

Aufgaben 9 Statik der Fluide

Druck, Kompressibilität, Schweredruck

Lernziele

- einen Druck bzw. eine Druckkraft berechnen können.
- wissen, ob eine Flüssigkeit bzw. ein Gas kompressibel ist oder nicht.
- den Schweredruck in einer bestimmten Tiefe einer bestimmten Flüssigkeit bestimmen können.
- die Funktionsweise eines Flüssigkeits-Barometers verstehen.
- verstehen, warum bei einem Flüssigkeits-Barometer Quecksilber verwendet wird und nicht Wasser.
- die barometrische Höhenformel anwenden können.
- eine neue Problemstellung bearbeiten können.

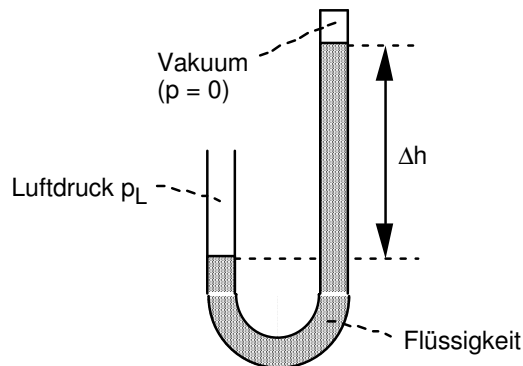
Aufgaben

Druck, Kompressibilität

- 9.1 Warum versinkt ein Wanderer im Schnee, ein Skifahrer jedoch nicht?
- 9.2 Der Überdruck in einer Wasserleitung betrage 4.0 bar.
- a) Mit welcher Kraft muss man mit dem Daumen an einem geöffneten Hahn von 1.0 cm^2 Querschnitt drücken, um das Ausfliessen zu verhindern?
- b) Welche Kraft wäre hierzu am Hydrantanschluss von 80 cm^2 Querschnitt nötig?
- 9.3 Der mittlere Luftdruck beträgt auf Meereshöhe 1.0 bar.
- Welche Masse übt mit seinem Gewicht die gleich grosse Kraft auf eine Fläche von 1.00 dm^2 aus wie der Luftdruck?
- Hinweis:
- Verwenden Sie hier und bei allen nachfolgenden Aufgaben (ausser bei 9.8 c)) für die Gravitationsfeldstärke g den Näherungswert $g = 10 \text{ N/kg}$.
- 9.4 Bei einer hydraulischen Presse ist der Durchmesser des Presskolbens 1.0 m und jener des Druckkolbens 5.0 cm. Der Presskolben soll eine Kraft von 800 kN ausüben.
- a) Bestimmen Sie den Betrag der Kraft, mit welcher der Druckkolben betätigt werden muss.
- b) Bestimmen Sie den Überdruck im Öl der Presse.
- 9.5 **Experiment Posten 1: Spritze**
- Am Posten 1 liegt eine Glasspritze. Sie sollen damit in einem Experiment herausfinden, ob sich eine Flüssigkeit oder ein Gas zusammendrücken lässt. Die "Zusammendrückbarkeit" heisst **Kompressibilität**.
- a) Ziehen Sie mit der Spritze etwas **Wasser** auf.
Verschliessen Sie dann mit einem Finger den Ausgang der Spritze.
Versuchen Sie nun, mit der anderen Hand am Kolben zu drücken.
Lässt sich der Kolben verschieben, d.h. lässt sich das Wasser in der Spritze zusammendrücken?
Was lässt sich daraus für die Kompressibilität einer Flüssigkeit folgern?
- b) Ziehen Sie mit der Spritze etwas **Luft** auf.
Verschliessen Sie dann mit einem Finger den Ausgang der Spritze.
Versuchen Sie nun, mit der anderen Hand am Kolben zu drücken.
Lässt sich der Kolben verschieben, d.h. lässt sich die Luft in der Spritze zusammendrücken?
Was lässt sich daraus für die Kompressibilität eines Gases folgern?

Schweredruck

- 9.6 Bestimmen Sie die Kraft, die in 10 km Meerestiefe aufgrund des Schweredruckes auf eine Fläche von 1.0 cm^2 wirkt.
- 9.7 Ein würfelförmiges Gefäss hat die Kantenlänge 10 cm. Das Gefäss kann durch ein Loch in der Deckwand und einem darauf aufgesetzten, dünnen Röhrchen mit Durchmesser 5.0 mm und Länge 10 cm mit Wasser aufgefüllt werden. Das Gefäss wird nun auf eine Waage gestellt.
- Das Gefäss wird zunächst bis auf das aufgesetzte Röhrchen ganz mit Wasser gefüllt, d.h. das Röhrchen soll dabei leer bleiben (Situation 1).
Wie gross ist die Kraft des Schweredruckes auf den Boden des Gefässes?
 - Zusätzlich wird nun auch noch das Röhrchen mit Wasser aufgefüllt (Situation 2).
Wie gross ist nun die Kraft des Schweredruckes auf den Gefässboden?
 - Welche zusätzliche Masse zeigt die Waage in der Situation 2 gegenüber der Situation 1 an?
- 9.8 Ein Flüssigkeits-Barometer besteht aus einem U-förmigen Glasrohr, welches üblicherweise mit Quecksilber (Hg) gefüllt ist:



Das linke obere Ende ist offen. Über der Flüssigkeitssäule befindet sich also Luft mit dem Druck p_L . Das rechte obere Ende ist geschlossen. Über der Flüssigkeitssäule ist der Raum leer (Vakuum, $p = 0$). Rechts steht die Flüssigkeitssäule um Δh höher als links.

- Bestimmen Sie den Zusammenhang zwischen dem gemessenen Höhenunterschied Δh und dem Luftdruck p_L .
Gesucht ist eine Gleichung der Form $p_L = \dots$, in welcher auf der rechten Seite Δh vorkommt.
Hinweise:
 - Betrachten Sie zuerst nur die linke Seite des U-Rohres: Der Druck in der Flüssigkeit zuunterst im U-Rohr setzt sich zusammen aus dem Luftdruck p_L ausserhalb der Flüssigkeit und dem Schweredruck der linken Flüssigkeitssäule.
 - Betrachten Sie dann die rechte Seite des U-Rohres: Der Druck in der Flüssigkeit zuunterst im U-Rohr ist gleich dem Schweredruck der rechten Flüssigkeitssäule.
- Beurteilen Sie mit Hilfe des Ergebnisses aus a), warum man bei einem Flüssigkeits-Barometer Quecksilber verwendet und nicht Wasser.
Hinweis:
 - Die Dichte von Quecksilber beträgt $\rho_{\text{Hg}} = 13.5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.
- (siehe nächste Seite)

- c) **Experiment Posten 2: Barometer**
- Messen Sie am Barometer im Unterrichtszimmer den Höhenunterschied Δh und bestimmen Sie daraus den momentanen Luftdruck p_L .
- Hinweis:
- Verwenden Sie hier für die Gravitationsfeldstärke g den genaueren Wert $g = 9.81 \text{ N/kg}$.
 - Für diese Aufgabe können Sie einen Taschenrechner verwenden.
- 9.9 Wenn der Arzt einen Blutdruck von "120 auf 80" misst, so bedeutet dies, dass der obere (systolische) Blutdruck 120 Torr und der untere (diastolische) Blutdruck 80 Torr beträgt.
- Die (veraltete) Druckeinheit Torr (benannt nach Evangelista Torricelli) ist wie folgt festgelegt:
1 Torr ist gleich dem Schweredruck in einem mit Quecksilber gefüllten Gefäß in der Eintauchtiefe 1 mm.
- Gehen Sie nun von einem ungefähren Blutdruck von 100 Torr aus.
- a) Rechnen Sie diesen Druck in die Einheit Pa um.
 - b) Beurteilen Sie, ob es sich bei den 100 Torr um den Absolutdruck oder den Überdruck handelt.
- 9.10 Ein Fenster von 100 cm Breite und 70 cm Höhe gewährt Einblick in ein Aquarium, in welchem der Wasserspiegel 45 cm über dem oberen Fensterrand liegt.
- Bestimmen Sie die resultierende Kraft, welche die Glasscheibe aushalten muss.
- 9.11 Bestimmen Sie die Höhe über dem Meeresspiegel, auf welcher der Luftdruck nur noch dem e-ten Teil des Wertes auf Meereshöhe entspricht.
- Hinweis:
- Die Dichte von Luft beträgt auf Meereshöhe etwa 1 kg/m^3 .

Lösungen

9.1 Massgebend für das Versinken im Schnee ist der Druck.
Je kleiner die Auflagefläche ist, desto grösser ist der Druck.
Ein Wanderer hat mit seinen Schuhen eine kleinere Auflagefläche als ein Skifahrer mit seinen Skis.
Daher versinkt der Wanderer, der Skifahrer jedoch nicht.

9.2 a) $F = 40 \text{ N}$
b) $F = 3.2 \text{ kN}$

9.3 $m = 100 \text{ kg}$

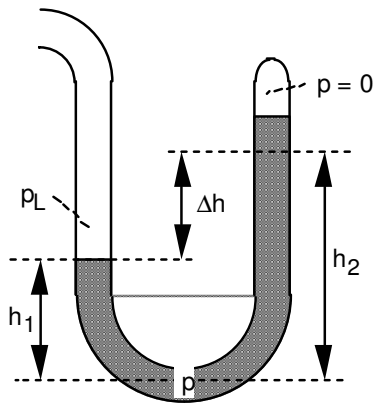
9.4 a) $F = 2.0 \text{ kN}$
b) $p_u = 10 \text{ bar}$

9.5 Eine Flüssigkeit ist (fast) nicht kompressibel.
Ein Gas ist kompressibel.

9.6 $F = 10 \text{ kN}$

9.7 a) $F = 10 \text{ N}$
b) $F = 20 \text{ N}$
c) Masse der Wassermenge im Röhrchen

9.8 a)



Der Druck p zuunterst im U-Rohr ist gegeben durch

$$p = p_L + \rho_{F1} g h_1 \quad (\text{wenn man die linke Seite des U-Rohres betrachtet})$$

$$p = \rho_{F1} g h_2 \quad (\text{wenn man die rechte Seite des U-Rohres betrachtet})$$

$$\Rightarrow p_L + \rho_{F1} g h_1 = \rho_{F1} g h_2$$

$$\Rightarrow p_L = \rho_{F1} g h_2 - \rho_{F1} g h_1 = \rho_{F1} g (h_2 - h_1) = \rho_{F1} g \Delta h$$

b) (siehe nächste Seite)

- b) Je grösser die Dichte ρ der verwendeten Flüssigkeit ist, desto kleiner ist der gemessene Höhenunterschied Δh bei gleichem Luftdruck.
Quecksilber hat eine Dichte, die rund 13.5 mal so gross ist wie diejenige von Wasser.
Ein Wasser-Barometer müsste also rund 13.5 mal so hoch sein wie ein Quecksilber-Barometer und hätte daher keinen Platz in einem normalen Raum.
- c) Ann.: $\Delta h = 71.4 \text{ cm}$
 $p_L = \rho_{\text{Hg}} g \Delta h = 13.5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ N/kg} \cdot 0.714 \text{ m} = 9.46 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 946 \text{ hPa}$
- 9.9 a) $p_S = \rho_{\text{Hg}} g h = 13.5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ N/kg} \cdot 100 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 13.5 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 135 \text{ hPa}$
b) Überdruck
- 9.10 $F = 5.6 \text{ kN}$
- 9.11 $h \approx 10'000 \text{ m}$