

Klausurnummer:

## Klausur zum Chemischen Grundpraktikum für das Lehramt im WiSe 2022/2023 vom 24.02.2023

| A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | $\Sigma$  | Note |
|----|----|----|----|----|----|-----------|------|
| 10 | 15 | 7  | 33 | 10 | 10 | <b>85</b> |      |
|    |    |    |    |    |    |           |      |

NAME: .....

VORNAME: .....

EMAIL (cup-Mail!): .....

IMMATRIKULATIONSNUMMER: .....

**Schreiben Sie bitte gut leserlich:** Name und Vorname in Druckbuchstaben.

**Unleserliche Teile werden nicht gewertet!**

Die Bewertung der einzelnen Aufgaben ist jeweils in Klammern nach der Aufgabennummerierung angegeben. Insgesamt sind 85 Punkte erreichbar. Die Gesamtklausur gilt als bestanden, wenn 50% der erreichbaren Punkte erzielt wurden.

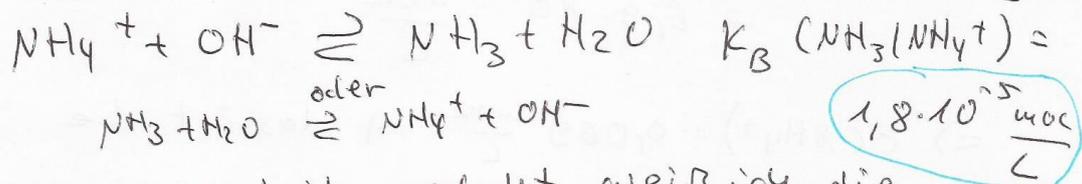
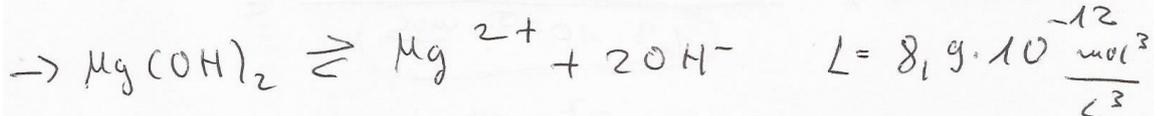
- Wichtig:**
1. Schreiben Sie auf jedes Blatt oben Ihren Namen.
  2. Schreiben Sie die Lösungen nur auf das Blatt der entsprechenden Aufgabe (wenn erforderlich die Rückseite benutzen).
  3. Mit Bleistift geschriebene Aufgaben werden **nicht** gewertet!
  4. Als Hilfsmittel ist nur ein nicht programmierbarer Taschenrechner zugelassen.
  5. Falls Sie weitere Zusatzblätter benötigen, fordern Sie diese bitte beim Aufsichtspersonal an und verwenden Sie nur gekennzeichnete Zusatzblätter.
  6. Merken/notieren Sie Ihre Klausurnummer für Notenbekanntgabe!

**Viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!**

Die Klausur umfasst **6** Aufgaben auf insgesamt **14** Blättern (inklusive 1 Schmierblatt und Deckblatt). Überprüfen Sie unbedingt bei Erhalt der Klausur die Anzahl der Blätter auf Vollständigkeit!

**Aufgabe 1: Löslichkeitsprodukt [10P]**

Welche  $\text{NH}_4^+$ -Konzentration muss durch Zusatz von  $\text{NH}_4\text{Cl}$  erreicht werden, damit aus einer Lösung aus  $\text{MgCl}_2$  und Ammoniak bei  $25^\circ\text{C}$  kein  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  ausfällt? Es gilt:  $c(\text{Mg}^{2+}) = 0,05 \text{ mol/L}$ ,  $c(\text{NH}_3) = 0,05 \text{ mol/L}$ ,  $L(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ mol}^3/\text{L}^3$ ,  $K_B(\text{NH}_3/\text{NH}_4^+) = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ .



→ aus Löslichkeitsprodukt weiß ich die maximale  $\text{OH}^-$  Konzentration:

$$c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) = 8,9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{mol}^3}{\text{L}^3}$$

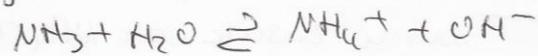
$$\rightarrow c^2(\text{OH}^-) = \frac{8,9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{mol}^3}{\text{L}^3}}{0,05 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} =$$

$$c(\text{OH}^-) = \sqrt{\frac{8,9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{mol}^3}{\text{L}^3}}{0,05}}$$

$$= 1,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

→ aus Basengleichgewicht des  $\text{NH}_3$  kann ich die  $\text{NH}_4^+$ -Konzentration berechnen, die die  $\text{OH}^-$ -Konzentration auf diesem Wert hat:

aus Gleichung



$$\rightarrow \frac{c(\text{NH}_4^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{NH}_3)} = 1,8 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\rightarrow c(\text{NH}_4^+) = \frac{1,8 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,05 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}{1,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}}} =$$
$$= 6,9 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$\Rightarrow c(\text{NH}_4^+) = 0,069 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \rightarrow$  das ist die  
minimale Konzentration, die ich haben  
muss um zu verhindern, dass  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  aus-  
fällt

**Aufgabe 2: Titrationsen und pH-Werte [15P]**

Titriert wird 0.02 M Essigsäure mit einer 0.1 M Natronlauge.  $\tau$  sei der Grad des Umsatzes.  $pK_s(\text{Essigsäure}) = 4.75$  Die Volumenzunahme kann vernachlässigt werden.

- a) Berechnen Sie die pH-Werte zu den Zeitpunkten  $\tau = 0$ ,  $\tau = 0.5$  und  $\tau = 1$ . [10P]

1)  $\tau = 0$ , nur Essigsäure liegt vor  $\rightarrow$  schwache Säure **1P**

$$\rightarrow \text{pH} = \frac{1}{2} (pK_s - \log c_0) ; c_0 = 0,02 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\rightarrow \text{pH} = \frac{1}{2} (4,75 - \log(0,02)) = \frac{1}{2} (4,75 - (-1,69897)) = 3,2 \quad \text{1P}$$

$\tau = 0,5$ , die Hälfte der Essigsäure wurde „neutralisiert“

$$\text{HOAc} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaOAc} + \text{H}_2\text{O}$$

$\Rightarrow$  es liegt jetzt die gleiche Menge (konz. an) HOAc und NaOAc vor  $\rightarrow$  Pufferpunkt **1P**

Henderson-Hasselbalch-Gleichung

$$\text{pH} = pK_s - \log \frac{[\text{HOAc}]}{[\text{Ac}^-]} \quad \text{1P} \quad \text{oder} \quad \text{pH} = pK_s + \log \frac{[\text{Ac}^-]}{[\text{HOAc}]}$$

da  $[\text{HOAc}] = [\text{Ac}^-]$

$$\rightarrow \text{pH} = pK_s = 4,75 \quad \text{1P}$$

$\tau = 1$  Äquivalenzpunkt **1P**

$$\text{HOAc} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaOAc} + \text{H}_2\text{O}$$

$\rightarrow$  NaOAc in  $\text{H}_2\text{O}$

$$\Rightarrow \text{OAc}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOAc} + \text{OH}^- \quad \text{1P}$$

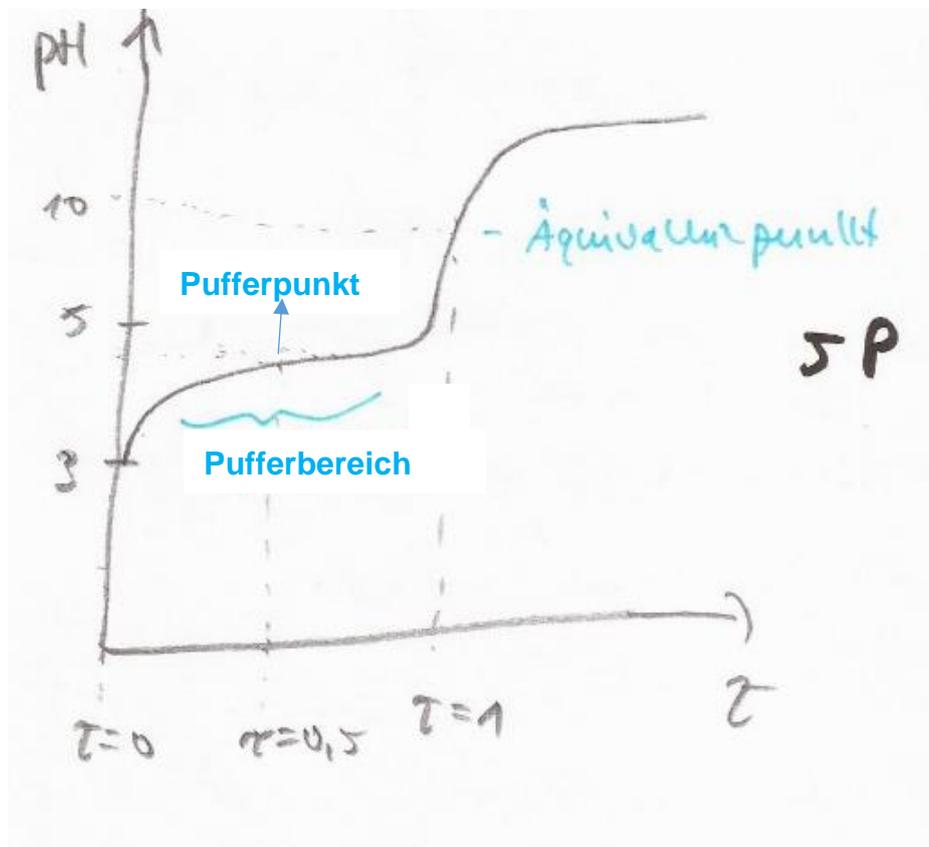
$\Rightarrow$  Lösung ist schwach basisch **1P**

$$pK_b = 14 - pK_s = 14 - 4,75 = 9,25$$

$$pOH = \frac{1}{2} (pK_b - \log c_0) = \frac{1}{2} (9,25 - \log(0,02)) = 5,47 \quad \text{1P}$$

$$\Rightarrow \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 5,47 = 8,53 \quad 1\text{P}$$

- b) Stellen Sie die Titrationskurve graphisch dar und beschriften Sie die Skizze. [5P]

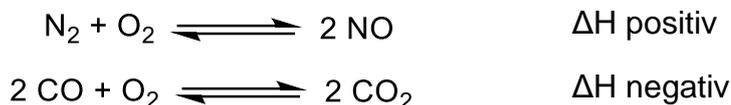


**Aufgabe 3: Chemisches Gleichgewicht [7P]**

a) In welche Richtung verschiebt sich die Gleichgewichtslage

1. mit steigender Temperatur
2. mit zunehmendem Druck

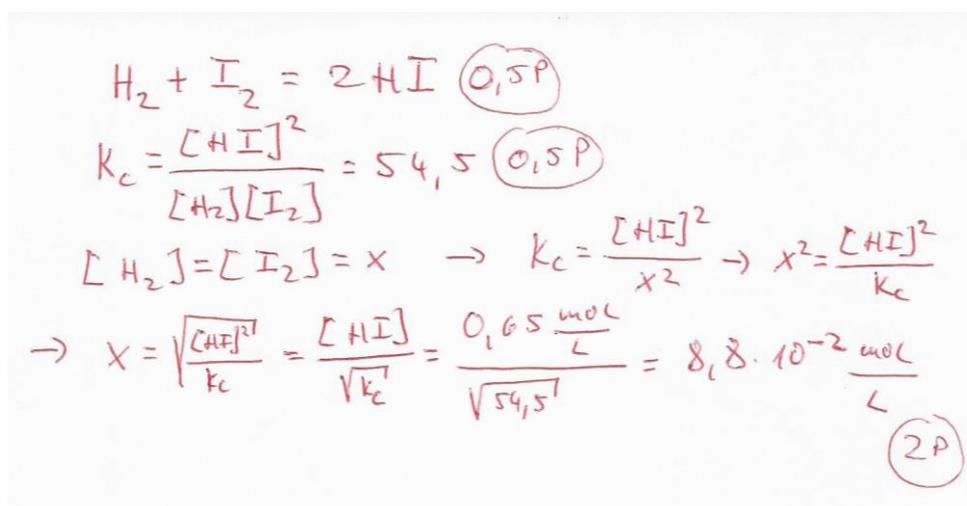
für folgende beiden Reaktionen? [4P]



|            | Verschiebung der Gleichgewichtslage bei |                    |
|------------|-----------------------------------------|--------------------|
|            | Temperaturerhöhung                      | Druckerhöhung      |
| Reaktion a | nach rechts                             | keine Verschiebung |
| Reaktion b | nach links                              | nach rechts        |

1 P je Antwort

b) In einem geschlossenen 1 Liter-Gefäß reagieren Iod und Wasserstoff beim Erhitzen zu Iodwasserstoff. Nach einiger Zeit stellt sich ein Gleichgewicht ein. Geben Sie die Stoffmengenkonzentrationen von Wasserstoff und Iod nach der Gleichgewichtseinstellung an und nehmen Sie hierzu an, dass Iodwasserstoff im Gleichgewicht in einer Stoffmengenkonzentration von 0,65 mol/L vorliegt.  $K_c = 54,5$ . Geben Sie auch die Reaktionsgleichung an. [3P]



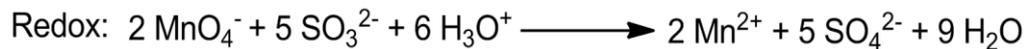
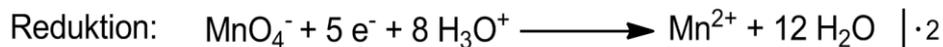
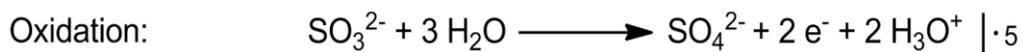
**Aufgabe 4: Redoxreaktionen und Elektrochemie [33P]**

- a) Bestimmen Sie die Oxidationsstufen des Mangans der Verbindungen  $\text{MnO}_4^{2-}$  und  $\text{MnCl}_2$ , die des Iods der Verbindungen  $\text{I}_2$  und  $\text{HI}$  und die des Wasserstoffs in den Verbindungen  $\text{H}_2\text{O}_2$  und  $\text{NaH}$ . [6P]

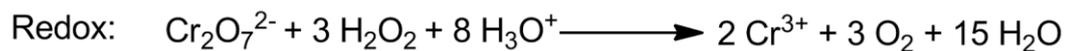
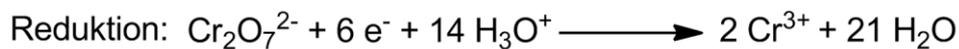
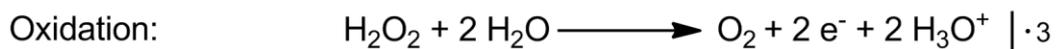
+6, +2, 0, -1, +1, -1

- b) Stellen Sie die Redoxgleichungen (Teilgleichungen und die Gesamtgleichung) auf für:

- 1) die Reaktion von Permanganat mit Sulfit in saurer Lösung. [3P]



- 2) Reaktion von Dichromat mit  $\text{H}_2\text{O}_2$  in saurer Lösung. [3P]



- c) Das Reduktionspotential einer Permanganat-Lösung mit  $c(\text{MnO}_4^-) = 0.1$  mol/L, die  $\text{Mn}^{2+}$ -Ionen mit  $c(\text{Mn}^{2+}) = 10^{-3}$  mol/L enthält, wird bei jeweils den pH-Werten von  $\text{pH} = 1$  und  $\text{pH} = 5$  gemessen. Begründen Sie durch Berechnung, ob das Reduktionspotential pH-abhängig ist.  $E(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = 1.51 \text{ V}$ . [5P]

Halbreaktion aufstellen: (1P)



Nernstsche Gleichung

$$E = E^\circ - \frac{0,0592 \text{ V}}{5} \cdot \lg \frac{c(\text{Mn}^{2+})}{c(\text{MnO}_4^-) \cdot c^8(\text{H}^+)}$$

oder

$$E = E^\circ + \frac{0,0592 \text{ V}}{5} \cdot \lg \frac{c(\text{MnO}_4^-) \cdot c^8(\text{H}^+)}{c(\text{Mn}^{2+})}$$

bei  $\text{pH} = 1$ :  $c(\text{H}^+) = 10^{-1} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$  (0,5P)

$$\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$$

$$1 = -\lg c(\text{H}^+) \rightarrow \text{auflösen nach } c(\text{H}^+)$$

→ einsetzen in Gleichung

$$E = 1,51 \text{ V} + \frac{0,0592 \text{ V}}{5} \cdot \lg \frac{10^{-1} \cdot 10^{-8}}{10^{-3}} = \underline{\underline{1,44 \text{ V}}} \quad (1\text{P})$$

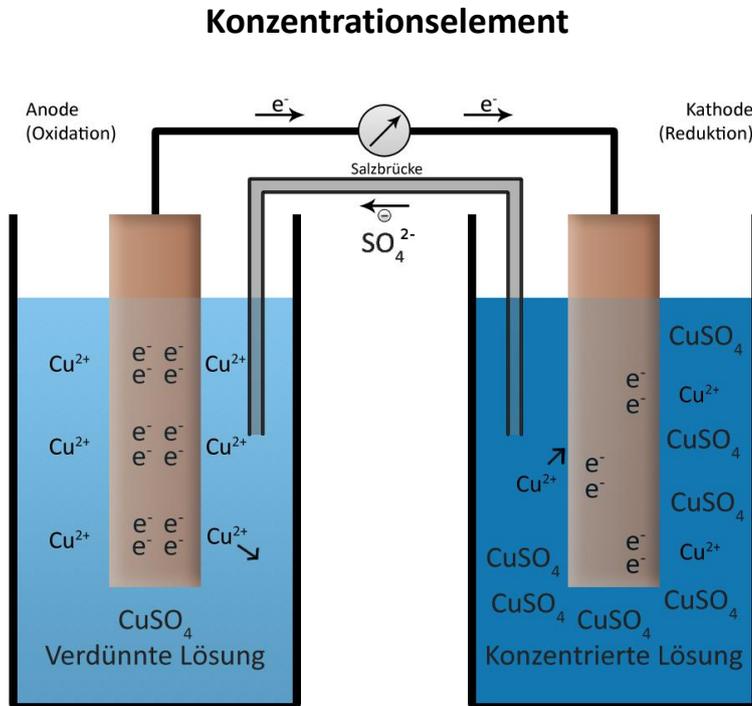
bei  $\text{pH} = 5$ :  $c(\text{H}^+) = 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$  (0,5P)

→ in Gleichung einsetzen

$$E = 1,51 \text{ V} + \frac{0,0592 \text{ V}}{5} \cdot \lg \frac{10^{-1} \cdot 10^{-40}}{10^{-3}} = \underline{\underline{1,06 \text{ V}}} \quad (1\text{P})$$

⇒ Potential ist pH-abhängig (1P)

- d) Skizzieren Sie ein Cu/CuSO<sub>4</sub> Konzentrationselement und zeichnen Sie die Stromflussrichtung ein.[5P] Geben Sie die Gleichung für die elektromotorische Kraft ( $\Delta E$ ) an.[5P]



1P: CuSO<sub>4</sub>-Lösung, 1P: Cu-Elektroden, 1P: konzentrierte und verdünnte Lösung, 1P: Salzbrücke, 1P: Stromflussrichtung

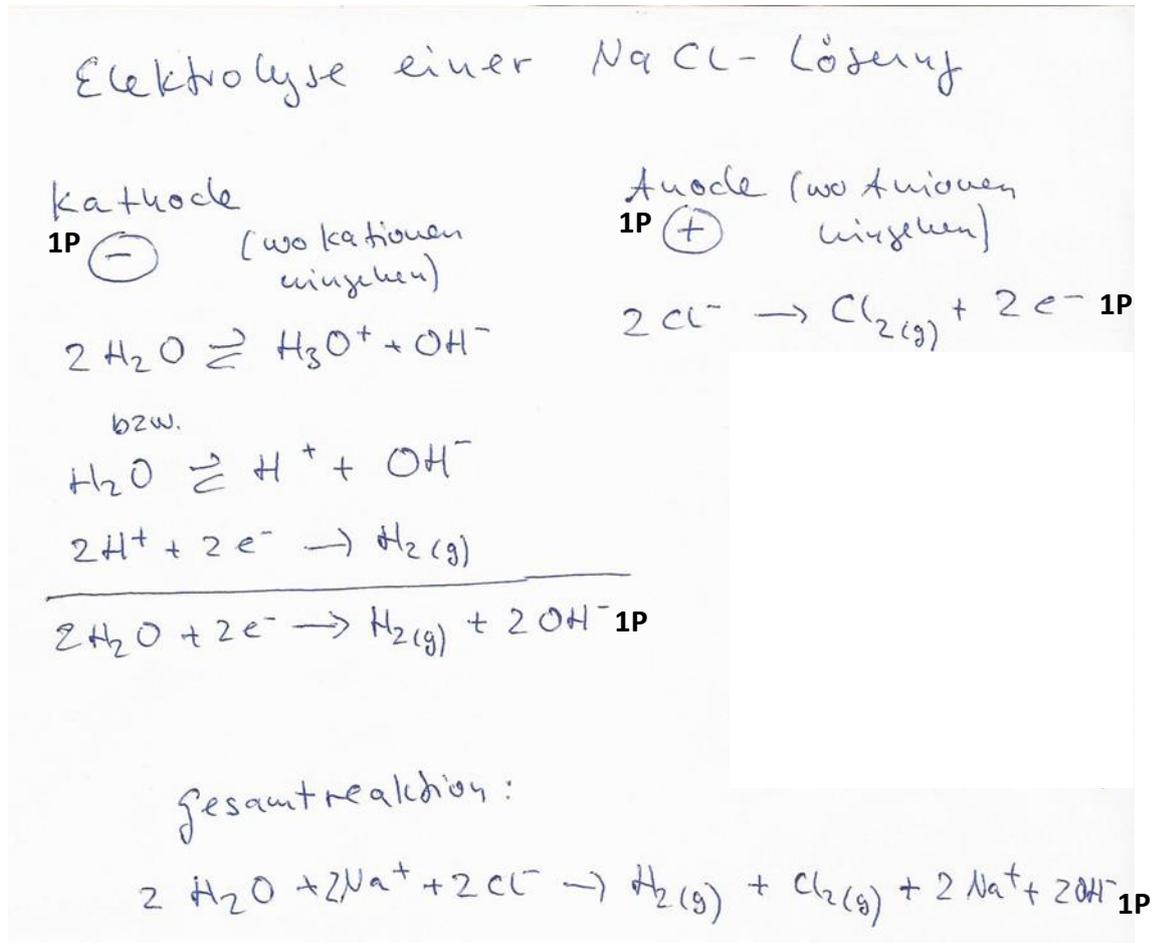
$$\Delta E = \frac{0,059V}{z} \cdot \lg \frac{c_1(\text{Konzentrierter})}{c_2(\text{weniger konzentriert})}$$

$$c_1 > c_2$$

1P

z=2

- e) Beschreiben Sie die Elektrolyse einer Natriumchlorid-Lösung. Geben Sie die Teilgleichungen und die Gesamtgleichung an. [5P]



- f) Was versteht man unter der Zersetzungsspannung bei einer Elektrolyse? [1P]

Zersetzungsspannung =  
Differenz der Redoxpotentiale + Überspannung

0,5 P

0,5 P

- g) Was versteht man unter Überspannung? Wovon hängt sie ab (3 Gründe nennen)? [4P]

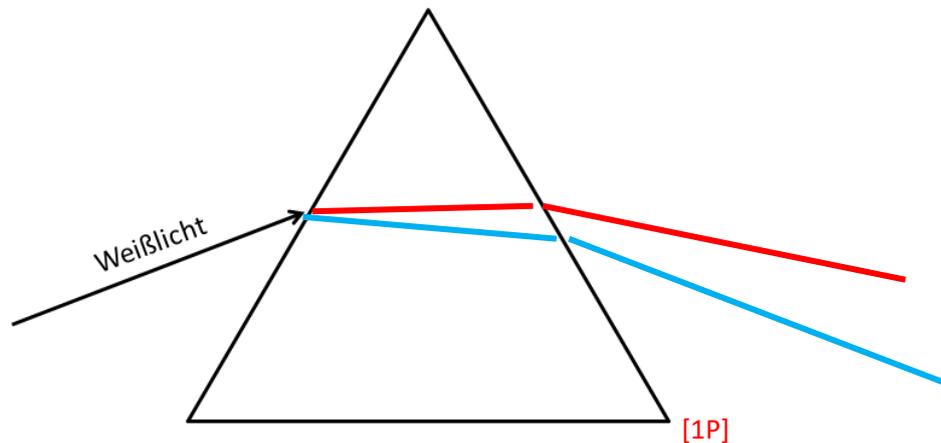
Überspannung: kinetische Hemmung der  
Elektrodenreaktion 1 P

Überspannung hängt ab von:

- Elektrodenmaterial 1 P
- Oberflächenbeschaffenheit der Elektrode 1 P
- wenn Gase entstehen 1 P

**Aufgabe 5: Farben [10P]**

a) Ein Glasprisma wird parallel mit Weißlicht beleuchtet. Skizzieren Sie schematisch den Weg eines blauen und eines roten Lichtstrahles durch das Prisma und geben Sie eine kurze Begründung für den Verlauf der von Ihnen skizzierten Lichtstrahlen. Nehmen Sie an, dass sich außerhalb des Prismas Luft befindet. [2P]



Rotes Licht/ Licht größerer Wellenlängen/ Licht niedriger Energie wird schwächer gebrochen als blaues Licht [1P]

Oder: Brechungsindex größer für kleinere Wellenlänge [1P]

b) Für die Absorption von Licht ist die optische Dichte ( $OD$ ) von zentraler Bedeutung. Geben Sie eine Formel für die optische Dichte an und erläutern Sie alle darin enthaltenen Größen. [2P]

$OD(\lambda) = \epsilon_{\lambda} d c$  [0.5 Punkte ohne Abhängigkeit von  $\lambda$ , 1.0 Punkte mit. Wenn irgendwo erwähnt wird, dass die Intensitäten Wellenlängenabhängig sind kann der halbe Punkt auch noch gegeben werden.]

$\epsilon$  gibt Abschwächung einer bestimmten Wellenlänge  $\lambda$  durch das Medium an. [0.5]  
oder: Extinktionskoeffizient [0.5]

d: Dicke des Mediums/der Küvette und c: Konzentration [0.5]

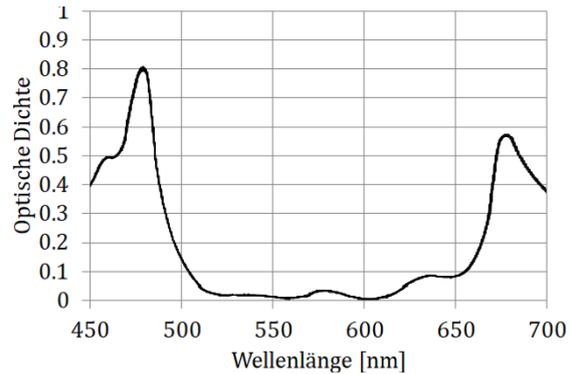
**Auch korrekt:**

$OD(\lambda) = \log[I_0(\lambda)/I(\lambda)]$  [0.5 Punkte ohne Abhängigkeit von  $\lambda$ , 1.0 Punkte mit. Wenn irgendwo erwähnt wird, dass die Intensitäten Wellenlängenabhängig sind kann der halbe Punkt auch noch gegeben werden.]

$I_0$ : Eingestrahlte Lichtintensität

$I$ : Lichtintensität nach Durchgang durch Küvette

c) Ihnen liegt folgendes Absorptionsspektrum vor. Schätzen Sie ab, in welcher Farbe die Probe dem Betrachter erscheint und geben Sie eine kurze Begründung. [2P]



Grün oder grün/gelb [1P]

Blauer Bereich und roter Bereich werden absorbiert [0.5P] Sichtbar ist am Ende das nicht absorbierte Licht/die Gegenteiligen Farben [0.5P]

Oder: im Wellenlängenbereich 500 bis 650 wird nichts absorbiert [1P]

d) Berechnen Sie mit Hilfe des Absorptionsspektrums in (b) den Extinktionskoeffizienten der Probe in  $\text{L} \cdot (\text{mol} \cdot \text{cm})^{-1}$  für die Wellenlänge am Absorptionsmaximum  $\lambda = 477 \text{ nm}$ . Die Dicke der Küvette beträgt  $1 \text{ cm}$  und die Farbstoffkonzentration der Lösung  $25 \text{ mmol/L}$ . [2P]

Hinweis: Verwendung der richtigen Einheiten.

$$\varepsilon = \frac{OD}{dc} = \frac{0.8}{0.001 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}} = 32 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

Auch korrekt:  $32 \text{ m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} = 32000 \text{ cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$  aber dann [-0.5P]

e) Berechnen Sie die Frequenz und die Energie für Licht der Wellenlänge  $477 \text{ nm}$ . [2P]

Hinweis: Lichtgeschwindigkeit  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ; Planck'sches Wirkungsquantum  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

Frequenz:

$$\begin{aligned} \nu &= \frac{c}{\lambda} \text{ [0.5P]} \\ &= \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{477 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 6.289 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} \text{ [0.5P]} \end{aligned}$$

Energie:

$$\begin{aligned} E &= h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ [0.5P]} \\ &= 4.1696 \cdot 10^{-19} \text{ [0.5P]} \end{aligned}$$

**Aufgabe 6: Reaktionskinetik [10P]**

a) Wie ist die Reaktionsgeschwindigkeit definiert? Geben Sie die Formel an und benennen Sie die darin vorkommenden Größen. [1P]

$$v_R = 1/\nu_J \frac{d}{dt} [J]$$

[J]: Konzentration von J

$\nu_J$ : stöchiometrischer Faktor von J (negativ für Edukt, positiv für Produkte),  
alternativ kann das Vorzeichen explizit rausgezogen werden

Quelle: Seite 13

b) Wie lautet das Geschwindigkeitsgesetz für eine Reaktion erster Ordnung? Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Eduktkonzentration. Durch welche Formel wird dieser beschrieben? Berechnen Sie daraus den zeitlichen Verlauf der Reaktionsgeschwindigkeit und skizzieren Sie diesen. [3P]

$$\frac{d}{dt} [A] = -k [A] \quad [1]$$

mit

[A] Konzentration des Eduktes A

k Geschwindigkeitskonstante

Konzentration:

es ergibt sich ein exp Abfall [0.5]

$$[A] = [A]_0 \exp(-kt) \quad [0.5]$$

[A] Eduktkonzentration

[A]<sub>0</sub> Startkonzentration

k Geschwindigkeitskonstante

t Zeit

Reaktionsgeschwindigkeit:

es ergibt sich ein exp Abfall [0.5]

$$v_R = -\frac{d}{dt} [A] = k [A]_0 \exp(-kt) \quad [0.5]$$

Quelle: Seite 21

c) Bei der Zersetzung von  $\text{N}_2\text{O}_5$  in flüssigem Brom handelt es sich um eine Reaktion erster Ordnung. Nach welcher Zeit hat sich die Startkonzentration halbiert? Nehmen Sie eine Geschwindigkeitskonstante von  $k = 2.1 \cdot 10^{-3} \text{s}^{-1}$  an. Welche Angabe würden Sie zur Berechnung der Halbwertszeit bei Reaktionen 0. und 2. Ordnung zusätzlich benötigen? [2P]

$$t_{0.5} = 1/k \cdot \ln 2 = 0.693 / (2.1 \cdot 10^{-3}) \text{ s} = 330 \text{ s} [1]$$

Für Reaktion 0. und 2. Ordnung wird noch die Startkonzentration benötigt [1]

Quelle: VL03, Seite 27

d) Erläutern Sie, wie Sie anhand einer experimentellen Messung des zeitlichen Konzentrationsverlaufs überprüfen können, ob es sich um eine Reaktion erster Ordnung handelt. [1P]

Auftragung von  $\ln [A]$  gegen  $t$  ergibt einen linearen Verlauf

$$[A] = [A]_0 \exp(-kt)$$
$$\ln [A] = \ln [A]_0 - kt$$

[A] Eduktkonzentration  
[A]<sub>0</sub> Startkonzentration  
k Geschwindigkeitskonstante  
t Zeit

Insgesamt [1], Quelle: Seite 25

e) In welchem Fall kann eine Reaktion 2. Ordnung als eine Reaktion 1. Ordnung approximiert werden? Wie bezeichnet man eine solche Reaktionsordnung? [1P]

Wenn ein Edukt im großen Überschuss vorliegt und die Konzentration als konstant angenommen werden kann [0.5],  
es handelt sich dann um eine Reaktion Pseudo 1. Ordnung [0.5]  
Quelle: Seite 45

f) Wie hängt die Geschwindigkeitskonstante von der Temperatur ab? Geben Sie den mathematischen Zusammenhang an und nennen Sie die physikalische Bedeutung der darin enthaltenen Größen. Welchen Effekt haben Katalysatoren? [2P]

Die Arrhenius-Gleichung beschreibt die quantitative Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten  $k$  von der Temperatur:

$$k = A * \exp(- E_A / (RT))$$

mit

- ⑩ A präexponentieller oder Frequenzfaktor
- ⑩  $E_A$  Aktivierungsenergie
- ⑩ R universelle Gaskonstante,
- ⑩ T absolute (thermodynamische) Temperatur

bis hierhin [1]

Katalysatoren senken die Aktivierungsenergie und erhöhen so die Reaktionsgeschwindigkeit [1]

Quelle: 48

**NOTIZSEITE : WIRD NICHT GEWERTET**

(Wenn zu wenig Platz vorhanden ist, dann Rückseiten der Aufgabenblätter verwenden!)