Aufgabe 1 (11 Punkte)

Auf einer **Achterbahn** werden die Wagen beim Start auf einer horizontalen Strecke aus der Ruhe in 4.8 s auf $2.4\cdot10^2$ km/h beschleunigt.

a) Wie gross ist dabei die Beschleunigung?

a1) formal

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{v}{t}$$

1 P.

a2) numerisch

$$a = \frac{2{,}4\cdot10^2\,\frac{km}{h}}{4{,}8\,s} = 13{,}88\,\frac{m}{s^2} = 14\,\frac{m}{s^2}$$

1 P.

b) Wie gross ist die dabei zurückgelegte Strecke?

b1) formal

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

$$= \frac{1}{2}\frac{v}{t}t^2 = \frac{vt}{2}$$

1 P.

b2) numerisch

$$s = \frac{2{,}4\cdot10^2\,\frac{km}{h}\cdot 4{,}8\,s}{2} = 160\,m = 0{,}16\,km$$

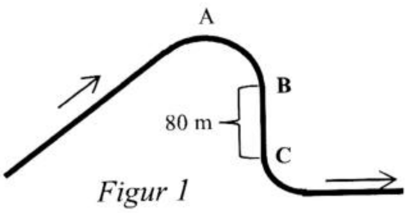
1 P.

c) Wie gross ist die Kraft, die dabei in horizontaler Richtung auf einen Besucher (Masse 65 kg) einwirkt (nur numerisch)?

$$F = ma = 65\,kg\cdot 13{,}88\,\frac{m}{s^2} = 902{,}7\,N = 0{,}90\,kN$$

1 P.

d) Auf ihrer weiteren Fahrt erreichen die Wagen Punkt A (*Figur 1*) und rollen weiter bis Punkt **B**. Dort ist ihre Geschwindigkeit 10 m/s.
Die vertikale, 80 m lange Strecke **BC** legen die Wagen danach ungebremst, d. h. im freien Fall zurück.



Figur 1

d1) Wie gross ist ihre Geschwindigkeit im Punkt **C**?

d11) formal

$$v^2 = 2gh + v_0^2$$

$$v = \sqrt{2gh + v_0^2}$$

1 P.

d12) numerisch

$$v = \sqrt{2\cdot 10\,\frac{m}{s^2}\cdot 80\,m + \left(10\,\frac{m}{s}\right)^2} = 41{,}2\,\frac{m}{s} = 41\,\frac{m}{s}$$

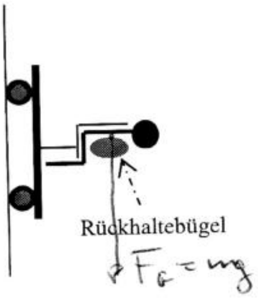
1 P.

d2) Wie lang dauert dieser Vorgang (nur numerisch, aber Rechnung begründen)?

$$t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{31{,}2 \frac{m}{s}}{10 \frac{m}{s^2}} = 3{,}1 s$$

2 P.

d3) Auf der Fahrt verhindert ein Rückhaltebügel, dass die Besucher aus dem Sitz fallen können.
Figur 2 zeigt schematisch die Situation auf der Strecke **BC**. Welche Kräfte wirken dabei in <u>vertikaler</u> Richtung auf den Besucher? Zeichnen Sie sie gut sichtbar und beschriftet in *Figur 2* ein (beachten Sie jeweils den Angriffspunkt) und begründen Sie Ihre Lösung.



Figur 2

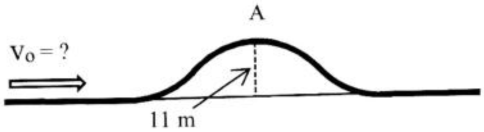
$$F_{eff} = ma = mg = F_G + F_{sonst.}$$
$$mg = mg + F_{sonst.}$$
$$0 = F_{sonst.}$$

Da die Besucher frei fallen, also mit g beschleunigt werden, wirkt nur die Gewichtskraft.

2 P.

Aufgabe 2 (11 Punkte)

Bei einer andern **Achterbahn** rollen die Wagen über einen 11 m hohen "Berg" (*Figur 3*). Ihre Geschwindigkeit im obersten Punkt A ist 15 m/s.



Figur 3

Hinweis: die Aufgaben a) und b) sind voneinander unabhängig.

a) Wie gross muss die Geschwindigkeit v_o des Wagens (Masse 0.40 t) in *Figur 3* sein, damit er im Punkt A 15 m/s schnell ist? Sie dürfen annehmen, dass keine bremsenden Reibungskräfte auftreten.
Diese Frage lässt sich mit Hilfe des Begriffs "Energie" beantworten.

a1) Beschreiben und begründen Sie Ihre diesbezüglichen Überlegungen.

Ohne Reibung: abgeschlossenes System → Energieerhaltung.
Kin Energie wandelt sich in pot. um.

2 P.

a2) Berechnen Sie die Geschwindigkeit v_o formal.

$$E_{kin,0} = E_{kin,A} + E_{pot}$$
$$\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v^2 + mgh$$
$$v_0 = \sqrt{v^2 + 2gh}$$

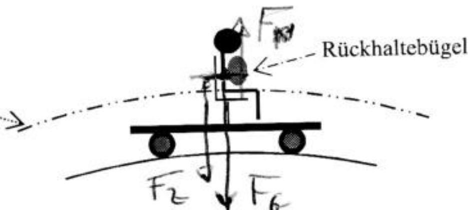
1 P.

a3) Berechnen Sie die Geschwindigkeit v_o numerisch.

$v_0 = \sqrt{(15\frac{m}{s})^2 + 2\cdot 10\frac{m}{s^2}\cdot 11m} = \underline{21\frac{m}{s}}$

1 P.

b) *Figur 4* zeigt den Besucher (Masse 65 kg) in dem Moment, in dem er den Punkt A mit 15 m/s passiert. Dabei bewegt er sich auf einem Kreisbogen mit 32 m Radius.



Figur 4

b1) Berechnen Sie die Grösse seiner Gewichtskraft und zeichnen Sie diese gut sichtbar in *Figur 4* ein, beschriftet mit F_G (beachten Sie den Angriffspunkt).

$F_G = mg = 650\,N = \underline{0{,}65\,kN}$

1 P.

b2) Wir betrachten den Besucher und die Zentripetalkraft.

b21) Erklären Sie verbal, welche Bedeutung die Zentripetalkraft in der in *Figur 4* gezeigten Situation hat.

Die Zentripetalkraft ist erforderlich um die Zentripetalbeschleunigung zu erzeugen. Sie ist für die Geschwindigkeitsänderung (vektoriell) verantwortlich.

1 P.

b22) Berechnen Sie numerisch die Grösse der Zentripetalkraft.

$\underline{F_z} = m\frac{v^2}{r} = 457\,N = \underline{0{,}46\,kN}$

1 P.

b23) Zeichnen Sie die Zentripetalkraft gut sichtbar in *Figur 4* ein, beschriftet mit F_Z (beachten Sie den Angriffspunkt). 1 P.

b3) Es gibt eine weitere vertikale Kraft, die in *Figur 4* auf den Besucher wirkt.

b31) Beschreiben Sie diese Kraft verbal.

Die Normalkraft, als Reaktion des Sitzes.

1 P.

b32) Wie gross ist sie und wie ist sie gerichtet? Begründen Sie Ihre Antwort.

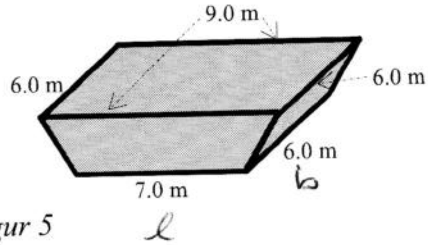
$\underline{F_N} = F_G - F_z = 193\,N = \underline{0{,}19\,kN}$

$F_{eff} = F_z = F_G - F_N \Rightarrow F_N = F_G - F_z$

2 P

Aufgabe 3 (9 Punkte)

Pontons sind geschlossene, luftgefüllte Schwimmkörper aus Metall. Sie werden oft als schwimmende Arbeitsplattform eingesetzt.
Figur 5 zeigt einen solchen Ponton, dessen Masse beträgt 22 t.



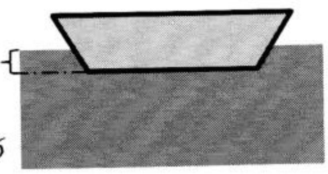
Figur 5

a) Wie gross ist die Gewichtskraft des Pontons (nur numerisch)?

$F_G = mg = 2{,}2 \cdot 10^5\,N$

1 P.

b) Beim Schwimmen taucht der Ponton 0.50 m tief ins Wasser ein (*Figur 6*).
Wie gross ist der Wasserdruck am Boden des Pontons?



Figur 6

b1) formal

$p_s = \varrho_w g h = (0{,}050\ \text{bar})$

1 P.

b2) numerisch

$p_s = 0{,}050\,\text{bar}$

1 P.

c) Wie gross ist die vom Wasser auf den Boden des Pontons ausgeübte Kraft?

c1) formal

$F = p_s \cdot A = \varrho_w \cdot g \cdot h \cdot l \cdot b$

1 P.

c2) numerisch

$F = 0{,}05 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2} \cdot 7\,m \cdot 6\,m = 2{,}1 \cdot 10^5\,N$

1 P.

d) Der Ponton schwimmt im Wasser. Wie gross ist die Auftriebskraft (nur numerisch, aber mit Begründung)?

Auftrieb gleich Gewicht (Archimedes)

2 P.

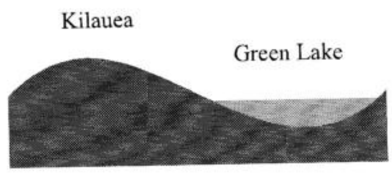
e) Vergleichen Sie die Resultate von Aufgabe c) und Aufgabe d). Welche Folgerungen ziehen Sie? Begründen Sie Ihre Antwort.

Die Differenz von 10 kN entsteht durch die schräge Wände. Der Querschnitt nimmt zu, so dass mehr Wasser verdrängt wird, als der Grundfläche entspricht.

2 P.

Aufgabe 4 (10 Punkte)

Vor einigen Jahren verschwand auf Hawaii der See **"Green Lake"** innerhalb von wenigen Stunden. Von dem benachbarten Vulkan "Kilauea" war dünnflüssige glühende Lava in den See geflossen, worauf die gesamte Wassermenge verdampfte (*Figur 7*).



Figur 7

Hinweis: die Aufgaben a), b), c) und d) sind voneinander unabhängig

a) Nachdem $8.0\cdot10^5$ t Lava in den See geflossen waren, war die gesamte Wassermenge verdampft.

a1) Lava hat die Dichte $2.8\cdot10^3$ kg/m^3. Wie gross war das Volumen der Lavamenge (nur numerisch)?

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{8\cdot10^5\,t}{2{,}8\cdot10^3\,kg/m^3} = \underline{29\cdot10^3\,m^3}$$

1 P.

a2) Die Lavamenge gab die Wärmemenge $5.0\cdot10^{14}$ J ab. Um wieviel kühlte sie sich ab ($c_{Lava} = 0.90\cdot10^3$ J/kgK)?

a21) formal

$$\Delta Q = c\cdot m\cdot\Delta T$$
$$\Delta T = \frac{\Delta Q}{c\cdot m}$$

1 P.

a22) numerisch

$$\Delta T = \frac{5\cdot10^{14}\,J}{900\,\frac{J}{kgK}\cdot 8\cdot10^8\,kg} = 694\,K = \cancel{0{,}69}\ \underline{6{,}9\cdot10^2\,K}$$

2 P.

b) Wie viele kg Wasser von 20 °C werden durch die Wärmemenge $5.0\cdot10^{14}$ J verdampft (nur numerisch, aber Rechnung begründen)?

$$\Delta Q = L_v\cdot m + c_w\cdot m\,\Delta T$$
$$\underline{m} = \frac{\Delta Q}{L_v + c_w\Delta T} = \frac{5\cdot10^{14}\,J}{2{,}3\cdot10^6\,\frac{J}{kg} + 4182\,\frac{J}{kgK}\cdot 80\,K}$$
$$= \underline{1{,}9\cdot10^8\,kg}$$

3 P.

c) Bei diesem Vorgang wurde Wärme vom Vulkan zum See transportiert. Welche Art des Wärmetransports spielte dabei die entscheidende Rolle? Begründen Sie Ihre Antwort.

Wärmeleitung, durch den direkten Kontakt von Lava und Wasser (auch Konvektion durch das Verdampfen und Aufsteigen des warmen Wassers/Dampfs)

1 P.

d) Bäume in der Nähe des Lavastroms wurden dabei in Brand gesetzt, ohne mit der Lava in Berührung zu kommen (auch der Boden, auf dem sie standen, wurde nicht übermässig heiss). Welche Arten des Wärmetransports spielten dabei die entscheidende Rolle? Begründen Sie Ihre Antwort.

Strahlung, da hier kein direkter Kontakt und kein Materialtransport stattfand.

2P.

Aufgabe 5 (10 Punkte)

Chris hat von seinen Eltern einen **Bastelkasten** erhalten, um sich mit den Grundgesetzen der Elektrizitätslehre vertraut zu machen. Der Kasten enthält unter anderem 4 Glühbirnchen mit je 20 Ω Widerstand und eine 4.5-V-Batterie.

a) Chris schliesst zuerst ein solches Glühbirnchen an die Batterie an.

a1) Wie gross ist der fliessende Strom (nur numerisch)?

$$\underline{I} = \frac{U}{R} = \frac{4{,}5\,V}{20\,\Omega} = \underline{0{,}23\,A}$$

1 P.

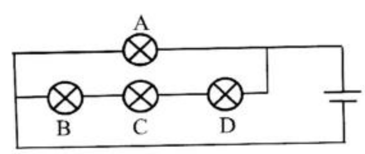
a2) Wie gross ist die produzierte Leistung (nur numerisch)?

$$\underline{P} = \frac{U^2}{R} = \frac{(4{,}5\,V)^2}{20\,\Omega} = \underline{1{,}0\,W}$$

1 P.

b) Anschliessend baut Chris gemäss Anleitung die folgende Schaltung auf (*Figur 8*) und schliesst sie an die 4.5-V-Batterie an.

Figur 8



Hinweis: es genügt, wenn Sie die folgenden Aufgaben numerisch lösen.

b1) Wie gross ist der Strom, der durch A fliesst?

Wie a1) also 0,23A, da A direkt mit U verbunden.

1 P.

b2) Wie gross ist der Gesamtwiderstand (= Ersatzwiderstand) von B, C und D?

Serienschaltung: $\underline{R_E} = 3R = \underline{60\,\Omega}$

1 P.

b3) Wie gross ist der Strom, der durch C fliesst?

$\underline{I_E} = \underline{I_3} = \frac{U}{R_E} = \frac{4{,}5\,V}{60\,\Omega} = \underline{75\,mA}$

1 P.

b4) Wie gross ist die Leistung, die in C erzeugt wird?

$P_3 = R \cdot I_3^2 = 20\,\Omega \cdot (0{,}075\,A)^2 = 0{,}11\,W$

1 P.

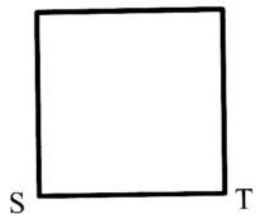
b5) Wie gross ist die gesamthaft in *Figur 8* erzeugte Leistung?

$\underline{P_G} = P_A + 3P_C = 1\,W + 3 \cdot 0{,}11\,W = \underline{1{,}3\,W}$

1 P.

c) Der Experimentierkasten enthält auch ein 60 cm langes Drahtstück mit 80 Ω Widerstand. Gemäss Anleitung biegt Chris dieses zu einem Quadrat (*Figur 9*) und schliesst es bei den Punkten S und T an die 4.5-V- Batterie an.

„Überlege, welcher Zusammenhang zwischen *Figur 8* und *Figur 9* besteht", heisst es in der Anleitung.



Figur 9

c1) Welcher Zusammenhang besteht zwischen *Figur 8* und *Figur 9*? Begründen Sie Ihre Antwort.

2 P.

c2) Wie gross ist die gesamthaft in *Figur 9* produzierte Leistung? Begründen Sie Ihre Antwort.

60 cm ≙ 80 Ω
:4
15 cm ≙ 20 Ω

da $R = \boxed{\rho} \cdot \frac{l}{\boxed{A}}$, also $R \sim l$
Konst.

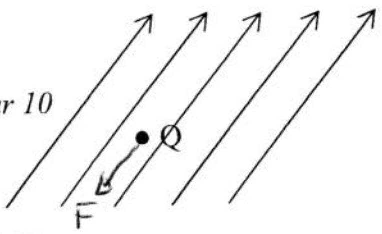
also $\underline{P = 1{,}3\,W}$

1 P.

Aufgabe 6 (7 Punkte)

Hinweis: Die Aufgaben a) und b) sind voneinander unabhängig

a) *Figur 10* zeigt ein homogenes **elektrisches Feld**.



Figur 10

a1) Was bedeutet es, dass ein elektrisches Feld "homogen" ist?

überall gleich stark und gleich gerichtet.

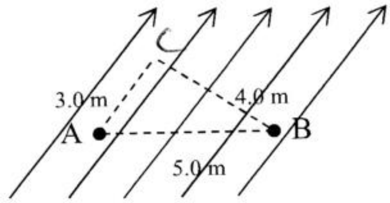
1 P.

a2) Die Feldstärke beträgt $1.2\cdot 10^5$ V/m. Berechnen Sie die Kraft, die in *Figur 10* auf die (negative!) Ladung $Q = -5.0\cdot 10^{-6}$ C wirkt und zeichnen Sie diese Kraft in *Figur 10* ein.

$\underline{F} = Q\cdot E = \underline{-0{,}60\ N}$

2 P.

a3) *Figur 11* zeigt nochmals das elektrische Feld der Stärke $1.2\cdot 10^5$ V/m.
Wie gross ist die Spannung zwischen den Punkten A und B (nur numerisch, aber Rechnung begründen)?



Figur 11

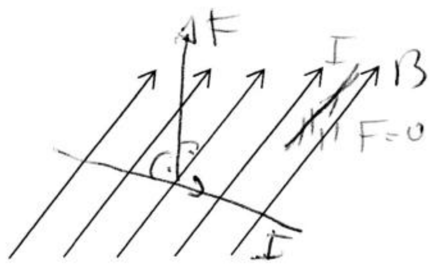
$U_{AB} = U_{AC} + \underbrace{U_{CB}}_{0\text{, da senkrecht zu } \vec{E}}$

$= E\cdot s$

$\underline{= 3{,}6\cdot 10^5\ V}$

2 P.

b) Beschreiben Sie die Wirkung eines **Magnetfeldes** auf einen stromdurchflossenen Leiter.
In *Figur 12* ist das Magnetfeld eingezeichnet.
Ergänzen Sie die Figur entsprechend und beziehen Sie sich bei Ihrer Beschreibung darauf.



Figur 12

$I \perp B \rightarrow F$ gemäss
3-Finger-Regel d. r. H.
I: Daumen, B: Zeige-, F: Mittelfinger
$I \parallel B \rightarrow F=0$

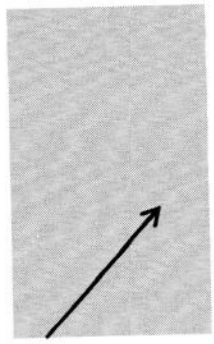
2 P.

Aufgabe 7 (7 Punkte)

Ein **Lichtstrahl** bewegt sich in einem Medium I mit $n_I = 1.2$ (*Figur 13*).

a) Wie gross ist seine Geschwindigkeit (nur numerisch)?

$$c_I = \frac{c_0}{n_I} = 2{,}5 \cdot 10^8$$



Figur 13

$n_I = 1.2$

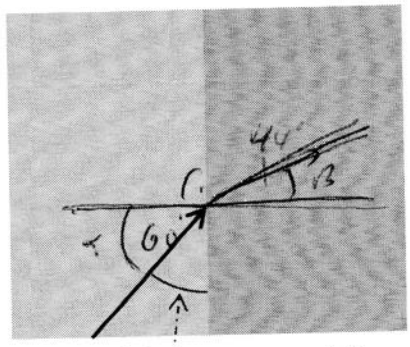
1 P.

b) Der Lichtstrahl trifft unter dem Winkel 40° auf die Grenzfläche zum Medium II ($n_{II} = 1.5$), vgl. *Figur 14*. Berechnen und skizzieren Sie seinen weiteren Weg (solange er sich in den Medien I bzw. II bewegt).

$$n_I \sin\alpha = n_{II} \sin\beta$$

$$\sin\beta = \frac{n_I}{n_{II}} \sin\alpha$$

$$\beta = 44°$$



$n_I = 1.2$ $n_{II} = 1.5$

40°

Figur 14

2 P.

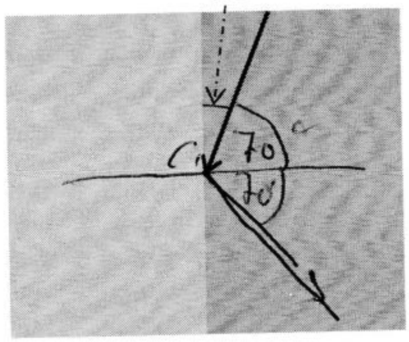
c) Ein anderer Lichtstrahl bewegt sich im Medium II und trifft unter dem Winkel 20° auf die Grenzfläche zum Medium I, vgl. *Figur 15*.
Berechnen und skizzieren Sie seinen weiteren Weg (solange er sich in den Medien I bzw. II bewegt).

$$\sin\alpha_{Gr} = \frac{n_I}{n_{II}}$$

$$\alpha_{Gr} = 53°$$

70° > 53° → Totalreflektion

20°

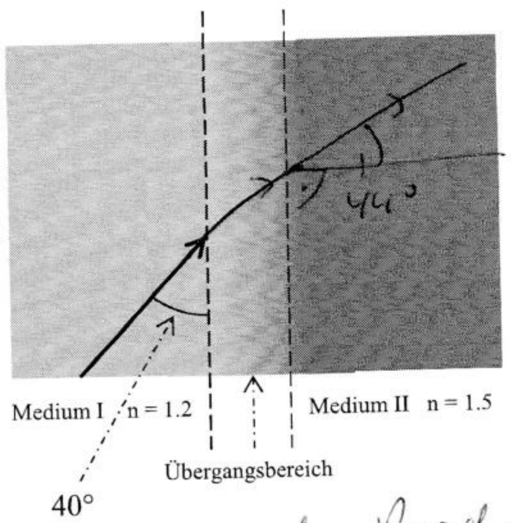


$n_I = 1.2$ $n_{II} = 1.5$

Figur 15

2 P.

d) Wir betrachten die Situation, dass zwischen den Medien I und II ein Übergangsbereich liegt, in dem die Brechungszahl n von 1.2 auf 1.5 steigt (*Figur 16*). Skizzieren Sie den weiteren Weg des eingezeichneten Lichtstrahls (solang er sich in den Medien bewegt).
Was lässt sich über seinen Weg im Medium II sagen?



Figur 16

Im Übergangsbereich ändert sich der Brechungsindex kontinuierlich, also auch der Winkel.
Der Strahl beschreibt einen Bogen, bis er mit 44° gegen den Lot im Medium II geradlinig weiter läuft.

2 P.