

Aufgabe 32: Differenz von Wärmekapazitäten**(mündlich, 7 Punkte)**

Zeigen Sie, dass die Differenz der Wärmekapazitäten C_p und C_V folgende Relationen erfüllen:

$$\begin{aligned} \text{a) } C_p - C_V &= T \left. \frac{\partial p}{\partial T} \right|_V \left. \frac{\partial V}{\partial T} \right|_p, & \text{b) } C_p - C_V &= T V \frac{\gamma^2}{\kappa}, \\ \text{c) } C_p - C_V &= -T \left. \frac{\partial S}{\partial p} \right|_T \left. \frac{\partial S}{\partial V} \right|_T, & \text{d) } C_p - C_V &= -T \frac{\left(\left. \frac{\partial p}{\partial T} \right|_V \right)^2}{\left. \frac{\partial p}{\partial V} \right|_T}. \end{aligned}$$

Dabei ist γ der isobare Ausdehnungskoeffizient und κ ist die isotherme Kompressibilität.

Aufgabe 33: van der Waals-Gas**(mündlich, 6 Punkte)**

Ein reales Gas werde durch die van der Waals-Zustandsgleichung

$$\left(p + \frac{N^2 a}{V^2} \right) (V - N b) = N k_B T$$

beschrieben (vgl. Aufgabe 18).

a) Skizzieren Sie $p(V)$ bei verschiedenen Temperaturen.

b) Berechnen Sie die kritischen Größen V_c , p_c und T_c , bei denen $\frac{\partial p}{\partial V} = 0$ und $\frac{\partial^2 p}{\partial V^2} = 0$ sind. Wie groß ist die kritische Konstante $K_c = \frac{N k_B T_c}{p_c V_c}$?

Aufgabe 34: Dampfdruckkurve**(schriftlich, 7 Punkte)**

Die molare Verdampfungswärme von Wasser hat in guter Näherung die Form $Q_{\text{Ver}} = A - B \cdot T$, wobei $A = 58,61 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ und $B = 48,22 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$ sind.

Berechnen Sie, ausgehend von der Clausius-Clapeyron'schen Gleichung, die Dampfdruckkurve $p(T)$ von Wasser. Vernachlässigen Sie dabei das molare Volumen der flüssigen Phase und behandeln Sie den Dampf wie ein ideales Gas. Bei $T_0 = 100^\circ \text{C}$ betrage der Druck $p(T_0) = 1,01325 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$. Wie groß ist der Dampfdruck bei 40°C ? Skizzieren Sie $p(T)$.

Aufgabe 35: Bestimmung der Verdampfungswärme**(schriftlich, 4 Punkte)**

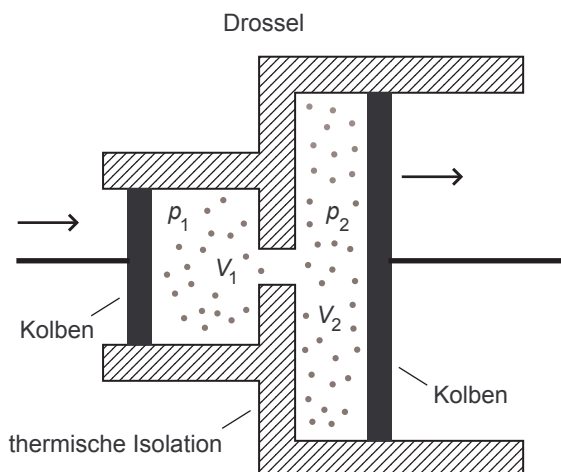
Zur Bestimmung der temperaturabhängigen Verdampfungswärme misst man den Dampfdruck bei verschiedenen Temperaturen. So ergibt z. B. eine Erhöhung der Temperatur des Systems flüssiges Wasser-Wasserdampf von 18°C auf 22°C eine Zunahme des Dampfdrucks p von 2064 Pa auf 2644 Pa. Bestimmen Sie aus diesen Angaben die Verdampfungswärme des Wassers bei 20°C .

Der Wasserdampf darf bei diesen kleinen Drücken als ideales Gas betrachtet werden und das molare Volumen der Flüssigkeit darf gegenüber demjenigen des Dampfes vernachlässigt werden.

Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit dem Wert, der sich mit der in Aufgabe 34 angegebenen Temperaturabhängigkeit von Q_{Ver} bei 20°C ergibt.

Aufgabe 36: Joule-Thomson-Experiment**(schriftlich, 9 Punkte)**

Ein Gas strömt in der abgebildeten Anordnung von der linken Kammer unter Druckerniedrigung durch eine Drossel in die rechte Kammer. Durch eine entsprechende Bewegung der beiden Kolben werden in der linken und der rechten Kammer die Drücke p_1 bzw. p_2 (mit $p_2 < p_1$) konstant gehalten.



- a) Erläutern Sie, warum die Enthalpie H bei diesem Prozess konstant bleibt.
- b) Die in diesem Experiment bei einer Druckänderung dp auftretende Temperaturänderung $dT = D \cdot dp$ wird durch den Expansionskoeffizienten $D = \left. \frac{\partial T}{\partial p} \right|_H$ bestimmt. Berechnen Sie D für ein Gas mit der Wärmekapazität C_p und der Zustandsgleichung (van der Waals-Gas mit $V \gg Nb$)

$$p = k_B T \cdot \frac{N}{V} - a \left(\frac{N}{V} \right)^2 .$$

Unter welchen Bedingungen lässt sich für dieses System eine Abkühlung durch Expansion des Gases erreichen? (*Hinweis zur Berechnung von D* : Betrachten Sie das totale Differential von $H(S, p)$ und fassen Sie S als Funktion von T und p auf. Benutzen Sie Materialparameter bzw. Maxwell-Relationen, um die Ableitungen von S nach T und p zu berechnen.)

Aufgabe 37: Abkühlen und Gefrieren von Wasser**(mündlich, 7 Punkte)**

Mit Hilfe einer Kühlanlage, die sich in einem 25°C warmen Raum befindet, soll aus 1000 kg Wasser Eis erzeugt werden. Berechnen Sie die Arbeit, die der Kühlanlage in einem reversiblen Prozess zugeführt werden muss, um das Wasser zunächst von 25°C auf 0°C abzukühlen und anschließend zum Gefrieren zu bringen. Die spezifische Wärme von Wasser beträgt $\tilde{C}_p = 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$ und die spezifische Schmelzwärme von Eis beträgt $\tilde{Q}_{\text{Sch}} = 333,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.

Hinweis: Die Entropie des Gesamtsystems bleibt konstant.

Nicht vergessen!

Eine Anmeldung im QISPOS zur Vorlesung Physik II und zu den Übungen zur Physik II ist unbedingt **bis zum 29.05.2009** erforderlich, damit die entsprechenden Leistungspunkte verbucht werden können!