



## Seminar zur Vorlesung Physikalische Chemie I Sommersemester 2015

Prof. Dr. Timo Jacob, Institut für Elektrochemie

Übungsblatt 1, Aufgaben 1-11

Seminartermine: Freitag, 17. April, Montag, 20. April, Dienstag, 21. April 2015

### **Aufgabe 1\*** (Aufgaben mit \* sind als Zusatzaufgaben gedacht)

Lernen Sie Schreibweise und Aussprache der griechischen Buchstaben, welche in der physikalischen Chemie häufig verwendet werden:

$\alpha$	alpha	$\beta$	beta	$\chi$	chi	$\delta$	delta
$\varepsilon$	epsilon	$\phi, \varphi$	phi	$\gamma$	gamma	$\eta$	eta
$\iota$	iota	$\kappa$	kappa	$\lambda$	lambda	$\mu$	my
$\nu$	ny	$\omicron$	omikron	$\pi$	pi	$\theta, \vartheta$	theta
$\rho$	rho	$\sigma$	sigma	$\tau$	tau	$\upsilon$	ypsilon
$\omega$	omega	$\xi$	xi	$\psi$	psi	$\zeta$	zeta
A	alpha	B	beta	X	chi	$\Delta$	delta
E	epsilon	$\Phi$	phi	$\Gamma$	gamma	H	eta
I	iota	K	kappa	$\Lambda$	lambda	M	my
N	ny	O	omikron	$\Pi$	pi	$\Theta$	theta
P	rho	$\Sigma$	sigma	T	tau	$\Upsilon$	ypsilon
$\Omega$	omega	$\Xi$	xi	$\Psi$	psi	Z	zeta

### **Aufgabe 2**

Der Buchstabe R wird u.a. als Abkürzung für das Alkyl-Radikal in chemischen Formeln, die Einheit Röntgen, die Aminosäure L-Arginin, den elektrischen Widerstand und die Rydberg-Konstante verwendet.

Die allgemeine Gaskonstante  $R$  zählt zu den wichtigen Naturkonstanten. Der empfohlene Wert lautet [1]:

$$R = 8,3144621 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

Rechnen Sie  $R$  in folgende Einheiten um:

$$\text{bar L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}, \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}, \text{ atm cm}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}, \text{ bar cm}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1},$$

[1] P.J. Mohr, B.N. Taylor, D.B. Newell, Rev. Mod. Phys. 84 (2012) 1527

### Aufgabe 3

Gegeben sind die Vektoren  $\vec{A} = 2,00\vec{i} - 3,00\vec{j}$  und  $\vec{B} = -1,00\vec{i} + 4,00\vec{j}$

- Geben Sie  $|\vec{A}|$  und  $|\vec{B}|$  an.
- Bestimmen Sie die Komponenten und den Betrag von  $2,00\vec{A} - \vec{B}$ .
- Bestimmen Sie das Skalarprodukt  $\vec{A} \cdot \vec{B}$ .
- Wie groß ist der Winkel zwischen  $|\vec{A}|$  und  $|\vec{B}|$ ?

### Aufgabe 4

Die potentielle Energie eines magnetischen Dipols in einem magnetischen Feld ist durch das Skalarprodukt  $V = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$  gegeben. Hierbei ist  $\vec{\mu}$  der magnetische Dipol und  $\vec{B}$  die magnetische Feldstärke. Erstellen Sie mithilfe einer Tabellenkalkulationssoftware eine Graphik für  $\frac{V}{|\vec{\mu}| \cdot |\vec{B}|}$  als Funktion des Winkels (von  $0^\circ$  bis  $180^\circ$ ) zwischen  $\vec{\mu}$  und  $\vec{B}$ .

### Aufgabe 5

Im Rahmen der Theorie des H-Atoms nach Nils Bohr bewegt sich das Elektron auf einer Kreisbahn um den Kern. Dabei sind nur bestimmte Radien  $r = a_0 n^2$  erlaubt. Der Bohr'sche Radius  $a_0$  beträgt  $5,29 \cdot 10^{-11}$  m und als Hauptquantenzahl  $n$  sind ausschließlich ganze Zahlen erlaubt. Der Betrag des Bahndrehimpulses  $\vec{L}$  des Elektrons ist  $\frac{nh}{2\pi} = n\hbar$ . Bestimmen Sie die Geschwindigkeit des Elektrons für  $n = 1$  und  $n = 2$ .

### Aufgabe 6

Näherungsweise gilt  $\Delta y \approx \left(\frac{dy}{dx}\right) \Delta x$ .

Die Zahl der Atome einer radioaktiven Substanz (Anfangsmenge  $N_0$ ) ist durch folgendes Zeitgesetz gegeben:

$$N(t) = N_0 \exp(-t / \tau).$$

Berechnen Sie mit obiger Näherung den Bruchteil der Atome einer  $^{14}\text{C}$ -Probe (Relaxationszeit  $\tau = 8320$  Jahre), der nach 15 Jahren noch übrig ist. Vergleichen Sie mit der exakten Rechnung.

### Aufgabe 7

Berechnen Sie die erste und die zweite Ableitung folgender Funktionen:

a)  $y = \frac{1}{x} \left( \frac{1}{1+x} \right)$

b)  $f = f(v) = c \cdot \exp\left(\frac{-mv^2}{2k_B T}\right)$

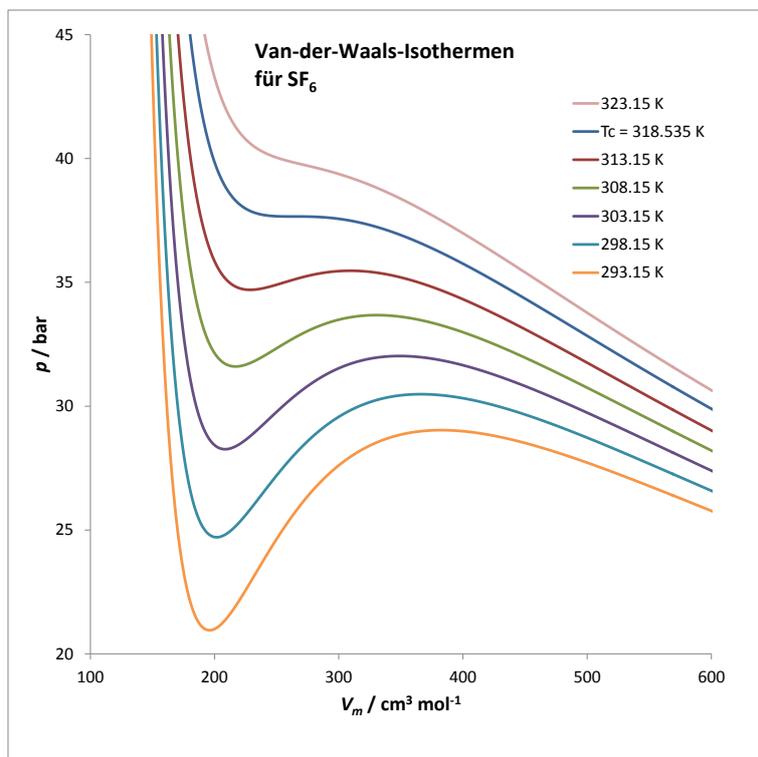
### Aufgabe 8

Die Zustandsgleichung eines Van-der-Waals-Gases der Stoffmenge  $n$  ist

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT .$$

Bei der sogenannten kritischen Temperatur  $T_c$  besitzt der Druck als Funktion des Volumens einen Sattelpunkt, d.h. die erste und die zweite Ableitung von  $p(V)$  ist Null.

- Bestimmen Sie den kritischen Druck  $p_c$ , die kritische Temperatur  $T_c$  und das kritische Volumen  $V_c$  in Abhängigkeit von den Van-der-Waals-Parametern  $a$  und  $b$ .
- (\*) Erstellen Sie nebenstehendes  $p(V)$ -Diagramm für  $\text{SF}_6$  ( $a = 7,857 \text{ bar L}^2 \text{ mol}^{-2}$ ,  $b = 0,0879 \text{ L mol}^{-1}$ ).



### Aufgabe 9

Ein bestimmtes reales Gas wird durch folgende Zustandsgleichung beschrieben:

$$\frac{pV_m}{RT} = 1 + \frac{B_2}{V_m}$$

Dabei ist  $T$  die Temperatur auf der Kelvinskala,  $V_m$  das molare Volumen,  $p$  der Druck und  $R$  die allgemeine Gaskonstante. Der zweite Virialkoeffizient  $B_2$  dieses Gases hängt von der Temperatur ab:

$$B_2 = \left[ -1,00 \cdot 10^{-4} - 2,148 \cdot 10^{-6} \cdot \exp(1956 \text{ K}/T) \right] \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$$

Stellen Sie einen Ausdruck für das totale Differential  $dp$  mit expliziten Termen für die partiellen

Ableitungen  $\left(\frac{\partial p}{\partial V_m}\right)_T$  und  $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_{V_m}$  auf.

### **Aufgabe 10**

Die innere Energie  $U$  eines bestimmten thermodynamischen Systems ist als Funktion der Entropie  $S$ , des Volumens  $V$  und der Stoffmenge  $n$  gegeben:

$$U = (S, V, n) = Kn^{5/3}V^{-2/3} \exp\left(\frac{2S}{3nR}\right)$$

$K$  und  $R$  sind Konstanten.

- Bestimmen Sie den thermodynamischen Ausdruck für die Temperatur  $T = \left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_{V,n}$
- Bestimmen Sie den thermodynamischen Ausdruck für den Druck  $p = -\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_{S,n}$
- Bestimmen Sie den thermodynamischen Ausdruck für das chemische Potential  $\mu = \left(\frac{\partial U}{\partial n}\right)_{S,V}$
- Erstellen Sie einen Ausdruck für das totale Differential  $dU$  mit expliziten Termen für die partiellen Ableitungen.

### **Aufgabe 11**

Vervollständigen Sie folgende Formel

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_{p,n} = \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_{T,n} + ?$$

Dr. Ludwig Kibler, 13. April 2015