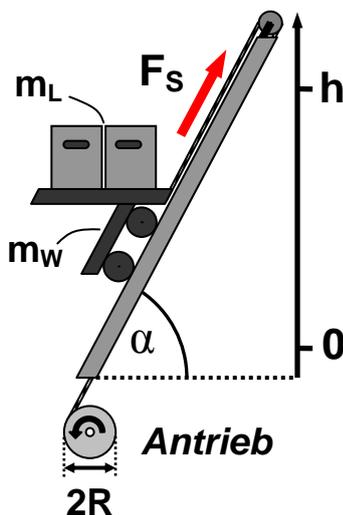


# FACHHOCHSCHULE ESSLINGEN - HOCHSCHULE FÜR TECHNIK

Wintersemester 2005 / 2006	Zahl der Blätter: 3 Blatt 1
Studiengang: BTB / CIB	Semester BT(B)1/CI(B)1
Prüfungsfach: Physik 1	Fachnummer: 1040 1041 (B)
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 60 min.

**Gesamtpunktzahl: 60**

## Aufgabe 1: (22 Punkte)



Auf einem um  $\alpha = 60^\circ$  gegen die Horizontale geneigten Schrägaufzug befindet sich ein Wagen der Masse  $m_W = 25 \text{ kg}$ . Haft- und Rollreibung des Wagens auf der Führung werden durch den gleichen Reibungskoeffizienten  $\mu = 0,1$  beschrieben. Der Wagen wird über ein Seil bewegt, Masse und Reibung von Seil und Antrieb seien vernachlässigbar.

a) Der mit einer Last  $m_L = 80 \text{ kg}$  beladene Wagen befindet sich zum Zeitpunkt  $t = 0 \text{ s}$  in Ruhe bei der Höhe  $h = 0 \text{ m}$ . Welche Kraft  $F_{S1}$  wirkt im Seil ?

b) Der Wagen wird nun mit konstanter Beschleunigung  $a_B$  in der Zeit  $\Delta t = 0,5 \text{ s}$  auf die parallel zur Führung nach oben gerichtete Geschwindigkeit  $v_E = 0,8 \text{ m/s}$  gebracht. Welche Kraft  $F_{S2}$  wirkt während dieses Anfahrvorgangs im Seil ?

c) Welche Wegstrecke erfordert die Beschleunigung aus der Ruhe auf  $v_E = 0,8 \text{ m/s}$  ?

d) Welchen Wert hat die vom Antrieb abgegebene Momentanleistung am Ende des Anfahrvorgangs zum Zeitpunkt  $t = 0,5 \text{ s}$  ?

e) Wie groß ist die mittlere mechanische Leistung des Schrägaufzugs, wenn insgesamt  $2 \text{ t}$  Material innerhalb von  $1,5 \text{ Stunden}$  auf eine Höhe von  $7 \text{ m}$  transportiert werden ?

## Lösungsvorschlag Schrägaufzug

(Autor H Käß)

- a) Die vom Seil gehaltene Masse beträgt  $m = m_W + m_L = 25 \text{ kg} + 80 \text{ kg} = 105 \text{ kg}$   
Die Hangabtriebskraft beträgt  $F_H = m \cdot g \cdot \sin \alpha = 105 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,86603 = 892 \text{ N}$   
Die Normalkraft beträgt  $F_N = m \cdot g \cdot \cos \alpha = 105 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 = 515 \text{ N}$   
Die Haftreibungskraft somit  $F_{\text{haft}} = \mu F_N = 0,1 \cdot 105 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 = 51,5 \text{ N}$   
Damit wird die Kraft im Seil  $F_{S1} = F_H - F_{\text{haft}} = m \cdot g \cdot (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 105 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot (0,86603 - 0,05) = \mathbf{840,5 \text{ N}}$

- b) Der Wagen wird in  $\Delta t = 0,5 \text{ s}$  aus der Ruhe auf  $v = 0,8 \text{ m/s}$  beschleunigt. Damit ergibt sich die Beschleunigung zu  $a_B = \Delta v / \Delta t = 0,8 \text{ m/s} / 0,5 \text{ s} = 1,6 \text{ m/s}^2$

Beschleunigung der Masse  $m$  mit  $a_B$  erfordert die Kraft  $F_B = m \cdot a_B = 168 \text{ N}$

Das Seil muss ausser Hangabtriebskraft und beschleunigender Kraft auch noch die Rollreibungskraft aufbringen, deren Betrag hier gleich der Haftreibung anzunehmen ist  $F_{\text{haft}} = F_{\text{roll}} = 51,5 \text{ N}$

Anmerkung: das ist natürlich stark vereinfacht, normalerweise gilt  $F_{\text{haft}} \gg F_{\text{roll}}$

Insgesamt wird  $F_{S2} = F_B + F_H + F_{\text{roll}} = 168 \text{ N} + m \cdot g \cdot (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 1111,5 \text{ N}$

- c) Weg-Zeit-Gesetz für  $a_B = \text{const}$  :  $s_B = \frac{1}{2} a_B t^2 = 0,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5^2 \text{ s}^2 = \mathbf{0,2 \text{ m}}$

- d) Momentanleistung  $P(t) = F \cdot v(t)$ , also

$$P(0,5 \text{ s}) = F_{S2} \cdot v_E = 1111,5 \text{ N} \cdot 0,8 \text{ m/s} = \mathbf{889 \text{ W}}$$

- e) Hubarbeit  $\Delta W = m \cdot g \cdot h = 2000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 7 \text{ m} = 137 \text{ kJ}$

damit wird die mittlere Leistung  $P_m = \Delta W / \Delta t = 137 \text{ kJ} / 5400 \text{ s} = \mathbf{25,4 \text{ W}}$

Anmerkung: Gefragt ist hier allein die mittlere mechanische Transportleistung des Aufzugs. Von der zusätzlich noch verrichteten Reibungsarbeit aufgrund der Bewegung des Wagens auf der Führung konnte abgesehen werden ...

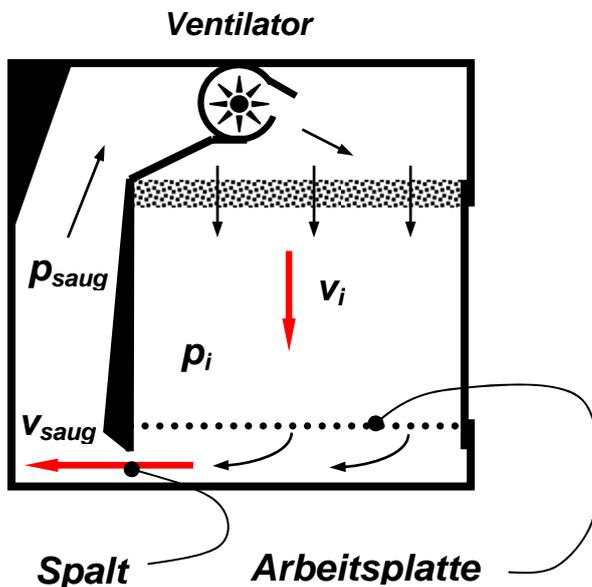
Wintersemester 2005 / 2006	Blatt 2 (von 3)
Studiengang: BTB /CIB	Semester BT(B)1/CI(B)1
Prüfungsfach: Physik 1	Fachnummer: 1040 1041

**Aufgabe 2: (20 Punkte)**

Der Arbeitsraum einer mikrobiologischen Sterilbank wird vertikal mit gefilterter Luft der Geschwindigkeit  $v_i$  durchspült. Diese durchquert die gelochte, rechteckige Arbeitsplatte (1,2 m lang, 0,5 m breit) und wird dann durch einen Spalt der Querschnittsfläche  $600 \text{ cm}^2$  zurück zum Ventilator gesaugt. Die Strömung verlaufe in einem geschlossenen Kreislauf.

- Wie groß ist der Volumstrom durch den Arbeitsraum, wenn  $v_i$  den Wert  $0,4 \text{ m/s}$  hat ?
- Welche Geschwindigkeit  $v_{\text{saug}}$  hat dann die abgesaugte Luft im Spalt ?
- Welche Druckdifferenz  $\Delta p = p_{\text{saug}} - p_i$  zum Arbeitsraum muß der Ventilator liefern ?
- Warum sollte die Strömung im Arbeitsraum laminar sein ?

Angaben: Dichte von Luft:  $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$ ,  
Viskosität von Luft:  $\eta = 0,0000182 \text{ Ns/m}^2$



## Lösungsvorschlag Sterilbank

(Autor H Käß)

- a) Der Querschnitt  $A_i$  der Strömung im Arbeitsraum ist gleich der Fläche der Arbeitsplatte, also  $A_i = 1,2 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m} = 0,6 \text{ m}^2$   
Für den Volumenstrom gilt:  $dV/dt = A_i \cdot v_i = \mathbf{0,24 \text{ m}^3/\text{s}}$
- b) Der Volumstrom einer inkompressiblen Strömung ist überall gleich, aus der Kontinuitätsgleichung folgt demnach  $dV/dt = A_i \cdot v_i = A_{\text{Spalt}} \cdot v_{\text{saug}}$   
Der Querschnitt des Spalts durch den die Luft mit  $v_{\text{saug}}$  strömt, ist  $A_{\text{Spalt}} = 600 \text{ cm}^2$   
Damit wird  $v_{\text{saug}} = v_i \cdot A_i / A_{\text{Spalt}} = 0,24 \text{ m}^3 \text{s}^{-1} / 600 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = \mathbf{4 \text{ m/s}}$
- c) 1. Version: Nach der Bernoulligleichung gilt  
[Arbeitsraum]  $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_i^2 + p_i = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{\text{Saug}}^2 + p_{\text{Saug}}$  [Absaugraum]  
daraus folgt für die Druckdifferenz  $\Delta p$ :  
 $\Delta p = p_i - p_{\text{Saug}} = \frac{1}{2} \cdot \rho (v_{\text{Saug}}^2 - v_i^2) = \frac{1}{2} \cdot 1,29 \text{ kg m}^{-3} (16 - 0,16) \text{ m}^2 \text{s}^{-2} = \mathbf{10,22 \text{ Pa}}$   
2. Version: Unter der Annahme  $v_i \ll v_{\text{Saug}}$  folgt nach der Bunsenformel  
 $\Delta p = p_i - p_{\text{Saug}} = \frac{1}{2} \cdot \rho v_{\text{Saug}}^2 = \mathbf{10,32 \text{ Pa}}$
- d) Die Strömung sollte laminar sein, damit **keine Verwirbelung** von Substanzen, Mikroorganismen etc... **über das gesamte Volumen** des Arbeitsraums erfolgt. Dies würde nämlich zu einer unerwünschten gegenseitigen **Kontamination** der verschiedenen Experimente und Untersuchungsobjekte führen und daher **steriles Arbeiten** unmöglich machen.

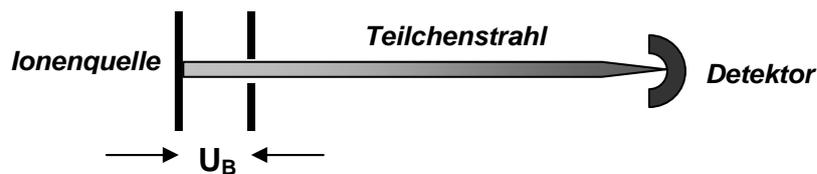
Wintersemester 2005 / 2006	Blatt 3 (von 3)
Studiengang: BTB /CIB	Semester BT(B)1/CI(B)1
Prüfungsfach: Physik 1	Fachnummer: 1040 1041

### **Aufgabe 3: (18 Punkte)**

Das Massenspektrometer Ihres Analytiklabors ist defekt. Die mit der Reparatur beauftragte Firma behauptet, ein Blechteil der Detektoreinheit wäre verbogen, da die Masse der untersuchten Moleküle zu groß gewesen sei. Das Gerät wäre demnach falsch bedient worden.

*Angaben zum Betrieb:*

<i>Maximale Masse der untersuchten Moleküle</i>	$250 \text{ u}$ ( $1 \text{ u} = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ).
<i>Höchste nachgewiesene Ionenladung</i>	$+3e$ ( $1 e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )
<i>Beschleunigungsspannung <math>U_B</math></i>	$1000 \text{ V}$
<i>Maximale Stromstärke des Teilchenstrahls</i>	$5 \cdot 10^{-9} \text{ A}$



- Welche kinetische Energie und welche Geschwindigkeit  $v_{\text{ion}}$  haben dreifach positiv geladene Ionen der Masse  $250 \text{ u}$  nach Durchlaufen der Beschleunigungsspannung  $U_B$  ?
- Wie viele dieser Ionen treffen bei der genannten maximalen Stromstärke pro Zeiteinheit auf den Detektor ?
- Wie groß ist bei dieser Stromstärke die resultierende Kraft auf den ruhenden Detektor, wenn die Ionen auf seiner Oberfläche haften bleiben ?
- Die Firma schickt Ihnen eine Rechnung, deren außergewöhnliche Höhe durch die eingangs angeführte Behauptung gerechtfertigt sein soll. Bezahlen Sie ? Begründen Sie Ihre Antwort !

## Lösungsvorschlag Massenspektrometer

(Autor H Käß)

- a) Aufnahme an kinetischer Energie bei Durchlaufen von  $U_B$  ist  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v_{\text{ion}}^2 = q U_B$   
also  $E_{\text{kin}} = 3e \cdot U_B = 3 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1000 \text{ V} = 3000 \text{ eV} = 4,806 \cdot 10^{-16} \text{ J}$   
und  $v_{\text{ion}} = (2 \cdot E_{\text{kin}} / 250 \text{ u})^{1/2} = (2 \cdot 4,806 \cdot 10^{-16} \text{ Nm} / 4,151 \cdot 10^{-25} \text{ kg})^{1/2} = 4,812 \cdot 10^4 \text{ m/s}$
- b) Der Strom  $I$  berechnet sich als Ladung  $\Delta Q$  pro Zeit. Die Anzahl  $n$  der pro Zeiteinheit  $\Delta t$  auftreffenden dreifach positiver Ionen folgt damit aus  $I = \Delta Q / \Delta t = n \cdot 3e / \Delta t$   
zu  $n / \Delta t = I / 3e = 5 \cdot 10^{-9} \text{ A} / (3 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}) = 1,040 \cdot 10^{10} \text{ 1/s}$
- c) Die Ionen bleiben haften, es liegen also vollständig unelastische Stöße vor. Der Impulsübertrag pro Ion ist  
 $p_{\text{ion}} = m \cdot v_{\text{ion}} = 250 \text{ u} \cdot v_{\text{ion}} = 250 \cdot 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 4,812 \cdot 10^4 \text{ m/s} = 1,998 \cdot 10^{-20} \text{ Ns}$   
Die Kraft auf die Detektionseinheit ist gleich dem gesamten Impulsübertrag pro Zeit,  
also  $F = \Delta p / \Delta t = p_{\text{ion}} \cdot n / \Delta t = 2,078 \cdot 10^{-10} \text{ N}$
- d) Die Kraft der Ionen auf das Blechteil ist so winzig, dass jegliches Verbiegen aufgrund „zu schwerer Ionen“ auszuschließen ist. Daher sollte die Rechnung mit dieser Begründung nicht bezahlt werden.

Anmerkung: Zu Deformationen kann es natürlich kommen, falls ein abrupter Lufteinbruch in das evakuierte Gerät erfolgt. Aber dann sind nicht die „schweren Ionen“ der Grund dafür...