



Name:.....

Matrikelnummer:.....

Lehrveranstaltung: **Physikalische Chemie III**

Prüfungsnummer: **330161**

Datum: **25.03.2025**

Aufgabe 1: Konduktometrie...../6 Punkte

Aufgabe 2: Reaktionskinetik...../7 Punkte

Aufgabe 3: GALVANISCHE Zellen...../6 Punkte

Aufgabe 4: HITTORFSche Zellen...../6 Punkte

Extrapunkte (bitte ausfüllen, falls zutreffend)

( ) alle ILIAS Tests bestanden

/5 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:** Lehrbuch zum Kurs (*Physikalische Chemie kompakt*),  
eigenhändig geschriebene Formelsammlung, Taschenrechner

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



## Aufgabe 1: Konduktometrie

Essigsäure ist eine schwache Säure und dissoziiert unvollständig in Protonen und Acetat-Ionen.



Der  $pK_a$  Wert von Essigsäure bei 25.0 °C beträgt 4.75.

1.00 mol Essigsäure ( $M = 60.05 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ ) werden bei 25.0 °C mit 1942 g Wasser ( $M = 18.02 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ ) auf 2.00 L Lösung verdünnt.

- a) Welche **Grenzleitfähigkeit**  $\Lambda_\infty$  hat Essigsäure?
- b) Welchen **Dissoziationsgrad**  $\alpha$  hat die Essigsäure in der Lösung?
- c) Welche **molare Leitfähigkeit**  $\Lambda$  hat die verdünnte Essigsäure?
- d) Welche **spezifische Leitfähigkeit**  $\kappa$  hat die verdünnte Essigsäure?
- e) Welchen **pH-Wert** hat die verdünnte Essigsäure?
- f) Welcher **Wasser-Dampfdruck**  $p_{\text{H}_2\text{O}}$  herrscht über der verdünnten Essigsäure?

Die Lösung verhält sich ideal; der Dampfdruck über reinem Wasser beträgt bei 25 °C  $p_{\text{H}_2\text{O}}^* = 3.17 \text{ kPa}$ .

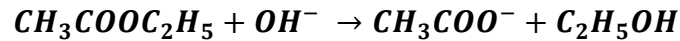
|                          |
|--------------------------|
| $\Lambda_\infty$         |
| $\Lambda$                |
| $\alpha$                 |
| $\kappa$                 |
| $pH$                     |
| $p_{\text{H}_2\text{O}}$ |

6 Punkte, davon erreicht:



## Aufgabe 2: Reaktionskinetik

Essigsäureethylester (Ethylacetat,  $CH_3COOC_2H_5$ ) wird in Gegenwart von Lauge ( $OH^-$ ) zu Acetat und Ethanol gespalten



Die Reaktion ist erster Ordnung bezüglich Ethylacetat und erster Ordnung bezüglich Hydroxid; sie gehorcht also insgesamt einem Geschwindigkeitsgesetz 2. Ordnung:

$$r = k \cdot [CH_3COOC_2H_5] \cdot [OH^-]$$

Die Reaktion wird bei zwei verschiedenen Temperaturen untersucht, wobei Ester und Lauge stets stöchiometrisch und mit einer Anfangskonzentration von  $1.00 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$  eingesetzt werden.

Die folgende Tabelle zeigt die Konzentration an Ester  $[CH_3COOC_2H_5]$  nach unterschiedlichen Zeiten.

|                            | $t = 0 \text{ s}$                  | $t = 100 \text{ s}$                | $t = 200 \text{ s}$                |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| $T_1 = 40.0^\circ\text{C}$ | $1.00 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ | $0.50 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ |                                    |
| $T_2 = 30.0^\circ\text{C}$ | $1.00 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ |                                    | $0.50 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ |

- Ermitteln Sie die **Geschwindigkeitskonstante**  $k_{40^\circ\text{C}}$  der Reaktion bei  $40^\circ\text{C}$ .
- Ermitteln Sie die **Anfangsgeschwindigkeit**  $r_{40^\circ\text{C}}^0$  der Reaktion bei  $40^\circ\text{C}$ .
- Ergänzen Sie die **Konzentration**  $[CH_3COOC_2H_5]_{40^\circ\text{C}, 200 \text{ s}}$  in der Tabelle.
- Ergänzen Sie die **Konzentration**  $[CH_3COOC_2H_5]_{30^\circ\text{C}, 100 \text{ s}}$  in der Tabelle.
- Nach welcher **Reaktionszeit**  $t$  wird bei  $40.0^\circ\text{C}$  ein Umsatz von **99.0 %** erreicht?
- Welche **Aktivierungsenergie**  $E_A$  besitzt die Reaktion?
- Welche **Anfangs-Halbwertszeit**  $t_{1/2}^0, 60^\circ\text{C}$  besitzt die Reaktion bei  $60.0^\circ\text{C}$  und einer Anfangskonzentration von  $1.00 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ ?

|                                                     |
|-----------------------------------------------------|
| $k_{40^\circ\text{C}}$                              |
| $r_{40^\circ\text{C}}^0$                            |
| $[CH_3COOC_2H_5]_{40^\circ\text{C}, 200 \text{ s}}$ |
| $[CH_3COOC_2H_5]_{30^\circ\text{C}, 100 \text{ s}}$ |
| $t$ (99 % Umsatz):                                  |
| $E_A$                                               |
| $t_{1/2}^0, 60^\circ\text{C}$                       |

7 Punkte, davon erreicht:



### Aufgabe 3: GALVANISCHE Zellen

Eine Wasserstoffelektrode besteht aus einem Platinblech, welches in neutrales Wasser ( $\text{pH}=7$ ) taucht und von einer Mischung aus Wasserstoff und Inertgas umspült wird ( $[H_2] = 10 \text{ kPa}$ ).

Eine Sauerstoffelektrode besteht aus einem Platinblech, welches in neutrales Wasser ( $\text{pH}=7$ ) taucht und von einer Mischung aus Sauerstoff und Inertgas umspült wird ( $[O_2] = 10 \text{ kPa}$ ).

Die beiden Elektroden werden auf  $25.0 \text{ }^\circ\text{C}$  temperiert und zusammengeschaltet.

- a) Formulieren Sie die **Durchtrittsreaktion** an der **Anode** (mit Angabe der Richtung) und berechnen Sie das **Elektrodenpotenzial** der Anode.
- b) Formulieren Sie die **Durchtrittsreaktion** an der **Kathode** (mit Angabe der Richtung) und berechnen Sie das **Elektrodenpotenzial** der Kathode.
- c) Welche **Leerlaufspannung (EMK)** liefert die Kombination der Elektroden?
- d) Wie viel **Wasserstoff** wird pro Stunde umgesetzt, wenn ein Strom der Stärke  $0.100 \text{ A}$  fließt?

|                                      |
|--------------------------------------|
| <i>Anode, Durchtrittsreaktion:</i>   |
| <i>Anode, Elektrodenpotenzial:</i>   |
| <i>Kathode, Durchtrittsreaktion:</i> |
| <i>Kathode, Elektrodenpotenzial:</i> |
| <i>Leerlaufspannung (EMK):</i>       |
| <i><math>n(H_2)</math>:</i>          |



### Aufgabe 4: HITTORFSche Zellen

Die Elektrolyse von Salzsäure (HCl, Anfangskonzentration 10.0 mmol/L) findet bei 25.0 °C in einer HITTORFSchen Zelle statt. Im Anoden- und Kathodenraum befinden sich zunächst jeweils **500 mL** Salzsäure (starker Elektrolyt).

Die Durchtrittsreaktionen an den Elektroden finden Sie in der Spannungsreihe im Anhang.

**a)** Berechnen Sie aus den Ionenleitfähigkeiten die **Überföhrungszahl** der Kationen.

$t_+$  :

**b)** Ergänzen Sie die nachfolgende Tabelle:

|                                                                                                      | Anodenraum | Kathodenraum |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|
| Stoffmenge an Kationen, die während der Elektrolyse <b>entladen</b> werden und verschwinden (-)      |            |              |
| Stoffmenge an Kationen, die während der Elektrolyse <b>einwandern (+)</b> oder <b>auswandern (-)</b> |            |              |
| Stoffmenge der Kationen <b>nach</b> der Elektrolyse                                                  |            |              |

:  
7 Punkte, davon erreicht: 7



## Thermodynamische Daten und Konstanten

| Durchtrittsreaktion                                                                                                | Standardpotenzial (25°C)                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| $2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons 4 \text{OH}^- (\text{aq})$          | $E_{\text{redox}}^0 = +0.401 \text{ V}$ |
| $2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$                                   | $E_{\text{redox}}^0 = +0.000 \text{ V}$ |
| $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{OH}^- (\text{aq}) + \text{H}_2 (\text{g})$         | $E_{\text{redox}}^0 = -0.830 \text{ V}$ |
| $4 \text{H}^+(\text{aq}) + 4 \text{e}^- + \text{O}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} (\text{l})$ | $E_{\text{redox}}^0 = +1.23 \text{ V}$  |
| $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag} (\text{s})$                                      | $E_{\text{redox}}^0 = +0.80 \text{ V}$  |
| $\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{Cl}^-(\text{aq})$                                 | $E_{\text{redox}}^0 = +1.36 \text{ V}$  |

|                  |                                                                         |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Gaskonstante     | $R = 8.314 \frac{\text{kPa} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ |
| 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                 | $1.00 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$<br>$1.00 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 760 \text{ Torr}$ |
| $\text{pK}_a$ – Wert              | $\text{pK}_a = -\log \frac{K_a}{\text{mol/L}}$                                                    |
| 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 $\text{OAc}^-$ bei 25°C | $\lambda_{\infty}(\text{OAc}^-) = 4.09 \frac{\text{mS m}^2}{\text{mol}}$ |
| Grenzleitfähigkeit $\text{H}^+$ , 25 °C    | $\lambda_{\infty}(\text{H}^+) = 34.6 \frac{\text{mS m}^2}{\text{mol}}$   |
| Grenzleitfähigkeit $\text{Cl}^-$ , 25 °C   | $\lambda_{\infty}(\text{Cl}^-) = 7.63 \frac{\text{mS m}^2}{\text{mol}}$  |