

NAME:

Matrikel-Nummer:

Prüfung zur VO Thermodynamik WS24 (PHY.J03UB, UNT.077UB)

Datum: 04.02.2025

**Aufgabe 1: Hauptsätze der Thermodynamik (8P)**

- Nennen Sie je eine Formulierung (keine Formel) für die vier Hauptsätze der Thermodynamik. (4P)
- Nennen Sie 2 Folgerungen des 3. Hauptsatzes der Thermodynamik, beschreiben Sie die im Zusammenhang mit dem 3. Hauptsatz der Thermodynamik, durchgeführt werden müssen in Worten und graphisch in einem S-T-Diagramm. (2P)

**Aufgabe 2: Joule-Prozess (8P)**

Die Wirkungsweise einer Heißluftmaschine wird durch den Joule-Ersatzprozess bestehend aus jeweils zwei adiabatischen und isobaren Zustandsänderungen beschrieben.

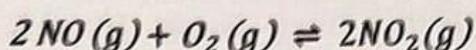
- Skizzieren Sie den Joule-Kreisprozess in einem p-V-Diagramm und einem T-S-Diagramm. Nummerieren Sie die Anfangs- bzw. Endpunkte der Teilprozesse, geben Sie die Umlaufrichtung an und zeichnen Sie die zu- und abgeführten Wärmebeträge ( $\Delta Q_{zu}$  und  $\Delta Q_{ab}$ ) in das T-S-Diagramm ein. (2P)
- Geben Sie die Formeln für die Bestimmung von  $\Delta Q_{zu}$  und  $\Delta Q_{ab}$  an und leiten Sie daraus einen Ausdruck für den Wirkungsgrad des Joule-Prozesses, sowohl in Abhängigkeit der Temperatur als auch des Drucks, ab. (Hinweis: verwenden Sie die aus der Adiabatangleichung bekannte Relation:  $T \cdot p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = konst.$ ) (4P)
- Beschreiben Sie ausgehend vom Ergebnis aus Teilaufgabe b) anhand einer Skizze (T-S-Diagramm), durch welche Maßnahme der Wirkungsgrad der Heißluftmaschine vergrößert werden kann (Hinweis: Es handelt sich bei der Maßnahme nicht um eine Wärmerückführung). (2P)

**Aufgabe 3: Joule-Thomson-Effekt (8P)**

- Skizzieren und beschreiben Sie in Worten ein Experiment, bei dem der Joule-Thomson-Effekt beobachtet werden kann. Um welche Zustandsänderung handelt es sich beim Joule-Thomson-Effekt? (2P)
- Zeichnen Sie qualitativ einige Isenthalpen für das van-der-Waals Gas in ein Temperatur-Druck Diagramm. Kennzeichnen Sie im Diagramm den Bereich, in dem bei isenthalper Entspannung Abkühlung auftritt. (2P)
- Zeichnen Sie eine Isenthalpe des idealen Gases in das Diagramm in (b) und deuten Sie mikroskopisch, weshalb ein van-der-Waals Gas bei diesem Prozess abkühlen kann, ein ideales Gas jedoch nicht. (2P)
- Leiten Sie unter Zuhilfenahme der Beziehung  $\left(\frac{\partial H(p,T)}{\partial p}\right)_T = V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$  einen Ausdruck für den Joule-Thomson-Koeffizienten  $\delta = \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_H$  ab. (2P)

#### Aufgabe 4: Massenwirkungsgesetz (10P)

Für die Oxidation von Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid gilt folgende Reaktionsgleichung:



$$\begin{array}{ll} \Delta_{\text{B}}H^{\circ}(\text{NO}) = 90.4 \text{ kJ/mol} & S_0(\text{NO}) = 210.6 \text{ J/molK} \\ \Delta_{\text{B}}H^{\circ}(\text{NO}_2) = 33.8 \text{ kJ/mol} & S_0(\text{NO}_2) = 240.6 \text{ J/molK} \\ \Delta_{\text{B}}H^{\circ}(\text{O}_2) = 0 \text{ kJ/mol} & S_0(\text{O}_2) = 205.0 \text{ J/molK} \end{array}$$

- Wie lautet die Gleichgewichtsbedingung für diese Reaktion als Funktion der chemischen Potentiale der Edukte und Produkte? (1P)
- Stellen Sie für diese Reaktion das Massenwirkungsgesetz als Funktion der Molenbrüche  $x_i$  der Edukte bzw. Produkte auf. (Die Gleichgewichtskonstante bezeichnen Sie mit  $K$ ).  
Was sagt das Massenwirkungsgesetz aus? Was gilt für die Grenzfälle  $K \gg 1$  bzw.  $K \ll 1$ ? (3P)
- Was versteht man unter  $\Delta_R H^{\circ}$  bzw.  $\Delta_R S^{\circ}$  und wie lassen sich diese Größen aus den Standardbildungsenthalpien  $\Delta_{\text{B}}H_i^{\circ}$  bzw. Standardentropien  $S_i^{\circ}$  der einzelnen Reaktionspartner berechnen?  
Berechnen Sie  $\Delta_R H^{\circ}$  und  $\Delta_R S^{\circ}$  für die betrachtete Reaktion aus den angegebenen Werten. (3P)
- Beschreiben Sie das Prinzip von LeChatelier-Braun (Prinzip des kleinsten Zwanges). Wie wirkt sich für die oben angeschriebene Reaktion eine Temperaturerhöhung bzw. eine Druckerhöhung auf die Lage des Gleichgewichts aus (mit Erklärung)? (3P)

#### Aufgabe 5: Phasenübergänge und Chemisches Potential (6P)

Ein reiner Stoff kann in den Phasen fest, flüssig oder gasförmig vorkommen.

- Kennzeichnen Sie in einem Diagramm, in dem das chemische Potential  $\mu$  über der Temperatur  $T$  aufgetragen ist, die Stabilitätsbereiche der einzelnen Phasen in Abhängigkeit von der Temperatur. (Tipp:  $(\partial\mu/\partial T) = -s$ ) (2P)
- Wodurch wird die Stabilität einer Phase in Bezug auf das chemische Potential bestimmt und wie stehen die chemischen Potentiale zweier Phasen bei der Phasenübergangstemperatur in Beziehung? (1P)
- Erläutern und skizzieren Sie im  $\mu$ - $T$ -Diagramm, wie das chemische Potential einer Flüssigkeit (= Lösungsmittel) durch Zugabe eines Stoffes (= gelöster Stoff) beeinflusst wird und wie sich das auf die Phasenübergangstemperaturen auswirkt. (2P)
- Was versteht man allgemein unter dem Begriff „kolligative Eigenschaften“? (1P)