Hochschule Esslingen
University of Applied Sciences

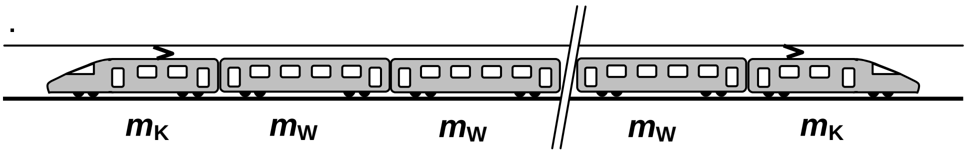
**Fakultät Grundlagen**

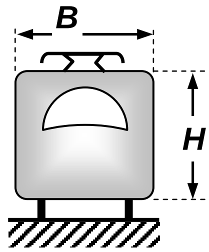
| | |
|---|---|
| Sommersemester 2010 | Blatt 1 (von 3) |
| Studiengang: BTB1 / CIB1 | Semester 1 |
| Prüfungsfach: Physik 1 | Fachnummer: 1071 / 1072 |
| Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner | Zeit: 60 Minuten |

**Gesamtpunktzahl: 60**

**<u>Aufgabe 1:</u> Schnellzug (26 Punkte)**

Ein Schnellzug besteht aus 12 Waggons der Masse $m_W$ und zwei Kopfteilen der Masse $m_T$. Alle Räder des Zuges haben den gleichen Durchmesser, ihre Haft- und Rollreibung auf den Schienen wird durch die Reibungskonstanten $\mu_H$ und $\mu_R$ beschrieben.



*Ansicht von vorn*

*Angaben :*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $m_W$ | = 50 t | *Masse Waggon* | $B$ | = 3,0 m | *Breite des Zugs* |
| $m_K$ | = 80 t | *Masse Kopfteil* | $H$ | = 4,3 m | *Höhe des Zugs* |
| $\mu_H$ | = 0,15 | *Haftreibungszahl* | $c_w$ | = 0,25 | *Widerstandsbeiwert* |
| $\mu_R$ | = 0,002 | *Rollreibungszahl* | $\rho_L$ | = 1,22 kg/m$^3$ | *Dichte von Luft* |

Der Zug fährt aus dem Stand mit konstanter Beschleunigung $a_0$ an und erreicht nach 2,5 Minuten die Geschwindigkeit $v_{Reise}$ = 220 km/h.

a) Wie groß ist die Beschleunigung $a_0$ ?

b) Welche Kraft $F_0$ wirkt zu Beginn des Beschleunigungsvorgangs auf den Zug ?

c) Welchen Spitzenwert $F_{max}$ erreicht die beschleunigende Kraft und wann tritt er auf ?

d) Welche maximale Antriebsleistung $P_{max}$ müssen die Motoren liefern ?

e) Welche Strecke hat der Zug bei Erreichen der Geschwindigkeit $v_{Reise}$ zurück gelegt ?

Nach der Beschleunigung fährt der Zug mit der konstanten Geschwindigkeit $v_{Reise}$ weiter.

f) Welche Antriebsleistung $P_R$ geben die Motoren nun ab ?

Bei einer Notbremsung werden alle Räder des Zuges gebremst, ohne dabei zu blockieren.

g) Welche maximale Bremsverzögerung $a_B$ kann im optimalen Fall erreicht werden ?

h) Wie lange dauert der Bremsvorgang und wie lang ist der Bremsweg $s_{Not}$, wenn der Zug vor der Notbremsung mit der Geschwindigkeit $v_{Reise}$ fährt ?

***Lösungsvorschlag*** ***Schnellzug*** ***Autor H Käß***

a) Beschleunigung: $a_0 = \Delta v / \Delta t = 220000\text{ m} / (3600\text{ s} \cdot 150\text{ s}) = \mathbf{0{,}407\ m/s^2}$

b) Anfangskraft $F_0 = m \cdot a_0 = (12\, m_W + 2\, m_K) \cdot a_0 = 760\text{ t } 0{,}407\text{ m/s}^2 = \mathbf{309630\ N}$

*Hier muss strenggenommen noch die Rollreibungskraft $F_{roll}$ addiert werden. Die Haftreibung zwischen Rädern und Schiene darf aber auf keinen Fall hinzu gezählt werden, denn die Räder drehen ja nicht durch !:*

*Es ist* $F_{roll} = F_N \cdot \mu_r = m \cdot g \cdot \mu_r = 760\text{ t } 9.81\text{ m/s}^2\ 0{,}002 = 14911\text{ N}$

*Damit beträgt die Anfangskraft tatsächlich* $\boldsymbol{F'_0 = 324541\ N}$

c) Die Luftreibungskraft nimmt quadratisch mit der Geschwindigkeit zu, daher wird bei konstanter Beschleunigung der Spitzenwert $F_{max}$ der beschleunigenden Kraft erst **am Ende des Vorgangs** bei Erreichen der Reisegeschwindigkeit $v = v_{Reise}$ benötigt.

Die Luftreibungskraft ist dann
$$F_L = ½\, \rho \cdot v^2_{Reise} \cdot c_W \cdot A$$
$$= ½ \cdot 1{,}22\text{ kg/m}^3\ 61{,}11^2\text{ m}^2/\text{s}^2\ 0{,}25\ 3\ 4{,}3\text{ m}^2$$
$$= 7347\text{ N}$$

Die Rollreibungskraft beträgt (vgl. b) ) $F_{roll} = m \cdot g \cdot \mu_r = 14911\text{ N}$

Die Gesamtkraft wird damit $F_{max} = F_0 + F_{roll} + F_L = \mathbf{331888\ N}$

d) Die maximale Antriebsleistung beträgt $P_{max} = F_{max} \cdot v_{Reise} = \mathbf{20{,}28\ MW}$

e) Aus dem Weg-Zeit-Gesetz folgt $s = ½\, a_0 \cdot t^2 = ½\ 0{,}407\text{ m/s}^2\ 150^2\text{ s}^2 = \mathbf{4583\ m}$

f) Bei konstanter Geschwindigkeit müssen die Motoren lediglich die Reibungskräfte kompensieren. Damit ergibt sich die benötigte Antriebsleistung $P_R$ zu

$$P_R = (F_{roll} + F_L)\, v_{Reise} = \mathbf{1{,}36\ MW}$$

g) Wenn alle Räder gebremst werden, ist die maximale Bremskraft $F_B = m \cdot a_B$ gleich der maximalen Haftreibungskraft $F_H$ zwischen Rädern und Schienen

$F_B = F_H = \mu_r F_N = \mu_r\, m\, g$ und damit $a_B = F_B / \text{m} = \mu_r\, g = \mathbf{1{,}471\ m/s^2}$

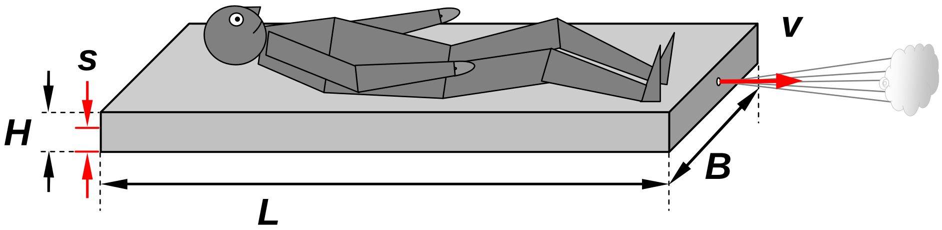
h) Die Dauer $t_B$ des Bremsvorgangs folgt aus $v(t_B) = 0 = v_{Reise} - a_B\, t_B$

Damit wird $t_B = \mathbf{41{,}53\ s}$

Das Weg-Zeit-Gesetz liefert $s_{Not} = v_{Reise}\, t_B - ½\, a_B \cdot t_B^2 = \mathbf{1269\ m}$

| | |
|---|---|
| Sommersemester 2010 | Blatt 2 (von 3) |
| Studiengang: BTB1 / CIB1 | Semester 1 |
| Prüfungsfach: Physik 1 | Fachnummer: 1071 / 1072 |

**Aufgabe 2:** **Luftmatratze** **(20 Punkte)**




*Angaben :*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $L = 180\ cm$ | *Länge* | | $\rho_{Luft} = 1{,}22\ g/dm^3$ | *Dichte Luft* |
| $B = 50\ cm$ | *Breite* | | $p_0 = 1{,}013\ bar$ | *Luftdruck am Strand* |
| $H = 12\ cm$ | *Höhe* | | $A_{Pers} = 0{,}5\ m^2$ | *Auflagefläche der Person* |
| $m_{Luma} = 5\ kg$ | | | $m_{Pers} = 70\ kg$ | *Masse der Person* |

Ein Urlauber macht es sich am Strand auf einer Luftmatratze gemütlich. Die Auflagefläche des liegenden Urlaubers sei $A_{Pers}$. Nachfolgend wird angenommen, dass sich sein Körpergewicht gleichmäßig auf diese Fläche verteilt und dass die Matratze ideal quaderfömig ist.

a) Welchen Druck $p_{i1}$ muss die Matratze mindestens haben, damit sie den Urlauber trägt ?

b) Damit sie die Form besser hält, pumpt er sie auf den Überdruck $\Delta p = p_{i2} - p_0 = 0{,}12$ bar gegenüber der Umgebung auf. Welches Volumen $V_0$ hätte die nun in der Matratze enthaltene Luftmenge bei dem Druck $p_0 = 1{,}013$ bar ?

c) Bis zu welcher Tiefe $s$ würde die Luftmatratze mit dem darauf liegendem Urlauber in salzhaltiges Meerwasser der Dichte $\rho_{Meer} = 1{,}027\ g/cm^3$ eintauchen ?

d) Wie würde sich die Eintauchtiefe $s$ aus Teilaufgabe c) qualitativ verändern, wenn es sich anstelle von Meerwasser um Süßwasser handelte *(Antwort bitte begründen)* ?

Die Luftmatratze hat den Innendruck $p_{i2}$. Da kommt jemand vorbei und zieht den Stöpsel aus dem Lufteinlass. Es entsteht ein kreisförmiges Loch mit dem Durchmesser 1 cm.

e) Mit welcher Geschwindigkeit beginnt die Luft auszuströmen ?

f) Welchen Anfangswert hat der Volumstrom der ausströmenden Luft ?

***Lösungsvorschlag*** ***Luftmatratze*** ***Autor H Käß***

a) Der notwendige Überdruck ist $\Delta p = p_i - p_0 = F/A_{Pers} = m_{Pers} \cdot g/A_{Pers} = 1373\ N/m^2$

Daher beträgt der Gesamtdruck $p_{i1} = p_0 + \Delta p = 1{,}013\ bar + 0{,}0137\ bar = \mathbf{1{,}027\ bar}$

b) Nach weiterem Pumpen beträgt der Druck $p_{i2} = 1{,}013\ bar + 0{,}12\ bar = 1{,}133\ bar$

Das Volumen der Luftmatratze ist $V_m = L \cdot B \cdot H = 0{,}108\ m^3$

Das Gesetz von Boyle-Mariotte lautet $p_{i2} \cdot V_m = p_0 \cdot V_0$

und somit $V_0 = p_{i2} \cdot V_m / p_0 \cdot = \mathbf{0{,}121\ m^3}$

c) Die Auftriebskraft $F_A$ ist gleich der Gewichtskraft des verdrängen Wassers. Im Gleichgewicht ist sie gleich der gesamten Gewichtskraft von Person und Luftmatratze.

Also muss sein $F_A = (m_{Pers} + m_{Luma})\, g = m_{H2O}\, g = \rho \cdot V_{H2O}\, g$

mit dem verdrängten Volumen $V_{H2O} = L \cdot B \cdot s$

Auflösen nach s ergibt $s = (m_{Pers} + m_{Luma}) / (\rho \cdot L \cdot B) = 0{,}0811\ m = \mathbf{8{,}11\ cm}$

d) Süßwasser hat eine geringere Dichte (1 g/cm$^3$) als Meerwasser. Daher würde die **Eintauchtiefe** *s* der Luftmatratze **größer**.

*(In Süßwasser betrüge die Eintauchtiefe s = 8,11 cm (1,027/1,000) = 8,33 cm )*

e) Ausströmgesetz nach Bunsen $v = \sqrt{2 \cdot (p_{i2} - p_0) / \rho_{Luft}} = \mathbf{140\ m/s}$

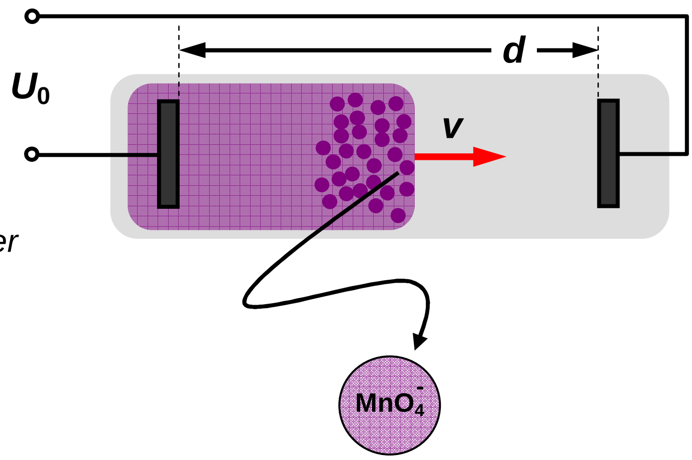
f) Volumstrom $\Delta V/\Delta t = v \cdot A = v \cdot \pi \cdot (d/2)^2 = 140\ m/s\ \pi\ (0{,}5\ 10^{-2} m)^2 = 0{,}011\ m^3/s$

$= \mathbf{11\ l/s}$

| Sommersemester 2010 | Blatt 3 (von 3) |
|---|---|
| Studiengang: BTB1 / CIB1 | Semester 1 |
| Prüfungsfach: Physik 1 | Fachnummer: 1071 / 1072 |

**Aufgabe 3:** **Ionenradius** **(14 Punkte)**

In dem nachstehend skizzierten Experiment wird die Wanderung einfach negativ geladener Permanganat- ($MnO_4$)-Ionen im homogenen elektrischen Feld in wässeriger Lösung gezeigt. Das Feld wird mit zwei Elektroden im Abstand *d* erzeugt, die in eine Salzlösung eintauchen. Zwischen ihnen liegt die Spannung $U_0$ an. Nach Zugabe von $KMnO_4$-Lösung im Bereich der linken Elektrode breitet sich die Front der violett gefärbten Lösung mit der konstanten Wanderungsgeschwindigkeit *v* der $MnO_4$-Ionen aus.




*Angaben :*
*$\eta_W$ = $1\cdot10^{-3}$ Pa s* *Viskosität von Wasser*
*d = 8 cm* *Elektrodenabstand*
*e = $1{,}602\cdot10^{-19}$ C* *Elementarladung*
*$U_0$ = 300 V* *angelegte Spannung*

a) Welche Polarität hat die Spannung $U_0$, wenn die $MnO_4$-Ionen nach rechts laufen ? Welche Elektrode heißt Anode, welche Kathode ? *…bitte alles in die Skizze eintragen !*

b) Welche Kräfte wirken auf ein einzelnes $MnO_4$-Ion in der Lösung, wenn es sich mit konstanter Geschwindigkeit *v* bewegt ? *…bitte im unteren Teil der Skizze eintragen !*

c) Wie groß ist das elektrische Feld *E* in der Lösung ?

d) Welche elektrische Coulombkraft wirkt auf ein einzelnes $MnO_4$-Ion in der Lösung ?

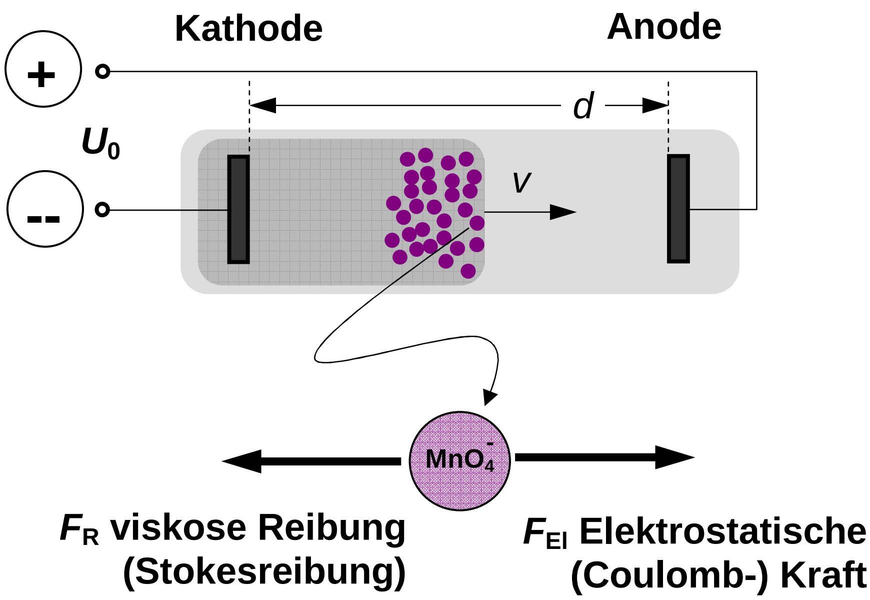
e) Die konstante Wanderungsgeschwindigkeit beträgt *v* = 5,5 mm/min. Welchen Radius hat ein $MnO_4$-Ion in der Lösung ?

f) Wie verändert sich die Wanderungsgeschwindigkeit bei Temperaturerhöhung *(Antwort bitte begründen)* ?

***Lösungsvorschlag*** ***Ionenradius*** ***Autor H Käß***

a) Elektroden :

Polung von $U_0$ :




b) Kräfte :

c) Elektrisches Feld $E = U/d$ = 300 V / 0,08 m = **3750 V/m**

d) Elektrostatische Kraft $F_{El} = q \cdot E = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ As 3750 V/m = $\mathbf{6{,}007 \cdot 10^{-16}}$ **N**

e) Kräftegleichgewicht $F_{El} = F_R$

$q \cdot E = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot \rho \cdot v\ r$

Daraus folgt der Radius zu $r = q \cdot E\ /\ (6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot \rho \cdot v)$

$= 6{,}007 \cdot 10^{-16}$ N m$^2$ 60 s / ($6 \cdot \pi \cdot 10^{-3}$ Ns $5{,}5 \cdot 10^{-3}$ m)

$\mathbf{= 3{,}476 \cdot 10^{-10}}$ **m** = 3,48 Å

f) Temperatursteigerung: → **Viskosität $\eta$ wird kleiner**

→ Stokesreibung wird kleiner

→ **Geschwindigkeit $v$ wird größer** ($v \sim 1/\eta$)