte)

Ein kleines offenes **Boot** der Masse 60 kg ist ganz aus einem nicht-rostenden Metall gefertigt (*Figur 4*). Zur Herstellung wurden 22 dm^3 dieses Metalls verwendet.



Figur 4

a) Wie gross ist die Dichte des verwendeten Metalls (nur numerisch)?

$$\underline{\rho} = \frac{m_B}{V_B} = \frac{60\,kg}{22\,dm^3} = \underline{2{,}7\,\frac{kg}{dm^3}}$$

1 P.

b) Wie gross ist das vom Boot verdrängte Wasservolumen, wenn eine Person von 78 kg Masse im Boot sitzt?

b1) formal

$$F_{\downarrow} = F_{\uparrow}$$

$$m_P g + m_B g = \rho_W \cdot V_W \cdot g$$

$$\underline{V_W = \frac{(m_P + m_B)\,g}{\rho_W}}$$

2 P.

b2) numerisch

$$\underline{V_W} = \frac{(60\,kg + 78\,kg) \cdot \cancel{10\,\frac{N}{kg}}}{1000\,\frac{kg}{dm^3}} = 138\,dm^3 = \underline{0{,}14\,m^3}$$

2 P.

c) Bei einem heftigen Sturm sinkt das Boot und liegt danach in einigen Metern Tiefe auf dem Seegrund. Es soll nun mit einem kleinen Kran gehoben werden. Wie gross muss die Kraft mindestens sein, um es vom Seegrund weg zu heben?

c1) formal

$$F_{Kran} = F_G - F_A$$

$$\underline{F_{Kran} = m_B g - \rho_W \cdot V_B \cdot g}$$

3 P.

c2) numerisch

$$F_{Kran} = 60\,kg \cdot 10\,\frac{N}{kg} - 1000\,\frac{kg}{dm^3} \cdot 22\,dm^3 \cdot 10\,\frac{N}{kg}$$

$$\underline{F_{Kran}} = 380\,N = \underline{0{,}38\,kN}$$

2 P.

Aufgabe 4 (8 Punkte)

Chris bereitet für einen Gast einen **Kaffee** zu. Aus der Kaffeemaschine fliessen 95 g Kaffee der Temperatur 90 °C in eine Tasse (Masse 70 g, spez. Wärmekapazität $c = 8.0 \cdot 10^2 \frac{J}{kg\,K}$ $= 0.80 \frac{J}{g\,K}$). Als guter *Barista* (hier: „Kaffee-Zubereiter") weiss Chris, dass er unbedingt die Tasse vorwärmen muss.

a) Auf welche Temperatur muss die Tasse vorgewärmt werden, damit die Endtemperatur von Kaffee und Tasse 86 °C beträgt? Dabei soll beim Eingiessen keine Wärme an die Umgebung abgegeben werden. Für Kaffee dürfen Sie die entsprechenden Grössen von Wasser verwenden.

a1) formal

$$\Delta Q_K = \Delta Q_T$$

$$c_K \cdot m_K \cdot (T_K - T_m) = c_T\, m_T\, (T_m - T_T)$$

$$\frac{c_K\, m_K\, (T_K - T_m)}{c_T\, m_T} = T_m - T_T$$

$$\underline{T_T = T_m - \frac{c_K\, m_K}{c_T\, m_T}(T_K - T_m)}$$

3 P.

a2) numerisch

$$\underline{T_T} = 86^\circ C - \frac{4182 \cdot 95}{800 \cdot 70}(90^\circ C - 86^\circ C) = \underline{58^\circ C}$$

2 P.

b) Bei Aufgabe a) wurde vereinfachend angenommen, dass keine Wärme an die Umgebung abgegeben wird. In Wirklichkeit ist das nicht der Fall.
Um wie viel muss die Tasse *zusätzlich* vorgewärmt werden, wenn $2.0 \cdot 10^2$ J (ΔQ) an die Umgebung abgegeben wird? (Nur numerisch, aber Überlegung verbal begründen).

$$\Delta Q_K = \Delta Q_T + \Delta Q$$

$$\frac{\cdots}{\cdots} = T_m - T'_T + \frac{\Delta Q}{c_T\, m_T}$$

$$T'_T = \underbrace{T_m - \frac{\cdots}{\cdots}} + \frac{\Delta Q}{c_T\, m_T}$$

$$= 58^\circ C + \frac{200\,J}{800 \frac{J}{kgK} \cdot 70\,g}$$

$$T'_T = 58^\circ C + \underline{\underline{3{,}6^\circ C}}$$

3 P.

Aufgabe 5 (9 Punkte)

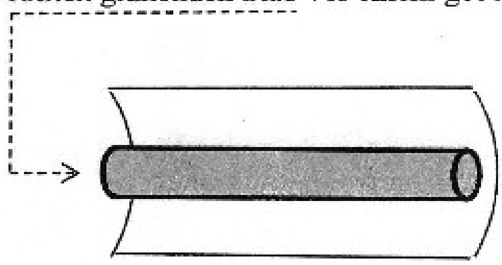
In einem Inserat preist eine Firma **elektrische Heizgeräte** an, um an kalten Tagen ein Zimmer zu heizen.

a) Im Sortiment ist ein <u>Heizlüfter</u>: in ihm bläst ein Ventilator Luft an erhitzten Drähten vorbei. Durch welche Wärmeübertragungsart wird das Zimmer erwärmt? Begründen Sie Ihre Antwort verbal.

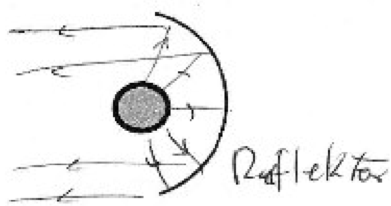
Durch (erzwungene) Konvektion, d.h. Materialtransport der warmen, energiereichen Luft.

1 P.

b) Im Inserat ist weiter ein „<u>Infrarot-Strahler</u>" aufgeführt: ein Bild zeigt einen rötlich glühenden Stab vor einem gebogenen glänzenden Blechstück (*Figur 5*).



Figur 5



(Figur 5, von der Seite gesehen)

b1) Welche Wärmeübertragungsart spielt die wesentliche Rolle, wenn dieses Gerät in Betrieb ist?

Durch Strahlung. Energieübertragung ohne Berührung oder Materialtransport.

1 P.

b2) Im Inserat steht (korrekterweise!), dass sich das „Wärmegefühl im Zimmer" beim Infrarot-Strahler „sowohl schneller als auch stärker einstelle" als beim Heizlüfter, weil ......
Welche Gründe werden angegeben?

„schneller" Konvektion muss erst Luft im ganzen Raum erwärmen. Strahlung wird in erster Linie von Festkörpern (Menschen) absorbiert, die somit direkt erwärmt werden.

„stärker" Der Reflektor bündelt die Wärmestrahlung und "verstärkt" damit die Wirkung.

2 P.

c) Im Betrieb gibt der an 230 V angeschlossene Stab (Aufgabe b), *Figur 5*) eine Leistung von 0.40 kW ab.

c1) Wie gross ist der dann fliessende Strom (nur numerisch)?

$P = U \cdot I$

$I = \frac{P}{U} = \frac{400\,W}{230\,V} = \underline{1{,}7\,A}$

1 P.

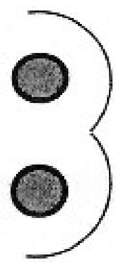
c2) Wie gross ist der elektrische Widerstand dieses Stabs (nur numerisch)?

$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R}$

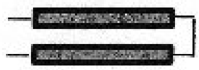
$\underline{R = \frac{U^2}{P} = \frac{(230\,V)^2}{400\,V} = 0{,}13\,k\Omega}$

1 P.

d) Im erwähnten Inserat ist noch ein weiteres Modell eines Infrarot-Strahlers aufgeführt: dieses enthält 2 Stäbe vom oben betrachteten Typ (*Figur 6*). Hier sind auch die folgenden Schaltungen möglich (d1) und d2)):



Figur 6

d1)  d2) 

d1) Wie gross ist die in der Schaltung d1) erzeugte Leistung? (nur numerisch, aber mit Begründung)

Parallelschaltung; R halbiert sich; I verdoppelt sich

U bleibt gleich;

also verdoppelt sich die Leistung

$P' = \frac{U^2}{\frac{R}{2}} = 2\frac{U^2}{R} = 2P = 800\,W = \underline{0{,}80\,kW}$

1 P.

d2) Wie gross ist die in der Schaltung d2) erzeugte Leistung? (nur numerisch, aber mit Begründung)

Serienschaltung; R verdoppelt sich; I halbiert sich;

P halbiert sich

$P'' = \frac{U^2}{2R} = \frac{1}{2}\frac{U^2}{R} = \frac{1}{2}P = 200\,W = \underline{0{,}20\,kW}$

2 P.

Aufgabe 6 (11 Punkte)

Die **Erde** lässt sich, ohne ihre Atmosphäre, näherungsweise als eine Kugel vom Radius $6.37 \cdot 10^3$ km ansehen. Diese „Erdkugel" ist negativ geladen, ihre Ladung beträgt $-5.9 \cdot 10^5$ C.

a) Man sagt, dass ein elektrisch geladener Körper einen Elektronenüberschuss, bzw. einen Elektronenmangel hat.

a1) Wieso spricht man von einem Elektronenüberschuss, bzw. -mangel und nicht von einem Protonenüberschuss, bzw. -mangel? Begründen Sie Ihre Antwort.

Bei einem (Fest-)Körper bilden die Atomkerne (positiv) das Festkörpergitter. Sie sind nicht beweglich.
Nur ein (kleiner) Teil der Elektronen ist beweglich.
(negativ)

1 P.

a2) Hat die Erdkugel einen Elektronenüberschuss oder einen Elektronenmangel? Begründen Sie Ihre Antwort.

Für eine negative Überschussladung müssen zusätzliche Elektronen dazukommen, da nur sie beweglich sind.
Also Elektronenüberschuss.

1 P.

b) Wir nehmen vereinfachend an, dass die Ladung von $-5.9 \cdot 10^5$ C gleichmässig auf der Oberfläche der Erdkugel verteilt ist.

b1) Wie gross ist die Ladung auf $1.0\ m^2$ der Erdoberfläche (nur numerisch)?
(Hinweis: die Oberfläche einer Kugel vom Radius R berechnet sich durch $4 \cdot \pi \cdot R^2$)

$$\rho_A = \frac{Q}{A} = \frac{-5{,}9 \cdot 10^5\ C}{4\pi R^2} = \underline{-1{,}2 \cdot 10^{-9} \frac{C}{m^2}}$$

2 P.

b2) Wie gross ist die Anzahl der überschüssigen/fehlenden Elektronen auf der Fläche eines ausgebreiteten Badetuches von 1.5 m Länge und 0.80 m Breite (nur numerisch)?

$$Q = \rho_A \cdot l \cdot b = -N \cdot e$$

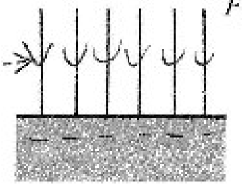
$$N = \frac{\rho_A \cdot l \cdot b}{-e} = \frac{-1{,}157 \cdot 10^{-9} \frac{C}{m^2} \cdot 1{,}5\,m \cdot 0{,}8\,m}{-1{,}6 \cdot 10^{-19}\ C}$$

$$\underline{N = 8{,}7 \cdot 10^9}$$

2 P.

c) Weil die Erdkugel elektrisch geladen ist, herrscht an ihrer Oberfläche ein elektrisches Feld der Stärke $1.3 \cdot 10^2$ N/C. *Figur 7* zeigt ein Stück der Erdoberfläche und die Feldlinien.

Figur 7



c1) Zeichnen Sie in *Figur 7* die Richtung der Feldlinien ein und begründen Sie Ihre Lösung verbal. 1 P.

Feldlinien gehen von + nach −

c2) Wie gross ist die Kraft, die das elektrische Feld in *Figur 7* auf eine Ladung der Grösse $3.0 \cdot 10^{-7}$ C ausübt?

c21) formal

$\underline{F = Q \cdot E}$

1 P.

c22) numerisch

$\underline{F} = 3 \cdot 10^{-7} C \cdot 1{,}3 \cdot 10^{2} \frac{N}{C} = \underline{3{,}9 \cdot 10^{-5} N}$

1 P.

d) „Würde man Flugzeuge negativ aufladen, würden sie von der Erde abgestossen," sagt Ihnen ein Bekannter, „das macht die Flugzeuge ‚leichter' und so könnten bei gleichem Treibstoffverbrauch mehr Passagiere transportiert werden".
Geben Sie 2 Gründe an, weshalb das (bisher) nicht gemacht wurde und begründen Sie Ihre Antworten.

1. Grund: Es bräuchte Tausende von Coulombs, um einen nennenswerten Effekt zu erzielen. Da sich die Ladungen abstossen, bekommt man sie gar nicht auf das Flugzeug.

2. Grund: Die Aufladung bräuchte selber Energie. Zudem würden die Ladungen schnell vom Flugzeug verschwinden.

2 P.

Aufgabe 7 (7 Punkte)

a) Innerhalb von 48 Tagen zerfallen von einer **radioaktiven Substanz** 87.5 % (d.h. $\frac{7}{8}$) der Anfangsmenge. Wie gross ist die Halbwertszeit?
Beschreiben Sie kurz Ihre Überlegungen zu dieser Frage und berechnen Sie die Halbwertszeit numerisch (beschreiben Sie Ihre numerische Rechnung stichwortartig).

$$N(t) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T_{1/2}}$$

$$\log_{\frac{1}{2}}(N/N_0) = t/T_{1/2}$$

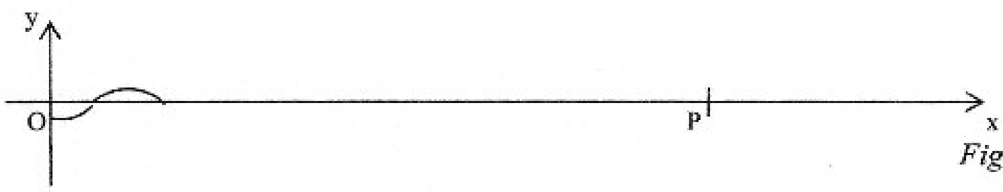
$$T_{1/2} = \frac{t}{\log_{\frac{1}{2}}(N/N_0)}$$

$$T_{1/2} = \frac{48\,d}{\log_{\frac{1}{2}}(1/8)} = 16\,d$$

Oder: $\frac{1}{8}$ sind noch da, also $\left(\frac{1}{2}\right)^3$, somit sind 3 Halbwertszeiten vergangen: $\frac{48\,d}{3} = 16\,d$

3 P.

b)



Figur 8

Beim Ursprung O startet zur Zeit t = 0 s eine transversale Welle der Amplitude 15 cm und der Wellenlänge 8.0 m. Sie breitet sich mit 7.0 m/s entlang der x-Achse nach rechts aus (*Figur 8*). Wie gross ist die Elongation (= Auslenkung aus der Gleichgewichtslage) im Punkt P zur Zeit t = 11 s (der Punkt P befindet sich bei x = 63 m)?
Beschreiben Sie Ihre Überlegungen zu dieser Frage verbal und berechnen Sie die Elongation numerisch (beschreiben Sie Ihre numerische Rechnung stichwortartig).

$$c = \lambda \cdot f$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{7\,m/s}{8\,m} = 0{,}875\,Hz \rightarrow T = 1{,}143\,s$$

$$s = \hat{s} \cdot \sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right]$$

$$= 15\,cm \cdot \sin\left[2\pi\left(\frac{11\,s}{1{,}143\,s} - \frac{63\,m}{8\,m}\right)\right]$$

$$s = -15\,cm$$

Oder: $t/T = \frac{11\,s}{1{,}143\,s} = \frac{77}{8}$ Perioden
$x/\lambda = \frac{63}{8}$ Wellenlängen (Perioden)
$\frac{14}{8}$ Perioden, effektiv also $\frac{3}{4}$ Perioden
$\frac{7}{4} = 1\frac{3}{4}$

4 P.