

Klausur PC 1

Wintersemester 2009/10 - 20.10.2009 – Hörsaal H2 – 15:15 bis 16:45

Name: _____

Vorname: _____

geb. am: _____ in: _____

Matrikelnummer: _____

Unterschrift: _____

Für die Beantwortung der Fragen verwenden Sie bitte den freigelassenen Raum, notfalls die Rückseite des Blattes sowie die Ersatzblätter. Soweit Erklärungen gefordert sind, schreiben Sie in Stichworten. Die in Klammern gesetzten Zahlen geben die Punktzahl an, die Sie bei erschöpfender Antwort auf die Frage erhalten. Die Kästchen am rechten Rand lassen Sie bitte frei.

Rydberg-Konstante $R_H = 109677 \text{ cm}^{-1}$ (entspricht 13.60 eV)
Lichtgeschwindigkeit $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Elementarladung $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$
Plancksche Konstante $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
Avogadro-Konstante $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen/mol}$
Bohrscher Radius $a_0 = 52.92 \text{ pm}$
Masse Proton $m_p = 1.673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ($\approx \text{amu}$)
Masse des Elektrons $m_e = 9.109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Dielektrizitätskonst. d. Vak. $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ A s V}^{-1} \text{ m}^{-1}$
Gaskonstante $R = 8.31 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, DIN A4 Blatt, beidseitig selbst beschrieben.

Dieses Feld nicht beschriften!				
A1	A2	A3	A4	60 P
15	15	15	15	

Aufgabe 1 (Grundbegriffe)

a. Ergänzen Sie die folgenden Sätze mit jeweils einem der angegebenen Begriffe.

- (1) In einem System kann die Entropie nur zunehmen oder konstant bleiben, aber nicht abnehmen. (1 P)
(a) *offenen* (b) *geschlossenen* (c) *abgeschlossenen* (d) *elektrochemischen*
- (2) Die adiabatische irreversible Expansion eines idealen Gases in ein evakuiertes Gefäß (Versuch von Gay-Lussac) ist einVorgang. (1 P)
(a) *isentropischer* (b) *isobarer* (c) *isothermer* (d) *isochorer*
- (3) Die adiabatische irreversible Expansion eines realen Gases durch eine Drossel (Joule-Thomson-Versuch) ist ein Vorgang. (1 P)
(a) *isentropischer* (b) *isenthalpischer* (c) *isothermer* (d) *isochorer*
- (4) Dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik zufolge ist es unmöglich, eine arbeitende Maschine zu konstruieren, die Wärme vollständig in Arbeit umwandelt. (1 P)
(a) *reversibel* (b) *isentropisch* (c) *periodisch* (d) *isotherm*
- (5) Ein geschlossenes, isotherm-isobares System befindet sich im Gleichgewicht, wenn die ein Minimum erreicht hat. (1 P)
(a) *freie Energie* (b) *Enthalpie* (c) *freie Enthalpie* (d) *Entropie*
- (6) Bei gehen alle Wärmekapazitäten und Ausdehnungskoeffizienten ebenfalls gegen Null. (1 P)
(a) $T \rightarrow 0$ (b) $p \rightarrow 0$ (c) $V \rightarrow 0$ (d) $K_p \rightarrow 0$
- (7) Am Tripelpunkt existiert ein reiner Stoff in ... Phasen. (a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4
Ein solches System nennt man (2 P)
(a') *nonvariant* (b') *univariant* (c') *divariant* (d') *trivariant*
- (8) Unterhalb des Tripelpunktsdruckes kann ein Stoff keine Phase bilden. (1 P)
(a) *feste* (b) *flüssige* (c) *gasförmige* (d) *Misch-*
- (9) Wird ein Feststoff in einem Lösungsmittel gelöst, so vermindert sich der/die/das (1 P)
(a) *Siedetemperatur* (b) *Dichte* (c) *Gefrierpunkt* (d) *Dampfdruck*
- (10) Im Falle eines Phasengleichgewichts stimmen die beteiligten Phasen in folgender Größe überein: (1 P)
(a) *innere Energie* (b) *Entropie* (c) *chemisches Potential* (d) *Dampfdruck*

b. Berechnen Sie die molaren Wärmekapazitäten c_v der Gase Ne, NO, NO₂ und SF₆ unter der Annahme, dass sämtliche Freiheitsgrade der Translation, Rotation und Vibration angeregt sind. Geben Sie die Ergebnisse als Vielfache der Gaskonstante R an. (2P)

Ne:

NO:

NO₂:

SF₆:

c. Geben Sie die Zustandsumme Z für ein System mit drei Energiezuständen ε_1 , ε_2 und ε_3 an! (2P)

Aufgabe 2 (Thermochemie und Mischphasenthermodynamik)

a. Berechnen Sie die Standardreaktionsenthalpie der katalytischen Epoxidierung von Propen (C_3H_6) zu Propenoxid (C_3H_6O) aus den Standardbildungsenthalpien! Diese betragen $+20.41$ kJ/mol für Propen und -94.68 kJ/mol für Propenoxid. (4P)

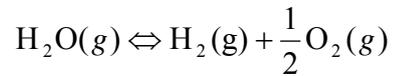
b. Die Schmelztemperatur von 1 mol Benzol (78.11 g) verringert sich bei Zugabe von 0.3 g Coronen von 278.640 K auf 278.568 K. Berechnen Sie die molare Masse von Coronen! Die molare Schmelzenthalpie von Benzol beträgt 8.950 kJ/mol. (4P)

- c. Wie ändert sich die Gesamtentropie (in J/K) des als ideal betrachteten Systems (d.h. ohne kalorimetrische Effekte), wenn die in Teilaufgabe b genannte Mischung hergestellt wird? (4P)

- d. Betrachten Sie Benzol bei 310K. Wie groß ist der relative Dampfdruck p_B / p_B^* von Benzol (p_B^* : Dampfdruck des reinen Benzols bei 310K), wenn Sie 0.10 mol Coronen in 1.00 mol Benzol bei 310 K lösen (Näherung: ideales Verhalten)? (3P)

Aufgabe 3 (Chemisches Gleichgewicht)

In einem solarthermischen Ofen soll bei 2100 K Wasser gespalten werden:



Folgende thermodynamische Daten sind gegeben:

	$S_m^0(298\text{ K})$ $\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$	$H_f^0(298\text{ K})$ kJmol^{-1}	$C_{pm}^0(298\text{ K})$ $\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$
$\text{H}_2\text{O}(g)$	188.8	-241.8	_____
$\text{O}_2(g)$	205.2	_____	_____
$\text{H}_2(g)$	130.7	_____	_____

(a) Vervollständigen Sie die obige Tabelle, indem Sie die fehlenden Daten abschätzen bzw. ergänzen. Beachten Sie hierbei, dass wir besonders den Bereich hoher Temperaturen betrachten. (4 P)

Achtung! Falls Sie A nicht lösen können, setzen Sie für alle fehlenden Werte den Zahlenwert „10“ in die obige Tabelle ein!

(b) Berechnen Sie $\Delta_r H^0(2100\text{ K})$ unter der Annahme, dass $\Delta_r C_p^0 \neq 0$ aber temperaturunabhängig ist. (3 P)

(c) Berechnen Sie $\Delta_r S^0(2100 \text{ K})$ unter der Annahme, dass $\Delta_r C_p^0 \neq 0$ aber temperaturunabhängig ist. (3 P)

(d) Berechnen Sie $\Delta_r G^0(2100 \text{ K})$ aus (b) und (c). (1 P)

(e) Berechnen Sie K_p und K_x bei 2100 K. (1 P)

(f) Welcher Partialdruck von H_2 stellt sich ein, wenn Wasserdampf bei 1 bar auf 2100 K erhitzt wird? (3P + 2 Zusatzpunkte)

Tip: Gehen Sie bei der Berechnung von K_x aus. Der Dissoziationsgrad ist klein. Sie können daher in guter Näherung annehmen, dass der Wasserpartialdruck unverändert bei 1 bar bleibt.

Aufgabe 4 (Grenzflächentermodynamik)

- (a) Skizzieren Sie die Isothermen (Bedeckung als Funktion des Druckes) nach Henry, Langmuir und BET (in einer gemeinsamen Skizze). Nennen Sie die wesentlichen Unterschiede der zugrunde liegenden Modellvorstellungen. (3 P)

- (b) Unter der Annahme einer Langmuir-Isotherme wurden für den Parameter der Isotherme $b = k_{\text{adsorption}}/k_{\text{desorption}}$ folgende Werte bestimmt:
 $T_1 = 445 \text{ K}$, $b_1 = 1.30 \text{ Pa}$
 $T_2 = 455 \text{ K}$, $b_2 = 2.21 \text{ Pa}$.
Berechnen Sie die isostere Adsorptionsenthalpie für die Bedeckung $\theta = 0.5$.
(4 P)

(c) Winzige Wasserpartikel mit einem Radius von 50 nm werden bei einer Temperatur von 298 K in mit Wasserdampf übersättigte Luft injiziert. Der Partialdruck des Wasserdampfes beträgt 33 mbar. Der Dampfdruck des reinen Wassers bei 298 K beträgt 31.7 mbar. Verdampfen die Wasserpartikel oder wachsen Sie zu Tropfen heran? Die Oberflächenspannung von Wasser beträgt 0.0725 Nm^{-1} (4 P)

(d) Für Wasser werden folgende Werte für die Oberflächenspannung als Funktion der Temperatur gemessen. Berechnen Sie die Oberflächenentropie und die Oberflächenenergie. (4 P)

T [K]	σ [Nm^{-1}]
300	0.0714
320	0.0685

- (e) Zusatzaufgabe: Für ein Lösung von Buttersäure in Wasser misst man bei 20 °C folgende Oberflächenspannungen:

x(Buttersäure)	σ [Nm ⁻¹]
$1.8 \cdot 10^{-4}$	0.0715
$3.6 \cdot 10^{-4}$	0.0705

Schätzen Sie die die Oberflächenkonzentration der Buttersäure ab.
(Zusatzpunkte: 3 ZP)

Zusatzblatt

Zusatzblatt