Sommersemester 2011	Blatt 1 (von 6)
Studiengang: BTB2 / CIB2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2042, 2071, 2072
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit:120 Minuten

Insgesamt sind 120 Punkte erreichbar.

Bitte beginnen Sie jede neue Aufgabe mit einem neuen Blatt!

Aufgabe 1: Bandanlage (15 Punkte)

Auf einer Bandförderlange werden Kisten befördert. Das Band wird durch Antriebsrollen mit einem Radius $r_{Antriebsrolle}$=15 cm angetrieben. Die Rollen drehen sich mit einer Winkelgeschwindigkeit von $\varpi = 10\ \frac{1}{s}$.

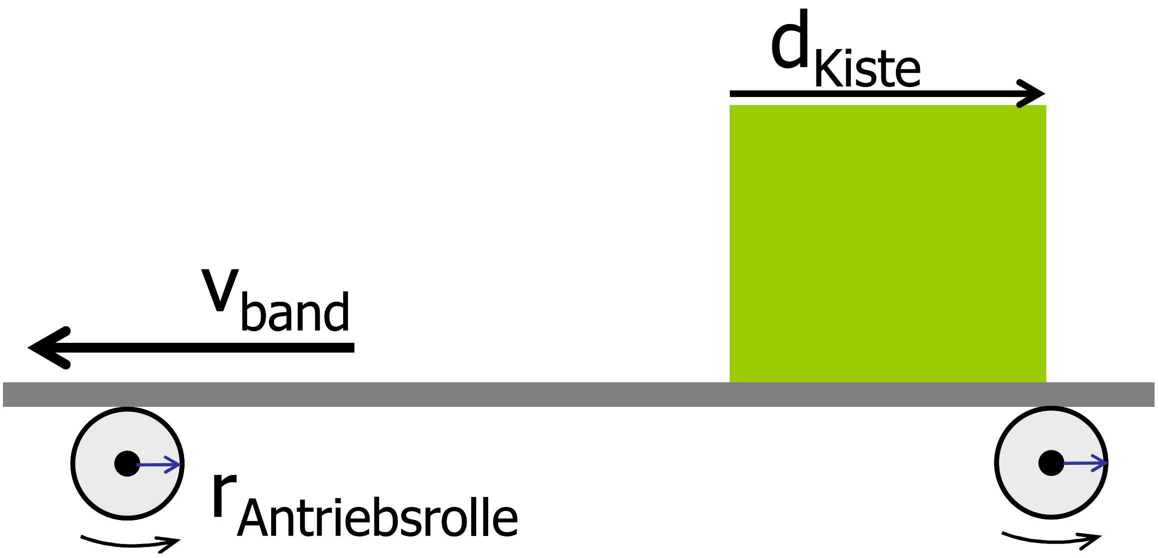
a) Wie groß ist die Geschwindigkeit v_{band} des Förderbandes?

Die Kisten haben einen quadratischen Querschnitt der Abmessungen $d_{1Kiste} = d_{2Kiste} = 40\text{ cm}$, eine Höhe $h_{Kiste} = 15\text{cm}$ und eine Dichte $\rho_{Kiste} = 0{,}0583\ \frac{g}{cm^3}$.

b) Wie groß ist bei einem Haftreibungskoeffizienten $\mu = 0{,}5$ die Reibungskraft einer Kiste auf dem Band?

Nach einem Stromausfall und Stillstand startet das Band erneut, die Kisten stehen noch auf dem Band.

c) Wie groß darf beim Starten die Bandbeschleunigung höchstens sein, damit die Kiste nicht ins Rutschen kommt?



Lösungsvorschlag:

Auf einer Bandförderlange werden Kisten befördert. Das Band wird durch Antriebsrollen mit einem Radius $r_{Antriebsrolle}$=15 cm angetrieben. Die Rollen drehen sich mit einer Winkelgeschwindigkeit von $\varpi = 10\ \frac{1}{s}$.

a) Wie groß ist die Geschwindigkeit v_{band} des Förderbandes?

$$v = \varpi \cdot r = 10\ \frac{1}{s} \cdot 0{,}15\text{m} = 1{,}5\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Die Kisten haben einen quadratischen Querschnitt der Abmessungen $d_{1Kiste} = d_{2Kiste} = 40\ \text{cm}$, eine Höhe $h_{Kiste} = 15\,\text{cm}$ und eine Dichte $\rho_{Kiste} = 0{,}0583\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

b) Wie groß ist bei einem Haftreibungskoeffizienten $\mu = 0{,}5$ die Reibungskraft einer Kiste auf dem Band?

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot d^2 \cdot h = 0{,}0583\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot (40\,\text{cm})^2 \cdot 15\,\text{cm} = 1399{,}2\ \text{g} = 1{,}3992\ \text{kg}$$

$$F_R = \mu \cdot F_N = 0{,}5 \cdot m \cdot g = 0{,}5 \cdot 1{,}3992\ \text{kg} \cdot 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 6{,}86\ \text{N}$$

Nach einem Stromausfall und Stillstand startet das Band erneut, die Kisten stehen noch auf dem Band.

c) Wie groß darf beim Starten die Bandbeschleunigung höchstens sein, damit die Kiste nicht ins Rutschen kommt?

$$a = \frac{F_R}{m} = \frac{6{,}86\ \text{N}}{1{,}3992\ \text{kg}} = 4{,}905\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Hochschule Esslingen
University of Applied Sciences

Fakultät Grundlagen

Sommersemester 2010		Blatt 2 (von 6)
Studiengang:	BT(B)2 / CI(B)2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 2042, 2071, 2072
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit:120 Minuten

Aufgabe 2: Dünne Schichten (20 Punkte)

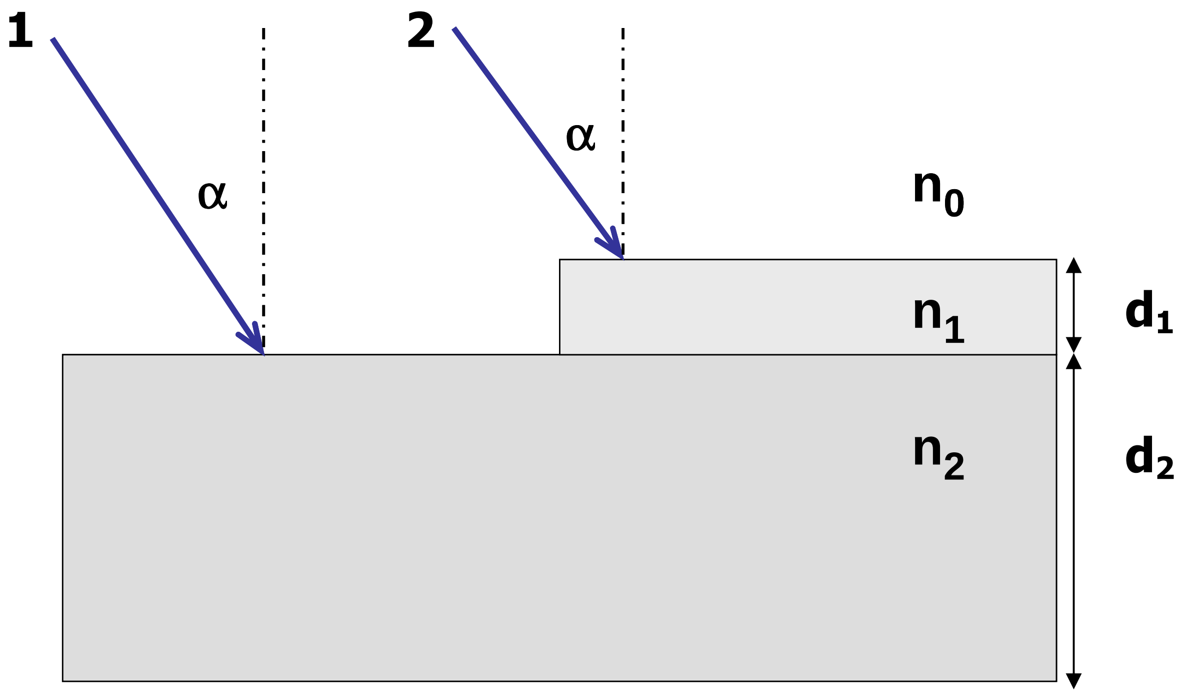
Licht der Wellenlänge $\lambda = 430\,\text{nm}$ fällt unter dem Winkel $\alpha = 30°$ auf die unten skizzierte optisch transparente Struktur mit der Schichtdicke d_1=200 nm der oberen und d_2=800 nm der unteren Schicht. Der Brechungsindex n_0 von Luft sei 1.

Es sind n_1=1,5 und n_2=1,7.

a) Wie groß sind im Medium 1 und 2 die jeweiligen Wellenlängen?

b) Zeichnen sie für den Durchtritt des Lichtes durch die Struktur beide Strahlengänge und alle Winkel in die untere Skizze ein.

d) Berechnen sie alle Winkel für beide Strahlengänge.



Lösungsvorschlag:

Licht der Wellenlänge $\lambda = 430\,\text{nm}$ fällt unter dem Winkel $\alpha = 30°$ auf die unten skizzierte optisch transparente Struktur mit der Schichtdicke d_1=200 nm der oberen und d_2=800 nm der unteren Schicht. Der Brechungsindex n_0 von Luft sei 1.

Es sind n_1=1,5 und n_2=1,7.

a) Wie groß sind im Medium 1 und 2 die jeweiligen Wellenlängen?

$$n = \frac{c_0}{c_M} = \frac{\lambda_0 \cdot f_0}{\lambda_1 \cdot f_1}$$

$$n_0 \cdot \lambda_0 = n_1 \cdot \lambda_1 \quad \text{und} \quad n_1 \cdot \lambda_1 = n_2 \cdot \lambda_2$$

und

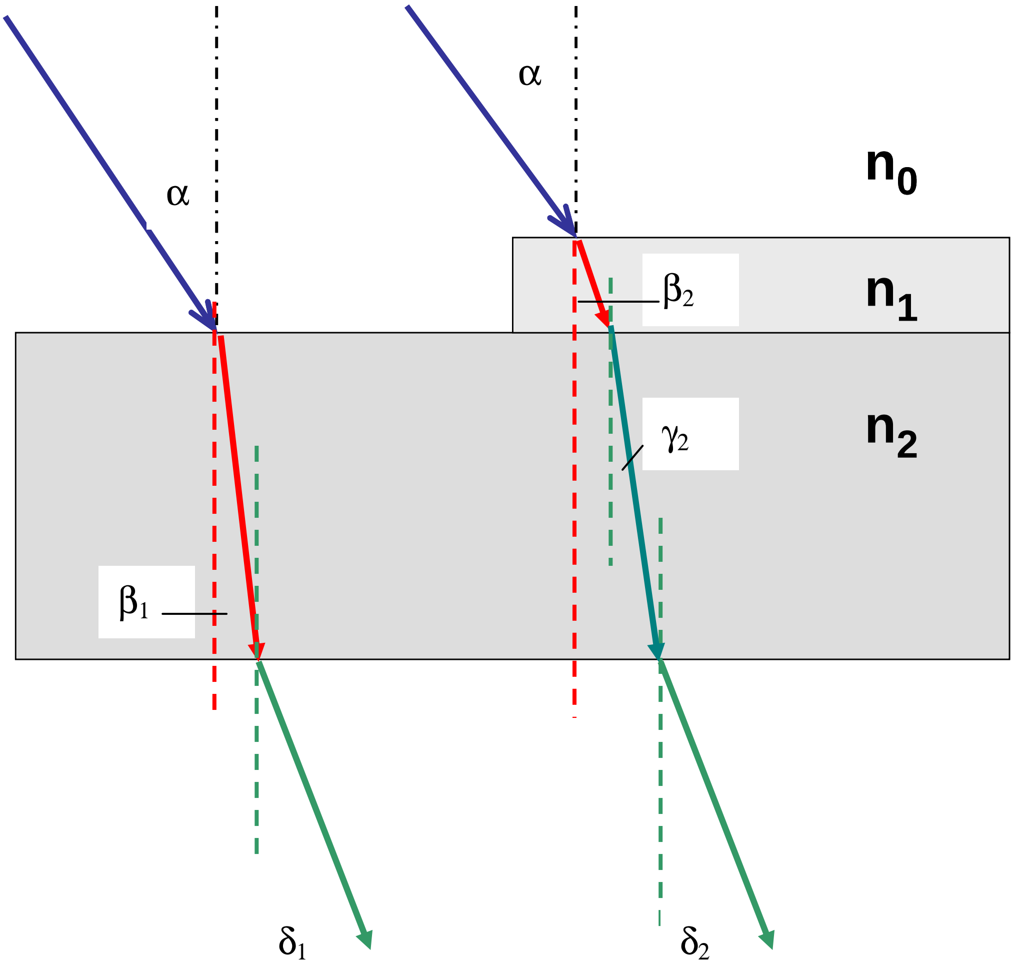
$$\lambda_1 = \frac{n_0 \cdot \lambda_0}{n_1} = \frac{1 \cdot 430\,\text{nm}}{1{,}5} = 287\,\text{nm}$$

$$\lambda_2 = \frac{n_1 \cdot \lambda_1}{n_2} = \frac{1{,}5 \cdot 287\,\text{nm}}{1{,}7} = 253\,\text{nm}$$

oder

$$\lambda_2 = \frac{n_0 \cdot \lambda_0}{n_2} = \frac{1 \cdot 430\,\text{nm}}{1{,}7} = 253\,\text{nm}$$

b) Zeichnen sie für den Durchtritt des Lichtes durch die Struktur beide Strahlengänge und alle Winkel in die untere Skizze ein.



d) Berechnen sie alle Winkel für beide Strahlengänge.

Für jede Grenzfläche gilt

für linken Weg:

$$n_0 \cdot \sin\alpha = n_1 \cdot \sin\beta$$

Und damit

$$\sin\beta_1 = \frac{n_0 \cdot \sin\alpha}{n_2} = 0{,}294$$

$$\arcsin\beta_1 = 17{,}1°$$

$$\sin\delta_1 = \frac{n_2 \cdot \sin\beta_1}{n_0} = 0{,}4998$$

$$\arcsin\delta_1 = 30°$$

für rechten Weg:

$$\sin\beta_2 = \frac{n_0 \cdot \sin\alpha}{n_1} = 0{,}333$$

$$\arcsin\beta_2 = 19{,}5°$$

$$\sin\gamma_2 = \frac{n_1 \cdot \sin\beta_2}{n_2} = 0{,}2938$$

$$\arcsin\delta_1 = 17{,}1°$$

$$\sin\delta_2 = \frac{n_2 \cdot \sin\gamma_2}{n_0} = 0{,}4995$$

$$\arcsin\delta_2 = 30°$$

Durch schrittweises Einsetzen von $\sin\gamma_2$ und $\sin\beta_2$ in die Formel für $\sin\delta_2$ erhält man $\sin\delta_2 = \sin\alpha$

Sommersemester 2010	Blatt 3 (von 6)
Studiengang: BT(B)2 / CI(B)2	Semester 2
Prüfungsfach: Physik 2	Fachnummer: 2042, 2071, 2072
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit:120 Minuten

Aufgabe 3: Saite (35 Punkte)

Zur Prüfung von Gitarrensaiten werden Probedrähte in eine Apparatur eingebaut. Die Spannkraft der Saite kann verändert werden, sie liegt auf zwei Stützen fest auf. Zwischen den Stützen beträgt der Abstand x=25 cm. Die Saite soll mit einer Grundfrequenz von f = 440 Hz schwingen. Der Hersteller gibt für die Stahlsaite den Durchmesser d=0,35 mm und eine Dichte von $\rho = (7{,}9 \pm 0{,}8)\,\frac{g}{cm^3}$ an.

a) Wie groß ist für die angestrebte Frequenz die Wellenlänge λ?

b) Wie groß ist die Phasengeschwindigkeit auf der Saite?

c) Geben sie eine Formel an, wie die Spannkraft F aus den gegebenen Größen auszurechnen ist (F=…).

d) Berechnen sie den Wert der Kraft F.

Um den Durchmesser der Saite zu prüfen, wird eine Messreihe angefertigt mit folgenden Ergebnissen:

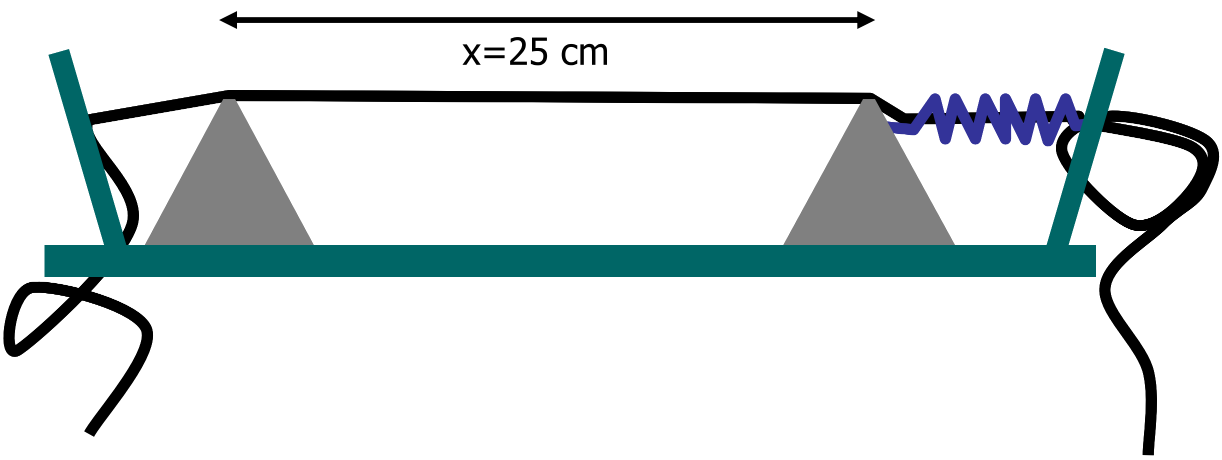
d/mm	0.37	0.39	0.29	0.39	0.35	0.36	0.34	0.38	0.33

e) Berechnen sie für d Mittelwert, Standardabweichung und mittleren Fehler des Mittelwertes.

f) Geben sie das Ergebnis des Durchmessers mit absoluter und relativer Messgenauigkeit an.

g) Wie groß ist der für die in d) berechnete Spannkraft F zu veranschlagende Messfehler ΔF ? Die vorgegebene Frequenz ist als exakt anzunehmen.

h) Geben sie das Ergebnis für F mit absoluter und relativer Fehlerangabe an.



Lösungsvorschlag:

a) Wie groß ist für die angestrebte Frequenz die Wellenlänge λ?

Für die Grundschwingung ist durch die Stützen festgelegt $\frac{\lambda}{2} = 0{,}25\text{ m}$ und damit $\lambda = 0{,}50\text{ m}$.

b) Wie groß ist die Phasengeschwindigkeit auf der Saite?

$$c = \lambda \cdot f = 0{,}50\text{ m} \cdot 440\frac{1}{s} = 220\frac{m}{s}$$

c) Geben sie eine Formel an, wie die Spannkraft F aus den gegebenen Größen auszurechnen ist (F=…).

Für die Phasengeschwindigkeit einer Saite gilt:

$c = \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot A}}$, aufgelöst nach F wird daraus

$$F = c^2 \cdot \rho \cdot A \quad \text{bzw.} \quad F = \lambda^2 \cdot f^{2\cdot} \cdot \rho \cdot \pi(\frac{d}{2})^2$$

e) Berechnen sie den Wert der Kraft F

$$F = c^2 \cdot \rho \cdot \pi(\frac{d}{2})^2 = (220\frac{m}{s}) \cdot 7{,}9\frac{g}{cm^3} \cdot \pi(\frac{0{,}35 \cdot 10^{-3} m}{2})^2 = 36{,}79\text{ N}$$

f) Berechnen sie für d Mittelwert, Standardabweichung und mittleren Fehler des Mittelwertes.

Für 9 Messungen gilt

$$\overline{d} = 0{,}356\text{ mm}$$

$$s = 0{,}03\text{ mm}$$

$$\Delta\overline{d} = \frac{s}{\sqrt{n}} = 0{,}01\text{ mm}$$

f) Geben sie das Ergebnis des Durchmessers mit absoluter und relativer Messgenauigkeit an.

$$\overline{d} = (0{,}36 \pm 0{,}01)\text{ mm}$$

$$\frac{\Delta\overline{d}}{\overline{d}} = 0{,}36\text{ mm} \cdot (1 \pm 2{,}7\%)$$

g) Wie groß ist der für die in d) berechnete Spannkraft F zu veranschlagende Messfehler ΔF ? Die vorgegebene Frequenz ist als exakt anzunehmen.

$$F = \lambda^2 \cdot f^{2\cdot} \cdot \rho \cdot \pi(\frac{d}{2})^2 = (2 \cdot x)^2 \cdot f^{2\cdot} \cdot \rho \cdot \pi(\frac{d}{2})^2$$

Mit einem geschätzten Fehler der Einzelmessung von x von

$$\Delta x = \pm 1\text{mm}$$

als Messunsicherheit beim Abmessen von Start- und Endwert mittels eines Meterstabes wird

$$\frac{\Delta\overline{F}}{\overline{F}} = \pm\left(\frac{2\cdot\Delta\overline{x}}{\overline{x}} + \frac{2\cdot\Delta\overline{f}}{\overline{f}} + \frac{\Delta\overline{\rho}}{\overline{\rho}} + \frac{2\cdot\Delta\overline{d}}{\overline{d}}\right) \text{ bzw. } \frac{\Delta\overline{F}}{\overline{F}} = \pm\left(\frac{2\cdot\Delta\overline{x}}{\overline{x}} + \frac{\Delta\overline{\rho}}{\overline{\rho}} + \frac{2\cdot\Delta\overline{d}}{\overline{d}}\right)$$

$$\frac{\Delta\overline{F}}{\overline{F}} = \pm\left(\frac{2\cdot\Delta\overline{x}}{\overline{x}} + \frac{\Delta\overline{\rho}}{\overline{\rho}} + \frac{2\cdot\Delta\overline{d}}{\overline{d}}\right) = \pm\left(\frac{2\cdot 0{,}1\,\mathrm{cm}}{25\,\mathrm{cm}} + \frac{0{,}8\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}}{7{,}9\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}} + \frac{2\cdot 0{,}01\ \mathrm{mm}}{0{,}36\,\mathrm{mm}}\right)$$

$$= \pm(0{,}008 + 0{,}101 + 0{,}056) = \pm 0{,}165$$

$$\Delta\overline{F} = \pm 0{,}165\cdot 36{,}79\ \mathrm{N} = \pm 6{,}07\ \mathrm{N} \approx \pm 6\ \mathrm{N}$$

g) Geben sie das Ergebnis für F mit absoluter und relativer Fehlerangabe an

$$F = (37 \pm 6)\ \mathrm{N}$$
$$F = 37\ \mathrm{N}\cdot(1 \pm 17\%)$$

Das Ergebnis hängt vom Schätzwert für Δx ab!

Sommersemester 2010		Blatt 4 (von 6)
Studiengang:	BT(B)2 / CI(B)2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 2042, 2071, 2072
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit:120 Minuten

Aufgabe 4: Heizschrank (15 Punkte)

Ein elektrisches Heizkabel soll in einem Trockenschrank verlegt werden. Der Heizschrank gibt trotz Isolation pro Sekunde eine Wärmeenergie von E=200 J an die Umgebung ab.

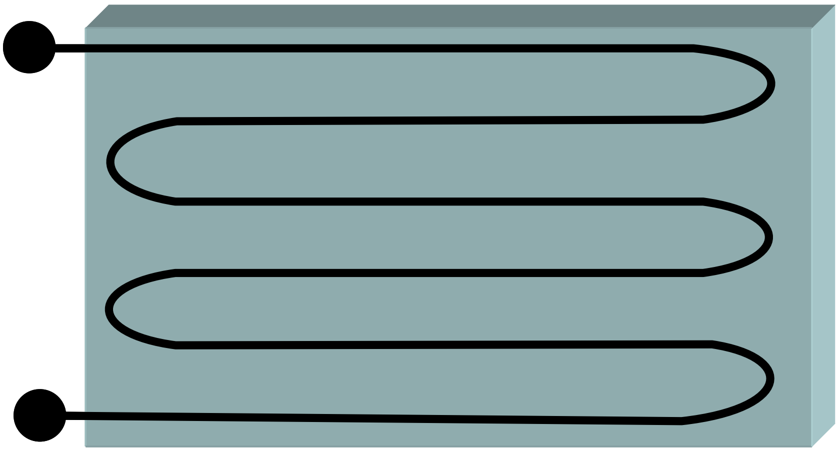
a) Wie groß ist die benötigte stationäre elektrische Heizleistung (nach Aufheizen des Ofens)?

Das vorhandene Netzgerät erzeugt eine Spannung von U=20 V.

b) Wie groß muss der Strom sein, wenn das Heizkabel direkt an das Netzgerät angeschlossen wird?

Das Heizkabel hat einen Durchmesser von 0,5 mm und einen spezifischen Widerstand von $\rho = 1{,}678 \cdot 10^{-2} \frac{\Omega mm^2}{m}$.

c) Wie lang muss das Kabel sein, um eine ausreichend große Wärmeleistung zu erzeugen?



Lösungsvorschlag:

Ein elektrisches Heizkabel soll in einem Trockenschrank verlegt werden. Der Heizschrank gibt trotz Isolation pro Sekunde eine Wärmeenergie von E=200 J an die Umgebung ab.

a) Wie groß ist die benötigte stationäre elektrische Heizleistung (nach Aufheizen des Ofens)?

$$P_{ab} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{2000\,J}{1s} = 200\ W$$

$$P_{ab} = P_{auf} = 200\ W$$

Das vorhandene Netzgerät erzeugt eine Spannung von U=20 V.

b) Wie groß muss der Strom sein, wenn das Heizkabel direkt an das Netzgerät angeschlossen wird?

$$P_{ab} = U \cdot I$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{200\ W}{20\,V} = 10\ A$$

Das Heizkabel hat einen Durchmesser von 0,5 mm und einen spezifischen Widerstand von $\rho = 1{,}678 \cdot 10^{-2}\,\frac{\Omega mm^2}{m}$.

c) Wie lang muss das Kabel sein, um eine ausreichend große Wärmeleistung zu erzeugen?

Gesamtwiderstand $R = I = \frac{20\ V}{10\,A} = 2\,\Omega$

Mit $R = \rho \cdot \frac{\ell}{A} = \rho \cdot \frac{\ell}{\pi(\frac{d}{2})^2}$ wird $\ell = \frac{R \cdot \pi(\frac{d}{2})^2}{\rho} = 23{,}4\,m$

Sommersemester 2010		Blatt 5 (von 6)
Studiengang:	BT(B)2 / CI(B)2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 2042, 2071, 2072
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit:120 Minuten

Aufgabe 5: Rohrströmung (15 Punkte)

Um bei der laminaren Strömung einer Flüssigkeit durch ein Rohr eine konstante mittlere Strömungsgeschwindigkeit $\overline{v}$ aufrecht zu erhalten, muss ein Druckgefälle $\Delta p = p_2 - p_1$ herrschen.

Dieses ist gegeben durch

$$\Delta p = \frac{8 \cdot \eta \cdot \overline{v} \cdot L}{R^2}$$

dabei ist

Δp die Druckdifferenz

L die Rohrlänge

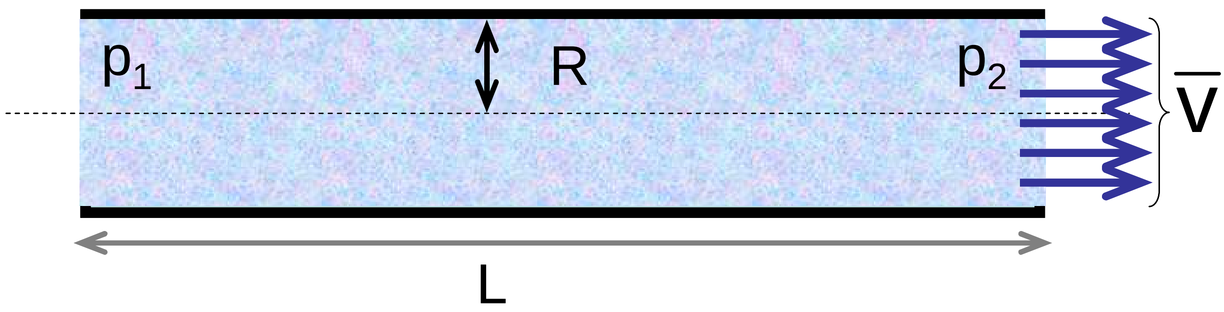
$\overline{v}$ die mittlere Strömungsgeschwindigkeit

R der Radius des Rohrs

η die dynamische Zähigkeit der Flüssigkeit

a) Leiten Sie aus dieser Beziehung die Einheit der dynamischen Zähigkeit – ausgedrückt in Grundeinheiten des SI-Systems - ab.

b) Um welchen Faktor muss bei gleichem Volumenstrom die Druckdifferenz vergrößert werden, wenn sich der Rohrradius halbiert und alle anderen Größen gleich bleiben?



Lösungsvorschlag:

a) Leiten Sie aus dieser Beziehung die Einheit der dynamischen Zähigkeit – ausgedrückt in Grundeinheiten des SI-Systems - ab.

$$\eta = \frac{\Delta p \cdot R^2}{8 \cdot \overline{v} \cdot L} \left[\frac{\frac{kg \cdot m}{s^2}}{m^2} \cdot s \right] = \left[\frac{\frac{kg \cdot m}{s}}{m^2} \right] = \frac{kg}{s \cdot m}$$

b) Um welchen Faktor muss bei gleichem Volumenstrom die Druckdifferenz vergrößert werden, wenn sich der Rohrradius halbiert und alle anderen Größen gleich bleiben?

$$\dot{V} = \frac{dV}{dt} = \frac{\Delta p}{8 \cdot \eta \cdot \ell} \cdot \pi \cdot R^4$$

und $\dot{V} = A \cdot v$

$$\dim[\eta] = \left[\frac{Pa \cdot m^2}{\frac{m}{s} \cdot m} \right] = [Pa \cdot s] = \left[\frac{N}{m^2} \cdot s \right] =$$

$$\dot{V}_1 = \dot{V}_2$$

$$R_2 = \frac{1}{2} \cdot R_1$$

$$\frac{\Delta p_1}{8 \cdot \eta \cdot \ell} \cdot \pi \cdot R_1^4 = \frac{\Delta p_2}{8 \cdot \eta \cdot \ell} \cdot \pi \cdot R_2^4 = \frac{\Delta p_2}{8 \cdot \eta \cdot \ell} \cdot \pi \cdot \left(\frac{R_1}{2}\right)^4$$

$$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \frac{\left(\frac{R_1}{2}\right)^4}{R_1^4} = \frac{1}{2^4} = \frac{1}{16} \text{ bzw. } \Delta p_2 = 16 \cdot \Delta p_1$$

Sommersemester 2010		Blatt 6 (von 6)
Studiengang:	BT(B)2 / CI(B)2	Semester 2
Prüfungsfach:	Physik 2	Fachnummer: 2042, 2071, 2072
Hilfsmittel:	Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit:120 Minuten

Aufgabe 6: Rasterkraftmikroskop (20 Punkte)

Ein Rasterkraftmikroskop (AFM) im Vakuum übt über eine Feder mit der Spitze eine senkrechte Kraft von $F = 3 \cdot 10^{-11}\,N$ auf die Probe aus, die sich in einer Entfernung $d = 20 \cdot 10^{-9}$ m von der Spitze (als punktförmig anzunehmen) befindet. Die Spitze wird über einer leitenden kontaktierten Struktur (als punktförmig anzunehmen) in einer isolierenden Matrix positioniert.

Auf der AFM-Spitze befindet sich eine negative Ladung, die Probe kann ebenfalls aufgeladen werden. Die Ladungen auf Spitze und Probe seien betragsmäßig gleich groß.

a) Wie groß muss die elektrostatische Kraft sein, um die Kraft der Spitze auf die Probe zu kompensieren?

b) Welche Ladung wird dazu auf der Probe benötigt?

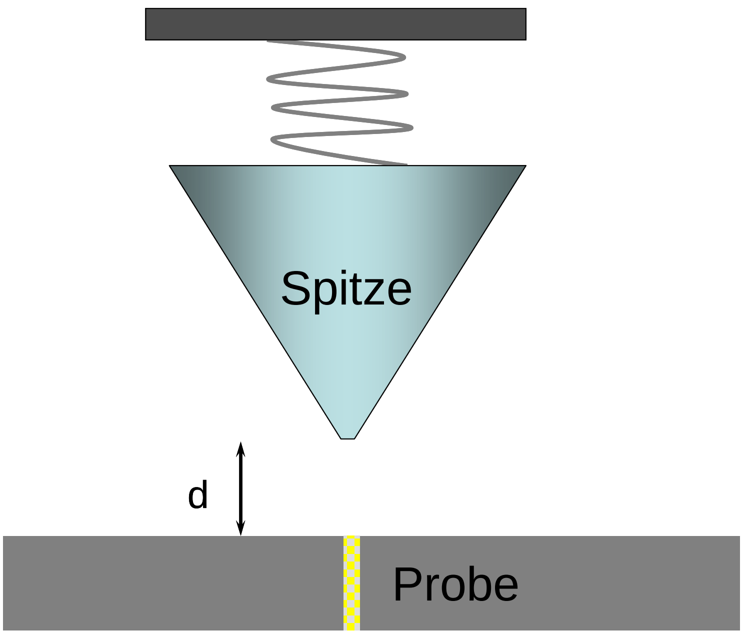
c) Ist die Ladung auf der Probe positiv oder negativ?

d) Zeigen sie, dass sich die korrekte Einheit für die Ladung aus der Rechnung ergibt.

e) Zeichnen sie die Feldlinien in die Skizze ein.

Coulombkonstante $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8{,}988\ \frac{Vm}{As}$

Elementarladung $|e| = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C



a)Wie groß muss die elektrostatische Kraft sein, um die Kraft der Spitze auf die Probe zu kompensieren?

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$$\left|F_{Spitze}\right| = \left|F_{elektrostatisch}\right|$$

b)Welche Ladung wird dazu auf der Probe benötigt?

$$Q_1 = Q_2$$

$$Q^2 = F_{Spitze} \cdot 4\pi\varepsilon_0 \cdot r^2 = 1{,}355 \cdot 10^{-18} \ C^2$$

$$Q = 1{,}155 \cdot 10^{-9} \ C$$

c)Ist die Ladung auf der Probe positiv oder negativ?

Negativ, da man eine abstoßende Kraft braucht, um die Kraft der Spitze auf die Probe zu kompensieren

d)Zeigen sie, dass sich die korrekte Einheit für die Ladung aus der Rechnung ergibt.

$$\dim[Q] = \left[\sqrt{\frac{N \cdot m^2}{\frac{Vm}{As}}}\right] = C \quad \text{mit} \quad V = \frac{J}{C} = \frac{Nm}{C}$$

e)Zeichnen sie die Feldlinien in die Skizze ein.