5. Übung zur Physik II (SS 2014) | **Prof. Kohl/Prof. Rohlfing**

Ausgabedatum: 06.05.2014 | Abgabedatum: 13.05.2014
10:30 Uhr, Briefkasten neben IG 1-85

Aufgabe 20: Dampfdruckkurve (mündlich, 4 Punkte)

Die molare Verdampfungswärme von Wasser hat in guter Näherung die Form

$$Q_{\mathrm{Ver}} = A - B \cdot T \,,$$

wobei

$$A = 58{,}61 \, \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{mol}} \qquad \text{und} \qquad B = 48{,}22 \, \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol\ K}}$$

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

Aufgabe 21: Bestimmung der Verdampfungswärme (schriftlich, 3 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 ein 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 20 angegebenen Temperaturabhängigkeit von Q_{Ver} bei 20 °C ergibt.

Aufgabe 22: Anwendung der barometrischen Höhenformel (schriftlich, 4 Punkte)

Ein Heißluftballon mit einem Volumen von $V_B = 100$ m^3 ist mit Luft der Temperatur $T_B = 900$ K gefüllt. Am Boden beträgt die Masse des gefüllten Ballons $m_B = 50$ kg, die Außentemperatur sei $T_A = 300$ K.

a) Wie groß ist die Auftriebskraft am Boden?

b) Wie groß ist die maximale Steighöhe des Ballons, wenn sein Volumen und die Temperatuen T_A und T_B als konstant angenommen werden?
(Die mittlere Molmasse der Luft beträgt $M_L = 29 \, \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mol}}$, der Druck p_0 am Boden sei 10^5 Pa.)

Aufgabe 23: Entropieänderung **(schriftlich, 4 Punkte)**

a) Die innere Energie U und die Entropie S sind Zustandsgrößen, d. h. dU und dS sind vollständige Differentiale. Zeigen Sie, dass daher für ein System, an dem Volumenarbeit $\delta W = -p\,dV$ verrichtet wird, folgender Zusammenhang besteht:

$$\left.\frac{\partial U}{\partial V}\right|_T + p = T\left.\frac{\partial p}{\partial T}\right|_V .$$

b) Berechnen Sie für ein van der Waals-Gas die Entropieänderung

$$\Delta S = S(T, V) - S(T_0, V_0) .$$

Nehmen Sie dabei an, dass C_V nicht von T abhängt.

Aufgabe 24: Volumenausdehnung von Wasser **(mündlich, 5 Punkte)**

a) Zeigen Sie unter Verwendung der Resultate von Aufgabe 16, dass der isobare thermische Volumenausdehnungskoeffizient

$$\gamma = \frac{1}{V}\left.\frac{\partial V}{\partial T}\right|_p$$

und die isobare Kompressibilität

$$\kappa = -\frac{1}{V}\left.\frac{\partial V}{\partial p}\right|_T$$

folgendermaßen zusammenhängen:

$$\frac{\gamma}{\kappa} = \left.\frac{\partial p}{\partial T}\right|_V .$$

b) Der Volumenausdehnungskoeffizient γ von Wasser ist im Intervall $0\ ^\circ\mathrm{C} < T < 4\ ^\circ\mathrm{C}$ negativ. Zeigen Sie, dass sich Wasser auf Grund dieser Anomalie bei einer adiabatischen Kompression im angegebenen Temperaturintervall abkühlt. (κ ist aus Stabilitätsgründen immer positiv.) Berechnen Sie dazu

$$\left.\frac{\partial T}{\partial V}\right|_S .$$

c) Bei $T = 4\ ^\circ\mathrm{C}$ ist für Wasser $\gamma = 0$. Lässt sich ein Carnot-Prozess mit Wasser als Arbeitsmedium zwischen zwei Wärmebädern mit $T_W = 80\ ^\circ\mathrm{C}$ und $T_K = 4\ ^\circ\mathrm{C}$ ausführen? Betrachten Sie dazu die Entropieänderung bei den vier Schritten des Kreisprozesses.