



## Fragen zum Praktikum

### V11, V12 : Elektrolyse, galvanische Zelle

Eine Kupferelektrode I (Kupferblech in Kupfernitratlösung;  $[\text{Cu}^{2+}] = 0.100 \text{ mol/L}$ ) und eine Kupferelektrode II (Kupferblech in Kupfernitratlösung;  $[\text{Cu}^{2+}] = 0.000100 \text{ mol/L}$ ) werden bei  $25.0 \text{ }^\circ\text{C}$  zusammengeschaltet.

- a) Charakterisieren Sie die Elektrode I als **Anode oder Kathode** (richtige Lösung ankreuzen).
- b) Charakterisieren Sie die Elektrode II als **Pluspol oder Minuspol** (richtige Lösung ankreuzen).
- c) Ermitteln Sie die **Leerlaufspannung („EMK“)**  $\Delta E$  der galvanischen Zelle.
- d) Der Stromkreis wird geschlossen, ein Strom von  $1.00 \text{ mA}$  fließt. Für welche **Zeit t** muss dieser Strom fließen, so dass  $0.100 \text{ mg}$  Kupfer ( $M = 63.55 \text{ g/mol}$ ) umgesetzt sind?

*(Für die Rechnung kann die Wirkung der Ionenwolke unberücksichtigt bleiben, d.h. Aktivitäten müssen nicht berechnet werden)*



### V3 : Kinetik

Die Spaltung von Saccharose gehorcht einem Geschwindigkeitsgesetz 1. Ordnung:

$$r = k_1 \cdot [\text{Saccharose}]$$

Die Reaktion wird bei verschiedenen Temperaturen untersucht

Temperatur	Konzentration der Saccharose [Saccharose]		
	t=0.0 min	t= 1.0 min	t=2.0 min
$T = 60.0^\circ\text{C}$	$2.00 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	$1.00 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	(?)
$T = 50.0^\circ\text{C}$	$2.00 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	(?)	$1.00 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

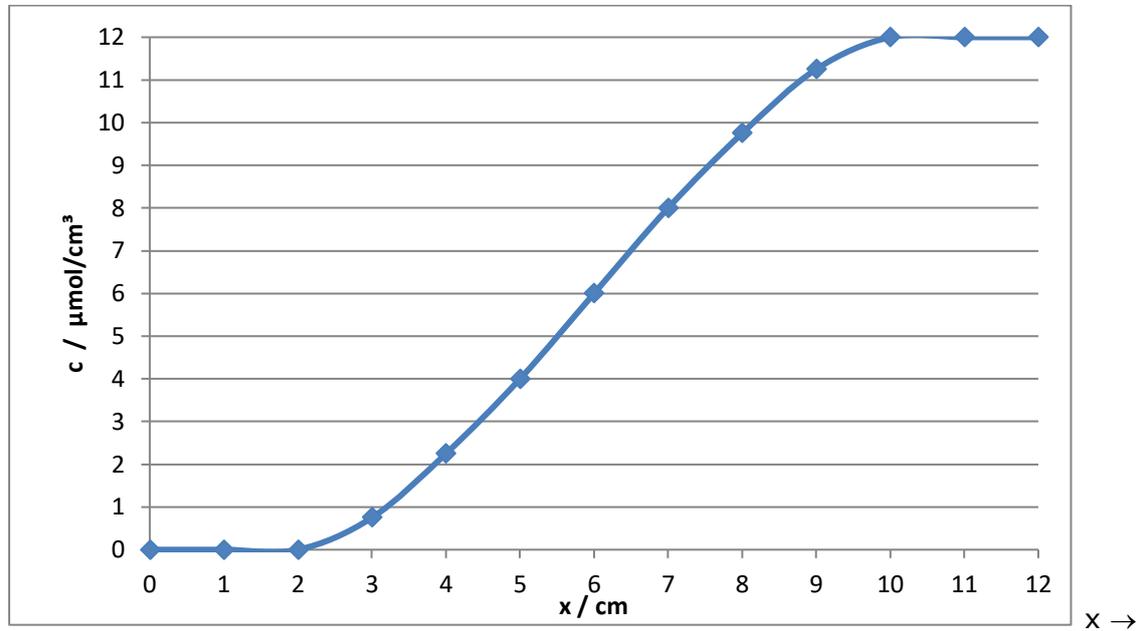
- Ermitteln Sie die **Geschwindigkeitskonstanten  $k_1$  (60.0°C)** und  **$k_1$  (50.0°C)** der Reaktion.
- Ergänzen Sie die Werte in der **Tabelle** ([Saccharose] bei 2 min für 60.0 °C und [Saccharose] bei 1 min für 50.0 °C).
- Ermitteln Sie die **Aktivierungsenergie  $E_A$**  der Reaktion.
- d)



## V2: Diffusionsgeschwindigkeit

Eine Lösung aus Polystyrol in Cyclohexan in einer 12.0 cm langen Küvette besitzt zu einem Zeitpunkt  $t$  folgendes Konzentrationsprofil:

$y \uparrow$



Der Diffusionskoeffizient des Polymers im Lösemittel beträgt  $5.00 \cdot 10^{-7} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$

Berechnen Sie die **Stoffmengenflussdichte** („Diffusionsgeschwindigkeit“  $\frac{dn}{A dt}$ ) an der Stelle  $x = 6.00 \text{ cm}$ .



## V7: Ionenbeweglichkeit

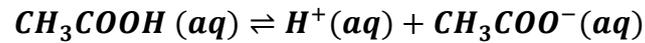
Kalilauge (KOH gelöst in Wasser) wird bei 25.0 °C elektrolysiert. Die Elektroden haben einen Abstand von 10.0 cm; eine Spannung von 20.0 Volt liegt an (Messgeometrie wie bei einem Plattenkondensator). Die Viskosität der Lösung beträgt 1.11 mPa s.

- a) Berechnen Sie die **Beweglichkeit  $u_+$  der Kationen**.
- b) Berechnen Sie die **Driftgeschwindigkeit  $v_+$  der Kationen**.
- c) Berechnen Sie den **hydrodynamischen Radius  $r$  der Kationen**.



## V10: elektrische Leitfähigkeit

Essigsäure ( $CH_3COOH$ ) ist eine schwache Säure und dissoziiert in Wasser unvollständig.



0.0100 mol Essigsäure werden mit Wasser auf ein Volumen von 10.0 Liter verdünnt.

Die entstehende Lösung hat eine elektrische Leitfähigkeit von 0.0390 mS/cm.

- Ermitteln Sie die **molare Leitfähigkeit**  $\Lambda_m$  (incl. Einheit) und den **Dissoziationsgrad**  $\alpha$  der Säure.
- Berechnen Sie den **pK<sub>a</sub>-Wert** der Säure.

*(Für die Rechnung kann die Wirkung der Ionenwolke unberücksichtigt bleiben, d.h. Aktivitäten müssen nicht berechnet werden)*



## V11: HITTORFSche Zelle

Die Elektrolyse von Kalilauge (KOH) findet bei 25.0 °C in einer HITTORFSchen Zelle statt. Im Anoden- und Kathodenraum befinden sich jeweils 50.0 mL Lauge. Ein Strom der Stärke 45.0 mA fließt 90.0 Minuten lang durch den Elektrolyten.

Folgende Konzentrationen  $[KOH]_v$  werden vor der Elektrolyse gemessen:

	Anodenraum	Kathodenraum
$[KOH]_v$	$0.100 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	$0.100 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

- Berechnen Sie die **Überföhrungszahl** der Anionen  $t_-$ .
- Welches **Gas** entsteht an der Anode? Berechnen Sie die an der Kathode und Anode erzeugten **Gasvolumina** (25.0°C, 1.00 bar).
- Berechnen Sie die **Stoffmengen** der Kalilauge nach der Elektrolyse im Kathodenraum  $n'_{KOH}(K)$  und im Anodenraum  $n'_{KOH}(A)$



## V17: kolligative Eigenschaften

Reines Wasser besitzt einen Gefrierpunkt von  $0.00\text{ °C}$ ; ein Frostschutzmittel (Lösung von Glykol ( $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ ,  $M = 62.07 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ ) in Wasser; Dichte der Lösung:  $1.00\text{ kg/L}$ ) gefriert erst bei  $-10.00\text{ °C}$ .

- a) Berechnen Sie die **Stoffmengen-Konzentration c** des Glykols in der Lösung?
- b) Ermitteln Sie den **osmotischen Druck  $\Pi$**  der Lösung bei  $0.00\text{ °C}$ .  
(Falls Sie beim Aufgabenteil a) keine Lösung gefunden haben, rechnen Sie mit einer 2-molaren Lösung)

*Glykol dissoziiert in Wasser nicht und bildet mit Wasser eine ideale Lösung.*



#### V4: Dampfdruck und Verdampfungsenthalpie

Der Dampfdruck von flüssigem Wasser wird bei verschiedenen Temperaturen gemessen.

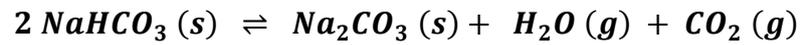
Temperatur T	Dampfdruck $p^*$
0.0 °C	610 Pa
20.0 °C	2340 Pa

- Berechnen Sie die **molare Verdampfungsenthalpie**  $\Delta_{vap}H^\circ$  von Wasser.
- Wie **ändert sich der Dampfdruck** bei 20.0 °C, wenn zu dem Wasser etwas Glykol (homogene Mischung) gegeben wird?
- Wie **ändert sich der Dampfdruck** bei 20.0 °C, wenn das Wasser zu feinen Tröpfchen zerstäubt wird?



## Aufgabe 1: chemisches Gleichgewicht

Natriumhydrogencarbonat kann sich zersetzen:



- Berechnen Sie die **Reaktionsenthalpie**  $\Delta_{rxn}H^\circ$
- Wie verändert sich die **Produktausbeute** bei Temperaturerhöhung?
- Wie verändert sich die **Produktausbeute** bei Druckerhöhung?



## V8 Mischphasen-Thermodynamik

Ethanol und Methanol bilden ideale Mischungen.

In einem Behälter 1 befindet sich 10 mol flüssiges Ethanol bei 25 °C und 1.00 bar.

In einem Behälter 2 befindet sich 10 mol flüssiges Methanol bei 25 °C und 1.00 bar.

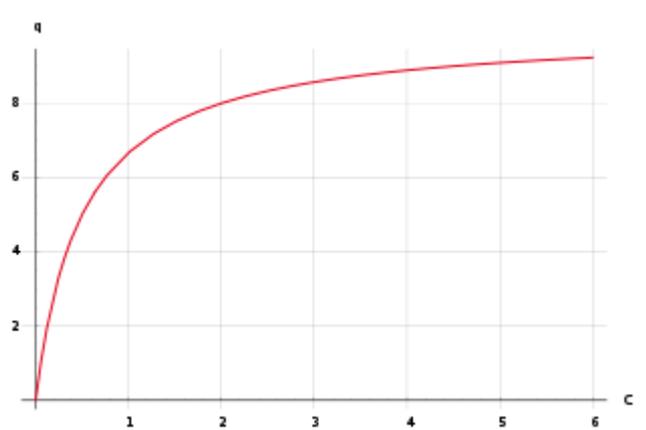
Beide Behälter werden verbunden und die Flüssigkeiten mischen sich.

- Ist der Prozess **endochor** oder **exochor** (bitte ankreuzen)?
- Ist der Prozess **endergonisch** oder **exergonisch** (bitte ankreuzen)?
- Bei welcher **Temperatur** beginnt die Ethanol/Methanol-Mischung zu siedern?
- Wie ist die **Zusammensetzung der Gasphase** über der siedenden Ethanol/Methanol-Mischung ?



## V10: Adsorption

An einem porösen Material werden bei konstanter Temperatur Adsorptionsmessungen mit Argon durchgeführt.



Die Messdaten lassen sich gut durch die folgende Gleichung darstellen:

$$a = 4.0 \frac{\text{mmol}}{\text{g}} \left( \frac{[\text{Ar}]}{0.7 \text{ bar} + [\text{Ar}]} \right)$$

a= Bedeckung

[Ar]=Gleichgewichtsdruck von Argon

- a) Bei welchem **Argondruck** ist die Oberfläche des Materials zu **30 %** mit Argonatomen gesättigt?
- b) Wie groß ist die **spezifische Oberfläche** des Materials?  
(Fläche des adsorbierten Argonatoms:  $1 \cdot 10^{-19} \text{ m}^2$ )



## V1: Enthalpie und Kalorimeterkonstante

Ein Strom der Stärke 10 A fließt bei einer Spannung von 10 V 5 Minuten lang durch ein Kalorimeter.

Die Temperatur des Kalorimeters erhöht sich von 20°C auf 25 °C.

Ermitteln Sie die Kalorimeterkonstante.

50 g Salz (molare Masse: 100 g/mol) wird im Kalorimeter gelöst. Die Temperatur sinkt von 25°C auf 23 °C. Ermitteln Sie die molare Lösungsenthalpie des Salzes.



**Thermodynamische Daten und Konstanten:**

	Molmasse	Siedetemperatur bei 1 bar	ANTOINE-Gleichung
Ethanol $C_2H_5OH$	$M = 46.07 \frac{g}{mol}$	$78 \text{ }^\circ C$	$\ln\left(\frac{p}{mbar}\right) = 18.93 - \frac{3665.4 \text{ }^\circ C}{T + 226.37 \text{ }^\circ C}$
Methanol $CH_3OH$	$M = 32.04 \frac{g}{mol}$	$65 \text{ }^\circ C$	$\ln\left(\frac{p}{mbar}\right) = 19.22 - \frac{3845.7 \text{ }^\circ C}{T + 247.38 \text{ }^\circ C}$
Wasser $H_2O$	$M = 18.02 \frac{g}{mol}$	$100 \text{ }^\circ C$	$\ln\left(\frac{p}{mbar}\right) = 18.7445 - \frac{3927.102 \text{ }^\circ C}{T + 231.89 \text{ }^\circ C}$

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

kryoskopische Konstante von Wasser	$k_{kr} = 1.86 \frac{kg \text{ }^\circ C}{mol}$
------------------------------------	---

Glykol	$C_2H_6O_2$	$M = 62.07 \frac{g}{mol}$
--------	-------------	---------------------------

	molare Standardbildungsenthalpie	molare Standardentropie
$H_2O (g)$	$\Delta_f H^\circ = -241.83 \frac{kJ}{mol}$	$S^\circ = 188.72 \frac{J}{mol \text{ }^\circ K}$
$CO_2 (g)$	$\Delta_f H^\circ = -393.77 \frac{kJ}{mol}$	$S^\circ = 213.86 \frac{J}{mol \text{ }^\circ K}$
$Na_2CO_3 (s)$	$\Delta_f H^\circ = -1130.7 \frac{kJ}{mol}$	$S^\circ = 135 \frac{J}{mol \text{ }^\circ K}$
$NaHCO_3 (s)$	$\Delta_f H^\circ = -947.7 \frac{kJ}{mol}$	$S^\circ = 102 \frac{J}{mol \text{ }^\circ K}$

Temperatur	$0.00 \text{ }^\circ C = 273.15 \text{ K}$
------------	--



Druck	1.00 bar = $10^5$ Pa = 760 Torr
-------	---------------------------------

## Thermodynamische Daten und Konstanten

Durchtrittsreaktion	Standardpotential (25°C)
$2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons 4 \text{OH}^- (\text{aq})$	$E_{\text{redox}}^0 = +0.401 \text{ V}$
$2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$	$E_{\text{redox}}^0 = +0.00 \text{ V}$
$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{OH}^- (\text{aq}) + \text{H}_2 (\text{g})$	$E_{\text{redox}}^0 = -0.83 \text{ V}$
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu} (\text{s})$	$E_{\text{redox}}^0 = +0.345 \text{ V}$

Gaskonstante	$R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
Faradaykonstante	$F = 96485 \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{mol}}$
Elementarladung	$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ A s}$

Temperatur – Einheiten	$0.00 \text{ }^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$
Druck – Einheiten	$1.00 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
$\text{p}K_a$ – Wert	$\text{p}K_a = -\log \frac{K_a}{\text{mol/L}}$
Ionenprodukt des Wassers bei 25°C	$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w = 1.00 \cdot 10^{-14} \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2}$

Grenzleitfähigkeit $\text{OH}^-$ bei 25°C	$\lambda_{\infty}(\text{OH}^-) = 198 \frac{\text{S cm}^2}{\text{mol}}$
Grenzleitfähigkeit $\text{K}^+$ bei 25°C	$\lambda_{\infty}(\text{K}^+) = 73.5 \frac{\text{S cm}^2}{\text{mol}}$
Grenzleitfähigkeit $\text{Cl}^-$ bei 25°C	$\lambda_{\infty}(\text{Cl}^-) = 76.4 \frac{\text{S cm}^2}{\text{mol}}$
Grenzleitfähigkeit $\text{CH}_3\text{COO}^-$ bei 25°C	$\lambda_{\infty}(\text{CH}_3\text{COO}^-) = 40.6 \frac{\text{S cm}^2}{\text{mol}}$
Grenzleitfähigkeit $\text{H}^+$ , 25 °C	$\lambda_{\infty}(\text{H}^+) = 349.8 \frac{\text{S cm}^2}{\text{mol}}$