

Nachklausur PC1

Freitag 12.04.2019, 14:00 – 16:00.

Klausur-Nr.: 4000 (gut merken!)
Matrikelnummer:
Vorname:
Name:
Fachrichtung:
Semesterzahl:

- Legen Sie dieses Deckblatt ausgefüllt zusammen mit Ihrem Studentenausweis zur Kontrolle bereit.
- Bitte verwenden Sie für jede Aufgabe ein neues Blatt. Beschriften Sie jedes zusätzliche Blatt mit Ihrem Namen, Ihrer Matrikelnummer und der Nummer der Aufgabe, die Sie bearbeiten.
- Der Rechengang muss klar ersichtlich sein. Bitte unterstreichen Sie die Endergebnisse mit **Einheiten**.
- Schreiben Sie bitte deutlich.
- Zugelassene Hilfsmittel: ZWEI beidseitig handgeschriebene DIN A4-Blätter sowie ein nicht programmierbarer / nicht graphischer Taschenrechner.
- **Merken Sie sich die Klausurnummer gut!**

Viel Erfolg!

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gesamt
Mögliche Punktzahl	9	13	17	17	14	15	15	20	10	10	140
Erreichte Punktzahl											

Zusätzliche Angaben:

$$k_B = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$M_{Ne} = 20,2 \text{ g/mol}$$

$$R = 8,314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$$

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

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

$$M_H = 1 \text{ g/mol}$$

Aufgabe 1 (Quer durch die Thermodynamik)

9

Sind die folgenden Aussagen richtig oder falsch?

- a) Enthalpie ist eine Zustandsfunktion. 1
- b) Bei einem isochoren Prozess wird Arbeit verrichtet. 1
- c) Quasistatische Prozesse sind nie reversibel. 1
- d) Bei einer idealen Mischung gibt es keinen Enthalpiebeitrag zum chemischen Potenzial. 1
- e) Bei endothermen Reaktionen ist die Änderung der freien Enthalpie positiv. 1
- f) Eine reversibel arbeitende Maschine kann einen höheren Wirkungsgrad als die Carnot-Maschine erreichen. 1
- g) Werden p und T konstant gehalten, stellt sich das thermodynamische Gleichgewicht beim Minimum von H ein. 1
- h) Löst man ein Salz in Wasser, hat die Mischung einen höheren Siedepunkt als reines Wasser. 1
- i) Bei Temperaturerhöhung wird die Geschwindigkeitsverteilung der Teilchen breiter. 1

Aufgabe 2 (Kreisprozess)

13

Ein Kreisprozess operiert zwischen drei Temperaturen $T_l < T_m < T_h$ bzw. drei Volumina $V_l < V_m < V_h$ und besteht aus den folgenden Schritten:

- Isotherme Kompression bei T_l von V_h auf V_l
- Isochore Erwärmung bei V_l von T_l auf T_m
- Isobare Expansion von V_l, T_m auf V_m, T_h
- Isotherme Expansion bei T_h von V_m auf V_h
- Isochore Abkühlung bei V_h auf T_l

- a) Zeichnen Sie für den Gesamtprozess ein p - V -Diagramm. 3,5
- b) Geben Sie für jeden Teilschritt die Arbeit, Wärme und Entropieänderung an. 7,5
Hinweis: Es wird mit einem idealen Gas gearbeitet.

Schritt	ΔW	ΔQ	ΔS
isotherme Komp.			
isochore Erw.			
isobare Erw.			
isotherme Exp.			
isochore Abk.			

- c) Wird eine Maschine, die den Prozess in der gegebenen Richtung durchläuft, Arbeit an ihrer Umgebung verrichten? Begründen Sie knapp, ohne zu rechnen. 2

Aufgabe 3 (Reales Gas und Mischung)

17

0.25 mol Chlorethan befinden sich in einer 2 L fassenden Flasche. Die geschlossene Flasche wird in die Sonne gestellt, und der gesamte Inhalt verdampft.

- a) Das Chlorethangas in der Flasche hat sich auf 50 °C erwärmt. Berechnen Sie den in der Flasche herrschenden Druck sowohl nach der idealen als auch nach der realen Gasgleichung.

5

Das Chlorethan hat als reales Gas mit der Van-der-Waals-Zustandsgleichung folgende Parameter:

$$a = 1.11 \frac{\text{Jm}^3}{\text{mol}^2}, \quad b = 8.65 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$$

- b) Skizzieren Sie das p-V-Zustandsdiagramm für Chlorethan nach der Van-der-Waals-Gleichung und zeichnen Sie in dieses drei Isothermen bei den Temperaturen T_1, T_2, T_3 ($T_1 < T_2 = T_C < T_3$, T_C ist die Temperatur am kritischen Punkt) ein. Markieren Sie den Bereich, in dem die Van-der-Waals-Gleichung die p-V-Kurve nicht realistisch beschreibt.

4

- c) Nachdem die Flasche etwas abgekühlt wurde (25 °C) wird sie unter Stickstoffatmosphäre gleicher Temperatur geöffnet und das nach wie vor gasförmige Chlorethan mischt sich mit dem Stickstoff.

Berechnen Sie die Mischungsenthalpie und die Mischungsentropie bei diesem Prozess. Nehmen Sie für den Stickstoff ein Volumen von 5 L und einen Druck von 1 bar an, und betrachten Sie beide Gase als ideal.

8

Aufgabe 4 (Chemisches Gleichgewicht und mikroskopische Theorie)

17

N_2O_4 kann zu NO_2 dissoziieren:



In der folgenden Tabelle finden Sie einige thermodynamische Daten zu den beteiligten Stoffen bei 45 °C.

Stoff	$\Delta_f H_m(318.15 \text{ K})$	$S_m(318.15 \text{ K})$
$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	9.52 kJ/mol	305.8 J/(mol K)
$\text{NO}_2(\text{g})$	33.3 kJ/mol	240.5 J/(mol K)

- a) Bei Standarddruck und 45 °C beträgt der Partialdruck für N_2O_4 55 kPa und für NO_2 45 kPa. Berechnen Sie $K = K_p$.

3

- b) Berechnen Sie $\Delta_r H_m^\ominus$ und $\Delta_r S_m^\ominus$ für die Dissoziation bei Standarddruck und 45 °C.

4

- c) Nennen Sie zwei Möglichkeiten, um das Gleichgewicht auf die Seite von NO_2 zu verschieben.

2

- d) Bewegen sich im Mittel NO_2 oder N_2O_4 Moleküle schneller? Begründen Sie mit einer Formel.

2

- e) Geben Sie die Anzahl der Translations- und Rotationsfreiheitsgrade eines NO_2 Moleküls (nicht linear) an. Berechnen Sie damit die mittlere kinetische Energie von 2 mol NO_2 bei 300 K.

6

Aufgabe 5 (Phasenübergänge)

14

Phasendiagramme sind p-T-Diagramme, in welchen die Phasengrenzlinien eines Stoffes dargestellt werden.

- a) Zeichnen Sie qualitativ das Phasendiagramm für H₂O. Beschriften Sie die Bereiche der unterschiedlichen Phasen und markieren Sie den Tripelpunkt sowie den kritischen Punkt. 5
- b) Wie viele thermodynamische Freiheitsgrade hat ein System, wenn die feste und flüssige Phase koexistieren? Begründen Sie kurz. 2
- c) Der Gefrierpunkt von Benzol beträgt bei Standarddruck 6 °C. Das Volumen verkleinert sich beim Erstarren um 1.2 cm³. Die molare Schmelzenthalpie beträgt $\Delta_{\alpha \rightarrow \beta} H_m = 10.59 \text{ kJ/mol}$. Bei welcher Temperatur liegt der Gefrierpunkt, wenn der Druck auf 500 bar erhöht wird? 7

Aufgabe 6 (Reaktionsgeschwindigkeit)

15

Bestimmen Sie die Geschwindigkeit einer Reaktion $A + B \xrightarrow{k} AB$, wenn $[A] = 1 \text{ mol/L}$, $[B] = 2 \text{ mol/L}$ und $k = 10^{-3} \text{ L/(mol s)}$.

Aufgabe 7 (Temperaturabhängigkeit)

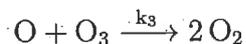
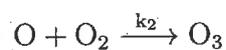
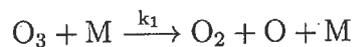
15

Die Reaktionsgeschwindigkeitskonstante bei 0 °C beträgt 10^{-3} s^{-1} . Bestimmen Sie die Reaktionsgeschwindigkeitskonstante bei 30 °C, wenn die Aktivierungsenergie E_a 50 kJ/mol beträgt.

Aufgabe 8 (Parallelreaktion)

20

Das einfachste Mechanismus des Ozonzerfalls sieht wie folgt aus:



Nehmen Sie an, dass die Konzentrationen von atomarem Sauerstoff quasistationär und die Konzentration von M konstant ist. Berechnen Sie das Verhältnis zwischen den Reaktionsgeschwindigkeiten des Ozonzerfalls und der O₂-Bildung.

Aufgabe 9 (Adsorption nach Langmuir)

10

Bei einem Druck von 2 bar sei eine Oberfläche zu 60 % bedeckt. Angenommen es handele sich um eine Langmuir-Isotherme. Wie groß ist die Gleichgewichtskonstante K?

Aufgabe 10 (Stoßtheorie)

10

Wieviele Stöße erfährt ein einzelnes Neonatom in 1 Sekunde bei einer Temperatur von 20 °C und einem Druck p in einem geschlossenen Behälter von 10^{-3} mbar (Durchmesser des Neons beträgt 160 pm)?