

FERIENKURS EXPERIMENTALPHYSIK 1

2011

Übung 3

1. Katapult (*)

Ein menschliches Haar habe ein Elastizitätsmodul $E = 5 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$. Nehmen Sie an, dass sich das Haar elastisch verhält, bis es für Dehnungen größer als 10% beschädigt wird. Berechnen Sie das Volumen an Haar, das Archimedes 250 v.C. für ein Katapult benötigte, um einen Fels von 50 kg auf eine Geschwindigkeit von 20 m/s zu beschleunigen.

2. Schwimmender Quader (**)

Betrachten Sie einen schwimmenden Körper in Form eines flachen Quaders mit Höhe c und quadratischer Grundfläche der Kantenlänge a , der aus einem Material homogener Dichte besteht.

- Zeigen Sie, dass sich die untergetauchte Höhe zur Gesamthöhe des Quaders so verhält, wie die Dichte seines Materials zur Dichte von Wasser.
- Der schwimmende Körper befinde sich nun in einem Wasserbecken der Fläche A mit der Wassertiefe h_0 . Zeigen Sie, dass die Eintauchtiefe im Gleichgewicht die potentielle Energie des Gesamtsystems aus Körper und Wasser minimiert.

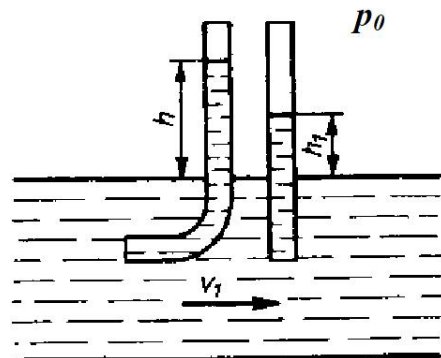
3. Oberflächenspannung (**)

Zwei Glasplatten werden in einem Abstand $d = 0.1 \text{ mm}$ zueinander justiert und anschließend mit einer offenen Seite in Wasser getaucht. Wie hoch steigt das Wasser, wenn Sie davon ausgehen, dass Wasser eine Oberflächenspannung von $\Delta\sigma = 72.75 \cdot 10^{-3} \text{ J/m}^2$ ($\Delta\sigma = \sigma_{\text{Luft-Wand}} - \sigma_{\text{Wasser-Wand}}$) besitzt und außerdem Randeffekte vernachlässigen?

4. Dynamischer Druck (*)

Zur Messung des dynamischen Drucks wird ein rechtwinklig gebogenes und ein gerades Rohr in strömendes Wasser getaucht (s. Abbildung).

- Wie hoch steigt die Flüssigkeit in diesem gekrümmten Rohr auf, wenn sie in einem an gleicher Stelle eingetauchten geraden Rohr eine Steighöhe $h_1 = 10 \text{ cm}$ erreicht und wenn die

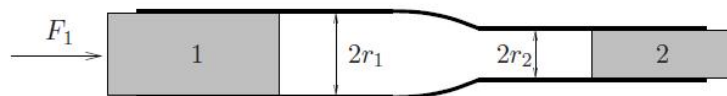


Strömungsgeschwindigkeit an der gegebenen Stelle gleich $v_1 = 1.4 \text{ m/s}$ ist? Wie groß ist demnach der dynamische Druck im Wasser?

- b) Geben Sie den statischen und den Gesamtdruck im Wasser an, wenn der Umgebungsdruck $p_0 = 1013 \text{ mbar}$ ist.

5. Wasserführendes Rohr (*)

Betrachten Sie ein gerades wasserführendes Rohr, das sich vom Radius r_1 auf den Radius r_2 verengt und auf beiden Seiten mit beweglichen Kolben verschlossen ist (s. Abbildung). Auf den linken Kolben wird zusätzlich zum Atmosphärendruck p_0 die Kraft F_1 ausgeübt, auf den rechten Kolben wirkt von außen nur der Atmosphärendruck. Das System befinde sich in einem stationären Zustand. Betrachten Sie das Wasser als inkompressibel und reibungsfrei.



Wie groß sind die Geschwindigkeiten v_1 und v_2 der beiden Kolben?

Mit welcher Kraft F_2 wird der rechte Kolben aus dem Rohr herausgedrückt?

Wie groß ist der Druck im Wasser vor der Verengung (p_1) und nach der Verengung (p_2)?

Was geschieht im Fall $r_1 = r_2$?

6. Trichter (**)

Aus einem bis zur Höhe H mit Wasser gefüllten Trichter mit dem vollen Öffnungswinkel $\alpha = 60^\circ$ strömt Wasser durch ein waagrechtes Rohr mit Innendurchmesser d und Länge L in ein Vorratsgefäß.

- Wie sieht die Höhe $H(t)$ des Wasserspiegels im Trichter als Funktion der Zeit aus?
- Wie ist die Wasserdurchflussmenge $M(t)$?
- Nach welcher Zeit T ist alles Wasser ausgeflossen, wenn $H = 30 \text{ cm}$, $d = 0.5 \text{ cm}$ und $L = 20 \text{ cm}$ ist? Die Zähigkeit beträgt $\eta = 1.0 \cdot 10^{-3} \text{ Pas}$, die Dichte $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.
- Wie ändert sich die Füllzeit für ein 4-Liter Gefäß, wenn man den Trichter mit $V = 4 \text{ l}$ durch Nachgießen immer voll hält?

7. Fass mit Glyzerin (**)

Ein Fass (Durchmesser $d = 1 \text{ m}$) ist mit Glyzerin ($\rho_{\text{Gl}} = 1.26 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$) bis zum oberen Rand gefüllt. Auf Höhe des Fassbodens ragt ein horizontales Rohr der Länge $L = 70 \text{ cm}$ mit Innendurchmesser $d_{\text{Rohr}} = 1 \text{ cm}$.

- a) Zu Beginn sei das Rohr verschlossen. Zur Bestimmung der Viskosität η des Glycerins wird die Gleichgewichts-Sinkgeschwindigkeit einer Stahlkugel mit $v = 9 \text{ cm/s}$ gemessen (Radius $r_{\text{Kugel}} = 6 \text{ mm}$, Dichte $\rho_{\text{Kugel}} = 7.8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$). Berechnen Sie η .
- b) Nach dem Öffnen des Rohrs werde der Pegel des Glycerins durch ständiges Zufüllen von $I = 3.7 \text{ cm}^3/\text{s}$ (Flüssigkeitsstrom) konstant gehalten. Berechnen Sie unter Annahme laminarer Strömung im Rohr die Höhe h des Fasses.
- c) Wie groß ist die mittlere Glyceringeschwindigkeit im Rohr?
- d) Die Zufuhr von Glycerin werde gestoppt. Nach welcher Zeit ist das Fass halb leer?

8. Tiefenmesser (**)

Als einfaches Tiefenmessgerät stelle man sich einen Glaszylinder der Länge $l_0 = 50 \text{ cm}$ mit einer aufgebrachten Skala vor der oben abgeschlossen ist und unten offen. Taucht man den Zylinder mit der offenen Seite nach unten senkrecht ins Wasser (Dichte von Wasser: $\rho_W = 1000 \text{ kgm}^{-3}$), so lässt sich am Wasserpegel im Zylinder die Tauchtiefe ablesen.

- a) Wie groß ist der durch das Wasser verursachte Druck in 5 m Tiefe?
- b) Wie weit ist in dieser Tiefe Wasser in den Kolben gedrückt?
Hinweis: Verwenden Sie die Kompressibilität κ (Kompressibilität von Luft: $\kappa_L = 0.99 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}^{-1}$)
- c) In welcher Tiefe war der Taucher, wenn er bemerkt, dass sich der Wasserpegel im Zylinder um 1 mm ändert, wenn er 1 m tiefer taucht?

9. Ballon (*)

Ein Heißluftballon mit Volumen $V_0 = 3000 \text{ m}^3$ befindet sich auf der Erdoberfläche (Druck $p_0 = 1000 \text{ hPa}$, Dichte $\rho_0 = 1.293 \text{ kgm}^{-3}$, Temperatur $T = 0 \text{ °C}$ überall konstant).

- a) Berechnen Sie den Luftdruck und die Luftdichte in 600 m Höhe.
- b) Berechnen Sie die Auftriebskraft des Ballons auf der Erdoberfläche und in 600 m Höhe.
- c) Welche Masse dürfen Ballonhülle, -korb und die Last zusammen höchstens haben um auf eine Höhe von 600 m zu gelangen?

10. Energie eines Gases (*)

Ein Raum des Volumens 40 m^3 enthalte ein Gas mit dem Druck $p = 1000 \text{ hPa}$.

- a) Berechnen Sie die gesamte translatorische kinetische Energie aller Gasmoleküle, die sich in diesem Raum befinden.

- b) Nehmen Sie an, das Gas in diesem Raum sei bei einer hohen Temperatur und bestehe vollständig aus zweiatomigen Molekülen für die alle Freiheitsgrade angeregt sind. Berechnen Sie die zusätzliche Rotations- und Vibrationsenergie des Gases.

11. Stickstoffmoleküle (*)

- a) Bestimmen Sie die mittlere Geschwindigkeit eines Stickstoffmoleküls in einem Gas bei $T = 25^\circ\text{C}$ mithilfe der Maxwell-Boltzmann-Geschwindigkeitsverteilung.
- b) Wie groß ist die Anzahl N der Stickstoffmoleküle in einem Volumen von 1 m^3 bei einem Druck von 1000 hPa und welcher Stoffmenge entspricht das?

12. Maxwell-Boltzmann-Geschwindigkeitsverteilung (**)

Im thermischen Gleichgewicht ist die Geschwindigkeitsverteilung durch die Maxwell-Boltzmann-Verteilung gegeben.

- a) Bestimmen Sie die wahrscheinlichste Geschwindigkeit der Verteilung.
- b) Bestimmen Sie das mittlere Geschwindigkeitsquadrat.

Hinweis: Die Tatsache, dass $x^n e^{-ax} = \left(-\frac{d}{da}\right)^n e^{-ax}$ ist, könnte nützlich sein.