

FERIENKURS EXPERIMENTALPHYSIK 1

2012

Übung 3

1. 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.

2. Oberflächenspannung (**)

- Zwei Glasplatten werden in einem Abstand $d = 0.1$ 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?

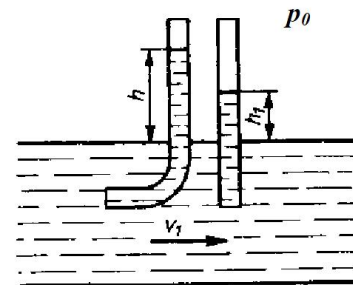
Hinweis: Bedenken Sie, dass die Gesamtenergie des Systems minimal sein muss.

- Eine Seifenblase zerplatze in Tröpfchen. Um die Geschwindigkeit der Tröpfchen grob abzuschätzen, nehme man an, dass Tröpfchen mit gleicher Geschwindigkeit entstehen. Wie groß ist die Geschwindigkeit der Tröpfchen, wenn die Seifenblase einen Radius von 6 cm und eine Masse von 0,1 g hat? Der Vorgang des Zerplatzens gehe ohne Verluste durch Reibung vonstatten und die Oberflächenspannung der entstehenden Tröpfchen selbst kann vernachlässigt werden. Die Seifenlösung habe die Oberflächenspannung $\sigma = 0.02 \text{ N/m}$.

3. 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 einge-

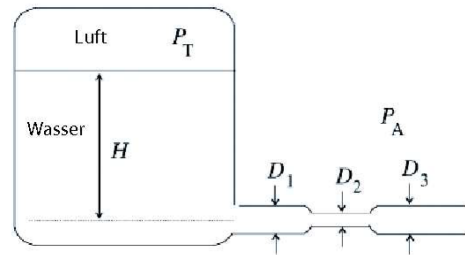


tauchten geraden Rohr eine Steighöhe $h_1 = 10$ cm erreicht und wenn die Strömungsgeschwindigkeit an der gegebenen Stelle gleich $v_1 = 1.4$ m/s ist? Wie groß ist demnach der dynamische Druck im Wasser?

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

4. Wasserbehälter (**)

In der gezeigten Anordnung herrscht der konstante Druck p_T im geschlossenen Teil des Gefäßes über der Flüssigkeit. Das Gefäß wird von Luft bei Normaldruck p_A umgeben. Die Schwerkraft wirke in vertikaler Richtung. Das Strömungsverhalten sei charakteristisch für eine ideale Flüssigkeit.



- a) Wie groß muss der Druck p_T mindestens sein, damit die Flüssigkeit ausläuft? (Gehen Sie von der einfachst möglichen Annahme über das Verhalten der Flüssigkeit am Ausfluss aus.)
- b) Wenn der Druck in einer strömenden Flüssigkeit unter den Dampfdruck p_D fällt, kommt es zur Bildung von Blasen. Diskutieren Sie unter Angabe der relevanten Gleichungen, wo und für welche Werte von $p_T > p_D$ es im gezeigten System beim Auslaufen zuerst zu einer Blasenbildung kommt. (Die Geschwindigkeit des Wassers im Behälter selbst sei vernachlässigbar.)

5. Trichter (***)

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

- a) Wie sieht die Höhe $H(t)$ des Wasserspiegels im Trichter als Funktion der Zeit aus? Hinweis: Reibungseffekte im Rohr sind hier nicht vernachlässigbar!
- b) Wie ist die Wasserdurchflussmenge $M(t)$?
- c) Nach welcher Zeit T ist alles Wasser ausgeflossen, wenn $H = 30$ cm, $d = 0.5$ cm und $L = 20$ cm ist? Die Zähigkeit beträgt $\eta = 1.0 \cdot 10^{-3}$ Pas, die Dichte $\rho = 1000$ kg/m³.
- d) Wie ändert sich die Füllzeit für ein 4-Liter Gefäß, wenn man den Trichter mit $V = 4$ l durch Nachgießen immer voll hält?

6. Fass mit Glyzerin (**)

Ein Fass (Durchmesser $d = 1$ m) ist mit Glyzerin ($\rho_{\text{Gl}} = 1.26 \cdot 10^3$ kg/m³) bis zum oberen Rand gefüllt. Auf Höhe des Fassbodens ragt ein horizontales Rohr der Länge $L = 70$ cm mit Innendurchmesser $d_{\text{Rohr}} = 1$ cm.

- Zu Beginn sei das Rohr verschlossen. Zur Bestimmung der Viskosität η des Glyzerins wird die Gleichgewichts-Sinkgeschwindigkeit einer Stahlkugel mit $v = 9$ cm/s gemessen (Radius $r_{\text{Kugel}} = 6$ mm, Dichte $\rho_{\text{Kugel}} = 7.8 \cdot 10^3$ kg/m³). Berechnen Sie η .
- Nach dem Öffnen des Rohrs werde der Pegel des Glyzerins durch ständiges Zufüllen von $I = 3.7$ cm³/s (Flüssigkeitsstrom) konstant gehalten. Berechnen Sie unter Annahme laminarer Strömung im Rohr die Höhe h des Fasses.
- Wie groß ist die mittlere Glyzeringeschwindigkeit im Rohr?
- Die Zufuhr von Glyzerin werde gestoppt. Nach welcher Zeit ist das Fass halb leer?

7. Ballon (*)

Ein Heißluftballon mit Volumen $V_0 = 3000$ m³ befindet sich auf der Erdoberfläche (Druck $p_0 = 1000$ hPa, Dichte $\rho_0 = 1.293$ kgm⁻³, Temperatur $T = 0$ °C überall konstant).

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

8. Stickstoffmoleküle (*)

- Bestimmen Sie die mittlere Geschwindigkeit eines Stickstoffmoleküls in einem Gas bei $T = 25$ °C mithilfe der Maxwell-Boltzmann-Geschwindigkeitsverteilung.
- Wie groß ist die Anzahl N der Stickstoffmoleküle in einem Volumen von 1 m³ bei einem Druck von 1000 hPa und welcher Stoffmenge entspricht das?

9. Zeitdilatation (*)

Myonen sind Elementarteilchen, welche im Mittel nach $\tau = 2.2$ μ s zerfallen. In einem Teilchenbeschleuniger der Länge 3 km hat man Myonen auf fast Lichtgeschwindigkeit beschleunigt.

- Wenn man klassisch rechnet, welche Strecke legt ein Myon im Mittel während seiner Lebenszeit zurück?

- b) Nun möchte man den Myonenstrahl aber gerne über möglichst die gesamte Länge des Beschleunigers schicken, und in der Tat kann man das auch. Erklären Sie diesen Sachverhalt. Welche Strecke kann ein Myon im Mittel zurücklegen, wenn seine Geschwindigkeit 99% der Lichtgeschwindigkeit beträgt?
- c) In seinem eigenen Bezugssystem lebt das Myon jedoch nur $2.2 \mu\text{s}$. Warum muss das Myon jetzt nicht schneller als die Lichtgeschwindigkeit fliegen?

10. Anruf von Erde (***)

Zum Zeitpunkt $t = 0$ startet von der Erde (Bezugssystem S , Ort $x = 0$) ein Raumschiff (Bezugssystem S' , Ort $x' = 0$) mit der der Geschwindigkeit v in x -Richtung. Die Erde funkt zum Zeitpunkt $\tau = 1 \text{ d}$ die Nachricht 'Alles klar?'. Das Raumschiff hat einen Empfänger für dieses Signal dabei.

- a) Zeigen Sie: Wenn der Funkspruch empfangen wird, hat das Raumschiff bezüglich S den Ort $x = \frac{v\tau}{1-v/c}$ und die Uhr von S zeigt die Zeit $t = \frac{\tau}{1-v/c}$.
- b) Benutzen Sie das Ergebnis von a) um die Ankunftszeit des Funkspruches bezüglich S' zu berechnen.

11. Erde, Rakete, Meteor (*)

Die Erde, eine bemannte Rakete und ein Meteor bewegen sich zufällig in die gleiche Richtung. An der Erde fliegt die Rakete mit einer von der Erde beobachteten Geschwindigkeit von $v_{E,R} = \frac{3}{4}c$ vorbei. An der Rakete fliegt der Meteor mit einer von der Raketenmannschaft beobachteten Geschwindigkeit von $v_{R,M} = \frac{1}{2}c$ vorbei.

- a) Welche Geschwindigkeit hat der Meteor von der Erde aus beobachtet?
- b) Zeichnen Sie ein Minkowski-Diagramm für diese Situation aus der Sicht der Raketenbesatzung.