

1. Teilklausur

12.12.2018

Physikalische Chemie 1 - Thermodynamik

WS 2018/19

Prof. Dr. M. Elstner

Name, Vorname						
Martikel-NR						
Studiengang						
Fachsemester						
Klausurnummer						
Aufgabe	1	2	3	4	5	Σ
Mögl. Punkte	9	16	15	17	13	70
Erreicht						

Hinweise

- Füllen Sie die erste Tabelle **vollständig** und **gut lesbar** aus.
- Halten Sie ihren **Studierendenausweis** vor sich bereit.
- Sie haben **eine Stunde Zeit** zur Bearbeitung der Klausur.
- Zugelassene Hilfsmittel sind ein beidseitig beschriebenes **A4-Blatt** und ein nicht programmierbarer **Taschenrechner**.
- Tragen Sie ihre **Klausurnummer** auf dem Blatt ein und nehmen Sie den Zettel mit der Nummer mit, um nach der Korrektur ihr Ergebnis zu erfahren.
- Jedes beigelegte Blatt muss mit **Namen und Matrikelnummer** versehen werden.
- Der Lösungsweg muss **lesbar und klar** ersichtlich sein.
- Falls benötigt erhalten Sie zusätzliches **Papier** bei der Aufsicht.

Wichtige Konstanten

$$R \approx 8.314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \qquad N_A \approx 6.022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$$
$$k_B \approx 1.381 \times 10^{-23} \frac{\text{m}^2\text{kg}}{\text{s}^2\text{K}} \qquad 0 \text{ K} = -273.15 \text{ }^\circ\text{C}$$

Aufgabe 1

9

Sind die folgenden Aussagen richtig oder falsch?

- a) Arbeit ist eine Zustandsfunktion. 1
- b) Bei einem isochoren Prozess wird Arbeit verrichtet. 1
- c) Quasistatische Prozesse sind immer reversibel. 1
- d) Bei exothermen Reaktionen ist die Änderung der freien Enthalpie negativ. 1
- e) Bei einer idealen Mischung gibt es keinen Entropiebeitrag zum chemischen Potenzial. 1
- f) Werden p und T konstant gehalten, stellt sich das thermodynamische Gleichgewicht beim Minimum von U ein. 1
- g) Bei Temperaturerhöhung wird die mittlere Teilchengeschwindigkeit größer. 1
- h) Die Clausius-Clapeyron-Gleichung gibt die Steigung der Phasengrenzlinie an. 1
- i) Ein azeotropes Gemisch kann nicht durch einfache Destillation getrennt werden. 1

Aufgabe 2**16**

Betrachten Sie Methan als reales Gas mit der Van-der-Waals-Zustandsgleichung.

$$a = 0.23 \frac{\text{Jm}^3}{\text{mol}^2}, \quad b = 4.29 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$$

- a) Was ist die mikroskopische Bedeutung der Van-der-Waals-Konstanten? **2**
- b) Ein halbes Mol Methan befinden sich in einem 5 L fassenden Behälter. Der Druck beträgt 250 000 Pa. Berechnen Sie die Temperatur sowohl nach der idealen Gasgleichung als auch nach der realen Gasgleichung. **5**
- c) Skizzieren Sie das p-V-Diagramm für Methan 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. **3**
- d) Skizzieren Sie das Phasendiagramm von Methan und beschriften Sie den festen, flüssigen und gasförmigen Bereich, sowie den kritischen Punkt und den Tripelpunkt. **6**

Aufgabe 3**15**

Im Stirling-Motor wird ein Kreisprozess aus folgenden Schritten verwendet:

- Isotherme Expansion bei T_h von V_1 auf V_2 ($V_1 < V_2$)
- Isochore Abkühlung bei V_2 von T_h auf T_k ($T_h > T_k$)
- Isotherme Kompression bei T_k zurück auf V_1
- Isochore Erwärmung bei V_1 auf T_h

a) Zeichnen Sie für den Gesamtprozess ein p - V -Diagramm.

3

b) Geben Sie für jeden Teilschritt die Arbeit, Wärme und Entropieänderung an.

Hinweis: Es wird mit einem idealen Gas gearbeitet.

6

Schritt	ΔW	ΔQ	ΔS
isoth. Exp.			
isoch. Abk.			
isoth. Komp.			
isoch. Erw.			

c) Zeichnen Sie ein T - S -Diagramm für den Prozess.

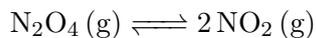
3

d) Vergleichen Sie den Stirling-Prozess mit dem Carnot-Prozess. Welches ist der entscheidende Unterschied und wie wirkt sich dieser auf den Wirkungsgrad des Motors aus?

3

Aufgabe 4**17**

N_2O_4 kann zu NO_2 dissoziieren:



In der folgenden Tabelle finden Sie einige thermodynamische Daten zu den beteiligten Stoffen; es wird im betrachteten Temperaturbereich ein linearer Verlauf für die Wärmekapazität angenommen:

Stoff	$\Delta_f H_m^\ominus$	$c_p(T)$
$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	9.08 kJ mol^{-1}	$0.068 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-2} \cdot T$
$\text{NO}_2(\text{g})$	33.1 kJ mol^{-1}	$0.027 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-2} \cdot T$

- a) Bei Standardbedingungen beträgt der Molenbruch für N_2O_4 0.87 und für NO_2 0.13. Berechnen Sie K aus K_X . **3**
- b) Berechnen Sie $\Delta_r H_m^\ominus$ für die Dissoziation bei Standardbedingungen. **3**
- c) Die Reaktionsentropie bei 500 K beträgt $172.8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Berechnen Sie $\Delta_r H_m$ und $\Delta_r G_m$ bei 1 bar und 500 K. **7**
- d) Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante bei 500 K aus der freien Reaktionsenthalpie. Was bedeutet dies für die Lage des Gleichgewichts?
Zwischenergebnis: $\Delta_r G^{500\text{K}} \approx -30.4 \text{ kJ mol}^{-1}$ **4**

Aufgabe 5**13**

In einem geschlossenen Gefäß befinden sich 2 mol CO_2 . Die Temperatur beträgt 30°C , die Masse eines CO_2 -Moleküls ist 7.3×10^{-26} kg. CO_2 -Moleküle sind linear.

- a) Welche Geschwindigkeit haben die Teilchen im Mittel? **2**
- b) Es wird beliebiges CO_2 -Molekül betrachtet. Ist die Geschwindigkeit, die es am wahrscheinlichsten hat, höher, niedriger oder gleich der mittleren Geschwindigkeit? Begründen Sie. **2**
- c) Wie viele Translationsfreiheitsgrade hat ein CO_2 -Molekül? **1**
- d) Wie hoch ist der Beitrag der Translation zur inneren Energie eines Moleküls? **1**
- e) Wie viele Rotations- und Schwingungsfreiheitsgrade besitzt ein CO_2 -Molekül? **3**
- f) Berechnen Sie die innere Energie des Systems (in kJ mol^{-1}) aus der mittleren kinetischen Energie der Moleküle im Gefäß.
Hinweis: Die Schwingungen brauchen Sie nicht zu berücksichtigen. **4**