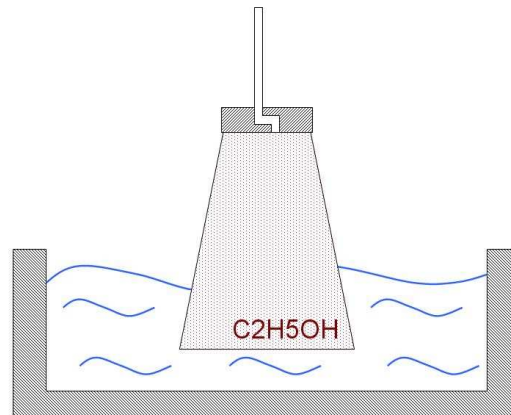


### Aufgabe 26



Ein Pyknometer ist ein Behälter aus Glas mit eingeschlifftem Stopfen, durch den eine kapillarförmige Öffnung führt. Es hat ein sehr genau bestimmtes Volumen und wird zur Dichtebestimmung von Flüssigkeiten verwendet. Ein solches Pyknometer mit dem Volumen  $V_0 = 30 \text{ cm}^3$  sei bei  $t_1 = 20 \text{ °C}$  mit Ethanol gefüllt. Die Masse  $m$  des eingefüllten Ethanols wurde auf einen Wert von  $23,670 \text{ g}$  bestimmt. Anschließend wird es in einem Wasserbad auf  $t_2 = 80 \text{ °C}$  erwärmt, wobei  $\Delta m = 1,451 \text{ g}$  Flüssigkeit durch die Kapillaröffnung aus dem Pyknometer austreten.

Berechnen Sie:

- die Dichte von Ethanol bei den beiden Temperaturen und
- den mittleren isobaren thermischen Volumenausdehnungskoeffizienten von Ethanol.

Hinweis:

Für den isobaren thermischen Volumenausdehnungskoeffizienten  $\beta$  gilt:  $\beta = \frac{1}{V} \left( \frac{dV}{dT} \right)_p$

### Aufgabe 27

Man berechne, um wieviel Prozent die Dichte des Wassers in 100 m Tiefe des Meeres gegenüber dem Wert an der Oberfläche zunimmt. Der Schweredruck des Wassers beträgt in 100 m Tiefe  $0,98 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ . Des Weiteren soll die Wassertemperatur unabhängig von der Tiefe einen konstanten Wert aufweisen.

Hinweis:

- Für den isothermen Kompressibilitätsfaktor  $\chi$  gilt:

$$\chi = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_T = 4,591 \cdot 10^{-10} \frac{1}{\text{Pa}}$$

### Aufgabe 28

In einem starren zylindrischen Behälter werden 50 kg Wasser bei dem Umgebungsdruck  $p_U = 1 \text{ bar}$  von  $t_1 = 20 \text{ °C}$  auf  $t_2 = 50 \text{ °C}$  aufgeheizt.

- Welche Arbeit verrichtet das Wasser bei diesem Prozess?
- Wieviel Arbeit muss an dem Wasser verrichtet werden, wenn die unter a) entstandene Volumenänderung bei der konstanten Temperatur  $t_2 = 50 \text{ °C}$  durch Druckerhöhung (von 1 bar ausgehend) rückgängig gemacht wird?

Eigenschaften von Wasser:

- spezifisches Volumen:  $v (20 \text{ °C}, 1 \text{ bar}) = 1,005 \frac{\text{dm}^3}{\text{kg}}$
- thermischer Ausdehnungskoeffizient:  $\beta = \frac{1}{V} \left( \frac{dV}{dT} \right)_p = 2,7 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{K}}$
- isotherme Kompressibilität:  $\chi = -\frac{1}{V} \left( \frac{dV}{dp} \right)_T = 4,5 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{bar}}$

### Aufgabe 29

Ein Stahlfass ( $V_0 = 100 \text{ l}$ ) wird in der Raffinerie vollständig mit dem Wärmeträgeröl Marlotherm gefüllt und nach Druck- und Temperatúrausgleich mit der Umgebung ( $p_U = 1 \text{ bar}$ ,  $t_U = 20 \text{ °C}$ ) verschlossen. Während des Transports zum Verbraucher erwärmt sich das Stahlfass samt eingefülltem Marlotherm durch Sonneneinstrahlung auf die Temperatur  $t_1 = 50 \text{ °C}$ .

- Bestimmen Sie den Druck im Stahlfass aufgrund der Erwärmung unter der Voraussetzung, dass sich das Fassmaterial als Folge der Erwärmung nur unwesentlich ausdehnt, sodass das Stahlfass als starrer Behälter angesehen werden kann.
- Welcher Druck herrscht im Wärmeträgeröl, wenn das (geometrische) Volumen des Stahlfasses durch die Temperaturerhöhung von  $20 \text{ °C}$  auf  $50 \text{ °C}$  um  $0,1 \%$  zunimmt?

**Hinweise:** Marlotherm soll als reale, kompressible Flüssigkeit mit

- dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten:  $\beta = \frac{1}{V} \left( \frac{dV}{dT} \right)_p = 0,8 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}$
- und der isothermen Kompressibilität:  $\chi = -\frac{1}{V} \left( \frac{dV}{dp} \right)_T = 0,4 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{bar}}$

betrachtet werden.

### Aufgabe 30

Aus einem Tauchgerät tritt in der Tiefe von 40 m unter der Wasseroberfläche eine Luftblase der Masse  $m_{Luft} = 1,5 \text{ mg}$  aus. Die Temperatur des Wassers soll einheitlich mit  $t_W = 27 \text{ °C}$  angenommen werden. Der Druck an der Wasseroberfläche betrage  $p_U = 1 \text{ bar}$ .

- a ) Geben Sie den Druckverlauf im Wasser als Funktion der Tauchtiefe  $z$  an, gemessen von der Wasseroberfläche und berechnen Sie den lokalen Druck in 40 m Wassertiefe.
- b ) Wie groß ist das Volumen  $V_0$  der Luftblase beim Austritt aus dem Tauchgerät für die Näherung  $T_{L,0} = T_W$ ?
- c ) Bestimmen Sie die Auftriebskraft  $F_A$  der Luftblase als Funktion der Tauchtiefe  $z$  für die Näherung  $T_L = T_W = \text{const.}$
- d ) Welche Wärme  $Q_{01}$  wird der Luft in der Blase für die Näherung  $T_L = T_W = \text{const}$  während des Aufsteigens an die Wasseroberfläche zugeführt (kinetische und potentielle Energieänderungen seien dabei zu vernachlässigen)?

Hinweis:

- Die Luft soll als perfektes Gas mit  $R_L = 0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$  betrachtet werden.
- Dichte des Wassers  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \text{const.}$