

# 11. Übungsblatt zur Experimentalphysik 1 (WS 19/20)

Abgabe am 16./17.1.2020 in den Übungen

Name(n):

Gruppe:

Punkte: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## 11.1 Feuerwehrschauch (10 Punkte)

Ein Feuerwehrschauch habe die Länge  $L = 20\text{ m}$  und die Querschnittsfläche  $A_1 = 4000\text{ mm}^2$ . Am Ende des Schlauchs befinde sich eine Düse mit der Querschnittsfläche  $A_2 = 50\text{ mm}^2$ . Er wird an einen Hydranten angeschlossen, der Wasser der Dichte  $\rho$  mit einem Druck  $p_A = 10\text{ bar}$  liefert. Außerhalb der Düse herrsche der Luftdruck  $p_0$ . Der Wasserfluss im Schlauch sei laminar.

- Nehmen Sie an, dass das Wasser inkompressibel ist und reibungsfrei durch den Schlauch fließt. Bestimmen Sie die Geschwindigkeit  $v_2$ , mit der das Wasser durch die Düse fließt. Bestimmen Sie den Volumenfluss  $\dot{V}$  des Wassers. ( $[\dot{V}] = \text{Volumen/Zeit}$ )
- Nehmen Sie nun an, das Wasser sei nicht reibungsfrei und berücksichtigen Sie dessen Viskosität  $\eta = 1.0\text{ mPa}\cdot\text{s}$ . Um welchen Betrag  $\Delta p_A$  muss der Druck des Hydranten dann erhöht werden, damit die gleiche Menge Wasser wie im reibungslosen Fall a) durch den Schlauch fließt?

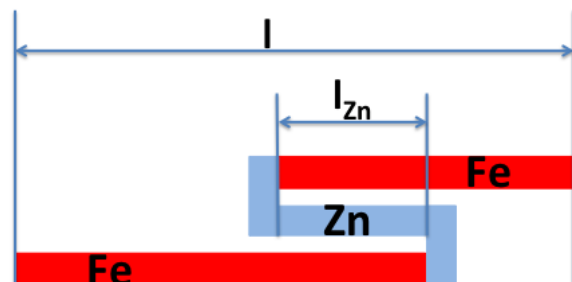
## 11.2 Das auslaufende Bierfass (10 Punkte)

Ein aufrecht stehendes Bierfass sei nach oben offen. Es habe an der Seite in der Höhe  $H$  über dem Boden ein Loch, dessen Durchmesser viel kleiner sei als der Durchmesser des Fasses. Das Fass sei zu Anfang bis zur Höhe  $h_0 > H$  mit reibungsfreiem Bier gefüllt und laufe dann aus.

- Berechnen Sie die Auslaufgeschwindigkeit des Bieres in Abhängigkeit von  $h_0$ . Vergleichen Sie die Auslaufgeschwindigkeit mit der Geschwindigkeit eines aus der Höhe  $(h_0 - H)$  fallenden Körpers.
- Geben Sie den Abstand  $x$  an, in dem der Strahl auf den Boden auftrifft. Skizzieren Sie  $x(h_0)$ .

## 11.3 Thermische Längenausdehnung (10 Punkte)

- Das Pendel einer Uhr bestehe aus zwei Eisenstäben, die wie in nebenstehender Abbildung gezeigt über eine Zinkbrücke miteinander verbunden sind. Wie lang muss die Zinkbrücke sein, um die thermischen Längenänderungen des Pendels auf null auszugleichen? Verwenden Sie für die Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha_{Zn} = 36 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$  und  $\alpha_{Fe} = 11 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ .



- Eine Autobahn bestehe aus Betonplatten einer Länge von 10 m, die fehlerhafterweise bei einer Temperatur von  $10^\circ\text{C}$  aneinanderstoßend ohne Lücke verlegt wurden.

- i) Welcher Kompressionsdruck wirkt an einem Sommertag, an dem sich die Fahrbahn auf  $40^\circ\text{C}$  aufheizt, in Längsrichtung auf die Betonplatten. Nehmen Sie für Beton einen Ausdehnungskoeffizient  $\alpha_{\text{Beton}} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  sowie ein Elastizitätsmodul  $E_{\text{Beton}} = 20 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$  an.
- ii) Die Druckfestigkeit von Beton beträgt etwa  $20 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ , die Zug- und Scherfestigkeit von Beton beträgt hingegen nur  $2 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ . Was denken Sie, werden die Platten durch die thermische Belastung beschädigt? Eine mögliche Eisenarmierung der Betonplatten soll hier nicht berücksichtigt werden.
- iii) In welchem Abstand müssten die Platten bei  $10^\circ\text{C}$  verlegt werden, damit sie sich bei  $40^\circ\text{C}$  gerade berühren? Wie groß ist dann die Lücke zwischen den Betonplatten im Winter bei  $-10^\circ\text{C}$ ?

#### 11.4 Einmachglas (10 Punkte)

Auf ein leeres Einmachglas mit einem Volumen  $V = 2\text{ l}$  wird bei Zimmertemperatur ( $T_0 = 22^\circ\text{C}$ ) und Normaldruck  $p_0$  zuerst der Gummidichtring und dann der Deckel (Innendurchmesser der Dichtfläche  $d = 10 \text{ cm}$ ) gelegt. Danach wird das Einmachglas langsam auf  $T_1 = 100^\circ\text{C}$  erwärmt, sodass die Temperatur der im Glas eingeschlossenen Luft der Temperatur des Glases folgen kann. Durch die Temperaturerhöhung entweicht Luft aus dem Glas, sodass man davon ausgehen kann, dass der Druck im Glas immer gleich dem Normaldruck ist.

- a) Welcher Anteil der Luft, die bei  $T_0$  im Einmachglas war, ist entwichen, wenn  $T_1$  erreicht wurde?
- b) Danach kühlt das Einmachglas wieder auf  $T_0$  ab, wobei die Gummidichtung verhindert, dass Luft in das Glas zurückströmen kann. Mit welcher Kraft muss nun am Deckel gezogen werden, um den Deckel anzuheben?

Zusatzaufgabe: Was ändert sich (qualitativ), wenn sich in dem Einmachglas Wasser befindet, das zum Sieden gebracht wird, wodurch alle Luft durch Wasserdampf verdrängt wird bevor das Glas abgekühlt wird?