

# 1. Klausur zur Vorlesung PC V: Physikalische Chemie der Festkörper

05.01.2009

## Aufgabe 1 (12 Punkte)

Die freie Enthalpie  $G$  eines Festkörpers sei bei konstanter Temperatur gegeben durch:

$$G = ap - b \ln p + c, \quad \text{mit } a, b, c = \text{const.}$$

Wie hängen das Volumen  $V$ , die freie Energie  $F$  und die isotherme Kompressibilität  $\kappa_T$  des Festkörpers vom Druck ab?

## Aufgabe 2 (16 Punkte)

- Was versteht man unter direkter und inverser Piezoelektrizität?
- Können Sie ausschließen, dass Apatit piezoelektrisch ist? Der Kristall besitzt die Kristallklasse  $C_{6h}$  bzw.  $6/m$ . Begründen Sie Ihre Antwort.
- Schreiben Sie die Koeffizienten der thermischen Ausdehnung als Ableitung des thermodynamischen Potentials  $G(E, \sigma, T)$  und zeigen Sie, dass diese mit den Koeffizienten des piezokalorischen Effekts  $(\partial S/\partial \sigma)_{E,T}$  identisch sind.

## Aufgabe 3 (12 Punkte)

Es wird allgemein angenommen, dass Schlittschuhlaufen durch das Gleiten auf einem Wasserfilm zwischen Kufe und Eis ermöglicht wird.

- Welcher Druck ist erforderlich, um Eis bei  $-10^\circ\text{C}$  zu schmelzen? Die molare Schmelzenthalpie von Eis betrage  $\Delta_m H(\text{H}_2\text{O}) = 6007 \text{ J mol}^{-1}$ , die Dichten seien  $\rho(\text{H}_2\text{O}, s) = 0,918 \text{ g cm}^{-3}$  und  $\rho(\text{H}_2\text{O}, l) = 1,000 \text{ g cm}^{-3}$ .
- Genügt der Druck eines 70 kg schweren Schlittschuhläufers, dessen Kufen eine Fläche von  $20 \text{ cm} \times 1 \text{ mm}$  besitzen, um das Eis zu schmelzen?

## Aufgabe 4 (16 Punkte)

- Skizzieren Sie den Temperaturverlauf der Freien Enthalpie  $G(T)$ , der Entropie  $S(T)$  und der Wärmekapazität  $c_p(T)$  im Bereich von Phasenumwandlungen erster und zweiter Ordnung.
- Welche Symmetriebedingungen müssen erfüllt sein, damit eine Phasenumwandlung zweiter Ordnung möglich ist?

## Aufgabe 5 (16 Punkte)

An ein Dielektrikum ( $\epsilon = 2,4$ ) von 1 cm Dicke kann eine Spannung von  $10^6 \text{ V}$  angelegt werden, ohne dass Durchschlag erfolgt. Wie groß ist der Energieunterschied zwischen der energetisch günstigsten („1“) und ungünstigsten („2“) Orientierung eines Dipols von  $\mu_0 = 10^{-30} \text{ C m}$  im inneren Feld? Wie groß ist das Besetzungsverhältnis  $N_1/N_2$  beider Lagen bei 298 K?

## Aufgabe 6 (12 Punkte)

In einem kubischen NaCl-Kristall beträgt die Seitenlänge der Elementarzelle  $a = 0,564 \text{ nm}$ . In jeder Elementarzelle befindet sich ein Natrium-Kation und ein Chlor-Anion. Die Polarisierbarkeit von  $\text{Na}^+$  beträgt  $\alpha_{\text{Na}^+} = 1,99 \cdot 10^{-41} \text{ C m}^2 \text{ V}^{-1}$ , die von  $\text{Cl}^-$   $\alpha_{\text{Cl}^-} = 4,07 \cdot 10^{-40} \text{ C m}^2 \text{ V}^{-1}$ . Berechnen Sie den Brechungsindex des NaCl-Kristalls. Welche Näherungen gehen in Ihre Berechnung ein?

## Aufgabe 7 (16 Punkte)

Die relative Dielektrizitätskonstante von Methanol beträgt  $\epsilon_r = 34$  bei  $20^\circ\text{C}$  und  $\epsilon_r = 57$  bei  $-80^\circ\text{C}$ . Berechnen Sie die Molpolarisation  $P_m$  für die gegebenen Temperaturen und bestimmen Sie daraus das permanente Dipolmoment  $\mu_0$  und die Verschiebungspolarisierbarkeit  $\alpha_p$ . Verwenden Sie für die Dichte den konstanten Wert  $\rho = 0,791 \text{ g cm}^{-3}$ .

## Konstanten:

Elementarladung  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$   
 Boltzmann-Konstante  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$   
 Gaskonstante  $R = 8,31451 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$   
 Avogadro'sche Konstante  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   
 Dielektrizitätskonstante des Vakuums  $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ m}^{-1} \text{ J}^{-1}$   
 Beschleunigung des freien Falls  $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$

## Umrechnungsfaktoren:

1 atm = 760 Torr = 101325 Pa = 101325 N m<sup>-2</sup>  
 1 D = 3,335 · 10<sup>-30</sup> C m