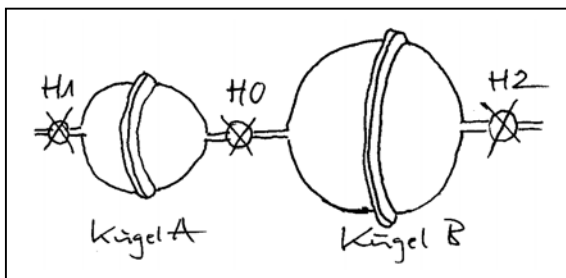


1. Die Luftdichte bei  $0^\circ\text{C}$  und 760 Torr beträgt  $0,001293 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .
- Ist die Luftdichte  $\rho_L$  bezogen auf die Dichte bei Normalbedingungen  $\rho_{L,0}$  (101,3 kPa, 298 K) bei höherer Temperatur kleiner oder größer als  $\rho_{L,0}$ ?
  - Ist  $\rho_L$  bei niedrigerem Druck (bezogen auf Normalbedingungen) kleiner oder größer als  $\rho_{L,0}$ ?
  - Bestimme die Dichte der Luft bei 750 Torr und  $27,3^\circ\text{C}$ .

Anm.: Gehen Sie von der Beziehung  $p \cdot V = N \cdot k \cdot T$  aus.

Lösung:  $(p/T \cdot \rho) = \text{konst.}$ , c):  $1,16 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .

2. Die gezeigte Apparatur besteht aus zwei auseinander zu nehmenden Hohlkugeln A und B, die über einen Hahn H0 miteinander verbunden sind und über die Hähne H1 und H2 mit Gas gefüllt werden können.



Die Apparatur soll zur Bestimmung des Gesamtkarbonats in historischen Mörteln verwendet werden. Hierfür sind die exakten Volumina der beiden Apparatehälften  $V_A$  und  $V_B$  zu bestimmen.

Hierzu wird die Apparatur zunächst an der Luft gewogen. Die Masse  $m_1$  beträgt 356 g (H1 und H2 geschlossen, H0 offen). Anschließend werden alle Hähne geöffnet und die gesamte Apparatur mit Stickstoff aus einer Gasflasche über H1 gespült und dabei alle Luft aus der Apparatur verdrängt. Dann wird H2 geschlossen, der Stickstoffdruck aus der Gasflasche auf  $p_A = 5 \text{ kbar}$  erhöht und schließlich auch H1 und H0 geschlossen. H2 wird jetzt mit einem Manometer versehen und gegen die Umgebungsluft geöffnet. Der gemessene Druck ist  $p_B = 1000 \text{ mbar}$ . Nachdem H2 wieder geschlossen wurde, wird H0 geöffnet. Der Druck in der Apparatur beträgt nun  $p = 2,6 \text{ kbar}$ .

Werden abschließend beide Kugeln vollständig mit Wasser gefüllt (H0 geöffnet, H1 und H2 geschlossen) beträgt die Masse der Apparatur  $m_2 = 4106 \text{ g}$ .

Wie groß sind  $V_A$  und  $V_B$ ?

Anm.: Gehen Sie wieder von der Beziehung  $p \cdot V = N \cdot k \cdot T$  aus. Die Temperatur sei konstant ( $T = 27,3^\circ\text{C}$ ) und der Luftdruck beträgt  $p_{\text{Luft}} = 1000 \text{ mbar}$ .

Lösung:  $V_A = 1,5 \text{ L}$  und  $V_B = 2,25 \text{ L}$ . (ohne Berücksichtigung der Masse an Luft  $m_{\text{Luft}}$ ).

Zusatzfrage: Wie groß ist der prozentuale Fehler der beiden Volumina, wenn die eingeschlossene Masse an Luft,  $m_{\text{Luft}}$ , nicht berücksichtigt wurde?

Lösung:  $\Delta V = 2 \text{ mL}$

3. In einer einseitig verschlossenen Glasröhre ist durch eine Quecksilbersäule ein Luftvolumen eingeschlossen. Stellt man die Röhre so auf, dass das geschlossene Ende oben ist, hat die Luftsäule im Rohr die Länge  $L_1$  und die Quecksilbersäule die Höhe  $h$ . Dreht man das Rohr, so dass sich das Quecksilber über der Luftsäule befindet, beträgt deren Länge  $L_2 < L_1$ .

Wie groß ist der Luftdruck  $H$  (in Torr)?

*Lösung:*  $H = h(L_1 + L_2)/(L_1 - L_2)$

4. Ein Kirchenraum (Kapelle) soll begast werden. Die kreisrunde Kapelle habe einen Durchmesser von 12 Metern. In einer Höhe von 5 Metern beginnt der Kuppelrand der kugelförmigen Kuppel. Der Radius der Kuppel beträgt 6 Meter. Der höchste Punkt der Kapelle befindet sich 11 Meter über dem Fußboden.  
Wie viele Druckgasflaschen mit einem Füllvolumen von je 20 Litern werden benötigt, wenn der Anfangsdruck 100 atm ist und der Enddruck der geleerten Gasflasche aus Sicherheitsgründen nicht weniger als 10 atm betragen darf?

*Anm.:* Der Gasdruck in der Kapelle soll bei 760 Torr (Außenluftdruck) gehalten werden. Die Temperatur ändert sich während der Begasung nicht.

Halten Sie die Methode für sinnvoll, wenn jede Flasche ca. 40€ kostet, ein Tankzug mit flüssigem Stickstoff (ca. 12000 L) aber etwa 6000,- €? Die Dichte von flüssigen Stickstoff beträgt  $\rho_{N_2,fl.} = 0,81 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$  (bei  $-196 \text{ }^\circ\text{C}$  und 1 bar); die von gasförmigem  $N_2$  bei 1 bar und  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  ist  $\rho_{N_2,gasf.} = 1,17 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

*Lösung:* Eine Gasflasche würde (theoretisch)  $1,8 \text{ m}^3$  Stickstoff bei 101,3 kPa und  $T = \text{konst.}$  bereitstellen. Der Kirchenraum beträgt  $1017 \text{ m}^3$ . Ein Liter flüssiger Stickstoff entspannt sich bei  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  und 103,3 kPa auf  $0,67 \text{ m}^3$ .

5. Bestimme das Molvolumen  $v_{\text{molar}}$  eines idealen Gases bei einem Druck von 3 atm und der Temperatur  $T = 400 \text{ K}$ .

Die universelle Gaskonstante beträgt  $R = 8,3145 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

*Lösung:*  $\approx 10,9 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$