

## 10. Übungsblatt zur Experimentalphysik 1 (WS 16/17)

### Stömungen und Wärmeausdehnung

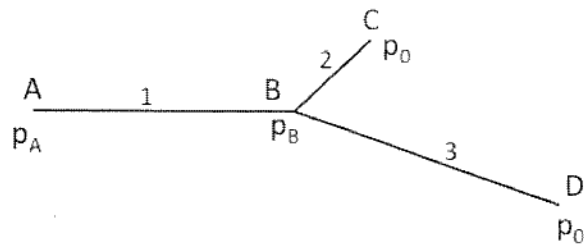
Abgabe am 12./13.1.2016 in den Übungen

Name(n): \_\_\_\_\_

Gruppe: \_\_\_\_\_

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

#### 10.1 Pipeline (10 Punkte)



Eine Rohrleitung geht von einer Pumpstation  $A$  zu einer Verzweigungsstelle  $B$  ( $\overline{AB} = L_1$ ), von wo aus zwei Leitungen zu verschiedenen weit entfernten Abnehmern  $C$  und  $D$  laufen ( $\overline{BC} = L_2$  und  $\overline{BD} = L_3$ ,  $L_2 < L_3$ ). Welcher Druck in  $A$  ist notwendig, wenn die Dimensionierung der Rohre so gering wie möglich ist, aber so vorgenommen wird, daß in keiner der Teilstrecken Turbulenz auftritt und an jedem Abnehmer (Rohrenden offen) ohne zusätzliche Drosselung das gleiche Volumen pro Zeit,  $\dot{V}$ , geliefert wird? Die Flüssigkeit besitze die Viskosität  $\eta$  und die Dichte  $\rho$ . Hinweis: Überlegen Sie sich erst die minimale Dimensionierung der Rohre in Abhängigkeit der kritischen Reynolds-Zahl  $Re_K$ .

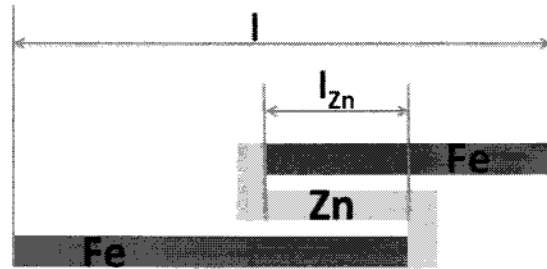
#### 10.2 Luftwiderstand eines Autos (10 Punkte)

Sie fahren mit einem Kleinwagen mit konstanter Geschwindigkeit  $v = 160 \text{ km/h}$  auf der Autobahn. Dabei dreht der Motor mit  $4500 \text{ U/min}$  und liefert ein Drehmoment von  $95 \text{ Nm}$  über das Getriebe auf die Antriebsachse. Die Querschnittsfläche des Fahrzeugs senkrecht zur Fahrtrichtung beträgt etwa  $A = 1.7 \text{ m} \times 1.4 \text{ m}$ . Rollreibung und Reibung im Getriebe seien vernachlässigbar.

- Welche Leistung muss der Motor bei dieser Geschwindigkeit erbringen?
- Bei derart hohen Geschwindigkeiten ist die Stokes'sche Reibung vernachlässigbar. Schätzen Sie aus den gegebenen Daten und der Dichte von Luft unter Normalbedingungen den  $c_w$ -Wert des Autos ab.
- Um Ihr ökologisches Verständnis zu schärfen: Welche Leistung müßte der Motor bei einer Fahrt mit  $120 \text{ km/h}$  erbringen?
- Berechnen Sie die Fahrzeugleistung, die bei einer Fahrt von  $120 \text{ km/h}$  notwendig wäre, den Luftwiderstand zu überwinden, falls es den turbulenten Reibungsbeitrag nicht gäbe, und statt dessen nur ein Stokes-Beitrag entsprechend einer Kugel mit Radius  $r_{eff} = 0.87 \text{ m}$  wirken würde.

### 10.3 Thermische Längenausdehnung (10 Punkte)

- a) 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  $\alpha_{Zn} = 36 \cdot 10^{-6} K^{-1}$  und  $\alpha_{Fe} = 11 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ .



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

### 10.4 Einmachglas (10 Punkte)

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

- Welcher Anteil der Luft, die bei  $T_0$  im Einmachglas war, ist entwichen, wenn  $T_1$  erreicht wurde?
- Danach kühlt das Einmachglas wieder auf  $T_0$  ab, ohne dass Luft in das Glas zurückströmen kann. Mit welcher Kraft muss nun am Deckel gezogen werden, um den Deckel anzuheben?
- Was ändert sich (qualitativ), wenn sich im Glas Wasser befindet, das zum Sieden gebracht wird, und so alle Luft durch Wasserdampf verdrängt wird bevor das Glas abgekühlt wird?