

## Aufgabe 1 - Gruss an Newton

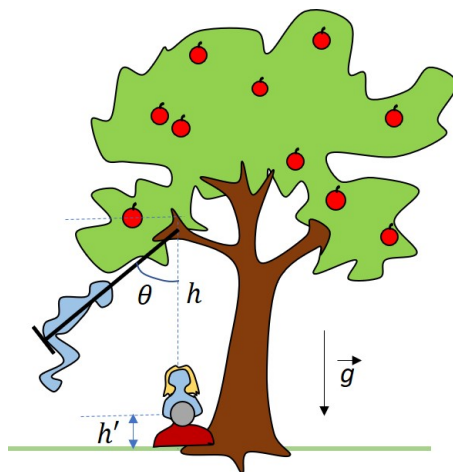
Betrachtet wird ein Apfelbaum. Rundum diesen spielen Kinder und es fallen Äpfel.

Ein Apfel hängt an einem Ast auf einer Höhe  $h$ . Plötzlich fällt er.

- Wie lange dauert seinen Sturz?
- Von welcher Höhe soll ein doppelt so schwerer Apfel fallen, um doppelt so viel Zeit in der Luft zu verbringen?
- Was ist die Geschwindigkeit des zweiten Apfels, wenn er auf der Höhe  $h$  des Ausgangspunktes des ersten Apfels vorbei fliegt?

Ludwig ( $M$ ) sitzt auf der Schaukel (Seillänge  $l$ ) und schwingt, bis er hoch genug ist. Als er den tiefsten Punkt erreicht, schießt er den Fussball ( $m$ ) horizontal, den Jeannine auf einer Höhe  $h'$  hält. Die Geschwindigkeit von Ludwig im Moment des Schusses beträgt  $v$ . Der Stoss zwischen dem Fuss und dem Ball ist elastisch.

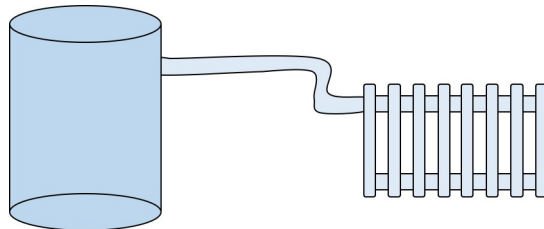
- Wie gross ist die Spannung in einem der beiden Seile beim tiefsten Punkt?
- Wie gross war der Winkel  $\theta$  zwischen den Seilen und der Vertikale, als die Schaukelgeschwindigkeit null war?
- Wie weit entfernt von Jeannine trifft der Ball den Boden?



Numerische Angaben:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $h = 2.5 \text{ m}$ ,  $M = 30 \text{ kg}$ ,  $v = 14.4 \text{ km/h}$ ,  
 $h' = 50 \text{ cm}$ ,  $l = 1.6 \text{ m}$ ,  $m = 300 \text{ g}$ .

## Aufgabe 2 - Heizung des Hauses

Um die verschiedenen Zimmer eines ziemlich alten Familienhauses zu heizen, wird eine Zentralheizung benutzt, wobei diese Wasser in einem Boiler wärmt. Das heisse Wasser wird dann durch Leitungen in die verschiedenen Heizkörper des Hauses geschickt.



Der Boiler besteht aus einem Zylinder mit Radius  $R$  und Höhe  $H$ .

(a) Wieso werden ein grosser Zylinder für den Boiler und lange feine Röhre für die Heizkörper gebraucht?

Bei der Heizung des Boilerwassers wird etwa  $\eta$  der zugeführten Energie verloren. Trotzdem wird das gesamte Wasser von der Raumtemperatur  $\theta_0$  bis zur Temperatur  $\theta_1$  in einer Zeit  $\Delta t$  aufgewärmt.

(b) Wie gross ist die zur Heizung des Wassers verbrauchte Leistung?

Ninon (sechs Jahre alt) will das Geschirr spülen. Der Abfluss eines Hahnes beträgt  $D$  und Ninon giesst ein Volumen  $V_0$  von Wasser ins Waschbecken, sodass die Wassertemperatur nun  $\theta_2$  beträgt. Zuerst hat sie kaltes Wasser, dann warmes Wasser gegossen.

(c) Während wie viel Zeit wurde der Hahn für das kalte Wasser (bei  $\theta_0$ ) geöffnet und während wie viel Zeit wurde der Hahn für das heisse Wasser (bei  $\theta_1$ ) geöffnet?

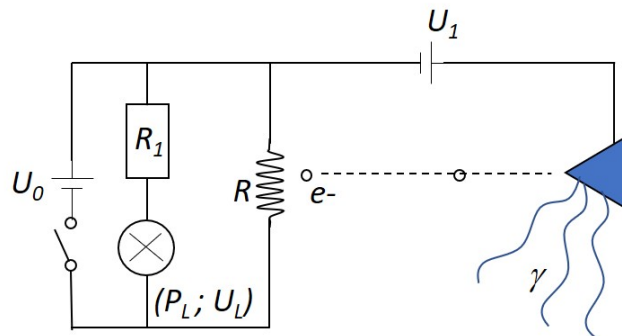
(d) Ninon stellt fest, dass die Wassertemperatur für ihre zarten Hände noch zu hoch ist. Sie beschliesst, einige Eiswürfel (je  $m$ ; sie lagen im Kühlschrank, bei  $\theta_3$ ) ins Wasser zu werfen. Wie viele Eiswürfel muss sie ins Wasser reintun, damit die Temperatur  $\theta_4$  erreicht?

(e) Alles ist nun gespült. Mit dem Geschirr das nass aus dem Wasser gezogen wird ist ein Volumen  $V_w$  an Waschwasser verschwunden. Zudem ist die Wassertemperatur auf  $\theta_5$  gefallen. Wie lange sollte Ninon einen Hahn öffnen, damit das Wasserniveau genau gleich hoch ist, wie wenn die Wassertemperatur  $\theta_4$  bertug?

Numerische Angaben:  $\rho_w = 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_{Eis} = 2.1 \cdot 10^3 \text{ J/kg K}$ ,  $c_w = 4.19 \cdot 10^3 \text{ J/kg K}$ ,  $L_S = 3.34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$ ,  $\gamma = 2.1 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ ,  $R = 20 \text{ cm}$ ,  $H = 1.2 \text{ m}$ ,  $\eta = 12.8 \%$ ,  $\theta_0 = 20^\circ \text{ C}$ ,  $\theta_1 = 80^\circ \text{ C}$ ,  $\Delta t = 3 \text{ h}$ ,  $D = 9 \text{ L/min}$ ,  $V_0 = 4.5 \text{ L}$ ,  $\theta_2 = 40^\circ \text{ C}$ ,  $m = 20 \text{ g}$ ,  $\theta_3 = -18^\circ \text{ C}$ ,  $\theta_4 = 35^\circ \text{ C}$ ,  $V_w = 1.4 \text{ dL}$ ,  $\theta_5 = 25^\circ \text{ C}$ .

### Aufgabe 3 - die Röntgenröhre

Zur medizinischen Bildgebung werden zum Beispiel Röntgenröhren eingesetzt. Eine Röntgenröhre sieht etwas vereinfacht folgendermassen aus:



Das schraubenförmige Filament (Länge  $L$ , Widerstand  $R$ ) - die Kathode - aus Aluminium wird durch die Spannungsquelle  $U_0$  so geheizt, dass Elektronen ( $m$ ,  $q$ ) gerissen werden. Dann werden diese durch die Spannung  $U_1$  bis zur Anode (das Dreieck, meist aus Wolfram) beschleunigt. Wenn sie diese treffen, wird etwa 1 % der Bremsenergie in Röntgenstrahlung umgewandelt. Röntgenstrahlung ist elektromagnetische Strahlung, ähnlich wie Licht, aber energiereicher. Für eine solche Strahlung sind die Frequenz  $f$  und die Wellenlänge  $\lambda$  mit der Lichtgeschwindigkeit  $c$  so verbunden:

$$c = \lambda \cdot f.$$

Die Energie der Strahlung ist ausserdem proportional zur Frequenz gemäss:

$$E = h \cdot f.$$

$h$  bezeichnet die Planck Konstante, die eine bedeutende Rolle in der Quantenphysik spielt. Hier nehmen wir an, dass die ausgesandte Röntgenstrahlung eine Wellenlänge  $\lambda_r$  und eine Energie  $E_r$  hat.

Damit es klar ist, wann das Gerät funktioniert (mit geschlossenem Schalter), gibt es im Stromkreis eine kleine Lampe ( $P_L, U_L$ ), sowie einen Widerstand  $R_1$ , damit die Lampe nicht kaputt geht.

- Bestimmen Sie den Durchmesser des Kathodendrahts.
- Erklären Sie in einigen Wörtern, wieso Elektronen weg von der Kathode gerissen werden.
- Bestimmen Sie  $R_1$ , damit die Lampe perfekt funktioniert, sowie die von  $U_0$  gelieferte Leistung.
- Wie gross ist die Elektronengeschwindigkeit gleich vor der Anode?
- Was können Sie über die Anode während der Röntgenstrahlungsproduktion sagen?
- Wie gross ist die Planck Konstante (Grösse und Einheit, mit m, kg, s, A ausgedrückt)?

Numerische Angaben:  $\rho_{Al} = 2.8 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ,  $L = 20 \text{ cm}$ ,  $R = 32 \Omega$ ,  $U_0 = 384 \text{ V}$ ,  $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ,  $q = e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $U_1 = 14.4 \text{ kV}$ ,  $\lambda_r = 10^{-8} \text{ cm}$ ,  $E_r = 2 \cdot 10^{-15} \text{ J}$ ,  $P_L = 7 \text{ W}$ ,  $U_L = 14 \text{ V}$ .

## Aufgabe 4 - magnetisches, leichtes Baby

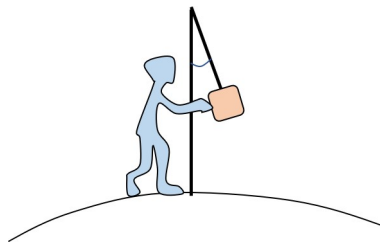
(a) Ein Proton ( $m_p, q_p$ ) bewegt sich mit einer Geschwindigkeit  $v$ . Ein homogenes Magnetfeld  $B$ , das senkrecht zur Flugrichtung des Protons steht, wird eingeschaltet.

(i) Skizzieren Sie die Lage, Magnetfeld inbegriffen.

(ii) Wie viel Zeit später sollte das Magnetfeld ausgeschaltet werden, damit die Bewegungsrichtung des Protons wieder wie am Anfang ist? Und falls das Proton ein Elektron ( $m_e$ ) ist? ein Neutron? ein  $\alpha$ -Teilchen (besteht aus zwei Protonen und zwei Neutronen)?

Numerische Angaben:  $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,  $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ,  $v = 3 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ ,  
 $B = 6.6 \text{ G}$ ,  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .

(b) Auf einem kleinen Planeten (Radius  $R$ , Masse  $M$ ) schaukelt ein menschenförmiges Alien sein Kind (Masse  $m$ ). Welche horizontale Kraft soll das Alien ausüben, damit der gezeichnete Winkel  $\alpha$  beträgt, im Gleichgewicht?



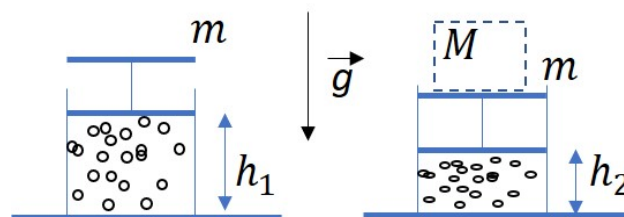
Numerische Angaben:  $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ ,  $R = 2 \cdot 10^3 \text{ km}$ ,  $M = 1.2 \cdot 10^{23} \text{ kg}$ ,  
 $m = 3 \text{ kg}$ ,  $\alpha = 40^\circ$ .

(c) In einem zylinderförmigen Behälter mit Querschnittsfläche  $A$  gibt es Luft. Ein Kolben mit Masse  $m$  liegt darauf. In diesem Zustand messen wir die Höhe des Kolbens als  $h_1$ . Eine grössere Masse  $M$  wird darauf gelegt.

(i) Wie gross ist die Kolbenbeschleunigung in diesem Moment?

(ii) Skizzieren Sie die Höhe des Kolbens als Funktion der Zeit (Widerstandskräfte sind nicht vernachlässigbar klein).

(iii) Wie gross ist  $h_2$  im neuen Gleichgewicht?



Numerische Angaben:  $R = 8.314 \text{ J/mol K}$ ,  $A = 100 \text{ cm}^2$ ,  $m = 3 \text{ kg}$ ,  $h_1 = 40 \text{ cm}$ ,  $M = 34.8 \text{ kg}$ ,  $p_{atm} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .