

Wintersemester 2008	Blatt 1 (von 4)
Studiengang: BT(B)1 / CI(B)1	Semester 1
Prüfungsfach: Physik 1	Fachnummer: 1042, 1071, 1072
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 60 Minuten

Gesamtpunktzahl: 60

Aufgabe 1: Dispergiergerät (18 Punkte)

Eine sehr zähflüssige Pigmentmischung soll in einem zylinderförmigen Gefäß dispergiert werden. Dafür wird das genau bis zur Hälfte der Höhe gefüllte anfangs still stehende Gefäß auf die rotierende Kupplungsscheibe gedrückt und so ebenfalls in Drehung versetzt. Vor der Kupplung beträgt die Drehzahl der Kupplungsscheibe $n=3000 \text{ min}^{-1}$, ihr Massenträgheitsmoment $J=10^{-8} \text{ kg m}^2$, Lager- und Luftreibung sollen vernachlässigt werden.

Genau beim Aufsetzen des Gefäßes bricht die Antriebsachse der Kupplungsscheibe und sie rotiert frei.

Das Massenträgheitsmoment des leeren Dispergiergefäßes (inklusive Deckel) mit der maximalen Füllhöhe $h_G=30 \text{ cm}$ und dem Innendurchmesser $d=16 \text{ cm}$ beträgt $J=5 \cdot 10^{-7} \text{ kg m}^2$. Die Pigmentmischung hat eine Dichte von $\rho=1,2 \text{ g/cm}^3$.

- a) Wie groß ist das Massenträgheitsmoment der Pigmentmischung (ohne Gefäß) bei halber Füllhöhe bezüglich der Rotationsachse? Die Oberfläche der Pigmentmischung kann als waagrecht angenommen werden.

$$\begin{aligned}
 J_{\text{Pigment}} &= \frac{1}{2} \cdot m_P \left(\left(\frac{d}{2} \right)^2 \right) = \frac{1}{2} \cdot (\rho_P \cdot r^2 \cdot \pi \cdot \frac{h}{2}) \cdot r^2 = \frac{1}{4} \cdot \rho_P \cdot r^4 \cdot \pi \cdot h \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (0,08 \text{ m})^4 \cdot \pi \cdot 0,30 \text{ m} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (8 \cdot 10^{-2} \text{ m})^4 \cdot \pi \cdot 3 \cdot 10^{-1} \text{ m} \\
 &= 300 \cdot 4096 \cdot 10^{-8} \pi \cdot 3 \cdot 10^{-1} \cdot \text{kg m}^2 = 1,15808256 \cdot 10^{-2} \cdot \text{kg m}^2 \\
 &= 0,0115808256 \cdot \text{kg m}^2
 \end{aligned}$$

Wie groß ist das gesamte Massenträgheitsmoment von Gefäß und Pigmentmischung bezüglich der Rotationsachse?

$$J_{\text{Gesamt}} = J_{\text{Pigment}} + J_{\text{Gefäß}} = 1,15808256 \cdot 10^{-2} \cdot \text{kg m}^2 + 0,5 \cdot 10^{-8} \cdot \text{kg m}^2 = 1,15808306 \cdot 10^{-2} \cdot \text{kg m}^2$$

- b) Wie groß ist die Drehzahl n_2 des Gefäßes nach vollständiger Kupplung?

$$L_V = L_N \text{ und}$$

$$L = J \cdot \omega r$$

$$\varpi_1 = 2\pi \cdot n_1 = 2\pi \cdot 3000 \frac{1}{60s} = 2\pi \cdot 50 \frac{1}{s} = 314,15 \frac{1}{s}$$

Nach Kupplung gibt es eine gemeinsame Drehachse

$$J_{\text{Scheibe}} \cdot 2\pi \cdot n_1 = J_{\text{Gefäß+Pigment+Scheibe}} \cdot 2\pi \cdot n_2$$

$$n_2 = \frac{J_{\text{Scheibe}} \cdot n_1}{J_{\text{Gefäß+Pigment+Scheibe}}} = \frac{J_{\text{Scheibe}} \cdot n_1}{J_{\text{Gefäß+Pigment+Scheibe}}} = \frac{1 \cdot 10^{-8} \cdot \text{kg m}^2 \cdot 50 \frac{1}{s}}{1,15808306 \cdot 10^{-2} \cdot \text{kg m}^2}$$

$$= 4,3 \cdot 10^{-5} \frac{1}{s} = 2,59 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{min}}$$

- c) Welcher Anteil p in Prozent der ursprünglichen Rotationsenergie wurde in Wärme und Abriebarbeit umgesetzt?

$$p_{\text{vorhanden}} = \frac{E_{\text{rot},2}}{E_{\text{rot},1}} = \frac{\frac{1}{2} J_{\text{Gefäß+Pigment+Scheibe}} (2\pi \cdot n_2)^2}{\frac{1}{2} J_{\text{Scheibe}} (2\pi \cdot n_1)^2} = \frac{J_{\text{Gefäß+Pigment+Scheibe}} (n_2)^2}{J_{\text{Scheibe}} (n_1)^2} =$$

$$\frac{1,15808306 \cdot 10^{-2} \cdot \text{kg m}^2 \cdot (4,3 \cdot 10^{-5} \frac{1}{s})^2}{1 \cdot 10^{-8} \cdot \text{kg m}^2 \cdot (50 \frac{1}{s})^2} = 8,56 \cdot 10^{-7} \text{ sind noch vorhanden.}$$

Damit sind $p_{\text{Verlust}} = (1 - 8,56 \cdot 10^{-7}) = 1$ verloren gegangen, d. h. 100 % in Wärme und Abriebenergie umgesetzt worden.

Wintersemester 2008	Blatt 2 (von 4)
Studiengang: BT(B)1 / CI(B)1	Semester 1
Prüfungsfach: Physik 1	Fachnummer: 1042, 1071, 1072
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 60 Minuten

Aufgabe 2: Gefäßverengung (16 Punkte)

In einem horizontalen Blutgefäß mit einem Durchmesser von $d=4$ mm fließt Blut bei einem Druck von $p_1=3 \cdot 10^5$ Pa mit einer Geschwindigkeit von $v=0,8$ m/s. Durch Cholesterinablagerungen hat sich das Gefäß auf 5 % seiner ursprünglichen Querschnittsfläche verengt. Die dynamische Viskosität von Blut beträgt 10^{-2} Pa·s bei 20°C. Nehmen für die Dichte des Blutes den Dichtewert für Wasser.

a) Wie groß ist die Reynoldszahl ohne die Verengung?

$$Re = \frac{v_1 \cdot d_1 \cdot \rho}{\eta} = \frac{0,8 \frac{m}{s} \cdot 0,004 m \cdot 1000 \frac{kg}{m^3}}{10^{-2} Pa \cdot s} = 320$$

b) Handelt es sich um eine laminare oder eine turbulente Strömung?

Laminar, da $Re < Re_{krit}$ ca. 2320 für Rohre
(wenn Durchmesser als charakteristische Länge verwendet wird)

c) Welcher Druck p_2 entsteht durch die Verengung?

$$\begin{aligned} p_1 + \frac{1}{2} \rho_{Blut} \cdot v_1^2 &= p_2 + \frac{1}{2} \rho_{Blut} \cdot v_2^2 \\ A_1 \cdot v_1 &= A_2 \cdot v_2 \\ v_2 &= \frac{A_1 \cdot v_1}{A_2} = 16 \frac{m}{s} \\ p_2 &= p_1 + \frac{1}{2} \rho_{Blut} \cdot v_1^2 - \frac{1}{2} \rho_{Blut} \cdot v_2^2 \\ p_2 &= p_1 + \frac{1}{2} \rho_{Blut} \cdot v_1^2 - \frac{1}{2} \rho_{Blut} \cdot \left(\frac{A_1 \cdot v_1}{A_2}\right)^2 = p_1 + v_1^2 \cdot \frac{1}{2} \rho_{Blut} \cdot \left(1 - \frac{1}{0,05^2}\right) = \\ &= 3 \cdot 10^5 Pa + \left(0,8 \frac{m}{s}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot (-399) = 3 \cdot 10^5 Pa - 1,596 \cdot 10^5 \frac{kg}{s^2 m} = 1,72 \cdot 10^5 Pa \end{aligned}$$

d) Wie groß ist die Strömungsgeschwindigkeit v_2 mit der Verengung?

$$v_2 = \frac{A_1 \cdot v_1}{A_2}$$

$$A_1 \cdot 0,05 = A_2$$

$$r_1^2 \pi \cdot 0,05 = r_2^2 \pi$$

$$r_2 = \sqrt{r_1^2 \cdot 0,05} = \sqrt{(0,002m)^2 \cdot 0,05} = 0,0004472m$$

$$d_2 = 0,0008944m$$

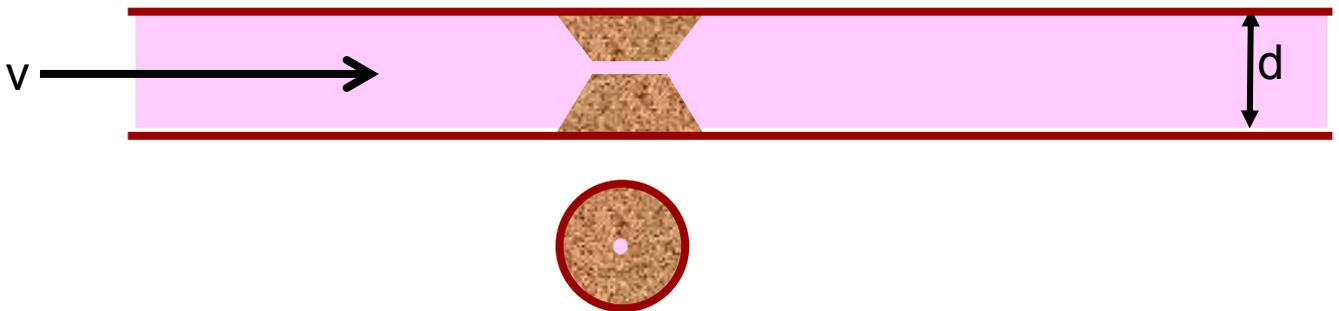
$$v_2 = \frac{A_1 \cdot v_1}{A_2} = 16 m/s$$

e) Wie groß ist die Reynoldszahl mit der Verengung?

$$Re = \frac{V_2 \cdot d_2 \cdot \rho}{\eta} = \frac{0,8 \frac{m}{s} \cdot 0,000894m \cdot 1000 \frac{kg}{m^3}}{10^{-2} Pa \cdot s} = 1432$$

d) Handelt es sich um eine laminare oder turbulente Strömung?

Laminar, da $Re < Re_{krit}$



Wintersemester 2008	Blatt 3 (von 4)
Studiengang: BT(B)1 / CI(B)1	Semester 1
Prüfungsfach: Physik 1	Fachnummer: 1042, 1071, 1072
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 60 Minuten

Aufgabe 3: Lampenfeld (16 Punkte)

Im Labor ist ein Halogen-Lampenfeld zu Beleuchtung der Tische angebracht (s. Skizze). Die Lampen sind alle gleich und sollen eine Strahlungsleistung von $P_0=2\text{ W}$ abgeben. Sie arbeiten nur mit einem Wirkungsgrad $P_{ab}/P_{zu} = 0,05$. Die angelegte Spannung beträgt $U_0=15\text{ V}$.

- a) Wie groß ist der Strom I_{ges} ?

$$P = U_0 \cdot I$$

$$P_{zu} = \frac{P_{ab}}{0,05} = \frac{2\text{ W}}{0,05} = 40\text{ W}$$

$$I_0 = \frac{P_{zu}}{U_0} = \frac{40\text{ W}}{15\text{ V}} = 2,667\text{ A}$$

Für eine Parallelschaltung gilt

$$I_{ges} = 4 \cdot I_0 = 4 \cdot 2,667\text{ A} = 10,67\text{ A}$$

- b) Wie groß ist die Anzahl der Elektronen, die am Ort 1 pro Sekunde durch den Leitungsquerschnitt treten?

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

$$Q = I \cdot t$$

$$\text{Anzahl } n = \frac{10,67\text{ C}}{1,602 \cdot 10^{-19}\text{ C}} = 6,67 \cdot 10^{19}$$

Zur Messung der Spannung soll ein Voltmeter eingebaut werden. Am Voltmeter dürfen maximal 5 V anliegen, der Widerstand des Gerätes beträgt $R_{\text{Voltmeter}}=100\ \Omega$, es muss ein zusätzlicher Widerstand R eingebaut werden.

- c) Wie groß ist die Spannung, die am Widerstand R abfällt?

$$U_{ges} = U_{\text{Voltmeter}} + U_{\text{Widerstand}}$$

$$U_{\text{Widerstand}} = U_{ges} - U_{\text{Voltmeter}} = 15\text{ V} - 5\text{ V} = 10\text{ V}$$

d) Wie groß ist der maximale Strom $I_{\text{Voltmeter}}$ durch das Voltmeter?

$$U_{\text{Voltmeter}} = R_{\text{Voltmeter}} \cdot I_{\text{Voltmeter}}$$

$$I_{\text{Voltmeter}} = \frac{U_{\text{Voltmeter}}}{R_{\text{Voltmeter}}} = \frac{5V}{100\Omega} = 0,05A$$

e) Wie groß muss der zusätzliche Widerstand R gewählt werden?

$$I_{\text{Voltmeter}} = I_{\text{Widerstand}} = 0,05A$$

$$R_{\text{Widerstand}} = \frac{U_{\text{Widerstand}}}{I_{\text{Widerstand}}} = \frac{10V}{0,05A} = 200\Omega$$

Wintersemester 2008	Blatt 4 (von 4)
Studiengang: BT(B)1 / CI(B)1	Semester 1
Prüfungsfach: Physik 1	Fachnummer: 1042, 1071, 1072
Hilfsmittel: Manuskript, Literatur, Taschenrechner	Zeit: 60 Minuten

Aufgabe 4: Pigmentsedimentation (10 Punkte)

Mit welcher Geschwindigkeit (Meter pro Tag) sedimentiert ein kugelförmiges Eisenoxidpigment (Rostrot) mit dem Durchmesser $d = 400 \text{ nm}$ und der Dichte $\rho_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 5,1 \text{ g/cm}^3$ in einem Alkydharzlack der Dichte $\rho_{\text{Medium}} = 1 \text{ g/cm}^3$ und der Viskosität $\eta_{\text{Medium}} = 0,1 \text{ Pas}$?

Stokessches Gesetz: $F = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v_s$

Auftriebskraft $F = V \cdot \rho_{\text{Medium}} \cdot g$

Gewichtskraft: $F = m \cdot g = V \cdot \rho_{\text{Fe}_2\text{O}_3} \cdot g$

!

$$6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v_s + V \cdot \rho_{\text{Medium}} \cdot g = V \cdot \rho_{\text{Fe}_2\text{O}_3} \cdot g$$

$$v_s = \frac{m \cdot g}{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r} = \frac{V \cdot \Delta\rho \cdot g}{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \Delta\rho \cdot g}{6 \cdot 3 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r} = \frac{2 \cdot r^2 \cdot \Delta\rho \cdot g}{9 \cdot \eta}$$

$$v_s = \frac{2 \cdot r^2 \cdot (\rho_{\text{Pigment}} - \rho_{\text{Medium}}) \cdot g}{9 \cdot \eta} = \frac{2 \cdot (200 \cdot 10^{-9} \text{ m})^2 \cdot (5100 \text{ kg/m}^3 - 1000 \text{ kg/m}^3) \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}{9 \cdot 0,1 \text{ Pas}}$$

$$v_s = 358 \cdot 10^{-11} \text{ m/s} = 0,358 \cdot 10^{-8} \text{ m/s} = 309 \cdot 10^{-6} \text{ m/d}$$

Das sind 309 μm am Tag.

