

45. Österreichische Chemieolympiade Bundeswettbewerb

Theoretischer Teil
30. Mai 2019

Lösungen

Aufgabe 1

25 bp \cong 7 rp

Mendelejew und die Elemente

A. Mendelejew und sein seltenes Element

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1.1 Berechnen Sie die Bindungsenergie eines ^{45}Sc Kerns in MeV | |
| $21 \cdot \frac{1}{1}\text{p} + 24 \cdot \frac{1}{0}\text{n} \rightarrow \text{}^{45}_{21}\text{Sc}$ $\Delta m = (21 \cdot 1,0072 + 24 \cdot 1,0087) - 44,9559 = 0,4041\text{u} = 6,712 \cdot 10^{-28}\text{kg}$ $E = \Delta m \cdot c^2 = (6,712 \cdot 10^{-28}) \cdot (2,998 \cdot 10^8)^2 = 6,033 \cdot 10^{-11}\text{J} = 3,764 \cdot 10^8\text{eV} = 376\text{ MeV}$ | 2 bp |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1.2 Bestimmen Sie die Koordinationszahl von Scandium. | |
| 12 | 0,5 bp |
| 1.3 Bestimmen Sie die Anzahl an Atome in einer Elementarzelle von Scandium. | |
| $8 \cdot \frac{1}{8} + 1 \cdot 1 = 2$ | 0,5 bp |
| 1.4 Berechnen Sie die Dichte von Scandium. | |
| $\rho = \frac{\text{Anzahl der Atome pro EZ} \cdot M}{N_A \cdot V} = \frac{2 \cdot 44,96}{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 5,002 \cdot 10^{-23}} = 2,985\text{g/cm}^3$ | 1 bp |

| 1.5 Ergänzen Sie in der folgenden Tabelle Formeln, Namen sowie den Namen des Produktes allgemein. | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Name inkl. Oxidationszahl des Kations | Formel | Produkt |
| Scandium(III)nitrat 0,5 bp | $\text{Sc}(\text{NO}_3)_3$ | Salz 0,5 bp |
| Scandium(III)oxid | Sc_2O_3 0,5 bp | Salz |
| Hexafluoridoscandat(III) 0,5 bp | $[\text{ScF}_6]^{3-}$ | Komplex 0,5 bp |
| Trioxalatoscandat(III) | $[\text{Sc}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ 0,5 bp | Chelatkomplex 0,5 bp |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1.6 Schreiben Sie dafür eine abgestimmte Reaktionsgleichung an. | |
| $2 \text{ScF}_3 + 3 \text{Ca} \rightarrow 2 \text{Sc} + 3 \text{CaF}_2$ | 1 bp |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1.7 Bestimmen Sie die Molmasse von Pretulit. | |
| $m = \frac{4M}{N_A} \rightarrow n = \frac{m}{M} = \frac{4M}{N_A} \cdot \frac{1}{M} = \frac{4}{N_A} \rightarrow \frac{m}{M} = \frac{4}{N_A}$ $\rho = \frac{m}{V} = \frac{4 \cdot M}{N_A} \cdot \frac{1}{a^2 \cdot c}$ $M = \frac{\rho \cdot N_A \cdot a^2 \cdot c}{4} = \frac{3,688 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \cdot (6,589 \cdot 10^{-8})^2 \cdot (5,806 \cdot 10^{-8})}{4} = 139,96\text{g/mol}$ | 3 bp |

1.8 Mittels einer Elementaranalyse konnte festgestellt werden, dass Pretulit 32 Massenprozent Scandium enthält. Ermitteln Sie die Summenformel von Pretulit.

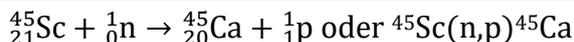
$$\frac{0,32 \cdot 139,96}{44,96} = 1 \text{ Sc}$$

$$\Delta M = 95,17 \text{ g/mol} \rightarrow \text{PO}_4^{3-}$$



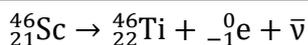
2 bp

1.9 Schreiben Sie eine Gleichung für diese Kernumwandlung an.



1 bp

1.10 Schreiben Sie die Zerfallsgleichung an und geben Sie die Zerfallsart an.

β⁻ Zerfall

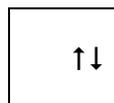
1,5 bp

B. Von Scandium zu Titan

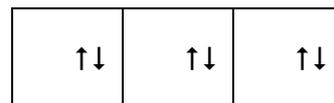
1.11 Beschriften Sie das Valenzbindungsdiagramm nach Pauli und füllen Sie dieses für den gegebenen Komplex aus.



3 d



4 s



4 p

2 bp

1.12 Bestimmen Sie die Hybridisierung des Zentralatoms.



0,5 bp

1.13 Geben Sie an, welches magnetische Verhalten der Komplex zeigt.

Paramagnetisch

0,5 bp

1.14 Geben Sie die räumliche Struktur des Komplexes an.

Oktaedrisch

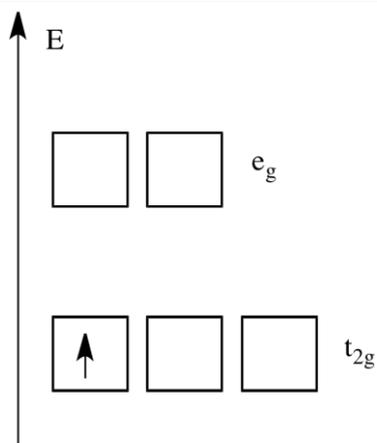
0,5 bp

1.15 Benennen Sie den Komplex.

Hexaaquatitan(III)

0,5 bp

1.16 Zeichnen Sie das Energieniveaudiagramm, das die Konfiguration der d - Elektronen des Metallions im Komplex zeigt, und bezeichnen Sie die Art der Energieniveaus.



1 bp

1.17 Berechnen Sie die Wellenlänge des absorbierten Lichts.

$$\Delta_o = \frac{N_A \cdot hc}{\lambda}$$

$$234 \cdot 10^3 = \frac{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{\lambda}$$

$$\lambda = 511 \text{ nm}$$

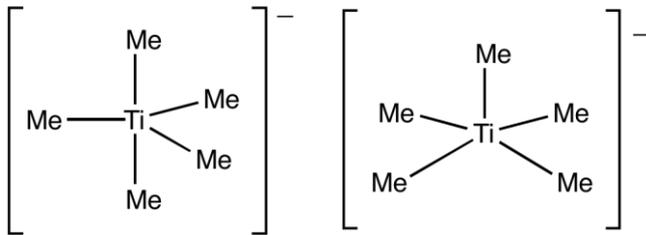
1,5 bp

1.18 Bestimmen Sie die Farbe einer wässrigen Lösung dieses Komplexes.

rötlich-violett

0,5 bp

1.19 Skizzieren Sie zwei mögliche räumliche Strukturen zu $[\text{TiMe}_5]^-$ (Me ... Methylidanion). Geben Sie jeweils den Namen der geometrischen Form an.



trigonal bipyramidal

quadratisch pyramidal

2 bp

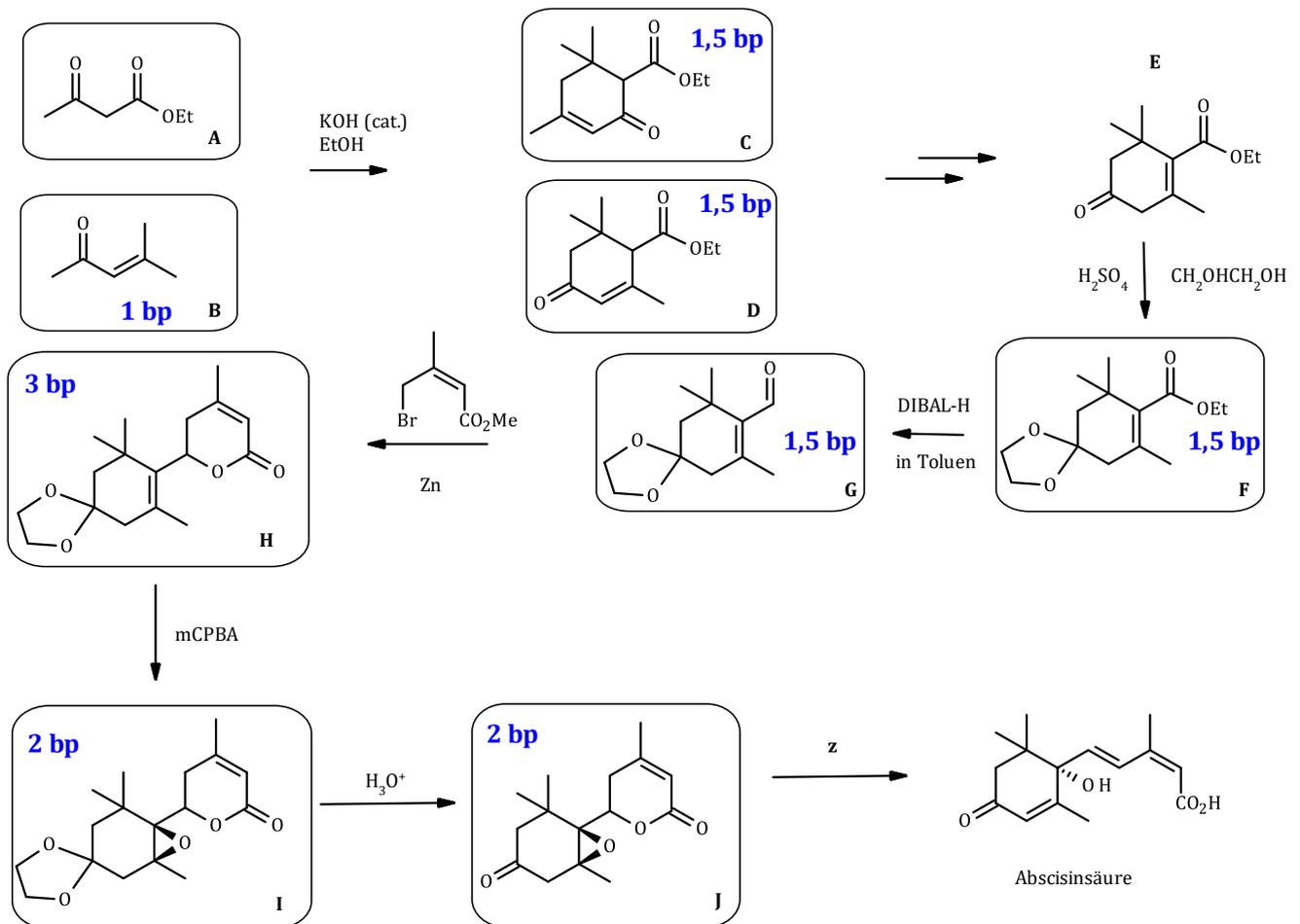
Aufgabe 2

87 bp \approx 21 rp

Organische Chemie und Musik

A. AB(B)A – „Take a Chance on Me“

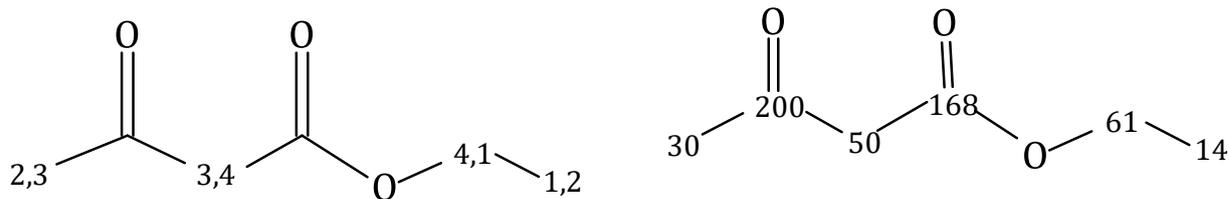
A.1. Synthese von ABA (siehe Schema nächste Seite):



mCPBA = meta-Chlorperbenzoesäure

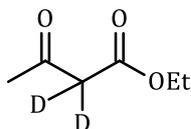
DIBAL-H = Diisobutylaluminiumhydrid

2.1 Ermitteln Sie die Strukturformel von **A** (Reaktionsschema) und ordnen Sie sowohl die ^1H - als auch die ^{13}C -Verschiebungen entsprechend zu.



5 bp

2.2 Zeichnen Sie die Struktur, die **A** hätte, wenn man als Lösungsmittel für die NMR-Messung eine 1:1 Mischung aus $\text{D}_2\text{O}/\text{CD}_3\text{CN}$ verwendete.



2 bp

2.3 Geben Sie die Summenformel von **J** an.



2 bp

2.4 Ermitteln Sie die Strukturformeln von **B** bis **J** unter Berücksichtigung der korrekten Stereochemie (Reaktionsschema). 14 bp

2.5 Schlagen Sie ein Reagenz **z** für die Umwandlung von **J** zu Abscisinsäure vor (Reaktionsschema).

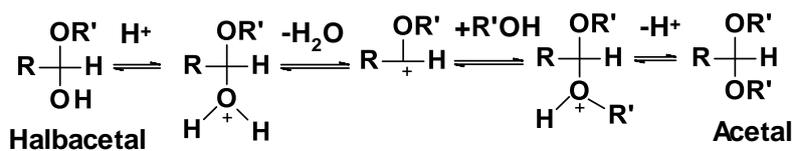
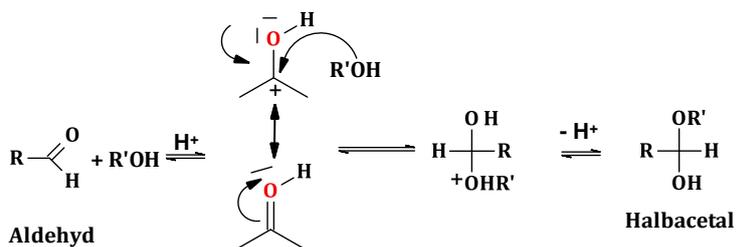


1 bp

2.6 Von **E** nach **F** wird eine weitverbreitete Schutzgruppe eingeführt. Welche konkrete Reaktion verhindert diese Schutzgruppe im folgenden Reaktionsverlauf?

A_N mit metallorg. Verb. von **G** nach **H** / Oxidation vom Keton mit mCPBA zum Ester 2 bp

2.7 Zeigen Sie den Reaktionsmechanismus von **E** nach **F**. Zeichnen Sie nicht das ganze Molekül, sondern lediglich die betreffende funktionelle Gruppe und entsprechende Reste.



4 bp

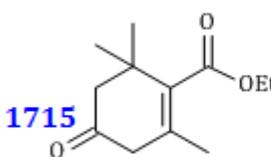
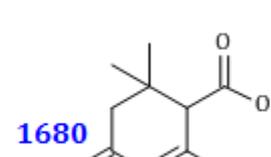
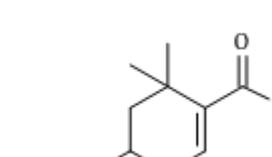
2.8 Nach welchem Reaktionsmechanismus verlaufen folgende Reaktionen? Verwenden Sie übliche Abkürzungen.

$\text{F} \rightarrow \text{G}$: Red

$\text{G} \rightarrow \text{H}$: A_N / El

2 bp

2.9 Ordnen Sie bei allen drei Isomeren den verursachenden Gruppen die jeweilige Wellenzahl zu, indem Sie sie an die richtige Stelle in der jeweiligen Strukturformel schreiben.

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <p>E</p>  <p>1715</p> <p>1050-1250: C-O-C</p> | <p>E'</p>  <p>1680</p> | <p>E''</p>  <p>1730</p> | 2 bp |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|

2.10 Die unterschiedlichen Absorptionen im Bereich von 1700 cm^{-1} beruhen auf bekannten Effekten der organischen Chemie. Welche der folgenden Aussagen sind wahr, welche sind falsch? Schreiben sie *w* für wahr und *f* für falsch zu den Aussagen.

| w / f | Aussage |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>f</i> | Die Verschiebung der Bande zur Wellenzahl 1730 cm^{-1} beruht auf dem $-I$ -Effekt. |
| <i>w</i> | $\text{C}=\text{O}$ -Gruppen mit zwei Alkylgruppen besitzen Absorptionen bei geringeren Wellenzahlen als $\text{C}=\text{O}$ -Gruppen mit einer Alkylgruppe. |
| <i>f</i> | Die Verschiebung der Bande zur Wellenzahl 1680 cm^{-1} beruht auf dem $-I$ -Effekt. |
| <i>f</i> | Die Verschiebung der Bande zur Wellenzahl 1730 cm^{-1} beruht auf dem $+M$ -Effekt. |
| <i>w</i> | Die Verschiebung der Bande zur Wellenzahl 1680 cm^{-1} beruht auf dem $+M$ -Effekt. |
| <i>f</i> | Durch eine Konjugation wird die Wellenzahl in einen höheren Bereich verschoben. |
| <i>f</i> | $\text{F}_2\text{C}=\text{O}$ zeigt im Vergleich zu $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O}$ eine Bande bei einer niedrigeren Wellenzahl. |
| <i>w</i> | Durch eine Konjugation wird die Wellenzahl in einen niedrigeren Bereich verschoben. |

2 bp

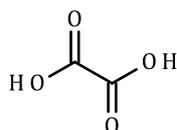
A.2. Strukturaufklärung von ABA:

2.11 Berechnen Sie die Summenformel des Ozonolyseproduktes **X**.

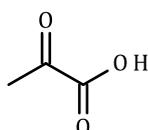


2,5 bp

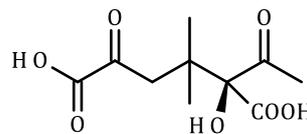
2.12 Geben Sie die Strukturformeln der Ozonolyseprodukte **X**, **Y** und **Z** an.



Z



Y



X

4,5 bp

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <i>2.13 Schreiben Sie den/die Stereodeskriptor(en) von Abscisinsäure in die Abbildung.</i> | |
| S, 2Z, 3E | 1,5 bp |
| <i>2.14 Wie viele Enantiomere von Abscisinsäure gibt es?</i> | |
| 2 Enantiomere | 1 bp |
| <i>2.15 Wie viele stereoisomere Moleküle mit der Konstitution von Abscisinsäure gibt es?</i> | |
| $2^3 = 8$ Stereoisomere | 1,5 bp |

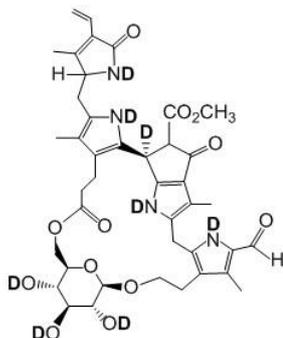
A.3. Wirkungsweise von ABA

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <i>2.16 Benennen Sie die funktionellen Gruppen, die durch die Nummern 1, 2 und 3 gekennzeichnet sind.</i> | |
| 1 = Lactam, 2 = Ester, 3 = Vollacetal | 1,5 bp |
| <i>2.17 Bestimmen Sie die Stereodeskriptoren der C-Atome mit den Kennzeichnungen a und b.</i> | |
| a: R b: S | 3bp |
| <i>2.18 Bestimmen Sie die Anzahl aller stereogenen Zentren und kennzeichnen Sie diese in der vorliegenden Struktur mit einem Sternchen (*).</i> | |
| 8 stereogene Zentren | 1 bp |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <i>2.19 Berechnen Sie unter der Annahme, dass die Glucose immer in ihrer D-Konfiguration vorliegt und nur verschiedene Anomere bilden kann, die maximale Anzahl möglicher Stereoisomere des vorliegenden Kataboliten.</i> | |
| $2^4 = 16$ Stereoisomere (alle Stereozentren der Glucose sind fixiert, mit Ausnahme des anomeren C-Atoms, drei weitere chirale Zentren → 4 chirale Zentren) | 2 bp |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <i>2.20 Ordnen Sie die mit Nummern versehenen Signale im 600 MHz-NMR-Spektrum der Struktur zu, indem Sie die Nummern zu den Protonen dazuschreiben. Nicht bei allen der 7 Signale kann eine eindeutige Zuordnung erfolgen.</i> | |
| 4,5,6 und 7: Protonen der vier Methylgruppen 3: Protonen der Methoxygruppe 2: Protonen der Vinylgruppe 1: Proton der Aldehydfunktion | 2 bp |

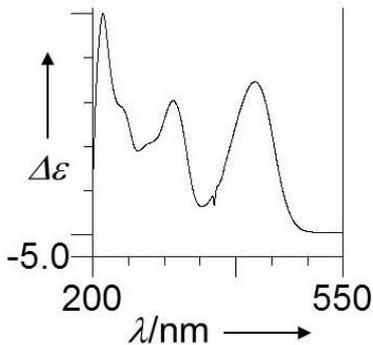
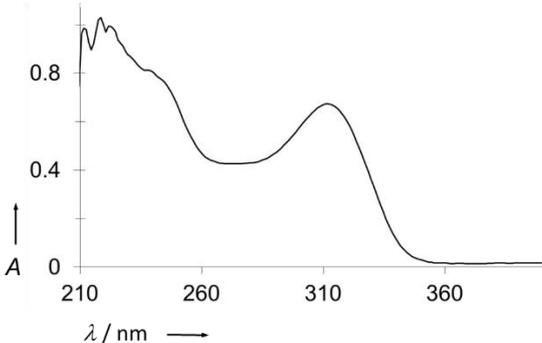
| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <i>2.21 Markieren Sie in der oben dargestellten Strukturformel jene Wasserstoffe, welche in einem protischen deuterierten Lösungsmittel, wie CD_3OD, nicht sichtbar sind. Kreisen Sie dazu die entsprechenden Wasserstoffe ein.</i> | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|



2 bp

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 2.22 Bestimmen Sie den Stereodeskriptor bei der Kennzeichnung mit dem Pfeil. | |
| Z-Konfiguration | 1 bp |

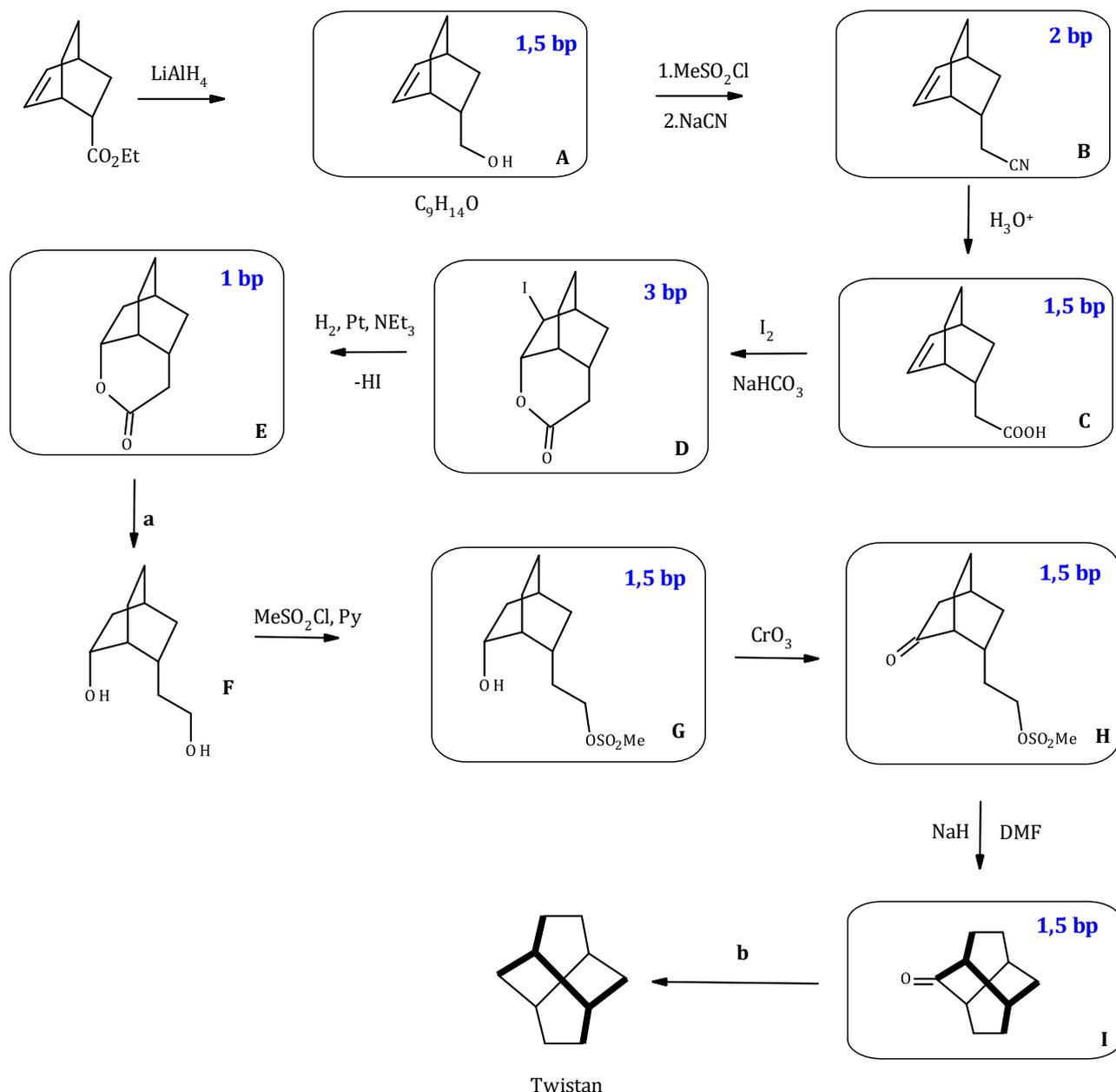
| | |
|------------------------------------------------------|-------------|
| 2.23 Nennen Sie den vorliegenden Isomerietyp. | |
| Diastereomerie, geometrische Isomerie | 1 bp |

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 2.24 Ordnen Sie „Katabolit 1“ und „Oxidationsprodukt“ dem richtigen UV/Vis-Spektrum zu. | | |
|  <p>Oxidationsprodukt</p> |  <p>Katabolit 1</p> | 2 bp |

| | | |
|------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------|
| 2.25 Leiten Sie für beide Kataboliten die Farbe ab. | | |
| Katabolit 1: farblos | Oxidationsprodukt: gelb | 2 bp |

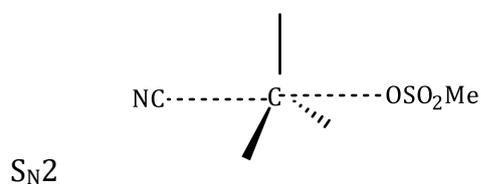
| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------|
| 2.26 Berechnen Sie für jenen Kataboliten, der leichter energetisch angeregt werden kann, die Energie eines Photons, das am Absorptionsmaximum absorbiert wird. Geben Sie die Wellenlänge für Ihre Berechnung an. Welche Farbe hat das Anregungslicht? | | |
| $E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,6267015 \cdot 10^{-34} \cdot \text{J} \cdot \text{s} \cdot 299792458 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{4,4 \cdot 10^{-7} \cdot \text{m}} = 4,51 \cdot 10^{-19} \cdot \text{J}$ | | |
| Anregungslicht: blau | | 1,5 bp |

B. „Let's twist again“



2.27 Ermitteln Sie die Strukturformeln von **A-E** und **G-I** (Reaktionsschema) unter Berücksichtigung der korrekten Stereochemie. 13,5 bp

2.28 Benennen Sie den Reaktionsmechanismus im zweiten Schritt von **A**→**B**. Zeichnen Sie die Struktur des Übergangszustandes.



2.29 Schlagen Sie Reagenzien **b** von **I** nach Twistan vor, wie heißt diese Namensreaktion und welcher Mechanismus (erster Schritt) liegt ihr zu Grunde?



2.30 Welche Funktion hat NaH im Schritt **H**→**I**. Kreuzen Sie die richtige(n) Antwort(en) an.

| | |
|-------------------------------------|------------------|
| <input type="checkbox"/> | Oxidationsmittel |
| <input type="checkbox"/> | Reduktionsmittel |
| <input type="checkbox"/> | Säure |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Base |
| <input type="checkbox"/> | Schutzgruppe |
| <input type="checkbox"/> | Katalysator |

1 bp

2.31 Bestimmen Sie die Symmetrieelemente von *Twistan*.

C2-Achse, Inversionszentrum

2 bp

Aufgabe 3

14 bp \cong 4 rp

Elektrochemie: Kupfer und andere Metalle

A. Zusammensetzung einer 10-Cent Münze

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|
| 3.1 Geben Sie abgestimmte Reaktionsgleichungen für das Auflösen der löslichen Anteile der Münze in verdünnter Salzsäure an. | | |
| $2 \text{ Al} + 6 \text{ H}_3\text{O}^+ \rightarrow 2 \text{ Al}^{3+} + 3 \text{ H}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$ $\text{ Zn} + 2 \text{ H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{ Zn}^{2+} + \text{ H}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$ $\text{ Sn} + 2 \text{ H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{ Sn}^{2+} + \text{ H}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$ | 1,5 bp | |
| 3.2 Geben Sie an, welches Metall elektrolysiert wird, und berechnen Sie dessen Massenanteil in der Legierung. | | |
| <p>Kupfer</p> $n(\text{Cu}) = 0,0574 \text{ mol}$ $m(\text{Cu}) = \frac{M \cdot I \cdot t \cdot \eta}{z \cdot F} = \frac{63,55 \text{ g mol}^{-1} \cdot 13 \text{ A} \cdot 16,71 \text{ min} \cdot 60 \text{ s min}^{-1} \cdot 0,85}{2 \cdot 96485 \text{ As mol}^{-1}} = 3,649 \text{ g}$ <p>Cu: $\frac{3,649}{4,100} = 89,0\%$</p> | 2,5 bp | |
| 3.3 Berechnen Sie den Masseanteil an Zinn in der Münze. | | |
| $n(\text{Komplex}) = \frac{m}{M} = \frac{0,213}{616,11} = 0,0003457 \text{ mol} = n(\text{Sn})$ $m(\text{Sn}) = n(\text{Sn}) \cdot M(\text{Sn}) = 3,457 \cdot 10^{-4} \cdot 118,71 \approx 0,0410 \text{ g}$ <p>Sn: $\frac{0,041}{4,100} = 1,0\%$</p> | 1,5 bp | |
| 3.4 Berechnen Sie den jeweiligen Massenanteil der restlichen beiden Metalle in der Münze. | | |
| $n(\text{H}_2) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 363,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}{8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} \approx 0,01488 \text{ mol}$ <p>$n(\text{H}_2)$ aus Zn und Al: $n(\text{H}_2)_{\text{gesamt}} - n(\text{Sn}) = 0,01453 \text{ mol}$</p> <p>$n(\text{H}_2)$ aus Zn: x und $n(\text{H}_2)$ aus Al: $1,5 y \Rightarrow x + 1,5 y = 0,01453$</p> <p>$m(\text{Zn}) + m(\text{Al}) = 0,41 \text{ g} \Rightarrow 65,41 x + 26,98 y = 0,41$</p> <p>Aus den beiden Gleichungen kann man x und y errechnen:</p> <p>$x = 3,13 \cdot 10^{-3} \text{ mol Zn} \Rightarrow m(\text{Zn}) = 3,13 \cdot 10^{-3} \cdot 65,41 = 0,205 \text{ g}$</p> <p>$y = 7,60 \cdot 10^{-3} \text{ mol Al} \Rightarrow m(\text{Al}) = 7,60 \cdot 10^{-3} \cdot 26,98 = 0,205 \text{ g}$</p> <p>Zn: $\frac{0,205}{4,100} = 5,0\%$ Al: $\frac{0,205}{4,100} = 5,0\%$</p> | | 4,5 bp |

Aufgabe 4

32 bp \pm 10 rp

Energie und konjugierte Systeme

A. Propen

4.1 Berechnen Sie aus den gegebenen Daten $\Delta_r H^\circ$, $\Delta_r S^\circ$ und $\Delta_r G^\circ$ sowie K_p bei 298K.

$$\Delta_r H^\circ = 2 \cdot 20,4 - 52,4 + 7,7 = -3,9 \text{ kJmol}^{-1}$$

$$\Delta_r S^\circ = 2 \cdot 266,8 - 219,3 - 301,0 = 13,3 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\Delta_r G^\circ = -3900 - 298 \cdot 13,3 = -7863 \text{ Jmol}^{-1} = -7,9 \text{ kJmol}^{-1}$$

$$K_p = e^{-\frac{\Delta_r G^\circ}{RT}} = 23,9$$

4 bp

4.2 Berechnen Sie die Wärme, die isobar bei der Produktion von 1000kg Propen bei 436K freigesetzt wird.

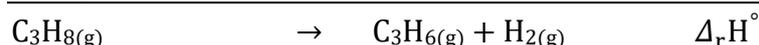
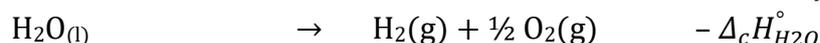
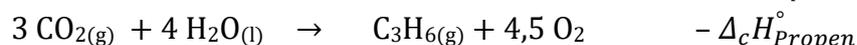
$$\Delta_r C_p = 2 \cdot 64,3 - 80,2 - 42,9 = 5,5 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\Delta_r H^\circ_{436} = \Delta_r H^\circ_{298} + \Delta_r C_p \cdot (436 - 298) = -3141 \text{ Jmol}^{-1}$$

$$M_{\text{Propen}} = 42,09 \text{ gmol}^{-1} \Rightarrow 1000 \text{ kg} \hat{=} 2,376 \cdot 10^4 \text{ mol}$$

$$0,5 \cdot 2,376 \cdot 10^4 \text{ mol} \cdot -3141 \text{ Jmol}^{-1} \Rightarrow 3,73 \cdot 10^7 \text{ J werden frei}$$

3,5 bp

4.3 Berechnen Sie aus den gegebenen Daten $\Delta_r H^\circ$ und $\Delta_r U^\circ$ für diese Reaktion bei 298K.

$$\Delta_r H^\circ = -2220 + 2058 + 286,5 = 124,5 \text{ kJmol}^{-1}$$

$$\Delta_r U^\circ = \Delta_r H^\circ - \Delta_r nRT = 122 \text{ kJmol}^{-1}$$

3,5 bp

B. Propen in Action – das Allylsystem

4.4 Geben Sie die Hybridisierung der C-Atome im gezeigten Grundgerüst an

 sp sp² sp³ sp³d² die 3 C Atome sind verschiedene Hybride 0,5 bp
4.5 Geben Sie die Anzahl der π -Elektronen an

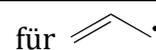
2

0,5bp



4

0,5bp



3

0,5 bp

4.6 Geben Sie für die Molekülorbitale die Anzahl der antibindenden Knotenflächen an.



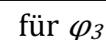
0

0,5bp



1

0,5bp

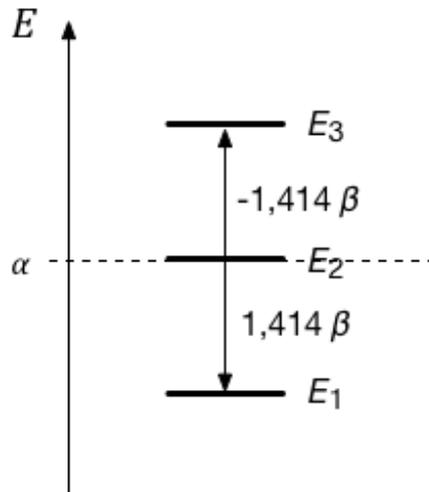


2

1 bp

4.7 Geben Sie den korrekten Ausdruck für E_2 , die Energie von φ_2 an. Zeichnen Sie im Diagramm die Energieniveaus E_1 , E_2 und E_3 sowie den Parameter β samt Vorzeichen ein und beschriften Sie sie deutlich.

$$E_2 = \alpha \quad (2 \text{ bp})$$



ges 3,5 bp

4.8 Berechnen Sie die Ladungen q_1 , q_2 , q_3 an den C-Atomen C_1 , C_2 und C_3

für das Allylkation

nur φ_1 ist mit 2 e besetzt

$$q_1 = 1 - 2 \cdot (0,500)^2 = 0,5$$

$$q_2 = 1 - 2 \cdot (0,707)^2 = 0,0003 \approx 0$$

$$q_3 = q_1 = 0,5$$

1,5 bp

Zeichnen Sie mesomere Grenzformeln für das Allylkation



0,5 bp

Die Ladungen an den Grenzformeln stimmen mit den oben berechneten q_1 , q_2 , q_3

überein

nicht überein

0,5 bp

für das Allylanion

φ_1 und φ_2 sind mit je 2 e besetzt

$$q_1 = 1 - (2 \cdot (0,500)^2 + 2 \cdot (0,707)^2) = -0,5$$

$$q_2 = 1 - 2 \cdot (0,707)^2 - 2 \cdot 0 = 0,0003 \approx 0$$

$$q_3 = q_1 = -0,5$$

2 bp

Zeichnen Sie mesomere Grenzformeln für das Allylanion



0,5 bp

Die Ladungen an den Grenzformeln stimmen mit den oben berechneten q_1 , q_2 , q_3

überein

nicht überein

0,5 bp

4.9 Berechnen Sie die Bindungsordnungen I_{12} und I_{23} im Allylradikal.

φ_1 mit 2 und φ_2 mit 1 e besetzt

$$I_{12} = 2 \cdot (0,500) \cdot (0,707) + 1 \cdot (0,707) \cdot 0 = 0,707$$

$$I_{23} = 2 \cdot (0,707) \cdot (0,500) + 1 \cdot (0) \cdot (-0,707) = 0,707$$

1,5 bp

C. Hexatrien

4.10 Geben Sie für Hexatrien an:

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|
| die Gesamtzahl aller p-Atomorbitale (Achtung: z.B. 3p sind drei Orbitale) | ∞ | 1 bp |
| die Anzahl der für die Hückel-Näherung relevanten p-Atomorbitale | 6 | 0,5 bp |
| die Anzahl der π - Molekülorbitale | 6 | 0,5 bp |

4.11 Die Reihenfolge steigender Energie für die drei Orbitale ist (Kreuzen Sie richtig an):

$\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c$ $\varphi_b, \varphi_c, \varphi_a$ $\varphi_c, \varphi_b, \varphi_a$ $\varphi_b, \varphi_a, \varphi_c$ **1 bp**

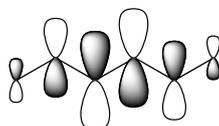
4.12 Zeigt eine der Abbildungen eines der oben mathematisch gegebenen Orbitale? Wenn ja, geben Sie an welches ($\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c$).

A zeigt _____ B zeigt _____ C zeigt φ_a **0,5 bp**

4.13 Geben Sie die Anzahl der antibindenden Knoten an.

A 2 B 0 C 3 **0,5 bp**

4.14 Zeichnen Sie das energiereichste π -Molekülorbital des Hexatriens in einer der oben gegebenen analogen Darstellung.



Gerüst mit Knotenanzahl richtig 1bp; auch Größenverhältnisse richtig erkennbar **2,5 bp**

Aufgabe 5

27 bp \cong 7 rp

Weinsteingleichgewicht

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 5.1 Geben Sie Summenformel und Molmasse von Kaliumhydrogentartrat an. | |
| $M(\text{KC}_4\text{H}_5\text{O}_6) = 188,19 \text{ g/mol}$ | 1 bp |
| 5.2 Berechnen Sie das Löslichkeitsprodukt für dieses Salz bei diesen Bedingungen. | |
| $c_{\text{KC}_4\text{H}_5\text{O}_6} = \frac{2,50 \text{ g/L}}{188,19 \text{ g/mol}} = 0,0133 \text{ mol/L}$ $K_{\text{SP}}^{17^\circ} = c_{\text{KC}_4\text{H}_5\text{O}_6}^2 = 0,000176$ | 2 bp |
| 5.3 Berechnen Sie nun die Stoffmengenkonzentration an Kaliumhydrogentartrat in diesem Wein. Gehen Sie bei Ihren Berechnungen davon aus, dass die Dichte von Wein auch bei Temperaturänderung konstant bei 1000 g/L bleibt. | |
| $c_{\text{KC}_4\text{H}_5\text{O}_6} = \frac{1,13 \text{ g/L}}{188,19 \text{ g/mol}} = 0,00600 \text{ mol/L}$ | 1 bp |
| 5.4 Welche Masse an Kaliumhydrogencarbonat könnte man dem Wein aus Beispiel 5.3 nach der teilweisen Entfernung von Kaliumhydrogentartrat pro Liter zugeben, bevor mit einer neuerlichen Bildung von festem Kaliumhydrogentartrat zu rechnen ist? Gehen Sie dabei vereinfachend davon aus, dass die Zugabe von Kaliumhydrogencarbonat den pH-Wert des Weines nicht entscheidend ändert und sich daher die Stoffmengenkonzentration an Hydrogentartrat-Ionen ebenfalls nicht ändert. Verwenden Sie dazu das in Beispiel 5.2 berechnete Löslichkeitsprodukt. Sollten Sie dort kein Ergebnis erhalten haben, so rechnen Sie mit einem Wert von $K_{\text{SP}}^{17^\circ} = 0,0002$. | |
| $K_{\text{SP}}^{17^\circ} = [\text{K}^+] \cdot [\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_6^-] = 0,000176$ $[\text{K}^+]_{\text{max}} = \frac{0,000176}{0,006} = 0,0294 \text{ mol/L}$ $[\text{K}^+]_{\text{neu}} = [\text{K}^+]_{\text{max}} - c_{\text{KC}_4\text{H}_5\text{O}_6} = 0,0294 - 0,00600 = 0,0234 \text{ mol/L}$ $m_{\text{KHCO}_3} = [\text{K}^+]_{\text{neu}} \cdot M(\text{KHCO}_3) = 0,0234 \cdot 100,12 = 2,34 \text{ g}$ | 4 bp |
| 5.5 Berechnen Sie die Summe der Konzentrationen aller Weinsäure-Spezies in diesem Wein. | |
| $c_{\text{KC}_4\text{H}_5\text{O}_6} = \frac{2,50 \text{ g/L}}{188,19 \text{ g/mol}} = 0,0133 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = [\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_6^-]$ $K_{\text{A1}} = \frac{[\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_6^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6]} = 10^{-2,98} \quad \Rightarrow \quad 10^{-2,98} = \frac{0,0133 \cdot 10^{-3,1}}{[\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6]}$ $\quad \Rightarrow \quad [\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6] = 0,0101 \text{ mol/L}$ $K_{\text{A2}} = \frac{[\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_6^-]} = 10^{-4,34} \quad \Rightarrow \quad 10^{-4,34} = \frac{[\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}] \cdot 10^{-3,1}}{0,0133}$ $\quad \Rightarrow \quad [\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}] = 0,000764 \text{ mol/L}$ $c_{\text{ges}} = [\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_6^-] + [\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6] + [\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}] = 0,0241 \text{ mol/L}$ | 6 bp |

5.6 Berechnen Sie die Konzentrationen aller Weinsäure-Spezies bei diesem pH-Wert, ohne Fällungsreaktionen zu berücksichtigen. Sollten Sie bei Beispiel 5.5 kein Ergebnis für die Gesamtkonzentration aller Weinsäure-Spezies erhalten haben, so rechnen Sie mit einem Wert von $c_{\text{ges}} = 0,03 \text{ mol/L}$.

$$c_{\text{ges}} = 0,0241 \text{ mol/L}$$

$$[C_4H_6O_6] = s \quad [C_4H_5O_6^-] = h \quad [C_4H_4O_6^{2-}] = t$$

$$K_{A1} = \frac{[C_4H_5O_6^-] \cdot [H_3O^+]}{[C_4H_6O_6]} = 10^{-2,98} \Rightarrow 10^{-2,98} = \frac{h \cdot 10^{-3,45}}{s} \quad (1)$$

$$K_{A2} = \frac{[C_4H_4O_6^{2-}] \cdot [H_3O^+]}{[C_4H_5O_6^-]} = 10^{-4,34} \Rightarrow 10^{-4,34} = \frac{t \cdot 10^{-3,45}}{h} \quad (2)$$

$$s + h + t = 0,0241 \quad (3)$$

$$s = h \cdot \frac{10^{-3,45}}{10^{-2,98}} = h \cdot 0,339$$

$$t = h \cdot \frac{10^{-4,34}}{10^{-3,45}} = h \cdot 0,129$$

$$h \cdot 0,339 + h + h \cdot 0,129 = 0,0241$$

$$h = [C_4H_5O_6^-] = 0,0164 \text{ mol/L} \quad s = [C_4H_6O_6] = 0,00557 \text{ mol/L}$$

$$t = [C_4H_4O_6^{2-}] = 0,00212 \text{ mol/L}$$

8 bp

5.7 Berechnen Sie nun die Masse an festem Kaliumhydrogentartrat, das nach dem Zusatz von Kaliumhydrogencarbonat im Beispiel 5.6 ausfällt. Gehen Sie dabei vereinfachend davon aus, dass im Zuge des Fällungsvorganges kein Hydrogentartrat aus anderen Weinsäure-Spezies gebildet oder verbraucht wird. Gehen Sie außerdem davon aus, dass das ursprünglich vorhandene Kalium nur aus Kaliumhydrogentartrat stammt. Verwenden Sie dazu das in Beispiel 5.2 berechnete Löslichkeitsprodukt. Sollten Sie dort kein Ergebnis erhalten haben, so rechnen Sie mit einem Wert von $K_{\text{SP}}^{17^\circ} = 0,0002$.

$$n_{K_{\text{gesamt}}} = 0,0133 \text{ mol} + \frac{1,5 \text{ g}}{100,12 \text{ g/mol}} = 0,0283 \text{ mol}$$

$$K_{\text{SP}}^{17^\circ} = 0,000176 = (0,0283 - x) \cdot (0,0164 - x)$$

$$x = 0,007811$$

$$m = 0,007811 \cdot 188,19 = 1,470 \text{ g}$$

5 bp

Aufgabe 6

17 bp \cong 5 rp

Kinetisches

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|
| 6.1 Bestimmen Sie die Reaktionsordnung der Reaktion hinsichtlich der drei Spezies – zeigen Sie Ihren Gedankengang. | | |
| 1. Ordnung für [I ⁻]; Gleichung 1 und 2 vergleichen; 2. Ordnung für [IO ₃ ⁻]; Gleichung 1 und 3 vergleichen 2. Ordnung für [H ⁺]; Gleichung 1 und 4 vergleichen | 2 bp | |
| 6.2 Geben Sie das Geschwindigkeitsgesetz an und berechnen Sie die Geschwindigkeitskonstante k. | | |
| $v = k [I^-]^1 [IO_3^-]^2 [H^+]^2 = k \cdot 0,01 \cdot (0,1)^2 \cdot (0,01)^2 = 0,60$ $k = 0,60 / 1 \cdot 10^{-8} = 6,0 \cdot 10^7 \text{ mol}^{-4} \cdot \text{L}^4 \cdot \text{s}^{-1}$ | 1,5 bp | |
| 6.3 Die Aktivierungsenergie obiger Reaktion beträgt 84 kJ·mol ⁻¹ bei 25°C. Berechnen Sie, um welchen Faktor sich die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht, wenn die Aktivierungsenergie (z.B. mit einem Katalysator) um 10 kJ·mol ⁻¹ abgesenkt wird. | | |
| vorher: $k_1 = A \cdot e^{-E_{A1}/RT}$; $\ln k_1 = \ln A - E_{A1}/RT$ nachher: $k_2 = A \cdot e^{-E_{A2}/RT}$; $\ln k_2 = \ln A - E_{A2}/RT$ $\ln(k_2/k_1) = -E_{A2}/RT + E_{A1}/RT = -74000/(8,314 \cdot 298) + 84000/(8,314 \cdot 298)$ $= -29,87 + 33,90 = 4,03$ $k_2/k_1 = 56,6$ Die Reaktion verläuft 56,6 mal schneller. | 2 bp | |
| 6.4 Zeigen Sie, dass sich mit diesen Annahmen der Ausdruck $[ES] = \frac{[E]_{\text{tot}}[S]}{K_M + [S]}$ mit der Michaeliskonstanten $K_M = \frac{k_{-a} + k_b}{k_a}$ herleiten lässt. | | |
| Wegen des stationären Zustands von ES ist $\frac{d[ES]}{dt} = 0 = k_a[E][S] - k_{-a}[ES] - k_b[ES] = 0$ $[E_{\text{tot}}] = [E] + [ES] \rightarrow [E] = [E_{\text{tot}}] - [ES]$ $k_a([E_{\text{tot}}] - [ES])[S] = (k_{-a} + k_b)[ES]$ $[E_{\text{tot}}][S]k_a - [ES][S]k_a = (k_{-a} + k_b)[ES]$ $[E_{\text{tot}}][S]k_a = [ES](k_{-a} + k_b + k_a[S])$ $[ES] = \frac{[E_{\text{tot}}][S]k_a}{(k_{-a} + k_b + k_a[S])}$ $[ES] = \frac{[E_{\text{tot}}][S]}{\frac{k_{-a} + k_b}{k_a} + [S]}$ $[ES] = \frac{[E_{\text{tot}}][S]}{K_M + [S]}$ | | 4 bp |

6.5 Zeigen Sie, dass die maximale Reaktionsgeschwindigkeit

$$\left(\frac{d[P]}{dt}\right)_{\max} = v_{\max} = k_b \cdot [E]_{\text{tot}} \text{ ist.}$$

$$v = \left(\frac{d[P]}{dt}\right) = [ES] \cdot k_b$$

da maximal alles E als ES vorliegen kann, ist $[ES]_{\max} = [E]_{\text{tot}} \Rightarrow v_{\max} = k_b \cdot [E]_{\text{tot}}$

1 bp

6.6 Leiten Sie aus 6.4 und 6.5 die Michaelis-Menten-Gleichung $v = \frac{v_{\max} \cdot [S]}{K_M + [S]}$ her.

$$v = \left(\frac{d[P]}{dt}\right) = [ES] \cdot k_b$$

$$\text{nach 6.4: } [ES] = \frac{[E]_{\text{tot}}[S]}{K_M + [S]} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{k_b[E]_{\text{tot}}[S]}{K_M + [S]}$$

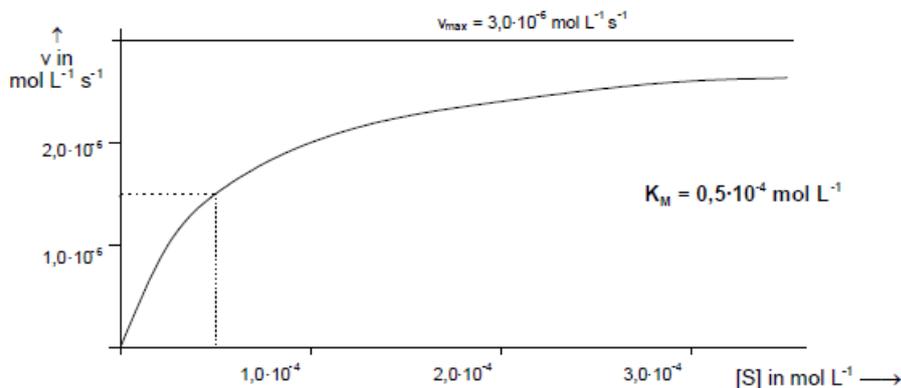
$$\text{nach 6.5: } v_{\max} = k_b \cdot [E]_{\text{tot}} \quad \Rightarrow \quad v = \frac{v_{\max} \cdot [S]}{K_M + [S]}$$

1,5 bp

6.7 Lesen Sie aus der unten gegebenen Kurve $v = f([S])$ den Wert von K_M ab.

Ist in der Gleichung von 6.6 $v = \frac{1}{2} \cdot v_{\max}$ ergibt sich $K_M = [S]$,

man muss also bei $v = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ den zugehörigen $[S]$ -Wert ablesen.



1 bp

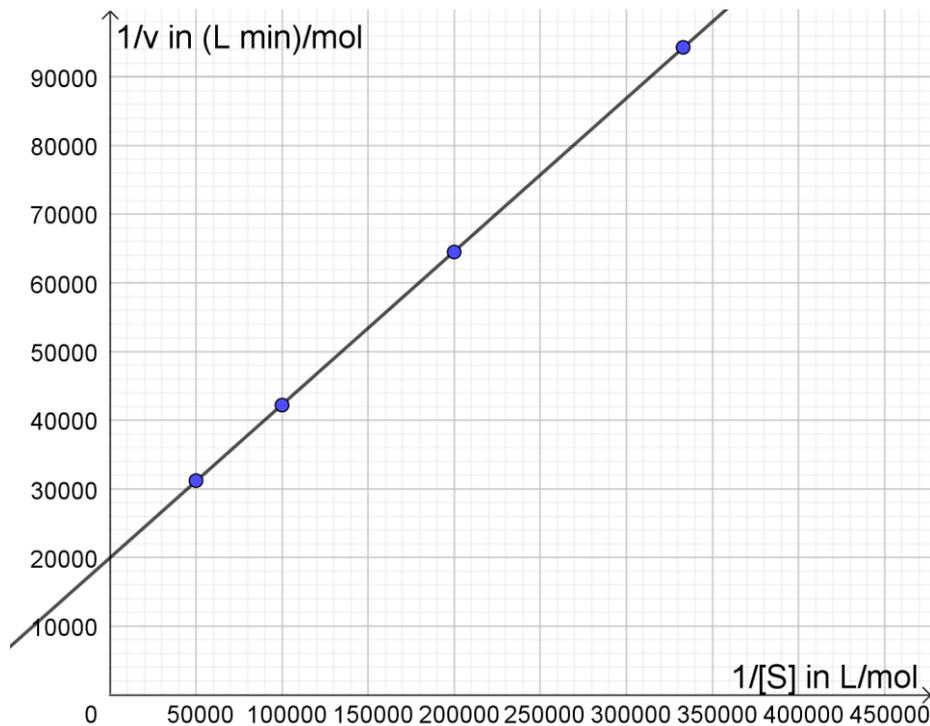
6.8 Zeigen Sie, dass $\frac{1}{v} = \frac{K_M}{v_{\max}} \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{1}{v_{\max}}$ ist.

$$\text{Nach 6.6: } v = \frac{v_{\max} \cdot [S]}{K_M + [S]} \Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{K_M + [S]}{v_{\max} \cdot [S]} \Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{K_M}{v_{\max}} \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{1}{v_{\max}}$$

0,5 bp

6.9 Ermitteln Sie die Michaeliskonstante K_M und die Geschwindigkeitskonstante k_b aus der Lineweaver-Burk-Darstellung.

| $[S]_0 \cdot 10^{-6} \text{ in mol L}^{-1}$ | $[S]_0^{-1} \text{ in mol}^{-1} \text{ L}$ | $v_0 \cdot 10^{-5} \text{ in mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ | $v_0^{-1} \text{ in mol}^{-1} \text{ L min}$ |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 3,0 | $3,33 \cdot 10^5$ | 1,06 | $9,43 \cdot 10^4$ |
| 5,0 | $2,00 \cdot 10^5$ | 1,55 | $6,45 \cdot 10^4$ |
| 10 | $1,00 \cdot 10^5$ | 2,37 | $4,22 \cdot 10^4$ |
| 20 | $0,50 \cdot 10^5$ | 3,21 | $3,12 \cdot 10^4$ |



$$\frac{1}{v} = \frac{K_M}{v_{max}} \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{1}{v_{max}}$$

Achsenabschnitt $\frac{1}{[S]} = 0 \Rightarrow \frac{1}{v_{max}} = 2 \cdot 10^4 \text{ mol}^{-1} \text{ L min} \Rightarrow v_{max} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$

mit $[E]_{tot} = 1,0 \cdot 10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$ erhält man nach 6.5: $k_b = 5 \cdot 10^4 \text{ min}^{-1}$

Mit Hilfe der Geradengleichung $K_M = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$

2,5 bp

6.10 Berechnen Sie den Anteil von Enzymmolekülen (f_{ES}), die Substrat gebunden haben.

$$f_{ES} = \frac{v_0}{v_{max}} = \frac{[S]_0}{K_M + [S]_0} = \frac{3 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}}{1,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} + 3 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}} = 0,67$$

1 bp

Aufgabe 7

21 bp \cong 6 rp

Verdampfen und Kühlen

7.1 Berechnen Sie die Energie, die nötig war, um die Luft im (leeren) Saal wieder auf 22°C zu erwärmen (bei Atmosphärendruck).

$$\bar{M} = 28,02 \cdot 0,79 + 32,00 \cdot 0,21 = 28,856 \text{ gmol}^{-1}; \quad V = 300 \text{ m}^3$$

$$n = \frac{pv}{RT} = \frac{101325 \text{ Jm}^{-3} \cdot 300 \text{ m}^3}{8,314 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 268 \text{ K}} = 13642 \text{ mol kalter Luft}$$

$$m_{\text{Luft}} = 13642 \text{ mol} \cdot 28,856 \text{ gmol}^{-1} = 393664 \text{ g}$$

$$q = c_p \cdot m \cdot \Delta T = 1,008 \frac{\text{J}}{\text{gK}} \cdot 393664 \text{ g} \cdot 27 \text{ K} = 1,071 \cdot 10^7 \text{ J} = 10,7 \text{ MJ} \quad \mathbf{3 \text{ bp}}$$

7.2 Berechnen Sie die Anzahl der Gasblasen, die pro Sekunde entstehen, wenn man einen mittleren Bläschendurchmesser von 2mm annimmt.

$$r = 1 \text{ mm} \rightarrow V = \frac{4r^3\pi}{3} = 4,1888 \text{ mm}^3; \quad \rightarrow 0,18 \text{ L s}^{-1} = 1,8 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \text{ s}^{-1}$$

$$\text{Bläschenanzahl} = \frac{1,8 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \text{ s}^{-1}}{4,1888 \text{ mm}^3} = 42972 \text{ s}^{-1} \quad \mathbf{1,5 \text{ bp}}$$

7.3 Kreuzen Sie jeweils richtig an.

Beim Aufsteigen in der Säule vergrößert sich der Druck im Gas.
 verringert

An den Bläschen wird Arbeit verrichtet.

Die Bläschen verrichten Arbeit.

Zu/von der mit dem Gas zugeführten Wärme muss die dieser Arbeit

entsprechende Energie addiert werden, um die Verdampfungsenthalpie
 subtrahiert

zu berechnen. je 0,5pb **1,5 bp**

7.4 Berechnen Sie die Verdampfungsenthalpie $\Delta_{\text{vap}}H$, die beim durchgeführten Versuch ermittelt wurde.

$$\Delta_{\text{vap}}H = \frac{c_p \Delta T + \Delta p}{\rho_v} = \frac{1204 \text{ Jm}^{-3} \text{ K}^{-1} \cdot 32,5 \text{ K} + 4128 \text{ Jm}^{-3}}{1,030 \text{ molm}^{-3}} = 42,0 \text{ kJmol}^{-1} \quad \mathbf{1,5 \text{ bp}}$$

7.5 Entscheiden Sie mit Hilfe einer Berechnung, ob im Versuch Luft oder Stickstoff verwendet wurde.

Bei $p = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$ und $T = 21,5^\circ \text{C}$ (294,65K) entspricht 1 m^3 41,362 mol

$$\frac{1204 \text{ Jm}^{-3} \text{ K}^{-1}}{41,362 \text{ molm}^{-3}} = 29,1088 \text{ Jmol}^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$\frac{29,1088 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1}}{28,02 \text{ gmol}^{-1}} = 1,039 \text{ Jg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad \text{oder} \quad \frac{29,1088 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1}}{28,865 \text{ gmol}^{-1}} = 1,008 \text{ Jg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Der Wert passt für Luft – es wurde Luft verwendet. **3,5 bp**

7.6 Berechnen Sie aus der Dampfdichte den Dampfdruck von Wasser über der Salzlösung bei der Temperatur T_0 .

$$p = \frac{nRT}{V} = 1,03 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} \cdot 8,314 \text{JK}^{-1} \text{mol}^{-1} \cdot 294,65 \text{K} = 2523 \text{Pa} \quad \mathbf{2 \text{ bp}}$$

7.7 Berechnen Sie den Dampfdruck von reinem Wasser bei T_0 und kreuzen Sie richtig an.

$$\Delta_{\text{vap}}H^\circ = 2463 \frac{\text{J}}{\text{g}} \cdot 18,02 \text{g/mol} = 44383 \text{Jmol}^{-1}$$

$$\ln p_1 = -\frac{\Delta_{\text{vap}}H}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) + \ln p_2$$

$$= -\frac{44383 \text{Jmol}^{-1}}{8,314 \text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}} \left(\frac{1}{294,65 \text{K}} - \frac{1}{289,15 \text{K}} \right) + \ln(1818,8) = 7,8506 \Rightarrow p_1 = 2567 \text{Pa}$$

X Der Dampfdruck von Wasser verringert sich durch das gelöste Salz. **3 bp**

7.8 Berechnen Sie die Kühlleistung der Anordnung für diese Flussrate von $150 \text{m}^3/\text{h}$.

$$\frac{E}{V} = c_p \Delta T + \Delta p = 39130 + 4128 = 43258 \text{Jm}^{-3}$$

$$P_{\text{cool}} = \frac{43258 \text{Jm}^{-3} \cdot 150 \text{m}^3 \text{h}^{-1}}{3600 \text{s h}^{-1}} = 1802,4 \text{ W} \quad \mathbf{2,5 \text{ bp}}$$

7.9 Berechnen Sie die mechanische Leistung dieses Gebläses..

$$P = 150 \text{m}^3 \cdot (3600 \text{s})^{-1} \cdot 262 \text{mbar} \cdot 100 \text{Jm}^{-3} \text{mbar}^{-1} = 1092 \text{ W} \quad \mathbf{1 \text{ bp}}$$

7.10 Berechnen Sie die Nettokühlleistung der Anordnung (Gebläse + Bläschenkühler).

$$2200 - 1092 = 1108 \text{ W} \quad \text{Wärmeentwicklung}$$

$$\text{Netto} = \text{Kühlung} - \text{Erwärmung} = 1802 - 1108 = 694 \text{ W} \quad \text{Nettokühlleistung} \quad \mathbf{1,5 \text{ bp}}$$