

## Übungen zur Experimentalphysik I — Blatt 12

### Aufgabe 1: *Was stimmt hier nicht?*

3 Punkte

Auf einer Waagschale einer Balkenwaage befindet sich ein eisernes Gewichtsstück, auf der anderen ein Stück Styropor. Der Zeiger der Waage weist auf den Nullpunkt der Skala, was bedeutet, dass die auf die beiden Waagschalen wirkenden Kräfte gleich groß sind. Da Körper gleichen Gewichts auch die gleichen Massen haben, schließen wir, dass die Masse des Gewichtsstücks gleich der Masse des Styropors ist. In Wirklichkeit ist die Masse des Styropors jedoch größer.

Können Sie erklären, warum? Berechnen Sie den Masseunterschied unter der Annahme, dass das Styropor ein Volumen von  $8 \text{ dm}^3$  einnimmt.

### Aufgabe 2: *Gesetz von Hagen-Poiseuille*

5 Punkte (2,5 + 2,5)

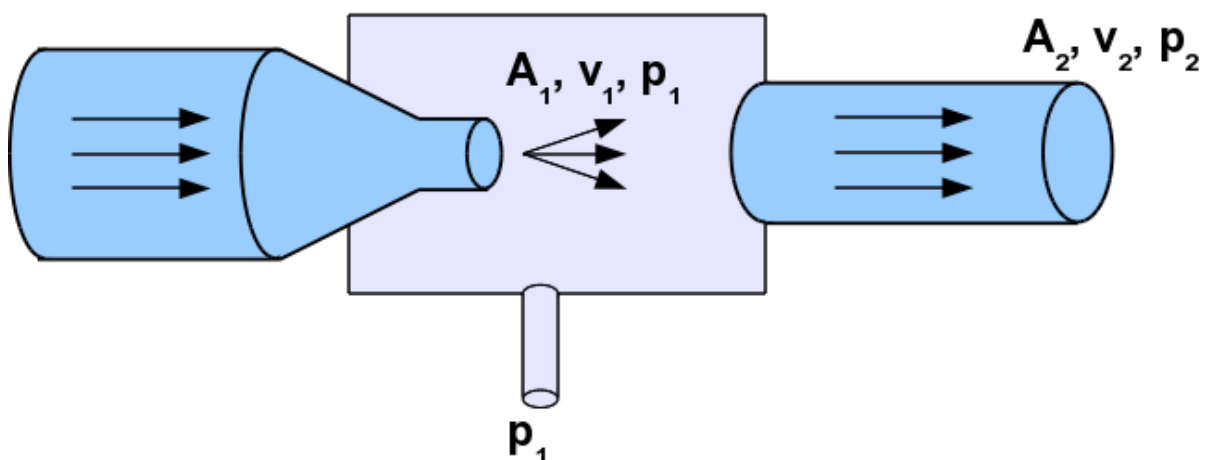
Eine Flüssigkeit der Viskosität  $\eta$  ströme laminar durch ein gerades zylinderförmiges Rohr mit Innenradius  $R$ . Zwischen den Enden eines Teilstücks mit der Länge  $L$  herrsche eine Druckdifferenz  $\Delta p$ .

- Bestimmen Sie aus dem Gleichgewicht der Kräfte, die auf jeden Flüssigkeitszylinder mit Radius  $r \leq R$  wirken, das Geschwindigkeitsprofil  $v(r)$  ( $r$ : Abstand von der Mittellinie des Rohrzyllinders).
- Leiten Sie daraus das Gesetz von Hagen-Poiseuille her.

### Aufgabe 3: *Wasserstrahlpumpe (Vorlesungsversuch)*

4 Punkte

Aus der Austrittsöffnung einer Wasserstrahlpumpe  $A_2 = 0,80 \text{ cm}^2$  strömt Wasser mit einer Geschwindigkeit von  $v_2 = 2,4 \text{ m/s}$ . Wie eng muss die Düse der Pumpe mindestens sein, damit dort ein Druck von höchstens  $p_1 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ Pa}$  (Dampfdruck von Wasser bei Raumtemperatur) herrscht? Berechnen Sie die maximale Fläche  $A_1$ ; wie groß ist dann an dieser Stelle die Strömungsgeschwindigkeit  $v_1$  des Wassers? (Atmosphärendruck:  $10^5 \text{ Pa}$ )



### Aufgabe 4: Seifenblasen

5 Punkte (1,5 + 2 + 1,5)

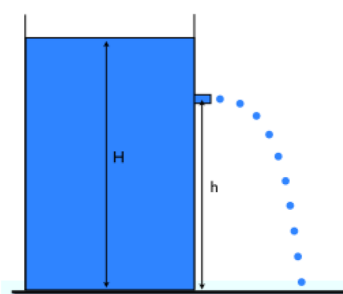
Drei Seifenblasen mit den Radien  $r_1 = 3$  cm,  $r_2 = 4$  cm und  $r_3 = 5$  cm stoßen zusammen und bilden gemeinsam eine große Seifenblase. Die Oberflächenspannung von Seifenlauge beträgt  $\sigma = 0,03$  N/m (in Bezug auf Luft).

- Leiten Sie die Formel für den Innenüberdruck in einer Seifenblase her und berechnen Sie jeweils den Innendruck der drei Seifenblasen vor der Verschmelzung.
- Wie groß ist der Innendruck der großen Seifenblase am Schluss, wenn sie die gleiche Luftmenge einschließt wie die drei kleinen Seifenblasen zu Beginn? Nehmen Sie die Luft hier als inkompressibel an. Wie gut ist diese Näherung?
- Diskutieren Sie, wieso man diese Blasen mit Seifenlauge und nicht mit Wasser oder anderen Flüssigkeiten macht.

### Aufgabe 5: Wasserfass

5 Punkte (2+2+1)

Aus einem zylinderförmigen Fass der Höhe  $H = 1,4$  m mit Radius  $R = 1$  m kann durch ein dünnes Rohr in der Höhe  $h$  Flüssigkeit austreten.



- Berechnen Sie für eine reibungsfreie Flüssigkeit den Auftreffpunkt  $x$  auf dem Erdboden ( $|z| = 0$ ) und die Auftreffgeschwindigkeit  $v_x(H, h)$  und  $v_z(H, h)$  und  $|v|$ . Vergleichen Sie das Ergebnis mit einem Körper, der frei aus der Höhe  $H$  fällt.
- Benutzen Sie das Gesetz von Hagen-Poiseuille um die Zeitfunktion des Flüssigkeitsspiegels,  $H(t)$ , im Fass herzuleiten für ein Austrittsrohr auf der Höhe  $h = 0$  ( $r \ll R$ ).
- Wenn das Fass zum Zeitpunkt  $t = 0$  s voll ist, um wie viel hat sich der Flüssigkeitsspiegel gesenkt 10 Sekunden nachdem eine Flüssigkeit der Viskosität  $\eta = 2,1$  mPas und einer Dichte von  $\rho = 950$  kg/m<sup>3</sup> angefangen hat, aus dem Ausflussrohr der Länge  $L = 0,05$  m und Radius  $r = 0,5$  cm zu fließen?

### Aufgabe 6: Kapillarrohr

3 Punkte

Zeigen Sie, dass die Steighöhe  $h$  einer Flüssigkeit der Dichte  $\rho$  in einem Kapillarrohr allgemein gegeben ist durch:

$$h = \frac{2\sigma \cos \varphi}{r g \rho}$$

mit dem Randwinkel  $\varphi$ , der Oberflächenspannung  $\sigma$  zwischen Flüssigkeit und Luft, dem Innenradius  $r$  der Kapillare und der Erdbeschleunigung  $g$ .

Ein Kapillarrohr mit 0,5 mm Innendurchmesser wird nun in Wasser getaucht. Wie hoch steigt das Wasser? ( $\sigma = 72 \cdot 10^{-3}$  N/m)

**Allgemeiner Hinweis:** Bitte rechnen Sie grundsätzlich so lange wie möglich mit den Variablen, d.h. setzen Sie die gegebenen Zahlenwerte erst ganz am Schluss ein.