

# Nachklausur Thermodynamik

12.04.2019

## Physikalische Chemie 1 - Thermodynamik

WS 2018/19

Prof. Dr. M. Elstner

---

Name, Vorname	
Martikel-NR	
Studiengang	
Fachsemester	
Klausurnummer	

Aufgabe	1	2	3	4	5	$\Sigma$
Mögl. Punkte	9	17	13	17	14	70
Erreicht						

### Hinweise

- Füllen Sie die erste Tabelle **vollständig** und **gut lesbar** aus.
- 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.

### Wichtige Konstanten

$$R \approx 8.314 \frac{\text{J}}{\text{molK}}$$

$$N_A \approx 6.022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$$

$$k_B \approx 1.381 \cdot 10^{-23} \frac{\text{m}^2\text{kg}}{\text{s}^2\text{K}}$$

## Aufgabe 1

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****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.

**Hinweis:** Es wird mit einem idealen Gas gearbeitet.

**7,5**

Schritt	$\Delta W$	$\Delta Q$	$\Delta S$
isotherme Komp.			
isochore Erw.			
isobare Exp.			
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****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:

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

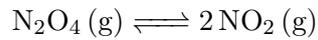
- b) Skizzieren Sie das p-V-Zustandsdiagramm für Chlorethan nach der Van-der-Waals-Gleichung und zeichnen Sie in dieses drei Isothermen bei den Temperaturen  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  ( $T_1 < T_2 = T_C < T_3$ ,  $T_C$  ist die Temperatur am kritischen Punkt) ein. Markieren Sie den Bereich, in dem die 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****17**

$\text{N}_2\text{O}_4$  kann zu  $\text{NO}_2$  dissoziieren:



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

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

- a) Bei Standarddruck und 45 °C beträgt der Partialdruck für  $\text{N}_2\text{O}_4$  55 kPa und für  $\text{NO}_2$  45 kPa. Berechnen Sie  $K = K_p$ . **3**
- b) Berechnen Sie  $\Delta_r H_m$  und  $\Delta_r S_m$  für die Dissoziation bei Standarddruck und 45 °C. **4**
- c) Nennen Sie zwei Möglichkeiten, um das Gleichgewicht auf die Seite von  $\text{NO}_2$  zu verschieben. **2**
- d) Bewegen sich im Mittel  $\text{NO}_2$  oder  $\text{N}_2\text{O}_4$  Moleküle schneller? Begründen Sie mit einer Formel. **2**
- e) Geben Sie die Anzahl der Translations- und Rotationsfreiheitsgrade eines  $\text{NO}_2$  Moleküls (nicht linear) an. Berechnen Sie damit die mittlere kinetische Energie von 2 mol  $\text{NO}_2$  bei 300 K. **6**

## Aufgabe 5

14

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

- a) Zeichnen Sie qualitativ das Phasendiagramm für  $\text{H}_2\text{O}$ . 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  $6^\circ\text{C}$ . Das Volumen verkleinert sich beim Erstarren um  $1.2\text{ cm}^3$ . Die molare Schmelzenthalpie beträgt  $\Delta_{\alpha\rightarrow\beta}H_m = 10.59 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ . Bei welcher Temperatur liegt der Gefrierpunkt, wenn der Druck auf 500 bar erhöht wird? 7