

**Klausur zur Vorlesung**  
**Physikalische Chemie 1 – Thermodynamik**  
**Freitag, 15.12.2017 17:45 bis 18:45**

Vorname, Name .....

Matrikelnummer .....

Studiengang.....

Fachsemester .....

Unterschrift .....

Anzahl der beigelegten Blätter..... (wird vom Übungsleiter ausgefüllt)

Aufgabe	1	2	3	4	$\Sigma$
maximale Punktzahl					50
erreichte Punktzahl					

**Bitte beachten Sie:**

- ✓ Zu Beginn Deckblatt ausfüllen.
- ✓ **Für jede Aufgabe gesondertes Blatt benutzen.**
- ✓ Jedes Blatt vor Beginn mit Namen und Matrikelnummer versehen.
- ✓ **Der Lösungsweg muss klar ersichtlich und ggf. mit Einheiten versehen sein.**
- ✓ Vereinfachen Sie Ihre Resultate soweit wie möglich.
- ✓ **Handy ausschalten.**
- ✓ Anzahl der beigelegten Blätter **nicht** ausfüllen.
- ✓ Bei der Abgabe Aufgabenblätter bitte nummerieren und sortiert hinter das Deckblatt legen.
- ✓ Lesen Sie zuerst **sorgfältig** alle Aufgaben und ggf. Hinweise durch.
- ✓ Bitte halten Sie Ihren Studierendenausweis bereit.

**Wichtige Naturkonstanten/Daten:**

$R \approx 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$        $k_B \approx 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

$N_A \approx 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$        $F \approx 96485 \text{ C mol}^{-1}$

**Viel Erfolg!**

**Aufgabe 1 (12 Punkte)**

Ein Bombenkalorimeter wird mit einer Heizwendel kalibriert, dabei wird eine Temperaturerhöhung von 1,617 K beobachtet, wenn ein Strom von 3,2 A aus einer 12 V Spannungsquelle für 27 Sekunden fließt. Das gleiche Kalorimeter wird anschließend verwendet um 0,3212 g Glucose (fest,  $C_6H_{12}O_6$   $M = 180$  g/mol) vollständig zu verbrennen. Die Temperatur steigt dabei von 298,000 K auf 305,793 K. Weiterhin sind folgende Standardbildungsenthalpien  $\Delta_f H^0$  gegeben:

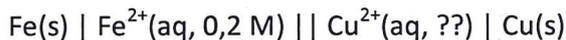
$$\Delta_f H^0 (\text{CO}_2, \text{ gasförmig}) = -393,5 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_f H^0 (\text{H}_2\text{O}, \text{ flüssig}) = -285,5 \text{ kJ/mol}$$

- Berechnen Sie die Wärmekapazität des Kalorimeters aus der Kalibriermessung.
- Bestimmen Sie sowohl die Standardverbrennungsenthalpie  $\Delta_c H^0$  von Glucose, als auch  $\Delta_c U$  der Verbrennung aus den Messdaten.
- Wie groß ist die Standardbildungsenthalpie  $\Delta_f H^0$  für Glucose?

**Aufgabe 2 (10 Punkte)**

Betrachten Sie folgende elektrochemische Zelle:



Die Standardhalbzellenpotentiale betragen  $E_{00}(\text{Fe}/\text{Fe}^{2+}) = -0,41 \text{ V}$  und  $E_{00}(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = 0,16 \text{ V}$ . Die EMK der Zelle ist 0,579 V. Die Aktivitätskoeffizienten seien eins.  $T=298 \text{ K}$ . Bitte beachten Sie die Vorzeichenkonventionen.

- Wie lauten die Halbzellenreaktionen und die Gesamtzellreaktion?
- In welche Richtung läuft die Zellreaktion bei Anschluss eines Verbrauchers ab?
- Berechnen Sie die Konzentration von  $\text{Cu}^{2+}$  und  $\Delta_R G$  der Gesamtzellreaktion.

**Aufgabe 3 (14 Punkte)**

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

$$a = 0,23 \text{ J}^4 / \text{mol}^2$$

$$b = 4,29 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{mol}$$

- Skizzieren Sie das p-V-Zustandsdiagramm für Methan und zeichnen Sie in dieses drei Isothermen bei den Temperaturen  $T_1, T_2, T_3$  ( $T_1 < T_2 = T_K < T_3$ ,  $T_K$  bezeichnet die Temperatur am kritischen Punkt) ein.
- Skizzieren Sie das p-T-Zustandsdiagramm für Methan und markieren Sie den kritischen Punkt und den Tripelpunkt.
- Berechnen Sie die kritische Temperatur und den kritischen Druck von Methan.
- Berechnen Sie ausgehend vom kritischen Punkt mit Hilfe der Verdampfungsenthalpie  $\Delta_{\text{verd,mH}} = 8,2 \text{ kJ/mol}$  den Druck am Tripelpunkt ( $T_{\text{Tripel}} = 90,7 \text{ K}$ ). Nehmen Sie dafür an, dass die Verdampfungsenthalpie im betrachteten Temperaturintervall konstant ist  
Betrachten Sie Methan in dieser Teilaufgabe als ideales Gas.  
(Hinweis: Falls Sie Aufgabenteil c) nicht lösen konnten verwenden Sie:  $T_K = 191 \text{ K}$  und  $p_K = 4,6 \text{ MPa}$ )
- Wie viele thermodynamische Freiheitsgrade besitzt das System am Tripelpunkt?
- Schätzen sie das Volumen des Methanmoleküls ab.

**Aufgabe 4 (14 Punkte)**

Der Viertakt-Ottomotor kann durch den folgenden reversiblen Kreisprozess mit vier Zustandsänderungen idealisiert dargestellt werden:

- Adiabatische Kompression des Gasmisches von  $V_a$  nach  $V_b$
- Druckanstieg von  $p_b$  nach  $p_c$  bei isochorer Erwärmung
- Adiabatische Expansion von  $V_b$  nach  $V_a$
- Druckabfall von  $p_d$  nach  $p_a$  bei isochorer Abkühlung
  - Skizzieren Sie den Kreisprozess in einem p-V-Diagramm.
  - Geben Sie die zur Berechnung von Arbeit und Wärme der einzelnen Prozessschritte notwendigen Formeln in Abhängigkeit von der Temperatur an und bestimmen Sie ob Arbeit und Wärme jeweils positiv, negativ oder 0 sind. (Hinweis: Nehmen Sie an  $T_a, T_b, T_c$  und  $T_d$  seien bekannt. Rechnen Sie diese nicht explizit aus.)
  - Leiten Sie aus den in Aufgabenteil b) bestimmten Ausdrücken den Wirkungsgrad des idealisierten Ottomotors ab.  
(Tipp: Bei einem adiabatischen Prozess von Zustand A zu Zustand B gilt :  
 $T_A \cdot V_A^{\kappa-1} = T_B \cdot V_B^{\kappa-1}$ )
  - Wie hoch ist der Wirkungsgrad wenn das Gasmisch um den Faktor Zehn komprimiert wird? Nehmen Sie für den Adiabatenkoeffizient  $\kappa = 1,4$  an.