

10. Übung zu Physik WS 2019

Ausgabe: 7.12.2019

Prof. D. Suter

1. Luftblasen und Oberflächenspannung

Eine Luftblase in einem Teich hat 10 m unter der Wasseroberfläche einen Durchmesser von 1 mm. Um wie viele Meter muss die Luftblase aufsteigen, damit sich der Durchmesser um 20% vergrößert? Die Dichte von Wasser ist $\rho_W = 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, Grenzflächenspannung von Wasser/Luft ist, $\sigma = 7,25 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$. Rechnen Sie mit einem Luftdruck von 101325 Pa über dem Teich (entspricht dem Normaldruck 1 atm). Verwenden Sie dafür die Gleichung $pV = \text{const}$ für ein ideales Gas, mit p als Druck und V als Volumen.

Boyle-Mariottesche Gesetz: $p_1V_1 = p_2V_2$, mit $V = \frac{4}{3}\pi r^3 \Rightarrow p_1r_1^3 = p_2r_2^3$

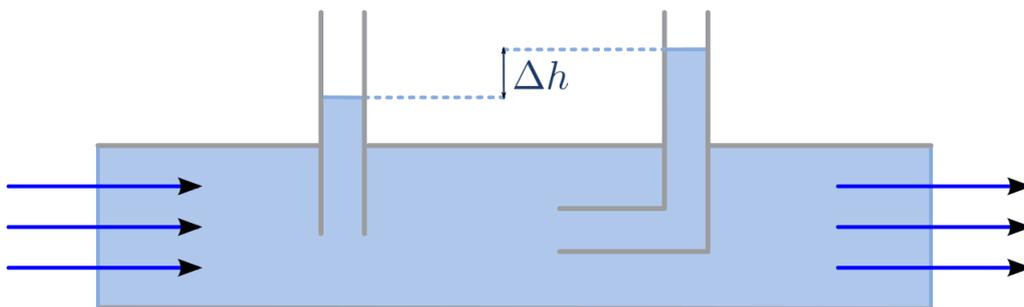
Der Druck in der Luftblase ist: $p = p_A + p_S + p_B$, mit p_A : Atmosphärendruck, $p_S = \rho gh$: Schweredruck und $p_B = 2\frac{\sigma}{r}$: Binnendruck.

Gesucht ist die Höhe für die gilt $r_2 = 1,2 \cdot r_1$

$$\begin{aligned} \left(p_A + \rho gh_1 + 2\frac{\sigma}{r_1}\right)r_1^3 &= \left(p_A + \rho gh_2 + 2\frac{\sigma}{1,2r_1}\right)(1,2r_1)^3 \Rightarrow \\ h_2 &= \frac{1}{\rho g} \left(\frac{1}{1,2^3} \left(p_A + \rho gh_1 + 2\frac{\sigma}{r_1}\right) - p_A + 2\frac{\sigma}{1,2r_1} \right) \Rightarrow \\ h_2 &= -\frac{0,421p_A}{\rho g} + 0,579h_1 - \frac{0,509\sigma}{\rho gr_1} = 0,69 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Wasserrohr

Durch ein horizontal verlaufendes Rohr fließt eine Flüssigkeit. Der Unterschied der Flüssigkeitsniveaus in der vorderen und hinteren vertikalen Röhre beträgt 10 cm, wobei die Durchmesser der beiden Röhren identisch sind. Wie groß die Strömungsgeschwindigkeit v der Flüssigkeit im horizontalen Rohr?



Mit der ersten Röhre wird nur der statische Druck, mit der hinteren der Gesamtdruck gemessen. Der in der hinteren Röhre zusätzlich auftretende dynamische Druck bewirkt einen stärkeren Anstieg der Flüssigkeitssäule. Im Gleichgewichtsfall entspricht der dynamische Druck p_{dyn} der strömenden Flüssigkeit dem zusätzlichen statischen Druck Δp_{stat} in der hinteren Flüssigkeitssäule:

$$\frac{1}{2}\rho v^2 = \rho g \Delta h$$

Die Dichte ρ kürzt sich heraus, die Gleichung kann dann nach v aufgelöst werden:

$$v = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 0,1m} = 1,4 \frac{m}{s}$$

3. Viskosität

Welche Aussagen zur Viskosität sind richtig:

1. Die Ursache der Viskosität ist die innere Reibung.
2. Die Viskosität ist unabhängig von der Temperatur.
3. Die Einheit der Viskosität ist Pascal · Sekunde.
4. In viskosen Flüssigkeiten treten keine Reibungskräfte auf.

Lösung: 1,3

4. Laminare oder turbulente Strömung?

Die Reynoldszahl $Re = \rho v d / \eta$ ist eine hydrodynamische Kennzahl für das Verhältnis von Trägheit und Zähigkeit und gibt den Übergang von laminarer in turbulente Strömung an. Schätzen Sie für folgende bewegte Objekte bzw. Strömungen die Reynolds-Zahl indem Sie grobe Näherungswerte für ρ , v , d und η suchen und geben Sie an, ob die Strömung laminar oder turbulent ist.

- a) Walfisch
- b) Bakterium
- c) Heißluftballon
- c) Fallender Regentropfen

a) Walfisch: $v = 10 \text{ m/s}$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $d = 10 \text{ m}$, $\eta = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} \Rightarrow R_e = 10^8 \Rightarrow$ turbulent.

b) Bakterium: $v = 10^{-6} \text{ m/s}$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $d = 10^{-6} \text{ m}$, $\eta = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} \Rightarrow R_e = 10^{-6} \Rightarrow$ laminar.

c) Heißluftballon: $v = 0,01 \text{ m/s}$, $\rho = 1 \text{ kg/m}^3$, $d = 10 \text{ m}$, $\eta = 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s} \Rightarrow R_e = 10^5 \Rightarrow$ turbulent.

d) Regentropfen: $v = 1 \text{ m/s}$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $d = 10^{-3} \text{ m}$, $\eta = 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{s} \Rightarrow R_e = 10^6 \Rightarrow$ turbulent.