



Name:

Matrikelnummer:.....

Lehrveranstaltung: **Physikalische Chemie I**

Prüfungsnummer: **Probeklausur**

Datum: **WS 2019/2020**

Aufgabe 1: Ideale Gase/6 Punkte
Aufgabe 2: Thermochemie...../5 Punkte
Aufgabe 3: Thermodynamik/7 Punkte
Aufgabe 4: Volumenarbeit/7 Punkte

Die Aufgaben gelten nur dann als gelöst, wenn der Lösungsweg klar nachvollziehbar ist und Vorzeichen, Zahlenwert und Einheit des Endergebnisses korrekt sind. Beachten Sie beim Endergebnis die Anzahl der signifikanten Stellen!

Erlaubte Hilfsmittel: Taschenrechner, Periodensystem,
eigenhändig geschriebene Formelsammlung im gebundenen DIN A5 Heft

Note	5,0	4,0	3,7	3,3	3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,3	1,0
Punkte	< 10	ab 10,0	ab 11,5	ab 13,0	ab 14,5	ab 16,0	ab 17,5	ab 19,0	ab 20,5	ab 22,0	ab 23,5



Aufgabe 1: Ideale Gase

Luft ist eine Mischung aus 78 Mol-% Stickstoff (N_2), 21 Mol-% Sauerstoff (O_2) und 1 Mol-% Argon (Ar). Die mittlere Molmasse von trockener Luft beträgt $29 \frac{g}{mol}$. Daneben kann Luft noch ca. 1-2 Mol-% Wasserdampf (H_2O) enthalten.

a) Sind folgende Aussagen **richtig** oder **falsch**?

- I Die Dichte von Luft mit hoher Luftfeuchtigkeit ist bei sonst gleichen Bedingungen ($0^\circ C$, 101 kPa) geringer als die Dichte von Luft mit niedriger Luftfeuchtigkeit.
- II Stickstoff diffundiert bei sonst gleichen Bedingungen ($0^\circ C$, 101 kPa) besser als Argon (d.h. Stickstoff besitzt eine höhere Diffusionskonstante).
- III Argon und Wasserdampf haben bei sonst gleichen Bedingungen ($0^\circ C$, 101 kPa) dieselbe Translationsenergie.

b) Berechnen Sie die **Dichte** ρ von trockener Luft bei $0^\circ C$ und 101 kPa.

c) Berechnen Sie die **mittlere Geschwindigkeit** $\langle v \rangle$ der Wasser-Moleküle ($M = 18 \frac{g}{mol}$) in der Luft.

d) Berechnen Sie die molare **Innere Energie der Translation** („thermische Energie“ U_{trans}) der Wasser-Moleküle in der Luft.

Wasser verhält sich in der Gasphase wie ein ideales Gas. Die Stoßquerschnitte aller Luftbestandteile sind in erster Näherung identisch.

richtige Aussagen sind: (I) (II) (III)
falsche Aussagen sind: (I) (II) (III)
ρ
$\langle v \rangle$ (Stickstoff)
U_{trans} (Stickstoff)

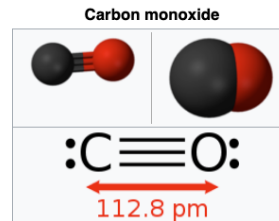
6 Punkte, davon erreicht:



Aufgabe 2: Thermochemie

a) Skizzieren Sie ein **Enthalpiediagramm** (25°C, 100 kPa) mit folgenden 3 Niveaus:

- Gasförmiges Kohlenmonoxid:
 $\text{CO} (g)$
- Elemente, aus denen Kohlenmonoxid besteht:
 $\text{C}(s, \text{graphite}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(g)$
- Atome, aus denen Kohlenmonoxid besteht: $\text{C}(g) + \text{O}(g)$



b) Berechnen Sie die **Enthalpien** dieser 3 Niveaus aus Tabellenwerten (Anhang).

c) Berechnen Sie die **Bindungsenthalpie** der $\text{C} \equiv \text{O}$ Bindung im Kohlenmonoxid.

d) Berechnen Sie die **molare Verbrennungsenthalpie** $\Delta_{\text{com}} H^\circ$ von Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid.

Enthalpiediagramm



Enthalpie Kohlendioxid:

Enthalpie Elemente:

Enthalpie Atome:

Bindungsenthalpie $\text{C} \equiv \text{O}$:

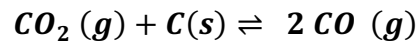
Verbrennungsenthalpie:

5 Punkte, davon erreicht:



Aufgabe 3: Thermodynamik

Kohlendioxid kann mit elementarem Kohlenstoff zu Kohlendioxid reagieren:



- Berechnen Sie die molare **Reaktionsenthalpie** $\Delta_{rxn}H^\circ$, die molare **Reaktionsentropie** $\Delta_{rxn}S^\circ$ und die molare **freie Reaktionsenthalpie** $\Delta_{rxn}G^\circ$ bei 25°C.
- Ermitteln Sie die formale **Einheit** die thermodynamischen Gleichgewichtskonstante $[K_{eq}]$ (Massenwirkungsgesetz).
- Berechnen Sie die thermodynamische **Gleichgewichtskonstante** K_{eq} der Zersetzung bei 25°C.
- Hat die Reaktion eine **Floortemperatur oder eine Ceilingtemperatur**? Berechnen Sie diese.

$\Delta_{rxn}H^\circ =$
$\Delta_{rxn}S^\circ =$
$\Delta_{rxn}G^\circ =$
$[K_{eq}] =$
$K_{eq} =$
<i>Floortemperatur oder Ceilingtemperatur?</i>
<i>Floortemperatur oder Ceilingtemperatur:</i>

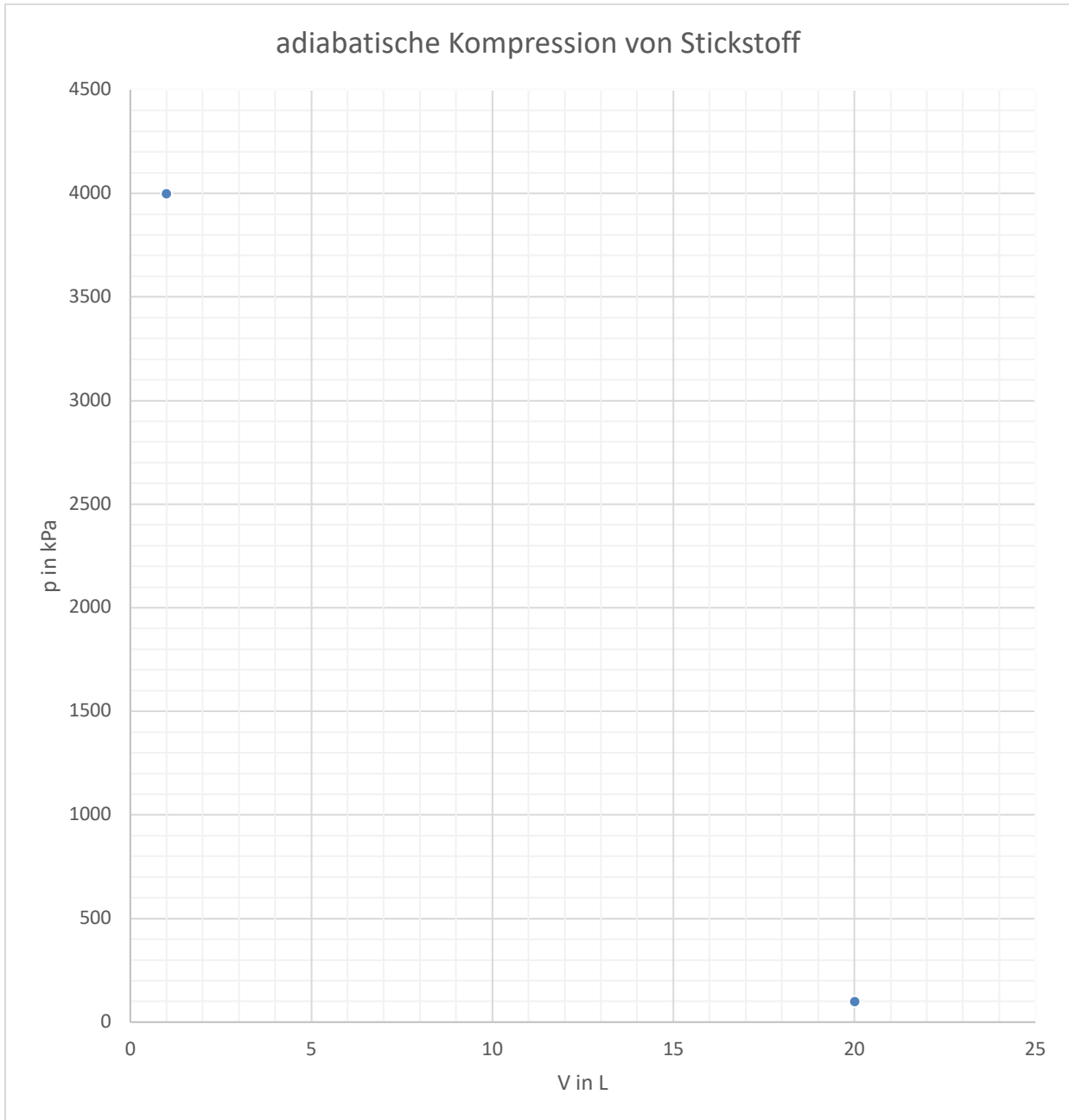
7 Punkte, davon erreicht:



Aufgabe 4: Volumenarbeit

1.00 mol Argon (ideales Gas; Ausgangsbedingungen: 25.0°C, 100 kPa) werden reversibel auf 4000 kPa komprimiert. Der Prozess erfolgt ideal adiabatisch; der Poissonscher Adiabatenkoeffizient von Argon beträgt $\kappa = 1.67$.

- a) Welches **Volumen** V_f und welche **Temperatur** T_f hat das Gas nach dem Prozess?
- b) Welche **isochore Wärmekapazität** C_V („Molwärme“) besitzt das Gas?
(Für ein ideales Gas gilt: $C_p - C_V = nR$; $\kappa = \frac{C_p}{C_V}$)?
- c) Wie viel **Arbeit** w_{rev} wird für die adiabatische Kompression benötigt?
- d) Skizzieren Sie den Prozess im nachfolgenden **pV-Diagramm** und markieren Sie darin die **Druck-Volumen-Arbeit**.
- e) Sind folgende Aussagen **richtig** oder **falsch**?
- I Die graphische Auftragung des Prozesse im pV-Diagramm ist eine Hyperbel.
 - II Arbeit wird in Wärme umgewandelt.
 - III Die Innere Energie des Gases bleibt konstant.
 - IV Die Entropie des Gases bleibt konstant.



$V_f =$	$T_f =$
$C_V =$	$w_{rev} =$
Richtig ist (I) (II) (III) (IV)	Falsch ist (I) (II) (III) (IV)

7 Punkte, davon erreicht



Thermodynamische Daten und Konstanten, Umrechnungsfaktoren

<i>Gaskonstante</i>	$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
<i>Boltzmannkonstante</i>	$k_B = 1.381 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$
<i>Avogadrokonstante</i>	$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$

	<i>molare Standardbildungsenthalpie</i>	<i>molare Standardentropie</i>
$\text{CH}_4 (g)$	$\Delta_f H^\circ = -74.81 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	$S^\circ = 186.26 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
$\text{C} (g)$	$\Delta_f H^\circ = 716.68 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	$S^\circ = 158.1 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
$\text{O} (g)$	$\Delta_f H^\circ = 249.17 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	$S^\circ = 161.06 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
$\text{C} (s, \text{graphite})$		$S^\circ = 5.74 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
$\text{H}_2 (g)$		$S^\circ = 130.684 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
$\text{H}_2\text{O} (g)$	$\Delta_f H^\circ = -241.83 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	$S^\circ = 188.72 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
$\text{N}_2 (g)$		$S^\circ = 191.5 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
$\text{NH}_4\text{NO}_3 (s)$	$\Delta_f H^\circ = -365.6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	$S^\circ = 151 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
$\text{O}_2 (g)$		$S^\circ = 205.0 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
$\text{H}_2\text{O} (g)$	$\Delta_f H^\circ = -241.83 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	$S^\circ = 188.72 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
$\text{CO} (g)$	$\Delta_f H^\circ = -110.5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	$S^\circ = 197.7 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
$\text{CO}_2 (g)$	$\Delta_f H^\circ = -393.77 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$	$S^\circ = 213.86 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$

<i>Temperatur</i>	$0.00 \text{ }^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$
<i>Druck</i>	$1.00 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$ $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 760 \text{ Torr}$