

1. Single Choice

1.1. Welche Aussage ist falsch?

- a) T & p = intensive Größen ✓
- b) u , S , G = Zustandsfkt. ✓
- c) c^{spez} = intensive Größe ✓
- d) Q & W ≠ Zustandsfkt. ✓
- e) V = intensive Größe ✗ ↗ extensiv

1.2. geg: EM bei $RT = 25^\circ C = 298K$

$$p = 10^{-7} Pa = 10^{-7} \frac{J}{m^3}$$

$$V_{\text{Probekammer}} = 1L = 1 \times 10^{-3} m^3$$

Luft $\hat{=}$ ideales Gas

ges.: Wie viele Moleküle Luft in der Probekammer?

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{10^{-7} \frac{J}{m^3} \cdot 10^{-3} m^3}{298K \cdot 8,314 \frac{J}{K \cdot mol}} = 4 \times 10^{-14} mol$$

$$\begin{aligned} \text{Teilchen} &= n \cdot N_A = 4 \times 10^{-14} mol \cdot 6,022 \times 10^{23} \frac{1}{mol} \\ &= 2,4 \times 10^{10} \approx 10^{10} \end{aligned}$$

1.2. d)

$$1.3. \quad du = \underbrace{21,4 kJ}_{\substack{\text{nimmt} \\ \text{Wärme} \\ \text{auf} \\ (+)}} - \underbrace{16,6 kJ + 6,9 kJ}_{\substack{\text{leistet Arbeit} \\ (-)}} = -2,1 kJ$$

1.3. c)

1.4. geg: Mensch: $m = 70 kg$

Kleidung: $m(H_2O) = 1,125 kg$

Wärme zur Verdampfung aus Körper

ges.: Um wie viel Kelvin sinkt Körpertemp. ab, wenn Körper-Wärmeenergie nicht aufbringt?

1.4.

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} m \cdot c_p^{spez} dT$$

$$= m \cdot c_p^{spez} \underbrace{(T_2 - T_1)}_{\Delta T}$$

damit: $\Delta T = \frac{\Delta H}{m \cdot c_p^{spez}}$

$$\Delta H \text{ via } h_{vap}(H_2O) \rightarrow \Delta H = n \cdot \Delta_{vap}H = \frac{1125g}{18,02 g/mol} \cdot 40 \frac{kJ}{mol}$$

$= 2500 kJ$

$m(H_2O)$
 \downarrow
 $M(H_2O)$
 \uparrow
 $\Delta_{vap}H(H_2O)$

damit: ΔT

$$\Delta T = \frac{\Delta_{vap}H}{m \cdot c_p^{spez}} = \frac{2500 kJ}{70kg \cdot 3,57 \frac{kJ}{K \cdot kg}} = 10,004 K$$

$\approx 10K$

damit: 1.4.a)

1.5. ges: Diffusionskonstante des Stoffes

geg: Flüssigkeits-Schichtdicke: 1mm

Teilchenfluss: $j_x = 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

Konzentrationsdifferenz über Schicht: 10^{-2} mol/L

aus Angaben: Diffusionskonstante: $\left[\frac{m^2}{s} \right]$

Über Einheiten: $m \cdot \frac{\frac{m^3}{mol}}{mol} \cdot \frac{mol}{m^2 \cdot s} = \frac{m^2}{s}$ ✓

$\frac{1}{\frac{dc}{dx}}$ (Schichtdicke dx) Teilchenfluss j_x

Diffusionskonstante D

Ficksches Gesetz: $-D \cdot \frac{dc}{dx} = \frac{j}{A} = j$

hier in x-Richtung: $D = j_x \cdot dx \cdot \frac{1}{\frac{dc}{dx}}$

damit:

$$D = \text{Dicke} \cdot \frac{1}{dx} \cdot J_x = 0,001 \text{ m} \cdot \frac{1}{10^{-2}} \cdot \frac{10^{-3} \text{ mol}}{\text{mol}} \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$
$$= 1 \times 10^{-10} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

damit: 1.5. e) /

1.6! Welche Aussage trifft zu?

geg: geschlossenes TD-System

$$du = \delta Q + \delta W$$

↑ Wärme-austausch ↑ Arbeits-austausch

aber: kein Materie-austausch

- a) ✗ → abgeschlossenes System: $du = 0$
- b) ✓ → $du = \delta Q + \delta W$ & Systemgrenze deformierbar
- c) ✗ → adiabatisches System: $du = \delta W$
- d) ✗ → Widerspruch: permeable Systemgrenze impliziert Materieaustausch ↯

1.7! Henry-Gesetz

- a) ✗ Flüssigkeit muss nicht immer H_2O sein
- b) ✗ Gefrierpunktniedrigung → via μ (chem. Potential)
- c) ✗ Verteilungskoeffizienten
- d) ✓ $p_i = x_i \cdot K_H$ bzw. $x_i = \frac{p_i}{K_H}$ (in idealer Lsg)
- e) ✗ Raoult'sches Gesetz

1.8. geg: $l = \text{konst.} = 3,57 \text{ A}$

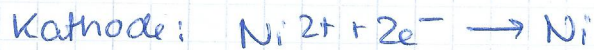
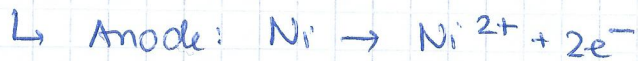
zwischen 2 Ni-Elektroden

$$V(\text{NiSO}_4) = 1 \text{ L}$$

$$c(\text{NiSO}_4) = 2,3 \text{ mol/L}$$

geg: Stoffmengen-
konzentration
der Lsg
nach
 $t = 6 \text{ h}$
 $= 21.600 \text{ s}$

① 2 Ni-Elektroden + Lsg. mit Ni²⁺



⇒ GGW

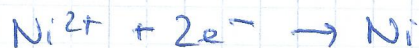
↳ keine Änderung in der Konzentration

→ $c(\text{NiSO}_4)_{\text{Anfang}} = c(\text{NiSO}_4)_{\text{Ende}} = 2,3 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

↳ 1.8.d)

② hat Hr. Müller auch gelten lassen

↳ Betrachtung von nur einer Elektrode (Kathode)



↳ Abscheidung von Ni

$I \cdot t = n \cdot F \cdot z$

$n = \frac{I \cdot t}{F \cdot z} = \frac{3,57 \text{ A} \cdot 21.600 \text{ s}}{96487 \frac{\text{As}}{\text{mol}} \cdot 2} = 0,3996 \text{ mol}$

$\Delta n = 2,3 \frac{\text{mol}}{\text{L}} - 0,3996 \text{ mol} / 1 \text{ L} = 1,9 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

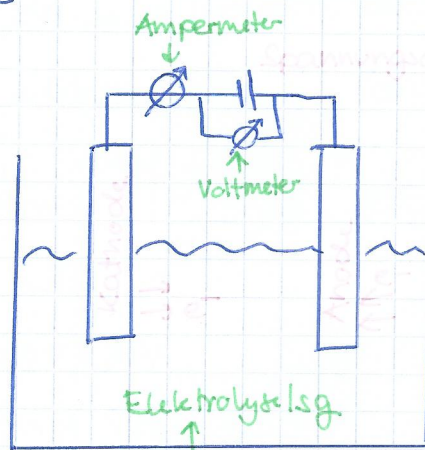
↑
Vorher

↑
abgeschieden
↳ verbraucht
1:1
da Ni²⁺ in Lsg.
in selbem
Verhältnis wie
SO₄²⁻

1.8.c)

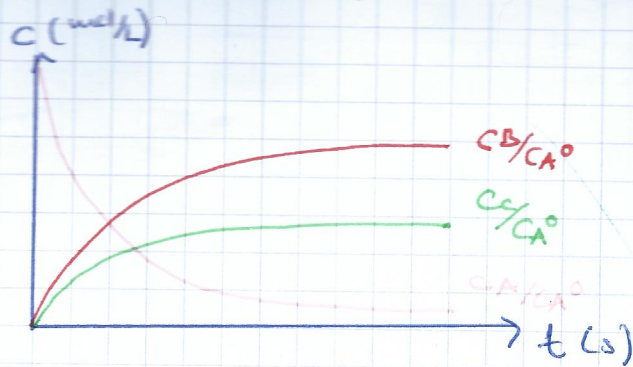
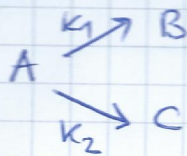
1.9. nicht in Elektrolysanordnung

a) Ionenbrücke ist nicht enthalten



1-10. Kinetik einer irreversiblen Parallelreakt

1. Ordnung



Welche Aussage ist falsch?

$$\left. \begin{array}{l}
 a) \quad c_B^0 = k_1 \cdot c_A^0 \\
 \quad \quad c_C^0 = k_2 \cdot c_A^0
 \end{array} \right\} \frac{c_B}{c_C} = \frac{k_1}{k_2} \quad \checkmark$$

b) Folie 15 Skript Kinetik v. Hr. Müller

$$\frac{1}{t_{1/2}} = \frac{1}{(t_{1/2})_1} + \frac{1}{(t_{1/2})_2} = \frac{(t_{1/2})_2 + (t_{1/2})_1}{(t_{1/2})_1 \cdot (t_{1/2})_2}$$

$$\neq \frac{1}{(t_{1/2})_1 + (t_{1/2})_2} \quad \times$$

c) \checkmark Integrales Zeitgesetz

d) \checkmark Differenzielles Zeitgesetz

e) \checkmark 1:1 Rkt \rightarrow in Summe muss das rauskommen, was reingesteckt wurde

Aufgabe 2 Volumen einer realen flüssigen Mischung

$$2a) \quad V(n_2) = A + B \cdot n_2 + C \cdot n_2^2$$

= Gesamtvolumen abhängig von n_2

siehe
Aufgabe 6

a) ges. v_2

partiell ableiten nach n_2

$$\frac{\partial V(n_2)}{\partial n_2} = B + 2 \cdot C \cdot n_2 = v_2$$

b) geg: 1 mol THF $\Rightarrow n_1 = 1 \text{ mol}$

$$v_2 = \underbrace{16,044 \text{ cm}^3/\text{mol}}_B + 2 \cdot \underbrace{0,4142 \text{ cm}^3/\text{mol}^2}_C \cdot n_2$$

$$V(n_2) = \underbrace{81,775 \text{ cm}^3}_A + \underbrace{16,044 \text{ cm}^3/\text{mol}}_B \cdot n_2 + \underbrace{0,4142 \text{ cm}^3/\text{mol}^2}_C \cdot n_2^2$$

geg: $x_1 = 0,4$

$$x_2 = 1 - x_1 = 0,6$$

$$x_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \rightarrow n_2 = \frac{n_1}{x_1} - n_1 = \frac{1 \text{ mol}}{0,4} - 1 \text{ mol}$$

$$n_2 = \frac{3}{2 \text{ mol}} = 1,5 \text{ mol}$$

damit: $v_2 = 17,2866 \text{ cm}^3/\text{mol} \rightarrow V_2 = v_2 \cdot n_2!$

$$V(n_2) = 106,77295 \text{ cm}^3$$

c) ges v_1 (partielle molares Volumen von THF)?

$$V_{\text{ges}} = n_1 \cdot v_1 + n_2 \cdot v_2$$

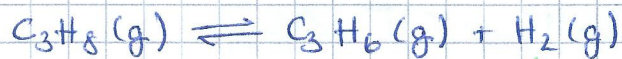
$$v_1 = \frac{V_{\text{ges}} - n_2 \cdot v_2}{n_1} = \frac{106,77295 \text{ cm}^3 - 1,5 \text{ mol} \cdot 17,2866 \text{ cm}^3/\text{mol}}{1 \text{ mol}}$$

$$= 80,84305 \text{ cm}^3/\text{mol}$$

Aufgabe 3 Klausur 2014/15

a) Thermochemie & chemisches GGW

(siehe 14, 15, 20, 21)



↑
stabilste
Modifikation
des Elements

ges: GGW bei Standarddruck $p = 1,013 \text{ bar} [\times 10^5 \text{ Pa}]$

& Standardtemperatur $T = 298 \text{ K} (25^\circ\text{C})$

geg: $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) : \Delta_{\text{B}}H_{298}^\circ = -104,7 \text{ kJ/mol}$

$$S_{298}^\circ = 269,9 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$\text{C}_3\text{H}_6(\text{g}) : \Delta_{\text{B}}H_{298}^\circ = 20,4 \text{ kJ/mol}$

$$S_{298}^\circ = 266,9 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$\text{H}_2(\text{g}) : \Delta_{\text{B}}H_{298}^\circ = 0 \text{ kJ/mol}$

↳ nicht gegeben, sollte man sich herleiten,
da $\text{H}_2(\text{g})$ in stabilster Modifikation
bei 25°C

→ keine Bildungsenthalpie

→ „kein Energieaufwand nötig“

$$S_{298}^\circ = 130,7 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

a) ges: $\Delta_{\text{R}}H_{298}^\circ$ der Rkt

$$\Delta H = \Delta H_{\text{Umwandlung}}$$

$$\Delta H = + \Delta_{\text{B}}H^\circ (\text{Produkte}) - \Delta_{\text{B}}H^\circ (\text{Edukte})$$

damit:

$$\Delta_{\text{R}}H_{298}^\circ = -\Delta_{\text{B}}H_{298}^\circ (\text{C}_3\text{H}_8) + \Delta_{\text{B}}H_{298}^\circ (\text{C}_3\text{H}_6) + \Delta_{\text{B}}H_{298}^\circ (\text{H}_2)$$

$$= -(-104,7 \text{ kJ/mol}) + 20,4 \text{ kJ/mol}$$

$$= 125,1 \text{ kJ/mol}$$

b) ges: $\Delta_{\text{R}}S^\circ$ der Rkt

$$\Delta S = -S^\circ_{\text{Edukte}} + S^\circ_{\text{Produkte}}$$

damit:

$$\Delta_{\text{R}}S_{298}^\circ = -269,9 \text{ J/mol}\cdot\text{K} + 266,9 \text{ J/mol}\cdot\text{K} + 130,7 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

$$= 127,7 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

c) ges: $\Delta_R G^\circ_{298}$

K_{p/p_0}

$$\begin{aligned}\textcircled{1} \Delta_R G^\circ_{298} &= \Delta_R H^\circ_{298} - T \cdot \Delta_R S^\circ_{298} \\ &= 125,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 298 \text{K} \cdot 127,7 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \\ &= 125100 \text{ J/mol} - 298 \text{K} \cdot 127,7 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \\ &= 87045,4 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \\ &\approx 87,05 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\end{aligned}$$

② K_{p/p_0} (siehe 27, 28, 29)

$$K_{p/p_0} = \exp\left(-\frac{\Delta_R G^\circ_{298}}{RT}\right)$$

da Reagentien
gasförmig

$$= \exp\left(-\frac{87045,4 \frac{\text{J}}{\text{mol}}}{8,314 \text{ J/K} \cdot \text{mol} \cdot 298 \text{K}}\right)$$

$$= 5,518 \times 10^{-16}$$

↳ GGW konstante $\ll 1$

⇒ GGW auf Seiten der Edukte

(GGW liegt sehr weit links)

d) K_{p/p_0} mit Partialdrücken

ges: GGW - Partialdruck von H_2 : p_{H_2} bei 25°C

geg: Zu Beginn nur Propan C_3H_8

im GGW: Gesamtdruck: $2p_0$

Gase = ideal

Tipp: Quadratische GL: $ax^2 + bx + c = 0$



$$K_{p/p_0} = \prod \left(\frac{p_i}{p_0}\right)^{\nu_i}$$

Produkte •

Edukte :

$$K_p/p_0 = \frac{p_{C_3H_6}}{p_0} \cdot \frac{p_{H_2}}{p_0} = \frac{p_{C_3H_6} \cdot p_{H_2}}{p_{C_3H_8} \cdot p_0}$$

gesucht

① K_p/p_0

② $p_{ges} = 2p^0$

↳ Gesetz von Dalton (siehe 7)

Gesamtdruck = Summe der Partialdrücke

$$p_{ges} = \sum p_i$$

damit:

$$p_{ges} = 2p^0 = p_{H_2} + p_{C_3H_6} + p_{C_3H_8}$$

③ 1 Edukt \rightarrow 2 Produkte

jeweils Verhältnis 1:1

$$\Rightarrow p_{C_3H_6} = p_{H_2}$$

$$\curvearrowright p_{ges} = 2p^0 = 2p_{H_2} + p_{C_3H_8}$$

$$\curvearrowright p_{C_3H_8} = 2p^0 - 2p_{H_2}$$

$$\curvearrowright K_p/p_0 = \frac{p_{H_2}^2}{p_{C_3H_8} \cdot p_0} = \frac{p_{H_2}^2}{(2p^0 - 2p_{H_2}) \cdot p_0}$$

$$K_p/p_0 = \frac{p_{H_2}^2}{2p_0^2 - 2p_{H_2} \cdot p_0}$$

$$\curvearrowright p_{H_2}^2 = K_p/p_0 (2p_0^2 - 2p_{H_2} \cdot p_0)$$

$$p_{H_2}^2 = K_p/p_0 \cdot 2p_0^2 - K_p/p_0 \cdot 2p_0 \cdot p_{H_2}$$

$$0 = \underbrace{p_{H_2}^2}_{x^2} + \underbrace{2p_0 \cdot K_p/p_0}_{b} \cdot \underbrace{p_{H_2}}_x - \underbrace{K_p/p_0 \cdot 2p_0^2}_c$$

damit & mit:

$$x_{1/2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$p_{H_2} = \frac{-2p_0 \cdot K_{p1p_0} \pm \sqrt{(2p_0 \cdot K_{p1p_0})^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-K_{p1p_0} \cdot 2p_0^2)}}{2 \cdot 1}$$

$$= \frac{-2p_0 \cdot K_{p1p_0} \pm \sqrt{2p_0^2 \cdot K_{p1p_0}^2 + 4(K_{p1p_0} \cdot 2p_0^2)}}{2}$$

$$= \frac{-2p_0 \cdot K_{p1p_0} \pm \sqrt{K_{p1p_0} (K_{p1p_0} \cdot 2p_0^2) + 4(K_{p1p_0} \cdot 2p_0^2)}}{2}$$

$$= \frac{-2p_0 \cdot K_{p1p_0} \pm \sqrt{2 \cdot p_0^2 \cdot K_{p1p_0} (K_{p1p_0} + 4)}}{2}$$

$$= \frac{-2p_0 \cdot K_{p1p_0} \pm p_0 \sqrt{2 K_{p1p_0} (K_{p1p_0} + 4)}}{2}$$

$$= -K_{p1p_0} \cdot p_0 \pm p_0 \cdot \sqrt{\frac{2 K_{p1p_0}^2 + 8 K_{p1p_0}}{4}}$$

$$= -K_{p1p_0} \cdot p_0 \pm p_0 \cdot \sqrt{\frac{K_{p1p_0}^2}{2} + 2 K_{p1p_0}}$$

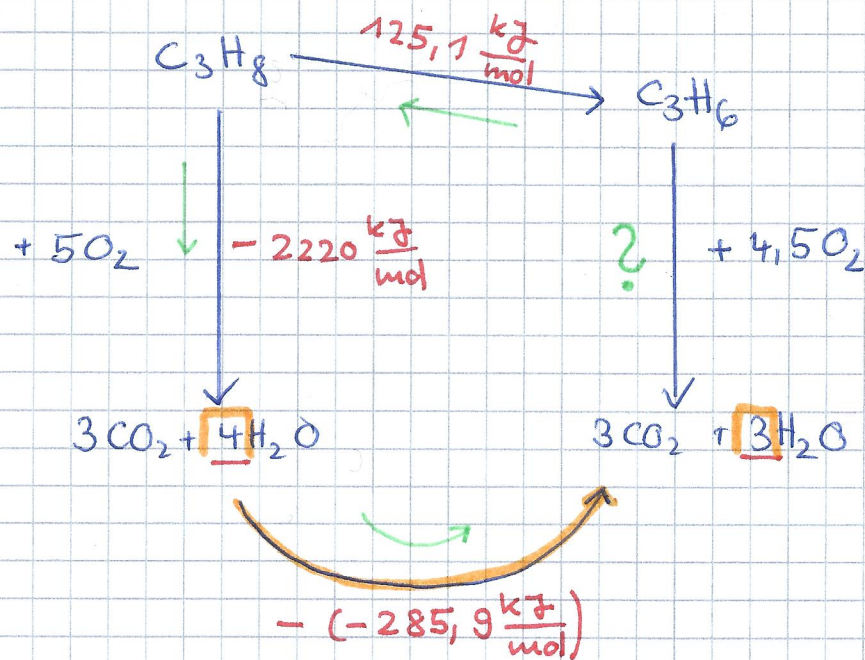
$$= -5,518 \times 10^{-16} \cdot p_0 \pm p_0 \cdot \sqrt{\frac{(5,518 \times 10^{-16})^2}{2} + 2 \cdot 5,518 \times 10^{-16}}$$

$$= -5,518 \times 10^{-16} p_0 \pm 3,32205 \times 10^{-8} p_0$$

$$= 3,32205 \times 10^{-8} p_0 \quad (\text{bei } \oplus)$$

$$= -3,32205 \times 10^{-8} p_0 \quad (\text{bei } \ominus) \Rightarrow \text{negatives Druck ergibt keinen Sinn}$$

$$\Rightarrow p_{H_2} = 3,3 \times 10^{-8} p_0$$



damit:

$$\Delta H = \underbrace{-125,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}_{\text{C}_3\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8} \underbrace{-2220 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}_{\text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}} \underbrace{-(-285,9 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}})}_{4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2\text{O}}$$

$$= -2059,2 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

damit molare Verbrennungsenthalpie

$$\Delta_R h_{298}^\circ (\text{Verbrennung}) = -2059,2 \text{ kJ}$$

Aufgabe 4

ges: Höhe h

geg: $T_{\text{vap}}(\text{H}_2\text{O}) = 92^\circ\text{C}$

muss $< 100^\circ\text{C}$ sein in steigender Höhe \rightarrow Luftdruck nimmt auch ab mit steigender Höhe

Clausius-Clapeyron:
$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta_{\text{u}h}}{T \cdot \Delta_{\text{u}v}}$$

barometr. Höhenformel:
$$\frac{dp}{dh} = - \frac{p \cdot M \cdot g}{RT}$$

Verdampfungsenthalpie $\text{H}_2\text{O} = 4017 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = \Delta_{\text{vap}h}(\text{H}_2\text{O})$

Luft = ideales Gas mit $M = 29 \text{ g/mol}$

$T_{\text{Luft}} = 10^\circ\text{C}$

$p_{\text{Luft}}(h=0_{\text{m}}) = 1 \text{ bar}$

a) ges: Luftdruck in Höhe h

\hookrightarrow Clausius Clapeyron

$$[\Delta v \cdot dp = \Delta_{\text{vap}h} \cdot \frac{1}{T} dT \quad (\text{Trennung der Variablen})]$$

① mit idealem Gas: $\Delta v = \frac{nRT}{p} \approx \frac{RT}{\Delta p} \approx \frac{RT}{p}$

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta_{\text{vap}h}}{T \cdot \frac{RT}{p}} = \frac{\Delta_{\text{vap}h} \cdot p}{RT^2}$$

② Trennung der Variablen

$$\frac{1}{p} dp = \frac{\Delta_{\text{vap}h}}{R} \cdot \frac{1}{T^2} dT$$

③ Integrationsgrenzen

$$\int_{p(0)}^{p(h)} \frac{1}{p} dp = \frac{\Delta_{\text{vap}h}}{R} \int_{T_{\text{vap}}(0)}^{T(h)} \frac{1}{T^2} dT$$

④ Integration

$$\ln p \Big|_{p(0m)}^{p(hm)} = \frac{\Delta_{\text{vap}h}}{R} \left[-\frac{1}{T} \right]_{T_{\text{vap}}(0m)}^{T_{\text{vap}}(hm)}$$

⑤ Grenzen einsetzen

$$\ln \frac{p(hm)}{p(0m)} = \frac{\Delta_{\text{vap}h}}{R} \left[\frac{1}{T_{\text{vap}}(0m)} - \frac{1}{T_{\text{vap}}(hm)} \right]$$

⑥ nach $p(h)$ auflösen:

$$\left[\ln p(h) = \frac{\Delta v_{\text{vap}}}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_{\text{vap}(0)}} - \frac{1}{T_{\text{vap}(h)}} \right) + \ln p(0) \right] \cdot e^x$$

↓ $\cdot e^x$

$$\frac{p(h)}{p(0)} = \exp \left(\frac{\Delta v_{\text{vap}}}{R} \left(\frac{1}{T(0)} - \frac{1}{T(h)} \right) \right) \cdot p(0)$$

$$p(h) = \exp \left(\frac{\Delta v_{\text{vap}}}{R} \left(\frac{1}{T(0)} - \frac{1}{T(h)} \right) \right) \cdot p(0)$$

⑦ einsetzen:

$$p(h) = \exp \left(\frac{40,7 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \left(\frac{1}{373\text{K}} - \frac{1}{365\text{K}} \right) \right) \cdot 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

\uparrow 100°C \uparrow 92°C \cdot 1 bar

$$p(h) = 0,75 \text{ bar} \quad (7 \text{ Punkte})$$

$$= 0,75 \times 10^5 \text{ Pa}$$

b) gesucht: Höhe h

$$\frac{dp}{dh} = \frac{p \cdot M \cdot g}{RT} \quad \left. \vphantom{\frac{dp}{dh}} \right\} \text{Trennung d. Variablen}$$

$$\frac{1}{p} dp = \frac{M \cdot g}{R \cdot T} \cdot dh \quad \left. \vphantom{\frac{1}{p} dp} \right\} \text{Integrationsgrenzen}$$

$$\int_{p(0)}^{p(h)} \frac{1}{p} dp = \frac{M \cdot g}{R \cdot T} \int_{0m} dh \quad \left. \vphantom{\int_{p(0)}^{p(h)} \frac{1}{p} dp} \right\} \text{Integrieren}$$

$$\ln p(h) - \ln p(0) = \ln \frac{p(h)}{p(0)} = \frac{Mg}{RT} \cdot (h - 0) \quad \left. \vphantom{\ln \frac{p(h)}{p(0)}} \right\} \text{auflösen}$$

$$h = \ln \frac{p(h)}{p(0)} \cdot \frac{RT}{Mg} \quad \left. \vphantom{h} \right\} \text{einsetzen}$$

$$h = \ln \left(\frac{0,75 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} \right) \cdot \frac{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 283 \text{ K}}{29 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,029 \text{ kg/mol} = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 8,314 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

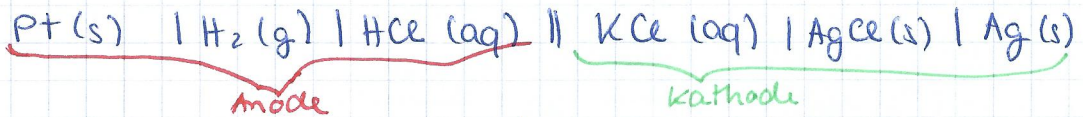
\uparrow ρ_{Luft} \downarrow 10°C T_{Luft}

Einheiten: $n = \ln \left(\frac{0,175}{1} \right) \cdot \frac{8,314 \times 10^3 \frac{\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}}{\text{K}} \cdot 298 \text{K}}{29 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = -2379,26 \text{ m}$

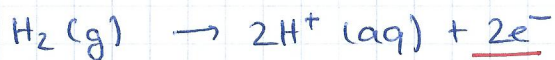
$|\Delta W| = 2379,26 \text{ m}$ (Punkte: 5)

Aufgabe 5 geg: galvanische Zelle

(Siehe 31)



a) links: Anode: Oxidation (Normalwasserstoffelektrode)



rechts: Kathode: Reduktion (Silber-Silberchlorid-Elektrode)



b) $c(\text{KCl}) = 10^{-4} \text{ mol/L}$ (Elektrolyt)

$E_i = E_i^0 + \frac{RT}{zF} \cdot \ln \frac{a_{ox}}{a_{red}}$

$E_{red} = E_{\text{Ag}/\text{Ag}^+}^0 + \frac{R \cdot 298 \text{K}}{1 \cdot F} \cdot \ln \frac{a_{\text{Ag}^+}}{a_{\text{Ag}}}$

$E_{red} = 0,222 \text{ V} + \frac{0,059 \text{ V}}{1} \cdot \log \frac{a_{\text{Ag}^+}}{1 \text{ mol/L}}$

mit $a_i = c_i \cdot \gamma_i$

geg: $c_i = c_{\text{Cl}^-} = 10^{-4} \text{ mol/L} = 0,0001 \text{ mol/L}$

↳ aus Tabelle: $\gamma_{\text{Cl}^-} = 0,991$

damit: $a_{\text{Cl}^-} = a_{\text{Ag}^+} = 0,0001 \text{ mol/L} \cdot 0,991$
 $= 9,91 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

damit:

$E_{red} = 0,222 \text{ V} + \frac{0,059 \text{ V}}{1} \cdot \log(9,91 \times 10^{-5}) =$
 $= -0,014 \text{ V} = -14,23 \text{ mV}$

$$c) \quad c(\text{KCl}) = 1 \text{ mol/L}$$

(siehe 32, ...)

GGW-Spannung: 350 mV

ges: Aktivität der Säure & pH-Wert

" a_{H^+} "



$$E_{\text{ox}} = E^{\circ}_{\text{H}_2/2\text{H}^+} + \frac{RT}{2F} \cdot \ln \frac{a_{\text{H}^+}^2}{p_{\text{H}_2}/p^{\circ}} \quad \text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2e^-$$

$$E_{\text{red}} = E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} + \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{\text{Ag}^+}}{a_{\text{Ag}}}$$

$$E_{\text{ges}} = E_{\text{red}} - E_{\text{ox}} = -E^{\circ}_{\text{H}_2/2\text{H}^+} + E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} + \frac{RT}{F} \left(-\frac{1}{2} \ln a_{\text{H}^+}^2 + \right.$$

$$\left. + \ln a_{\text{Ag}^+} \right) =$$

$$= E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} - \underbrace{E^{\circ}_{\text{H}_2/2\text{H}^+}}_{0\text{V}} + \frac{RT}{F} (\ln a_{\text{Ag}^+} - \ln a_{\text{H}^+})$$

$$E_{\text{ges}} = E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} + \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{\text{Ag}^+}}{a_{\text{H}^+}}$$

auflösen nach a_{H^+}

$$E_{\text{ges}} = E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} + \frac{0,059\text{V}}{1} \cdot \log \frac{a_{\text{Ag}^+}}{a_{\text{H}^+}}$$

$$\frac{E_{\text{ges}} - E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}}{0,059\text{V}} = \log \frac{a_{\text{Ag}^+}}{a_{\text{H}^+}}$$

$$10^{\frac{E_{\text{ges}} - E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}}{0,059\text{V}}} = \frac{a_{\text{Ag}^+}}{a_{\text{H}^+}}$$

$$a_{\text{H}^+} = a_{\text{Ag}^+} \cdot \frac{1}{10^{\frac{E_{\text{ges}} - E^{\circ}_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}}{0,059\text{V}}}} = 1 \text{ mol/L} \cdot 0,1607 \cdot \frac{1}{10^{\frac{350 \times 10^{-3}\text{V} - 0,222\text{V}}{0,059\text{V}}}}$$

$\frac{c_{\text{Ce}^-}}{c_{\text{Ce}^-}} = \frac{a_{\text{Ce}^-}}{a_{\text{Ce}^-}}$

damit:

$$a_{\text{H}^+} = 4,1086 \times 10^{-3} \text{ [mol/L]}$$

$$\text{damit: } \text{pH} = -\log a_{\text{H}^+} = 2,386$$

$$= -\log c_{\text{H}^+}$$

↑

da Aktivitätskoeffizient

der Protonen vernachlässigt werden kann

Aufgabe 6 2014/15



Rkt. 2. Ordnung

a)
$$-\frac{dc_{\text{NO}_2}}{dt} = c_{\text{NO}_2}^2 \cdot k$$

differentielles
Zeitgesetz

bzw.
$$\frac{dc_{\text{NO}_2}}{dt} = -k \cdot c_{\text{NO}_2}^2$$

1) Trennung der Variablen

$$\frac{1}{c_{\text{NO}_2}^2} dc_{\text{NO}_2} = -k dt$$

2) Integration

$$-\frac{1}{c_{\text{NO}_2}} \Big|_{c_0}^c = -k \cdot t$$

$$-\frac{1}{c_{\text{NO}_2}} + \frac{1}{c_0} = -k \cdot t$$

Integrales
Zeitgesetz

$$\Rightarrow \frac{1}{c_{\text{NO}_2}} = \frac{1}{c_0} + k \cdot t$$

$$c_{\text{NO}_2} = \frac{1}{\frac{1}{c_0} + k \cdot t}$$

b) $c(\text{NO}_2) (200\text{s}) = 0,005 \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3}$

$$c_0^{\text{NO}_2} = 0,05 \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3}$$

ges: k

$$\frac{1}{c_{\text{NO}_2}} = \underbrace{\frac{1}{c_0}}_{+t} + \underbrace{k \cdot t}_{m}$$

P₁ : $c_0 = 0,05 \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3}$

$$\frac{1}{c_0} = 20 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}$$

$$t = 0\text{s}$$

P₂ : $c(200\text{s}) = 0,005 \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3}$

$$\frac{1}{c} = 200 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}$$

$$t = 200\text{s}$$

Steigung: $\frac{\Delta y}{\Delta x} = k = \frac{\frac{1}{c} - \frac{1}{c_0}}{t - t_0} = \frac{(200 - 20) \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}}{200 \text{s}}$
 $= 0,9 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol} \cdot \text{s}}$

c) ges: $t_{1/2}$

Geraden GL:

$$\frac{1}{c_{\text{NO}_2}} = 0,9 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol} \cdot \text{s}} \cdot t + 20 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}$$

$$y = m \cdot x + t$$

damit: x-Wert bei $\frac{1}{2} c_0$ also $\frac{1}{2} c_0$

→ auflösen nach t

$$t = \frac{\frac{1}{c_{\text{NO}_2}} - 20 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}}{0,9 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol} \cdot \text{s}}} = \frac{\frac{1}{\frac{1}{2} c_0} - 20 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}}{0,9 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol} \cdot \text{s}}} = \frac{\frac{1}{\frac{1}{2} \cdot 0,05 \frac{\text{mol}}{\text{cm}^3}} - 20}{0,9 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol} \cdot \text{s}}}$$

$$= \frac{200}{9} \text{s} = 22,2 \text{s}$$

d) ges: E_a (siehe 38)

$\vartheta / ^\circ\text{C}$	320	330,5	353	378,5
T / K	593	603,5	626	651,5
$k / \frac{\text{cm}^3}{\text{mol} \cdot \text{s}}$	0,522	0,755	1,700	4,020
$\frac{1}{T} / \frac{1}{\text{K}}$	$1,686 \times 10^{-3}$	$1,657 \times 10^{-3}$	$1,597 \times 10^{-3}$	$1,536 \times 10^{-3}$
$\ln k / -$	-0,650	-0,281	0,531	1,391

graph. Auftragung

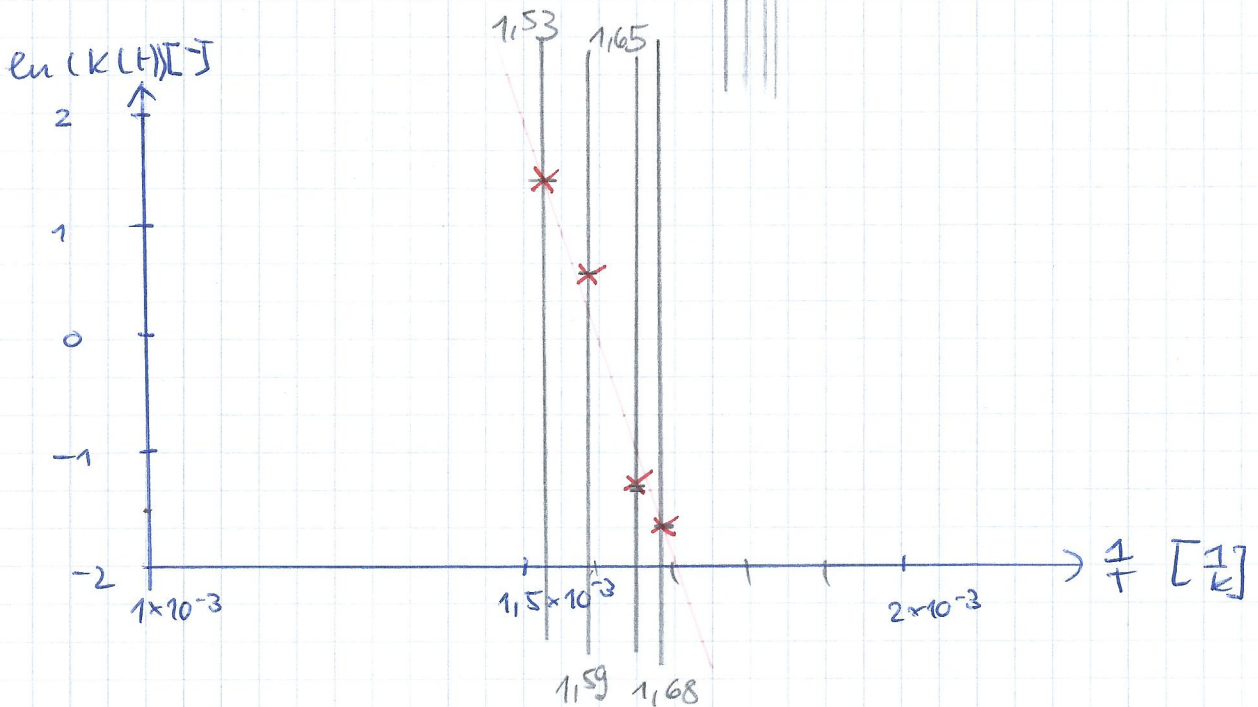
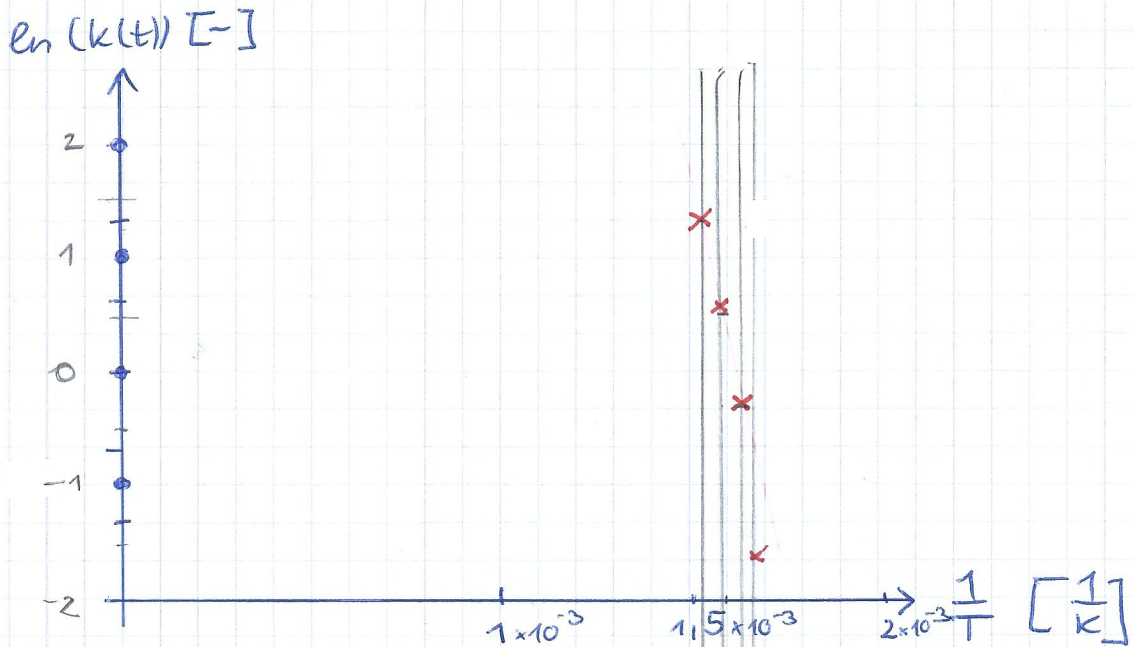
→ Arrhenius - GL: $k(T) = k_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$

$$\hookrightarrow \ln(k(T)) = \ln(k_0) - \frac{E_a}{RT}$$

$$\ln[k(t)] = \ln k_0 - \frac{E_a}{RT}$$

$$\ln(k(t)) = \underbrace{-\frac{E_a}{R}}_{-m} \cdot \underbrace{\frac{1}{T}}_{+t} + \ln k_0$$

⇒ Auftragung: $\ln(k(t))$ gegen $\frac{1}{T}$



Steigung: $\frac{\Delta y}{\Delta x} = -\frac{E_a}{R} = \frac{-0,650 - 1,391}{1,686 \times 10^{-3} - 1,536 \times 10^{-3} \frac{1}{K}} = -13575,84 K$

$$E_a = -\frac{\Delta y}{\Delta x} \cdot R = -(-13575,8 K) \cdot 8,314 \frac{J}{K \cdot mol} = 112869 \frac{J}{mol} = 112,9 \frac{kJ}{mol}$$