

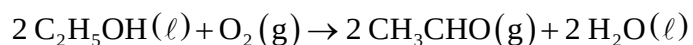
Zusatzaufgaben Dezember 2013 Ergebnisse ohne Lösungsweg

Die folgenden Aufgaben zählen nicht zu den Übungsaufgaben, die Sie rechnen müssen und für die Sie Punkte erhalten. Sie geben Ihnen einen Überblick über den Stoff, den Sie zurzeit beherrschen sollten und Sie sollten die Aufgaben ohne weitere Hilfsmittel (nur Taschenrechner) in etwa 2 h rechnen können. Sie haben den Schwierigkeitsgrad der Klausuraufgaben.

Aufgabe 1

8 Punkte

Ethanol wird durch Sauerstoff zu Acetaldehyd oxidiert.



Berechnen Sie $\Delta_r S_{298}^\ominus$ und $\Delta_r G_{298}^\ominus$

Stoff	$\Delta_f G_{298}^\ominus \text{ kJmol}^{-1}$	$S_{298}^\ominus \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\ell)$	-174,14	160,67
$\text{CH}_3\text{CHO}(\text{g})$	-133,30	264,22
$\text{H}_2\text{O}(\ell)$	-237,13	69,91
$\text{O}_2(\text{g})$	0	205,14

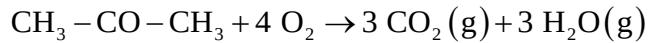
Ergebnis:

$$\Delta_r S_{298}^\ominus = 141,78 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}; \Delta_r G_{298}^\ominus = -392,58 \text{ kJmol}^{-1}$$

Aufgabe 2**15 Punkte**

$$\left(\begin{array}{l} R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \\ M(\text{C}) = 12 \text{ g mol}^{-1}, M(\text{H}) = 1 \text{ g mol}^{-1}, M(\text{O}) = 16 \text{ g mol}^{-1} \end{array} \right)$$

Wir verbrennen 100 g Aceton mit Luft (Volumenanteil N_2 : 0,8, Volumenanteil O_2 : 0,2)



Dabei wird genau die aus der Stöchiometrie berechnete Menge Luft zugegeben und die Reaktion läuft vollständig ab. Das entstehende Gasgemisch hat eine Temperatur von 150°C und steht unter einem Druck von 1,5 bar.

Wie groß ist das Volumen der Gase nach der Verbrennung (N_2 soll eingerechnet werden)?

$$M(\text{Aceton}) = 58 \text{ g mol}^{-1}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{100}{58 \text{ g mol}^{-1}} = 1,72 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol Aceton} \hat{=} 4 \text{ mol O}_2$$

Gesamtmolzahl am Ende der Verbrennung:

$$\begin{aligned} n &= n(\text{N}_2) + n(\text{CO}_2) + n(\text{H}_2\text{O}) \\ &= (27,6 + 5,16 + 5,16) \text{ mol} = 37,92 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{37,92 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 423 \text{ K}}{150000 \text{ Pa}} = \underline{\underline{0,889 \text{ m}^3}}$$

Aufgabe 3

Punkte: 20

Wir betrachten ein Gefäß, das bei 25°C mit 0,1 bar CO₂ und 0,1 bar N₂ gefüllt ist. Der Durchmesser des CO₂-Moleküls ist 0,5 nm, der Durchmesser des N₂-Moleküls ist 0,38 nm.

Wie groß ist die mittlere Geschwindigkeit eines CO₂-Moleküls („mittlere quadratische Geschwindigkeit“)?

$$\langle v^2_{\text{CO}_2} \rangle^{0,5} = \sqrt{\frac{3RT}{M_{\text{CO}_2}}} = 411 \text{ ms}^{-1}$$

Wie groß ist die mittlere Relativgeschwindigkeit („mittlere quadratische Geschwindigkeit“) der CO₂ und der N₂-Moleküle? Mittlere Relativgeschwindigkeit:

$$\langle v^2_{\text{N}_2\text{CO}_2} \rangle^{0,5} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \text{ mit } \mu = \frac{M_{\text{N}_2} \cdot M_{\text{CO}_2}}{M_{\text{N}_2} + M_{\text{CO}_2}}$$

$$\text{Einsetzen: } \langle v^2_{\text{N}_2\text{CO}_2} \rangle^{0,5} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,314 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{28 \text{ gmol}^{-1} + 44 \text{ gmol}^{-1}}}$$

$$\langle v^2_{\text{N}_2\text{CO}_2} \rangle^{0,5} = \sqrt{434 \frac{\text{J Nm ms}^{-2} \text{ kg } 10^3 \text{ g}}{\text{g J N kg}}} = 659 \text{ ms}^{-1}$$

Wie groß ist die thermische Energie (Innere Energie) eines Mols CO₂ bei 298 K? Nehmen Sie an, dass alle Freiheitsgrade angeregt sind.

$$E(\text{therm}) = 16,1 \text{ kJmol}^{-1}$$

Wie groß ist die Gesamtzahl aller Zusammenstöße der CO₂ Moleküle mit allen N₂ Molekülen pro Zeit und pro Volumen? Verwenden Sie hier die vorher ermittelte Relativgeschwindigkeit.

$$\text{Lösung: Es gilt: } Z_{\text{N}_2\text{CO}_2} = \frac{N_{\text{N}_2}}{V} \cdot \sigma_{\text{N}_2\text{CO}_2} \cdot \langle v_{\text{N}_2\text{CO}_2} \rangle \cdot \frac{N_{\text{CO}_2}}{V}$$

$$\text{Ideales Gasgesetz: } p V = n RT$$

$$\text{Stoffmenge: } n_{N_2} = \frac{N_{N_2}}{N_A}$$

$$\text{Einsetzen: } Z_{N_2CO_2} = \frac{N_A p_{N_2}}{RT} \cdot \sigma_{N_2CO_2} \cdot \langle v_{N_2CO_2} \rangle \cdot \frac{N_A p_{CO_2}}{RT}$$

$$\begin{aligned} \text{Partialdrücke: } p_{N_2} &= 0,1 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ p_{CO_2} &= 0,1 \cdot 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$\text{Mittlere Relativgeschwindigkeit: } \langle v_{N_2CO_2}^2 \rangle^{0,5} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \text{ mit } \mu = \frac{M_{N_2} \cdot M_{CO_2}}{M_{N_2} + M_{CO_2}}$$

$$\text{Einsetzen: } \langle v_{N_2CO_2} \rangle = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{28 \text{ g mol}^{-1} + 44 \text{ g mol}^{-1}}}$$

$$\langle v_{N_2CO_2}^2 \rangle^{0,5} = \sqrt{434 \frac{\text{J}}{\text{g}} \frac{\text{Nm}}{\text{J}} \frac{\text{ms}^{-2} \text{kg}}{\text{N}} \frac{10^3 \text{g}}{\text{kg}}} = 659 \text{ ms}^{-1}$$

Mittlerer Stoßquerschnitt mit Durchmesser $d=2r$

$$\sigma_{N_2CO_2} = \pi (r_{N_2} + r_{CO_2})^2 = \pi (0,19 \text{ nm} + 0,25 \text{ nm})^2 = 0,61 \text{ nm}^2$$

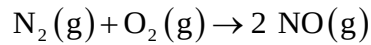
Einsetzen:

$$Z_{N_2CO_2} = \left(\frac{6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} \right)^2 \cdot 10^4 \text{ Pa} \cdot 10^4 \text{ Pa} \cdot 0,61 \text{ nm}^2 \frac{10^{-18} \text{ m}^2}{\text{nm}^2} \cdot 659 \text{ ms}^{-1}$$

$$Z_{N_2O_2} = 2,35 \cdot 10^{33} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$$

Aufgabe 4**15 Punkte**

Bei hohen Temperaturen findet die folgende Reaktion statt (z.B. in Motoren):



Es wurden folgende Gleichgewichtskonstanten gefunden. Der Druck ist konstant ($p = p^\ominus$).

$$2000 \text{ K} \quad K^\ominus = 4,08 \cdot 10^{-4}$$

$$2400 \text{ K} \quad K^\ominus = 25,1 \cdot 10^{-4}$$

1. Wie groß ist die Freie Standardreaktionsenthalpien $\Delta_r G^\ominus$ bei 2000 K?
2. Wie groß ist $\Delta_r H^\ominus$? Setzen Sie voraus, dass $\Delta_r H^\ominus$ in diesem Temperaturbereich nicht von der Temperatur abhängt.
3. Wie groß ist $\Delta_r S^\ominus$ bei 2000 K?

Ergebnisse:

$$\Delta_r G^\ominus = 129,77 \text{ kJmol}^{-1}$$

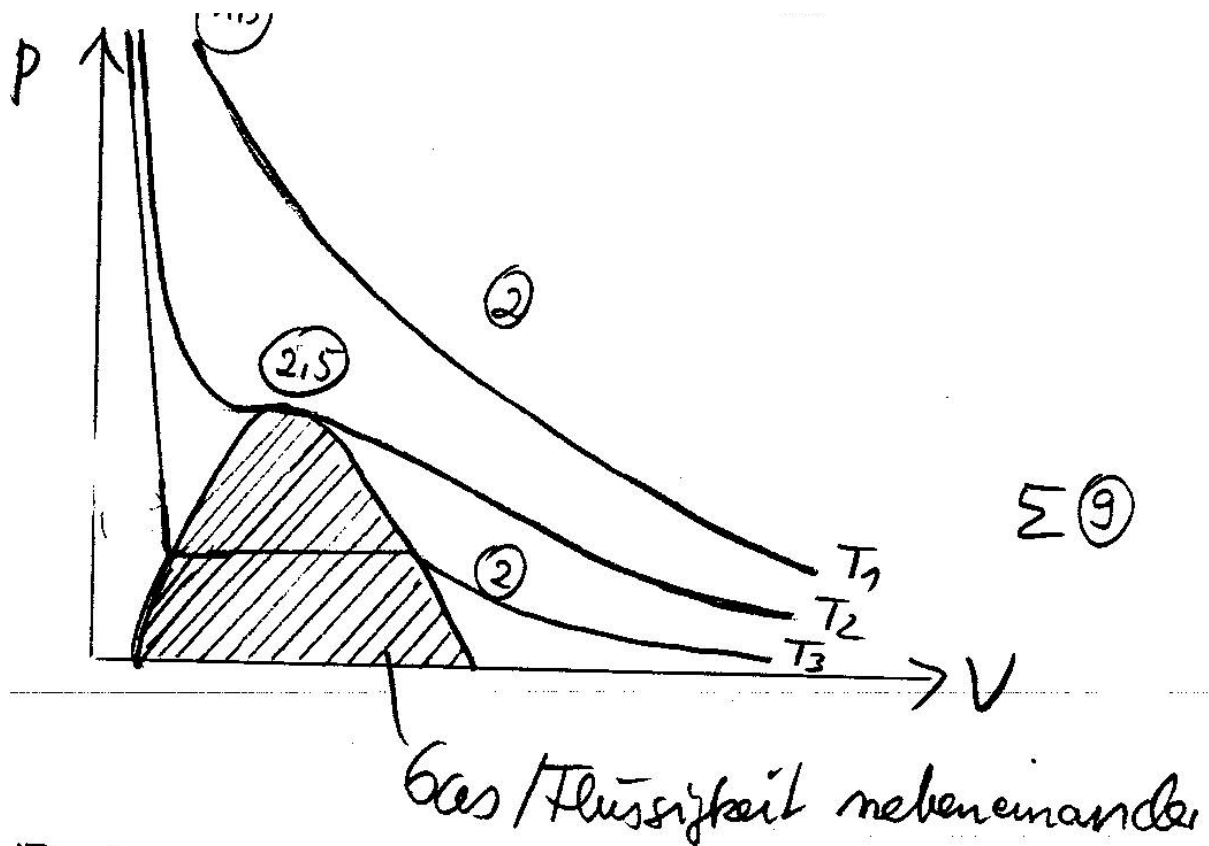
$$\Delta_r H^\ominus = 128,26 \text{ kJmol}^{-1}$$

$$\Delta_r S^\ominus = 25,75 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

Aufgabe 5**8 Punkte**

Zeichnen Sie für ein reales Gas in einem pV - Diagramm den Verlauf von drei Isothermen ein: Oberhalb des kritischen Punktes, am kritischen Punkt, unterhalb des kritischen Punktes.

Zeichnen Sie das Gebiet ein, in dem nebeneinander Gas und Flüssigkeit existieren.



Aufgabe 6

10 Punkte

Kurze Fragen – kurze Antworten (je 2 Punkte)

1. Was sind intensive Zustandsvariable? Nennen Sie drei Beispiele.

Intensive Zustandsvariable hängen nicht von der Masse (Stoffmenge) des Systems ab. Beispiele: Druck, Temperatur, chemisches Potential

2. Wie lautet die van der Waals'sche Gleichung?

$$\left(p + \frac{a}{V_m^2}\right) (V_m - b) = RT$$

3. Wie lautet der dritte Hauptsatz der Thermodynamik?

Die Entropie eines idealen Kristalls im inneren Gleichgewicht am Absoluten Nullpunkt ist Null.

Oder : S_0 (id. Kristall, inneres Gleichgewicht) = 0

4. Wie ist allgemein der Wirkungsgrad definiert?

$$\left. \begin{aligned} \text{Wirkungsgrad} &= \frac{\text{Nutzungsenergie}}{\text{aufgewandte Energie}} \\ &= \frac{\text{Nutzungleistung}}{\text{aufgewendete Leistung}} \end{aligned} \right\} \text{ beides = OK}$$

5. Wie hängt der Carnot'sche Wirkungsgrad mit der Temperatur zusammen?

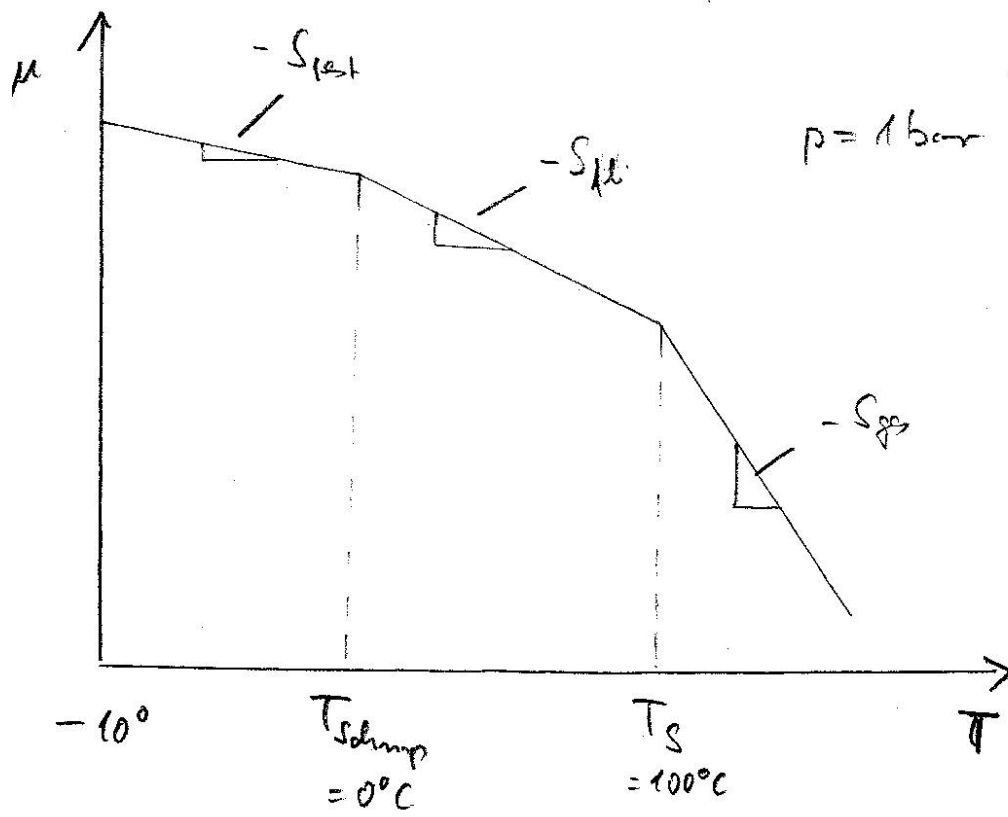
$$\eta(\text{Carnot}) = \frac{(W)}{Q(T(\text{hoch}))} = \frac{T(\text{hoch}) - T(\text{niedrig})}{T(\text{hoch})}$$

Aufgabe 7

Punkte: 8

Zeichnen Sie schematisch den Verlauf der chemischen Potentials von Wasser von 0 K – 450 K bei $p = 1 \text{ bar}$. Was bedeuten die Steigungen der Kurven?

$$\left(\frac{d\mu}{dT} \right)_p = -S$$



Aufgabe 8

$$(h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1})$$

16 Punkte

Licht der Wellenlänge 500 nm mit einer Intensität von $0,5 \text{ W cm}^{-2}$ fällt auf eine Küvette (2 cm Länge, $0,5 \text{ cm}^2$ Fläche), in der sich eine Substanz mit der Konzentration 10^{-4} M und dem dekadischen Absorptionskoeffizienten $\varepsilon = 5 \cdot 10^3 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ befindet.

1. Wie groß ist die aus der Küvette austretende Lichtintensität? $I = 0,05 \text{ Wcm}^{-2}$
2. Wie groß ist die absorbierte Lichtintensität? $I(\text{abs}) = 0,45 \text{ W cm}^{-2}$
3. Wie viel Energie wird in 10 s in der Küvette absorbiert? $E_{\text{Abs}} = I_{\text{abs}} t \quad F = 2,25 \text{ J}$
4. Wie groß ist die Zahl der absorbierten Photonen in 10 s? $N_{\text{abs}} = \frac{E_{\text{abs}}}{h \cdot \nu} = 5,68 \cdot 10^{18}$

Lösung:

a) $I = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon c l}$

$$= 0,5 \text{ W cm}^{-2} \cdot 10^{-0,5 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1} \cdot 10^{-4} \text{ M} \cdot 2 \text{ cm}}$$

$$= 0,5 \text{ W cm}^{-2} \cdot 10^{-1} = 0,05 \text{ Wcm}^{-2}$$

b) $I_{\text{abs}} = I_0 - I$

oder:

$$= I_0 - I_0 \cdot 10^{-\varepsilon c l}$$

$$= I_0 \cdot (1 - 10^{-\varepsilon c l})$$

$$= 0,5 \text{ W cm}^{-2} (1 - 10^{-1})$$

$$= 0,45 \text{ W cm}^{-2}$$

$$= I_{\text{abs}} = I_0 - I$$

$$= (0,5 - 0,05) \text{ W cm}^{-2}$$

$$= 0,45 \text{ cm}^{-2} \text{ W}$$

c) $I = \frac{dE}{dt A} \text{ bzw. } \frac{E}{t A} \rightarrow E_{\text{Abs}} = I_{\text{abs}} t \quad A$

$$= 0,45 \text{ W cm}^{-2} \cdot 10 \text{ s} \cdot 0,5 \text{ cm}^{-2}$$

$$= 2,25 \text{ Ws} = 2,25 \text{ J}$$

$$d) \quad E_{\text{Abs}} = N_{\text{abs}} \cdot h \cdot \nu \rightarrow N_{\text{abs}} = \frac{E_{\text{abs}}}{h \cdot \nu}$$

$$c = \nu \lambda \rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$N_{\text{abs}} = \frac{E_{\text{abs}} \lambda}{h \cdot c} = \frac{2,25 \text{ J} \cdot 500 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} = 5,68 \cdot 10$$

$$N_{\text{abs}} = \frac{E_{\text{abs}} \lambda}{h \cdot c} = \frac{2,25 \text{ J} \cdot 500 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} = 5,68 \cdot 10^{18}$$