

Klausur zur Vorlesung

Physikalische Chemie 1 – Bearbeitung: Samstag, 12.02.2022 15:30 bis 17:30

Name, Vorname: _____

Studienfach: _____

Fachsemester: _____

Matrikelnummer: _____

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	Σ
maximale Punktzahl	9	8	13	20	7	15	15	13	100
erreichte Punktzahl									

Bitte beachten Sie:

- ✓ Zu Beginn Deckblatt ausfüllen.
- ✓ Für jede Aufgabe gesondertes Blatt benutzen.
- ✓ Jedes Blatt mit Namen und Matrikelnummer versehen.
- ✓ Der Lösungsweg muss klar ersichtlich und ggf. mit Einheiten versehen sein.
- ✓ Vereinfachen Sie Ihre Resultate soweit wie möglich.
- ✓ Es darf **kein programmierbarer Taschenrechner** verwendet werden
- ✓ Bei der Abgabe **Aufgabenblätter bitte sortieren** und hinter das Deckblatt legen
- ✓ Lesen Sie zuerst **sorgfältig** alle Aufgaben und ggf. Hinweise durch und beachten Sie ggf. Angaben (z. B. wichtige Konstanten) auf dieser Seite

Wichtige Naturkonstanten/Daten:

$R \approx 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

$k_B \approx 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

$N_A \approx 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

$1 \text{ u} = 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$

$c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$

$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

$m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Viel Erfolg!

Aufgabe 1 (9 Punkte)

In einem Bombenkalorimeter werden 1 g Aceton (C_3H_6O , flüssig, $M=58$ g/mol) verbrannt, wobei man einen Temperaturanstieg von 1,722 K bei einer mittleren Temperatur von 298 K beobachtet.

In einem zweiten Experiment werden im gleichen Kalorimeter 1,00 g Benzoesäure ($C_7H_6O_2$, flüssig, $M=122$ g/mol) verbrannt. Hierbei steigt die Temperatur von 24,171 °C auf 25,503 °C.

Die Standardverbrennungsenergie $\Delta_c U^0$ bei 298 K von Benzoesäure wurde in einem früheren Experiment bestimmt und beträgt -3251 kJ/mol. Weiterhin sind folgende Standardbildungsenthalpien $\Delta_f H^0$ gegeben:

$$\Delta_f H^0 (CO_2, \text{gasförmig}) = -393,5 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_f H^0 (H_2O, \text{flüssig}) = -285,5 \text{ kJ/mol}$$

- Bestimmen Sie aus der Verbrennung der Benzoesäure die Wärmekapazität des Kalorimeters.
- Stellen Sie die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Aceton auf. Markieren Sie gasförmige und flüssige Komponenten.
- Berechnen Sie die molare Verbrennungsenthalpie $\Delta_c H^0$ von Aceton.
- Bestimmen Sie außerdem die molare Standardbildungsenthalpie $\Delta_f H^0$ von Aceton.

Aufgabe 2 (8 Punkte)

Ethanol ($M=46,07$ g/mol, $p_{\text{vap}} = 178$ hPa bei 40°C) und Dichlormethan ($M=84,93$ g/mol, $p_{\text{vap}} = 1016$ hPa bei 40°C) bilden eine ideale Mischung.

- Stellen Sie den Verlauf der Entropie S , der Enthalpie H und der freien Energie G mit dem Molenbruch χ graphisch dar.
- Welche Zusammensetzung hat eine Mischung der beiden Komponenten, die bei 40°C einen Gesamtdampfdruck von 0,8 bar besitzt?
- Welche Zusammensetzung hat der dabei entstehende Dampf?

Aufgabe 3 (13 Punkte)

Betrachten Sie Propan als van-der-Waals Gas mit den van-der-Waals Konstanten a und b:

$$a = 0,877 \text{ Jm}^3/\text{mol}^2$$

$$b = 8,45 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$$

- a) Skizzieren Sie das p-V-Zustandsdiagramm für Propan und zeichnen Sie in dieses drei van-der-Waals Isothermen bei den Temperaturen T_1, T_2, T_3 ($T_1 < T_2 = T_K < T_3$, T_K : Temperatur am kritischen Punkt) ein.
Zeichnen Sie zusätzlich die Isotherme für ein Realgas bei T_1 , sowie das Koexistenzgebiet ein.
- b) Skizzieren Sie das p-T-Zustandsdiagramm für Propan und markieren Sie den kritischen Punkt und den Tripelpunkt und benennen Sie alle Phasen.
- c) Berechnen Sie ausgehend vom kritischen Punkt mit Hilfe der Verdampfungsenthalpie $\Delta_{\text{verd,m}}H = 18,8 \text{ kJ/mol}$ den Druck am Tripelpunkt ($T_{\text{Tripel}} = 85 \text{ K}$). Nehmen Sie dafür an, dass die Verdampfungsenthalpie im betrachteten Temperaturintervall konstant sei. Betrachten Sie Propan in dieser Teilaufgabe als ideales Gas ($T_K = 370 \text{ K}$ und $p_K = 4,2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$).
- d) Wie viele thermodynamische Freiheitsgrade besitzt das System an folgenden Stellen:
- in der flüssigen Phase,
 - an der Phasengrenze zwischen flüssiger und gasförmiger Phase
 - am Tripelpunkt
- e) Schätzen sie das Volumen des Propanmoleküls ab.

Aufgabe 4 (20 Punkte)

20 l eines idealen 2-atomigen Gases (Stoffmenge $n = 1 \text{ mol}$, $T = 450 \text{ K}$, $c_{v,m} = 5/2 R$) durchlaufen einen Kreisprozess aus den folgenden reversiblen 4 Schritten:

1. Adiabatische Expansion auf 25 l

Hinweis: Verwenden Sie zur Berechnung der Temperaturänderung die Adiabatengleichung $T \cdot V^{\kappa-1} = \text{konstant}$

2. Isotherme Kompression auf 19 l

Der Kreisprozess wird nach Schritt 2 durch einen isochoren und einen anschließenden isobaren Prozess geschlossen.

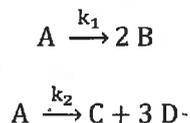
Skizzieren Sie den Kreisprozess in einem p-V-Diagramm, beschriften Sie die Skizze vollständig. Berechnen Sie außerdem q , w , ΔU , ΔH und ΔS für die einzelnen Prozessschritte und stellen Sie den Prozess abschließend in einem T-S-Diagramm dar. In welche Richtung muss der Kreisprozess ablaufen, damit es sich um eine Wärmekraftmaschine handelt?

Aufgabe 5 (7 Punkte)

Bei einem Druck von 4 bar sei eine Oberfläche zu 80 % bedeckt. Angenommen es handele sich um eine Langmuir-Isotherme. Wie groß ist die Gleichgewichtskonstante K ?

Aufgabe 6 (15 Punkte)

Für die Parallelreaktion



mit den Arrhenius-Parametern $A_1 = 10^{13} \text{ 1/s}$ und $E_{a,1} = 125 \text{ kJ/mol}$ bzw. $A_2 = 10^{14} \text{ 1/s}$ sowie $E_{a,2} = 140 \text{ kJ/mol}$ soll die Temperatur so gewählt werden, dass $\frac{[B]}{[D]} = 4$.

Welche Temperatur muss eingestellt werden?

Wie groß sind die nach vollständigem Umsatz erhaltenen Konzentrationen ($[A]_0 = 1 \text{ mol/l}$)?

Aufgabe 7 (15 Punkte)

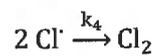
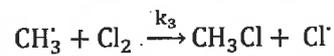
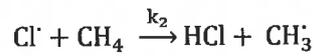
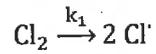
Gemessen wird der Zerfall eines Moleküls A in die Produkte B und C. Für die Konzentration des Eduktes bei 900 K ergeben sich die folgenden zeitabhängigen Werte:

t in s	[A] in mol/l
0	0,521
52	0,416
232	0,246
700	0,12
820	0,106

- Zeigen Sie, dass es sich hierbei um eine Reaktion zweiter Ordnung handelt (inklusive kurzer Begründung).
- Ermitteln Sie die Geschwindigkeitskonstante der Reaktion.
- Die Reaktion findet in einem 1 Liter großen Reaktionsgefäß statt. Berechnen Sie die Gesamtanzahl der Stöße zwischen zwei Molekülen A pro Sekunde zu Beginn der Reaktion. Die molare Masse des Moleküls A sei 44 g mol^{-1} , der Stoßquerschnitt $\sigma = \pi(2r_a)^2$ betrage $0,5 \text{ nm}^2$.

Aufgabe 8 (13 Punkte)

Für die Chlorierung von Methan zu Chlormethan wird der folgende Radikalkettenmechanismus vorgeschlagen:



Zeigen Sie, dass der angegebene Mechanismus im Einklang mit dem experimentell gefundenen Geschwindigkeitsgesetz

$$\frac{d[\text{CH}_3\text{Cl}]}{dt} = k_{\text{exp}} [\text{CH}_4] [\text{Cl}_2]^{1/2}$$

ist.

Tipp: Die beiden Radikale sind sehr reaktiv und werden geringe Konzentrationen aufweisen.