

FERIENKURS EXPERIMENTALPHYSIK 1

2010

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.

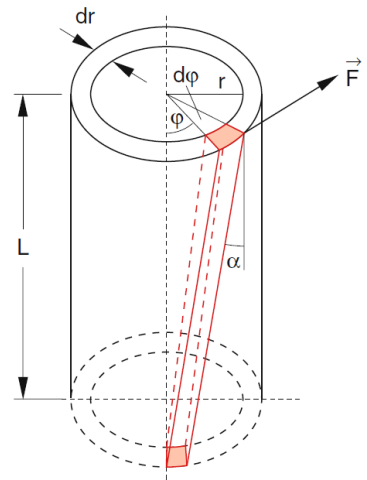
2. Stahlseil (**)

Welche Längenänderung erfährt ein Stahlseil (Elastizitätsmodul Stahl: $E_{\text{St}} = 2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$, Dichte Stahl: $\rho_{\text{St}} = 7.7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$) der Länge $L = 9 \text{ km}$, wenn es

- in einem senkrechten Schacht hängt?
- im Meer (Dichte Wasser: $\rho_{\text{W}} = 1.03 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$) abgesenkt wird?

3. Torsion eines Drahtes (**)

Gegeben sei ein zylindrischer Draht mit Radius R und der Länge $L \gg R$ an dessen oberem Ende eine Kraft \vec{F} tangential angreift (s. Abbildung). Berechnen Sie das aufgrund der Torsion des Drahtes wirkende rücktreibende Drehmoment D_r .



4. Durchbiegung eines Rohres (*)

Berechnen Sie mit Hilfe der Formel aus der Vorlesung die maximale Durchbiegung eines einseitig eingespannten kreisrunden Rohres der Länge L mit Innendurchmesser R_1 , Außendurchmesser R_2 und einem Elastizitätsmodul E unter einer Belastung F .

Hinweis: Das polare (bezogen auf den Schwerpunkt) Flächenträgheitsmoment ist die Summe der beiden axialen (bezogen auf die neutrale Faser) Flächenträgheitsmomente welche hier benötigt werden: $J_p = J_x + J_y$.

5. 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.

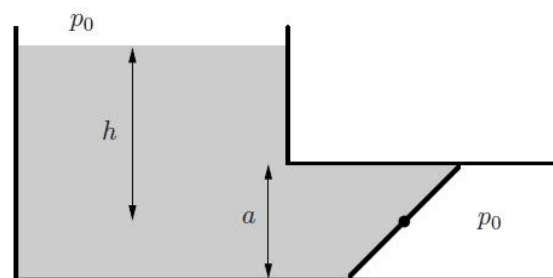
- Zeigen Sie, dass sich die untergetauchte Höhe zur Gesamthöhe des Quaders so verhält, wie die Dichte seines Materials zur Dichte von Wasser.
- Der schwimmende Körper befinde sich nun in einem Wasserbecken der Fläche A mit der Wassertiefe h_0 . Zeigen Sie, dass die Eintauchtiefe im Gleichgewicht die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

6. 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 $\Delta\sigma = 72.75 \cdot 10^{-3}$ J/m² ($\Delta\sigma = \sigma_{\text{Luft-Wand}} - \sigma_{\text{Wasser-Wand}}$) besitzt und außerdem Randeffekte vernachlässigen?
- Nun werden zwei gleichartige rechteckige Glasplatten an einer Seite auf 1 mm Abstand gehalten (z.B. durch ein dazwischen geklemmtes Streichholz), auf der anderen Seite berühren sie sich. Dann wird das Ganze so in ein Gefäß mit Wasser gestellt, dass die Seite an der sich die Platten berühren, senkrecht zur Wasseroberfläche steht. Welche Kurve bildet die Oberfläche der zwischen den Platten aufgestiegenen Flüssigkeit entlang der Symmetrieebene zwischen den Platten?

7. Ablauf mit Klappe (**)

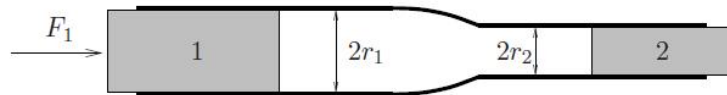
Der in der Abbildung dargestellte rechtwinklige Ablauf der Höhe $a = 12$ m ist mit einer rechteckigen (Breite $b = 10$ m) um $\alpha = 45^\circ$ geneigten drehbaren Klappe verschlossen. Die Achse, in der die Klappe gelagert ist, befindet sich $h = 18$ m unterhalb der Wasseroberfläche und in der Mitte des Ablaufs. Der Druck der umgebenden Luft ist $p_0 = 1013$ hPa.



- Warum öffnet sich die Klappe nicht von selbst?
- Berechnen Sie das Drehmoment, das nötig ist, um die Klappe zu öffnen.

8. 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?

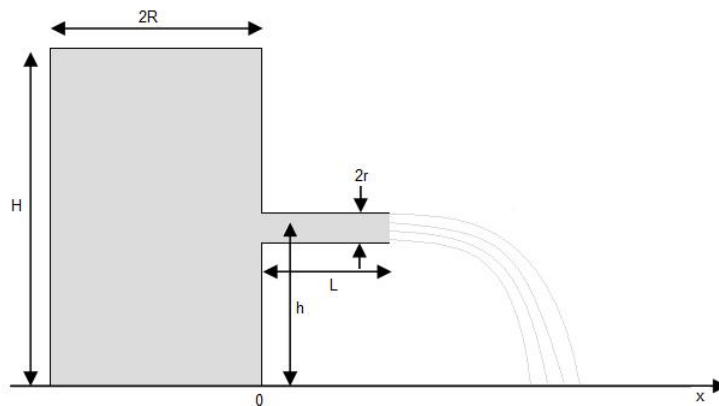
Mit welcher Kraft F_2 wird der rechte Kolben aus dem Rohr herausgedrückt?

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

Was geschieht im Fall $r_1 = r_2$?

9. Zylinder (**)

Aus einem mit Flüssigkeit bis zur Höhe H gefüllten Zylinder kann die Flüssigkeit aus einer seitlichen Öffnung in der Höhe h austreten (s. Abbildung).



- Man berechne für eine reibungsfreie Flüssigkeit den Auftreffpunkt x und die Auftreffgeschwindigkeit v_a für $z = 0$. Vergleiche mit der Fallgeschwindigkeit, die ein aus der Höhe $z = H$ frei fallender Körper hat.
- Wie ist die Zeitfunktion des Flüssigkeitsspiegels im Zylinder mit Radius R bei einer Flüssigkeit mit der Zähigkeit η , die in der Höhe $h = 0$ durch eine Röhre der Länge L mit Radius $r \ll R$ ausfließt?

10. 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 $H = 30$ 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.
- Wie ändert sich die Füllzeit für ein 4-Liter Gefäß, wenn man den Trichter mit $V = 4$ l durch Nachgießen immer voll hält?

11. Fass mit Glycerin (**)

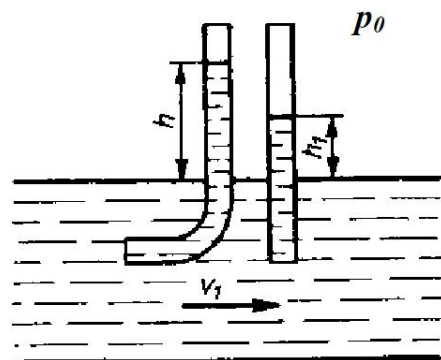
Ein Fass (Durchmesser $d = 1$ m) ist mit Glycerin ($\rho_{\text{Gl}} = 1.26 \cdot 10^3$ kg/m³) bis zum oberen Rand gefüllt. Auf Höhe des Fassbodens ragt ein horizontales Rohr der Länge $L = 70$ cm mit Innendurchmesser $d_{\text{Rohr}} = 1$ cm.

- Zu Beginn sei das Rohr verschlossen. Zur Bestimmung der Viskosität η des Glycerins 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 Glycerins 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 Glyceringeschwindigkeit im Rohr?
- Die Zufuhr von Glycerin werde gestoppt. Nach welcher Zeit ist das Fass halb leer?

12. 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 $h_1 = 10$ 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.