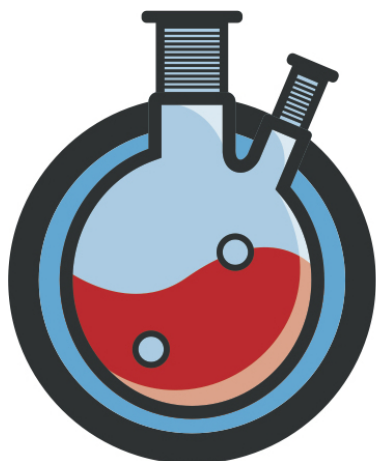




**CHEMISTRY.
OLYMPIAD.CH**

CHEMIE-OLYMPIADE
OLYMPIADES DE CHIMIE
OLIMPIADI DELLA CHIMICA

SwissChO 2021 - Zentralprüfung

ANWEISUNGEN

- Schreiben Sie Ihren Namen auf jedes Blatt und nummerieren Sie diese.
- Sie haben 3 Stunden Zeit, um die Aufgaben zu lösen. Beginnen Sie erst, wenn das **START**-Signal gegeben wird.
- Beginnen Sie für jede Aufgabe ein neues Blatt.
- Schreiben Sie alle notwendigen Berechnungen leserlich auf.
- Stecken Sie am Ende der Prüfung Ihre Blätter in den bereitgelegten Umschlag. Kleben Sie den Umschlag nicht zu.
- Sie müssen Ihre Arbeit sofort unterbrechen, wenn das **STOP**-Signal gegeben wird.
- Verlassen Sie Ihren Sitzplatz nur, wenn Sie die Erlaubnis dazu erhalten haben.
- Nur **Antworten, welche auf die Antwortblätter geschrieben werden**, können berücksichtigt werden.
- Diese Prüfung hat 22 Seiten.

Viel Erfolg!
Bonne chance!
Buona fortuna!
Good luck!

KONSTANTEN UND FORMELN

Avogadro-Konstante	$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	Ideale Gasgleichung	$pV = nRT$
Gaskonstante	$R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	Gibbs-Energie	$G = H - TS$
Faraday-Konstante	$F = 96\,485 \text{ C mol}^{-1}$	$\Delta_r G^0 = -RT \cdot \ln(K) = -nFE_{\text{Zelle}}^0$	
Planck-Konstante	$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$	Nernst-Gleichung	$E = E^0 + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \left(\frac{c_{\text{ox}}}{c_{\text{red}}} \right)$
Lichtgeschwindigkeit	$c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$	Energie eines Photons	$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$
Temperatur	$0^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$	Lambert-Beer Gesetz	$A = \log \left(\frac{I_0}{I} \right) = \epsilon \cdot c \cdot L$

Bei der Berechnung von Gleichgewichtskonstanten sind alle Konzentrationen auf die Standardkonzentration $1 \text{ mol dm}^{-3} = 1 \text{ mol L}^{-1}$ bezogen. Behandeln Sie in der gesamten Prüfung alle Gase als ideale Gase, sofern in der Aufgabe nicht anders beschrieben.

Periodensystem der Elemente

1 H 1.008																	2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01															9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31															17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc [98]	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57–71 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [212]
87 Fr [223]	88 Ra [226]	89–103 Ac [227]	104 Rf [267]	105 Db [268]	106 Sg [269]	107 Bh [270]	108 Hs [270]	109 Mt [278]	110 Ds [281]	111 Rg [282]	112 Cn [285]	113 Nh [286]	114 Fl [289]	115 Mc [290]	116 Lv [293]	117 Ts [294]	118 Og [294]
57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 140.24	61 Pm [145]	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97			
89 Ac [227]	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [266]			

AUFGABE 1 - MULTIPLE-CHOICE-FRAGEN

8.0 PUNKTE

Für die folgenden Fragen ist jeweils genau eine Antwort richtig. Welche?

1.1 Weshalb ist die Ionisierungsenthalpie von Stickstoff höher als die von Sauerstoff?

- a) Stickstoff ist stabiler als Sauerstoff, weil seine höchste Valenzunterschale zur Hälfte gefüllt ist.
- b) Stickstoff ist stabiler stabil als Sauerstoff, weil seine Valenzschale zur Hälfte gefüllt ist.
- c) Stickstoff ist weniger als Sauerstoff, weil seine höchste Valenzunterschale komplett gefüllt ist.
- d) Stickstoff ist weniger stabil als Sauerstoff, weil seine Valenzschale zur Hälfte gefüllt ist.

1.2 Was ist eine korrekte Elektronenkonfiguration eines Chloratoms?

- a) $[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^4$
- b) $[\text{Ne}] 3s^2 3p^4$
- c) $[\text{Ne}] 3s^2 3p^5$
- d) $[\text{Ne}] 3s^2 3p^6$

1.3 Wie lässt sich die Reihenfolge der Elektronennegativität $\text{F} > \text{O} > \text{Cl}$ erklären?

- a) Der kleinstmögliche Atomkern hat mehr Einfluss als die Anzahl Elektronen.
- b) Die kleinstmögliche Atomkernladung ist wichtiger als der kleinstmögliche Atomkern.
- c) Die Anzahl an Abschirmelektronen ist wichtiger als die Schalenanzahl.
- d) Der kleinstmögliche Atomkern hat einen grösseren Einfluss als die grösstmögliche Atomkernladung.

1.4 Was für eine Masse in Gramm haben 3.0×10^{23} Molekülen CO_2 ?

- a) 22 g
- b) 44 g
- c) 55 g
- d) 88 g

1.5 Während des Prozesses des _____ wird ein energiereiches Elektron, welches _____, genannt wird, vom Kern ausgesendet, was aus der spontanen Umwandlung eines Neutrons in ein Proton und ein Elektron herrührt.

- a) Gammazerfalls; Neutrino
- b) Betazerfalls; Betateilchen
- c) Betazerfalls; Positron
- d) Alphazerfalls; Positron

1.6 Welche Regel gilt für Oxosäuren (H_nXO_n wie Z.B. HNO_3 , H_2SO_4 , HBrO_4 , ...)?

- a) Mehrprotonige Säuren sind saurer als einprotonige Säuren.
- b) Je höher die Elektronegativität des Zentralatoms ist, desto saurer ist die Säure.
- c) Säuren mit Zentralatomen aus ungeraden Hauptgruppen, haben eine ungerade Anzahl an Protonen.
- d) Säuren mit Zentralatomen aus ungeraden Hauptgruppen sind saurer.

1.7 Welche der folgenden Reaktionen ist ein Beispiel einer homogenen Katalyse?

- a) Alkylierung von Benzol mit Salzsäure als Katalysator.
- b) Hydrierung von Alkenen mit fein geteiltem Ni als Katalysator.
- c) Umwandlung von SO_2 zu SO_3 mit festem Vanadiumpentoxid als Katalysator.
- d) Im Haber Verfahren für die Synthese von Ammoniak mit Eisen als Katalysator zusammen mit K_2O und Al_2O_3 .

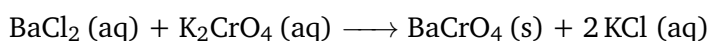
1.8 Bei der Berechnung der durchschnittlichen kinetischen Energie mit der Gleichung $KE_{avg} = 3/2 * k * T$, wofür steht k ?

- a) Ideale Gas Konstante
- b) Boltzmann Konstante
- c) Planck's Konstante
- d) Gay-Lussac Konstante

1.9 Welche chemische Gleichung ist eine Redoxreaktion?

- a) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$
- b) $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ \longrightarrow \text{AgCl} \downarrow$
- c) $5 \text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8 \text{H}_3\text{O}^+ \longrightarrow 6 \text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 12 \text{H}_2\text{O}$
- d) $\text{HCl} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

1.10 Was ist der korrekte Name der Verbindung, die bei der untenstehenden Reaktion ausfällt?



- a) Bariumhypochromit
- b) Bariumchromit
- c) Bariumchromat
- d) Bariumhyperchromat

1.11 Wie ist die Pufferkapazität korrekt definiert?

- a) Die Anzahl der Protonen, die ein Puffer, unter minimaler pH-Änderung, abfangen kann.
- b) Die Anzahl der Hydroxidionen, die ein Puffer, unter minimaler pH-Änderung, abfangen kann.
- c) Die Anzahl der Protonen oder Hydroxidionen, die ein Puffer, unter minimaler pH-Änderung, abfangen kann.
- d) Keine der oben genannten Aussagen

1.12 Für eine Reaktion erster Ordnung mit Geschwindigkeitskonstante k , welche der Ausdrücke beschreibt die Halbwertszeit in Bezug auf die Anfangskonzentration a ?

- a) $1/(ka)$ b) a^2/k c) $0.693/(ka)$ d) $\ln(2)/k$

1.13 Um das Hauptprodukt bei der Additionsreaktion von einem Halogenwasserstoff mit einem asymmetrischen Alken vorherzusagen, welche der folgenden Hilfen kann man brauchen?

- a) Markownikoff-Regel
b) Kharasch-Effekt
c) Baeyer-Test
d) Peroxid-Effekt

1.14 Welches der folgenden Edukte wird gebraucht, um die Oxidation von 2-Buten zu Essigsäure durchzuführen?

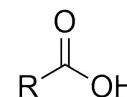
- a) saures KMnO_4
b) Raney-Ni
c) basisches KMnO_4
d) konzentrierte H_2SO_4

1.15 Welches der folgenden organischen Verbindungen hat KEIN Strukturisomer?

- a) Butanal
b) Ethen
c) Pentansäure
d) 2-Heptanon

1.16 Gegeben sei das Bild rechts; was ist der korrekte chemische Name für das Strukturisomer der Verbindung unter Annahme, dass $\text{R} = \text{CH}_2\text{CH}_3$?

- a) Methylpentanoat
b) Ethylmethanoat
c) Ethylpropanoat
d) Methylpropanoat



AUFGABE 2 - BASALUMINIT

13.0 PUNKTE

Nanokristallines Basaluminit $[\text{Al}_4(\text{OH})_{10}(\text{SO}_4) \cdot (\text{H}_2\text{O})_5]$ ($M = 464.14 \text{ g/mol}$) kommt normalerweise als Ausfällung flussabwärts von sauren Minenabflüssen und sauren Schwefelböden vor. Erst 2016 wurde das erste natürlich vorkommende Basaluminit in der Schweiz gefunden. Der betroffene Alpenfluss heisst "Ova Lavirun" und liegt im Gebiet Maloja. Der See, aus welchem der eiskalte Fluss entspringt, ist sauer wegen der Oxidation von mineralischem Pyrit, Fe(II)S_2 , oberhalb des Sees. Zusätzlich wird Aluminium durch die entstandene Säure aus Kalifeldspat KAlSi_3O_8 gelöst. Flussabwärts des Sees fließen drei Nebenflüsse (Annahme: enthalten reines Wasser) in Ova Lavirun hinzu. Eine vereinfachte Abbildung der Flüsse ist in Abb. 1 abgebildet. Die Fliessgeschwindigkeit Q an jedem Punkt wird in m^3/s ausgedrückt.

Die Protonenkonzentration einer stark verdünnten Lösung einer monoprotischen Säure wird wie folgt berechnet:

$$[\text{H}^+] = \frac{[\text{HA}] + \sqrt{[\text{HA}]^2 + 4 * K_W}}{2}$$

Das Löslichkeitsprodukt von Basaluminit beträgt $K_{sp} = 10^{-117.7}$. In eiskaltem Wasser sei das Ionenprodukt $K_W = 10^{-14.9}$.

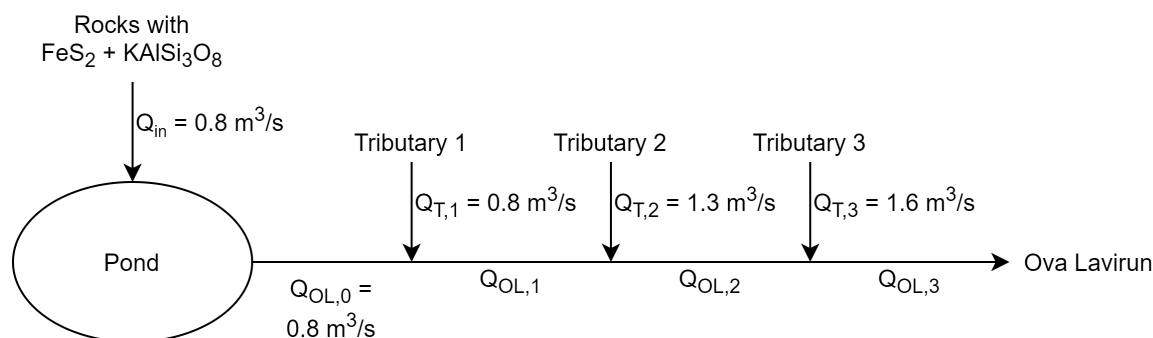


Abbildung 1: Vereinfachte Zeichnung von Ova Lavirun mit Nebenflüssen (pond = See, rocks = Gestein, tributary = Nebenfluss).

2.1 Schreiben Sie die chemischen Gleichungen 1) der oxidativen Auflösung von Pyrit zu Fe^{2+} und Hydrogensulfat HSO_4^- durch gelösten Sauerstoff und 2) der sauren Auflösung von Feldspat durch H_3O^+ , was $\text{Si}(\text{OH})_4$ generiert.

2.2 Der See hat einen konstanten Zu- und Abfluss von $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Zufluss liefert formell $25.6 \text{ mmol HSO}_4^-$, $6.91 \text{ mmol Al}^{3+}$ aber keine weiteren Schwefelspezies pro Sekunde. Berechnen Sie den pH Wert des Sees.

2.3 Berechnen Sie die Fliessgeschwindigkeiten $Q_{OL,i}$ an jedem Punkt.

2.4 Was sind die pH-Werte nach jedem Zufluss eines Nebenflusses?

2.5 Das Ionenprodukt K_{sp} kann verwendet werden, um herauszufinden, ob eine Ausfällung für eine gegebene Konzentration eines Ions stattfindet. Formulieren Sie das Ionenprodukt für Basaluminit und formen Sie um, sodass es lediglich von der Konzentration von SO_4^- und dem pH abhängt.

2.6 Nach Zufluss welchen Nebenflusses kommt es zur Ausfällung?

2.7 Basierend auf der Bildung von nankristallinem Basaluminit können wir annehmen, dass die Ausfällung rasch und vollständig abläuft, sobald sie begonnen hat. Unter diesen Umständen fällt $21.8 \mu\text{g}$ Basaluminit pro Liter und Sekunde aus. Wie lange (bzgl. Distanz) nach diesem Punkt wird Basaluminit im Ova Lavirun gefunden, wenn der Fluss im Durchschnitt 2.7 m breit und 17 cm tief ist? Falls Sie 2.6 nicht lösen konnten, nehmen Sie an, dass die Ausfällung nach Zufluss des zweiten Nebenflusses stattfindet.

AUFGABE 3 - TITRATION VON WEINSÄURE

10.0 PUNKTE

2,3-Dihydroxybutandisäure, gemeinhin bekannt als “Weinsäure”, ist eine organische Verbindung mit zwei Carboxylgruppen. Weinsäure kann zur Ansäuerung von Gelatineproduktion, wie z. B. Gummibären und sauren Gummiringen, gebraucht werden. Die $pK_{s,1} = 2.98$ und $pK_{s,2} = 4.34$.

3.1 Das Weinsäuremolekül hat zwei Stereozentren. Zeichnen Sie alle Diastereomere. Finden Sie die absoluten Konfigurationen (R/S) aller Stereozentren. Welche Diastereomere sind chiral?

3.2 Weinsäure ist gut wasserlöslich. Die Löslichkeit wird in der Literatur mit 1394 g L^{-1} bei 20°C angegeben. Was ist die Molarität einer gesättigten Lösung?

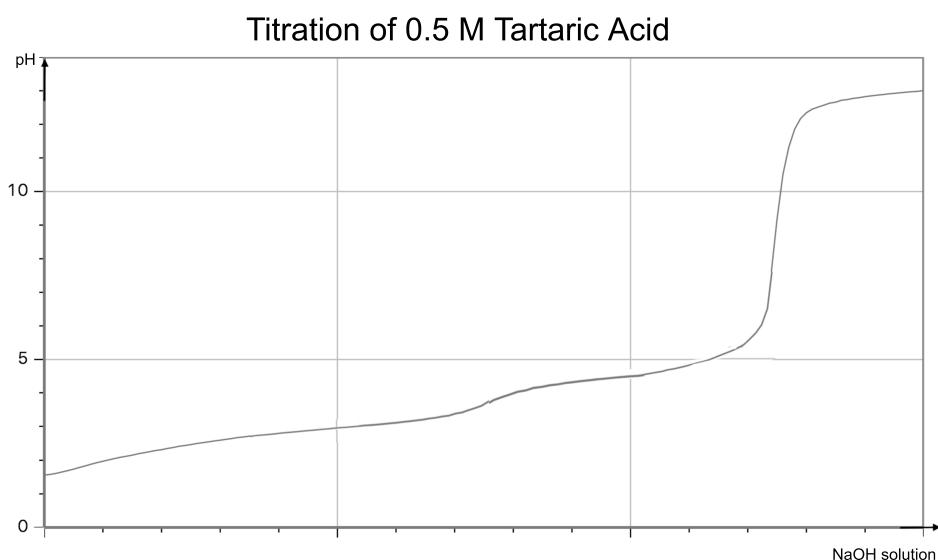
3.3 Welcher pH-Wert erwarten Sie für eine Weinsäurelösung mit einer Konzentration von 0.5 M ? Welche Annahme zur Vereinfachung der Berechnung kann gemacht werden? Geben Sie an, wann diese Vereinfachung für diprotonische Säuren generell gemacht werden kann.

3.4 Welche Ionen oder Moleküle können in dieser 0.5 M Weinsäurelösung gefunden werden? Wie hoch ist die Konzentration dieser Ionen/Moleküle? Beachten Sie auch die zweite deprotonierte Stufe! Sie können dafür die folgenden Gleichungen verwenden, welche den Dissoziationsgrad α_i als Funktion der (anfänglichen) Konzentration c_0 und dem pH wie folgt beschreiben:

$$\alpha_0 = \frac{[\text{H}_2\text{A}]}{c_0} = \frac{[\text{H}^+]^2}{D} \quad \alpha_1 = \frac{[\text{HA}^-]}{c_0} = \frac{[\text{H}^+]K_{s,1}}{D} \quad \alpha_2 = \frac{[\text{A}^{2-}]}{c_0} = \frac{K_{s,1}K_{s,2}}{D}$$

$$D = [\text{H}^+]^2 + K_{s,1} * [\text{H}^+] + K_{s,1} * K_{s,2}$$

3.5 Geben Sie die beiden Neutralisationsgleichungen für die Titration von Weinsäure mit Natriumhydroxidlösung (NaOH-Lösung) an. Übertragen Sie die unten angegebenen Titrationskurve von Weinsäure auf Ihr Antwortblatt. Kennzeichnen Sie alle Punkte, aus welchen Sie nützliche Information auslesen können.

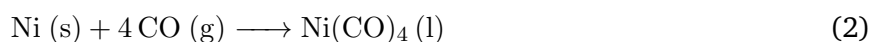
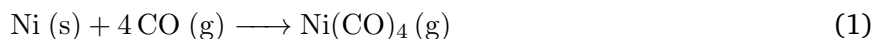


3.6 Ein 12.34 g Gummibär wird aufgelöst und auf 100.0 mL mit H_2O verdünnt. 25.0 mL dieser Lösung werden mit 0.100 M Natriumhydroxidlösung (NaOH Lösung) titriert. 17.3 mL Titer wurden verbraucht am Ende der Titration. Wie hoch war der Gewichtsanteil in % der Weinsäure im Gummibär unter der Annahme, dass keine andere Säure enthalten war?

AUFGABE 4 - ISOLIERUNG VON $\text{Ni}(\text{CO})_4$

11.0 PUNKTE

Das meiste Nickel der Welt kommt von einer einzigen Nickelmine in Kanada, wo ein Kometeneinschlag vor vielen Jahren ein grosses, tief vergrabenes NiS Vorkommen freigelegt hat. Um pures Nickel zu bekommen, wird das Erz zu unreinem metallischem Ni reduziert und dann in einer Reaktion mit Kohlenmonoxid, CO, zu $\text{Ni}(\text{CO})_4$ aufgereinigt. Diese Verbindung kann dann isoliert und zu reinem Ni umgewandelt werden. Je nach Temperatur, ist einer der beiden folgenden Reaktionen bevorzugt:



Das gewünschte Produkt ist $\text{Ni}(\text{CO})_4 \text{ (g)}$, da ein Gas einfacher als eine Flüssigkeit von festen Unreinheiten zu trennen ist.

4.1 Mit den tabellierten thermodynamischen Daten, berechnen Sie die Enthalpie- und Entropieänderungen beider Reaktionen.

4.2 Erklären Sie warum die Entropieänderung wie erwartet ausfielen (berücksichtigen Sie absolute Werte im Vergleich zueinander und die Änderungen während der Reaktionen)!

4.3 Bestimmen Sie auf welcher Seite die chemischen Gleichgewichte der beiden Reaktionen bei Raumtemperatur liegen.

4.4 Ausgehend von einem Überschuss an Nickel, berechnen Sie den molaren Anteil von $\text{Ni}(\text{CO})_4$ in der Gasphase im Gleichgewicht mit CO bei 150°C und $p_{\text{tot}} = 1.00 \text{ bar}$. Dabei kann ein kleiner Bildungsgrad $\alpha \ll 1$ (d.h. Anteil der gebildeten Moleküle) angenommen und somit: $1 - 4\alpha \simeq 1 - 3\alpha$.

4.5 Mit den tabellierten thermodynamischen Daten, ermitteln Sie die Temperaturspanne, in welcher die Bildung von $\text{Ni}(\text{CO})_4 \text{ (g)}$ zugleich begünstigt und günstiger als die Bildung von $\text{Ni}(\text{CO})_4 \text{ (l)}$ ist.

4.6 Schlagen Sie eine Reihe an Schritte vor, um pures Nickel aus dem verunreinigten, metallischen Nickel zu gewinnen.

Tabelle 1: Thermodynamische Daten für Standard-Druck $p^\circ = 1.00 \text{ bar}$.

Verbindung	Zustand	$\Delta_f H^\circ / \text{kJmol}^{-1}$	$\Delta_f S^\circ / \text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$
CO_2	(g)	-393.5	213.6
CO	(g)	-110.5	197.9
Ni	(g)	0.00	29.90
Ni	(l)	17.48	41.49
Ni	(g)	429.7	182.2
$\text{Ni}(\text{CO})_4$	(l)	-632.9	313.9
$\text{Ni}(\text{CO})_4$	(g)	-602.8	411.0
NiS	(s)	-131.38	71.96
S	(s)	0.00	31.90
S	(g)	279.0	167.7

AUFGABE 5 - GEFÄHRLICHER BODEN

7.0 PUNKTE

Radon-222 ist ein radioaktives Edelgas mit einer eher kurzen Halbwertszeit. Es kommt natürlich in Granitböden als Zerfallsprodukt der "Uran-Serie", der $4n+2$ Zerfallsreihe von Uran-238 vor. Als Gas, Radon diffundiert eher schnell vom Boden aufwärts in die Atmosphäre, wo es verdünnt wird und nicht länger gefährlich ist. Wenn es sich jedoch in Höhlen oder Kellern ansammelt, ist es ein ernstzunehmendes Problem und wird in der Schweiz als zweithäufigster Grund für Lungenkrebs vermutet. Zu Beginn von 2018 hat der Bundesrat die legale Maximalkonzentration auf 300 Bq/m^3 herabgesetzt. Ihre Aufgabe ist es zu berechnen, wie hoch die zu erwartende Radioaktivität von Radon-222 in einem Keller ist, und den Wert mit dem neuen legalen Limit zu vergleichen. Der Keller hat eine Länge von 4.0 m, Breite von 3.0 m und Höhe von 2.2 m. Die Halbwertszeit von Radium-226 ist $t_{1/2,Ra} = 1602$ Jahre und von Radon-222 $t_{1/2,Rn} = 3.82$ Tage. Im Durchschnitt sind 1.0 g Radium-226 nahe der Oberfläche je 2.6 km^2 Boden.

5.1 Nennen Sie die chemischen Gleichungen für die Alphazerfälle, die Radon-222 produzieren und verbrauchen.

5.2 Nennen Sie die Geschwindigkeitsgesetze für die Anzahl von Ra, Rn und Po im Keller. Annahme: Polonium-218 ist stabil.

Die integrierte Formeln für n_{Ra} und n_{Rn} lauten:

$$n_{Ra}(t) = n_{Ra}(0) * \exp(-k_{Ra} * t)$$
$$n_{Rn}(t) = n_{Rn}(0) * \frac{k_{Ra}}{k_{Ra} - k_{Rn}} * [\exp(-k_{Ra} * t) - \exp(-k_{Rn} * t)]$$

wobei $n_{Ra}(0)$ und $n_{Rn}(0) = 0$ die Anfangskonzentrationen an Radium und Radon zu einem Zeitpunkt $t = 0$, zu welchem die ganze Atomsphäre im Keller mit frischer Luft ersetzt wurde, bezeichnen.

5.3 Mithilfe der integrierten Geschwindigkeitsgesetze finden Sie den Ausdruck für $n_{Po}(t)$.

5.4 Die ermittelten Gleichungen ergeben einen Gleichgewichtszustand für $n_{Rn}(t)$, welcher nach 1 Monat ($t = 30 \text{ d}$) erreicht wird. Wie hoch ist die Gleichgewichtskonzentration von Radon-222 im Keller in mol/m^3 ?

5.5 Ein Becquerel ($1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$) ist definiert als die Radioaktivität von einer Menge an Material, in welchem ein Kern pro Sekunde zerfällt. Die Radioaktivität kann folgendermassen berechnet werden: $A_i = n_i * k_i * N_A$. Ist die Gleichgewichtsaktivität von Radon-222 über dem legalen Maximum? Wenn ja, um welchen Faktor höher?

5.6 Wie könnten Sie die radioaktive Belastung verringern? Geben Sie zwei mögliche Massnahmen an.

AUFGABE 6 - WASSERSPALTUNG

8.5 PUNKTE

Wasserspaltung ist die chemische Reaktion, in welcher Wasser zu Sauerstoff und Wasserstoff aufgetrennt wird. Effizientes und ökonomisches, photochemisches Wasserspalten wäre ein technologischer Durchbruch, welcher die Wasserstoffindustrie unterstützen würde. Elektrolyse ist ein praktischer Weg, um Wasser aufzuspalten.

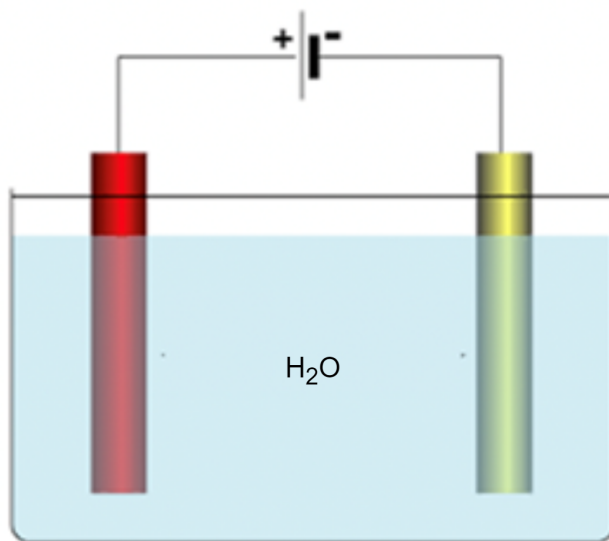


Abbildung 2: Unvollständige Schematische Darstellung der Wasserspaltung mittels Elektrolyse.

6.1 Übertragen Sie die schematische Darstellung in Abb. 2 auf Ihr Antwortblatt und benennen Sie die Elektroden in Ihrer Zeichnung. Formulieren Sie die Teilreaktionen, die unter Anwendung einer genügend hohen Spannung stattfinden. Nennen Sie die Gase, welche dabei an Anode und Kathode gebildet werden.

6.2 Berechnen Sie die Spannung, die unter Normalbedingungen ($pH = 0.0$) benötigt wird um Wasser aufzuspalten.

6.3 Beschreiben Sie kurz was passieren wird, wenn die Elektroden aus Silber wären.

6.4 Im Experiment stellt man fest, dass ein beachtlich hohe Überspannung nötig ist. Welche Faktoren könnten das Ausmass der Überspannung bestimmen?

6.5 Wie hängt die Spannung beim Wasserspalten vom pH ab?

6.6 Da ein Student seine Chemikalien falsch entsorgte, ist eine neue Wasserprobe mit Kupfer(I)-iodid verunreinigt. Die Konzentration von CuI ist 0.05 mol/L . Berechnen Sie die Potentiale der beiden neu hinzugekommenen Teilreaktionen und erklären Sie welche Gesamtreaktion zu Beginn stattfinden wird.

6.7 Für die Probe in 6.6 Wasserspalten findet nach 12.3 Sekunden statt. Das Volumen der Probe war 50.0 mL . Berechnen Sie den benötigten Strom, unter Annahme, dass er konstant ist. Erklären Sie was Sie erwarten, wenn der Strom durch ein zu dünnes Kabel fliesst.

Tabelle 2: Reduktionspotentiale unter Normalbedingungen.

Reduzierte Form	$\rightleftharpoons$	Oxidierte Form	$+z * e^-$	E° / V
Li (s)	$\rightleftharpoons$	Li ⁺ (aq)	+1 * e ⁻	-3.04
Na (s)	$\rightleftharpoons$	Na ⁺ (aq)	+1 * e ⁻	-2.71
Al (s)	$\rightleftharpoons$	Al ³⁺ (aq)	+3 * e ⁻	-1.66
Zn (s)	$\rightleftharpoons$	Zn ²⁺ (aq)	+2 * e ⁻	-0.76
S ²⁻ (aq)	$\rightleftharpoons$	S (s)	+2 * e ⁻	-0.51
Fe (s)	$\rightleftharpoons$	Fe ²⁺ (aq)	+2 * e ⁻	-0.41
Ni (s)	$\rightleftharpoons$	Ni ²⁺ (aq)	+2 * e ⁻	-0.23
Pb (s)	$\rightleftharpoons$	Pb ²⁺ (aq)	+2 * e ⁻	-0.13
H ₂ (g) + 2 H ₂ O (l)	$\rightleftharpoons$	2 H ₃ O ⁺ (aq)	+2 * e ⁻	-0.00
Cu (s)	$\rightleftharpoons$	Cu ²⁺ (aq)	+2 * e ⁻	+0.35
4 OH ⁻ (aq)	$\rightleftharpoons$	O ₂ (g) + 2 H ₂ O (l)	+4 * e ⁻	+0.40
Cu (s)	$\rightleftharpoons$	Cu ⁺ (aq)	+1 * e ⁻	+0.52
2 I ⁻ (aq)	$\rightleftharpoons$	I ₂ (s)	+2 * e ⁻	+0.54
Ag (s)	$\rightleftharpoons$	Ag ⁺ (aq)	+1 * e ⁻	+0.80
Hg (l)	$\rightleftharpoons$	Hg ²⁺ (aq)	+2 * e ⁻	+0.85
2 Br ⁻ (aq)	$\rightleftharpoons$	Br ₂ (l)	+2 * e ⁻	+1.07
Pt (s)	$\rightleftharpoons$	Pt ²⁺ (aq)	+2 * e ⁻	+1.20
6 H ₂ O (l)	$\rightleftharpoons$	O ₂ (g) + 4 H ₃ O ⁺	+4 * e ⁻	+1.23
2 Cl ⁻ (aq)	$\rightleftharpoons$	Cl ₂ (g)	+2 * e ⁻	+1.36
Au (s)	$\rightleftharpoons$	Au ³⁺ (aq)	+3 * e ⁻	+1.41
2 F ⁻ (aq)	$\rightleftharpoons$	F ₂ (g)	+2 * e ⁻	+2.87

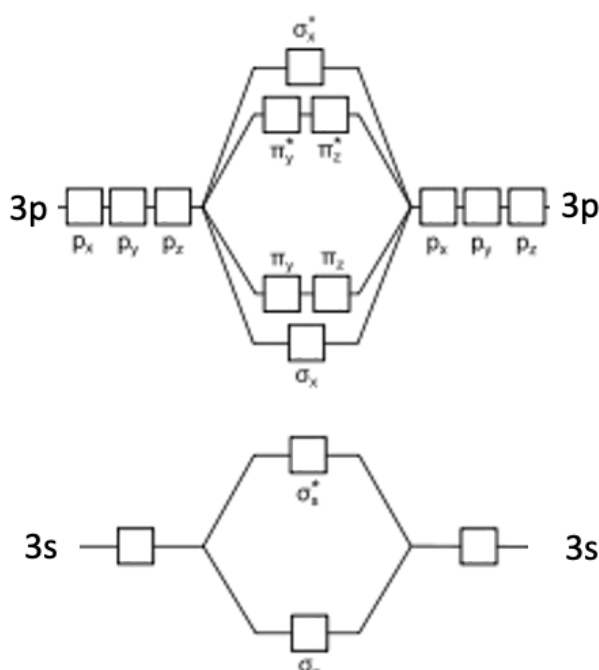
AUFGABE 7 - VSEPR FÜR SCHWEFEL

9.5 PUNKTE

Seit dem neunzehnten Jahrhundert wird beinahe aller elementare Schwefel durch Entfernen von Schwefel aus schwefelhaltigen Nebenprodukten, welche Erdgas und Rohbenzin kontaminieren, produziert. Der grösste kommerzielle Nutzen des Elements ist die Produktion von Schwefelsäure für Sulfat- und Phosphatdünger, sowie andere chemische Verbindungen. Schwefel ist ebenso essenziell für das Leben, meistens in Form von organischen Schwefelverbindungen wie Cystein, Methionin, Biotin und Thiamin.

7.1 Zeichnen Sie die Struktur von elementarem Schwefel unter Normalbedingungen.

7.2 Übertragen Sie das Molekülorbitaldiagramm für S_2 auf Ihr Antwortblatt und füllen Sie die Valenzelektronen S_2 ein. Ist Dischwefel paramagnetisch oder diamagnetisch?

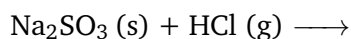
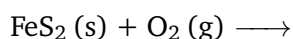


7.3 Zeichnen und erklären Sie die Geometrie der folgenden Verbindungen nach VSEPR Model. Listen Sie die Verbindungen in aufsteigender Reihenfolge nach ihrem Bindungswinkel auf, und bestimmen Sie den Wert des Bindungswinkels für II und IV.

I. SO_2 II. SO_3 III. H_2S IV. H_2SO_4

7.4 Zeichnen Sie die vier Resonanzstrukturen (Mesomerie) von SO_3 .

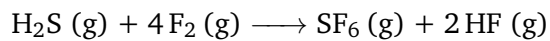
7.5 Es gibt mehrere Methoden zur Produktion von Schwefeldioxid. Zwei dieser Methoden sind durch die untenstehenden Reaktionsgleichungen beschrieben. Vervollständigen Sie die Gleichungen.



7.6 Schwefeldioxid kann mit Schwefelwasserstoff in einer Komproportionierungsreaktion bei 250 °C reagieren. Schreiben Sie eine ausgeglichene Reaktionsgleichung für diese Reaktion. Unter Atmosphärendruck schmilzt Schwefel bei 115 °C.

7.7 Schwefelwasserstoff interagiert explosionsartig mit Fluorgas und wird dabei zu Wasserstofffluorid und Schwefelhexafluorid umgewandelt. Zeichnen Sie die geometrische Anordnung von Schwefelhexafluorid nach VSEPR Model. Wie gross sind die Bindungswinkel? Wie könnte man Schwefelhexafluorid von der entstandenen Mischung trennen?

7.8 Die Reaktionsgleichung für diese Explosion ist unten angegeben. Kennzeichnen Sie die Oxidationszahlen aller Elemente in alle Verbindungen.



AUFGABE 8 - IDEALES GASGESETZ UND VAN-DER-WAALS-GAS-GLEICHUNG**9.0 PUNKTE**

Das ideale Gasgesetz wurde erstmals von Benoît Paul Émile Clapeyron in 1834 aufgeschrieben als eine Kombination des empirischen Boyle's Gesetzes, Charles's Gesetzes, Avogadro's Gesetzes, und Gay-Lussac's Gesetzes. Es kann auch für nicht-interagierende Massenpunkte abgeleitet werden:

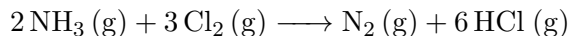
8.1 Nehmen Sie an ein Gas besteht aus N Partikeln in einem Würfel mit Kantenlänge a . Des weiteren, nehmen Sie an, dass sich ein Partikel mit Geschwindigkeit v auf der kürzesten Distanz zwischen zwei gegenüberliegenden Wänden hin- und herbewegt, ohne mit anderen Partikeln zusammenzustossen. Eruieren Sie die durchschnittliche Änderung des Impulses pro Zeit, welches der Partikel durch das Zusammenstossen mit der Wand erfährt, als Funktion der Masse m des Partikels, seiner Geschwindigkeit v , und der Seitenlänge a des Würfels.

8.2 Geben Sie eine Formel für den Druck, der durch alle Partikel auf die Gefässwand ausgerichtet wird, unter Annahme, dass sich im Durchschnitt ein Drittel aller Partikel ($N/3$) in dieselbe Richtung bewegen.

8.3 Finden Sie die Beziehung zwischen Temperatur des Gases und der kinetischen Energie der Partikel heraus, indem Sie die Gleichung aus 8.2 mit der bekannten Formel des idealen Gasgesetzes vergleichen..

In den meisten Fällen ist das ideale Gasgesetz ausreichend genau, um Gasmischungen zu beschreiben:

8.4 In einem Zylinder mit einem Kolben, reagieren eine Mischung aus 0.70 L NH_3 (g) und 0.85 L Cl_2 (g) bei Atmosphärendruck und 25 °C, gemäss dieser unumkehrbaren Reaktion:



Berechnen Sie die Stoffmenge aller Verbindungen, die am Ende der Reaktion vorhanden sind.

8.5 Nach Abschluss der Reaktion, wird die Mischung auf 351 K erhitzt, während der Kolben arretiert bleibt. Berechnen Sie den totalen Enddruck des Gases.

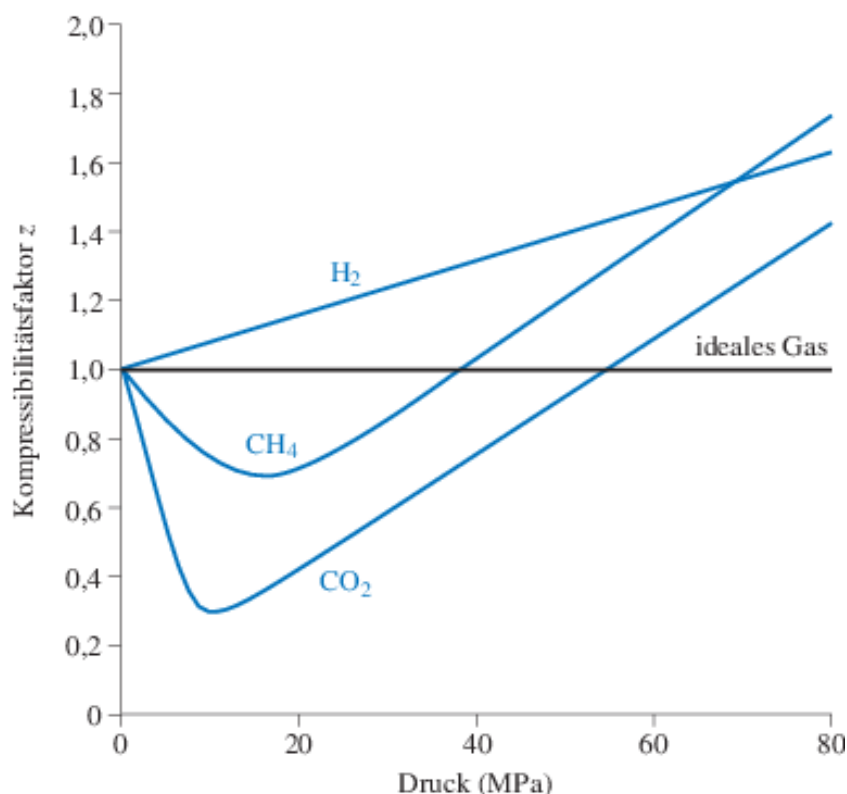
Die van-der-Waals-(vdW)-Gleichung ist eine Abwandlung der idealen Gasgleichung. Sie wird oft wie folgt beschrieben:

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right) * (V - nb) = nRT$$

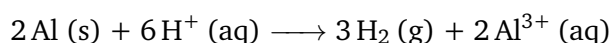
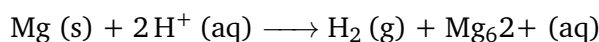
Dabei sind a und b gasspezifische Konstanten. Lösen Sie die folgenden Aufgaben mithilfe der vdW-Gleichung:

8.6 Geben Sie eine physikalische Interpretation der gasspezifischen Korrektur in der vdW-Gleichung.

8.7 Mit Ihrer Erklärung aus 8.7, beschreiben Sie die folgende Abbildung. Der Realgasfaktor z ist definiert als das Verhältnis von pV zu RT .



8.8 Die meisten Metalle werden von starken Säuren oxidiert. Zum Beispiel:



12.17 g einer Mg/Al Legierung reagiert mit Überschuss an Salzsäure zu 13.68 L H_2 bei Normalbedingungen. Für H_2 , $a = 24.7 \text{ kPa L}^2 \text{ mol}^{-2}$ und b ist vernachlässigbar. Wieviel Aluminium enthält die Legierung?

AUFGABE 9 - ORGANISCHE SUBSTITUTIONEN

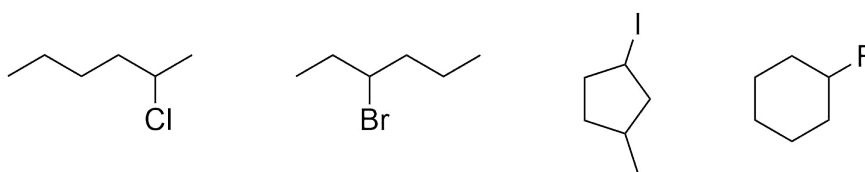
14.0 PUNKTE

Substitutionsreaktionen sind extrem wichtig in der organischen Chemie, da sie einfache, gegenseitige Umwandlungen von funktionalen Gruppen erlauben, und bei aufwändigen Synthesestrategien zum Schutz dieser Gruppen mitwirken.

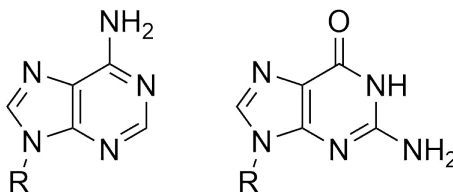
9.1 Zeichnen und ordnen Sie die folgenden Halogenalkane anhand ihrer aufsteigenden Reaktionsgeschwindigkeit im Falle einer S_N2 -Reaktion:

1-Brompropan, 2-Brompropan, Brommethan, 2-Brom-2-methylpropan, Bromethan

9.2 Ordnen Sie die folgenden Halogenalkane anhand ihrer absteigenden Reaktivität im Falle einer S_N2 -Reaktion:

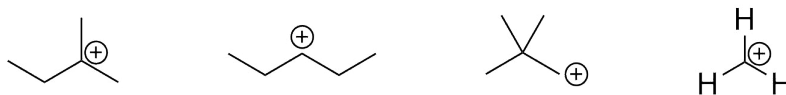


9.3 DNS-Methylierung ist der gebräuchteste biologische Prozess in Zellen, um die DNS-Aktivität zu verändern. Unten sind die Strukturen beider Purin-DNS-Basen angegeben. Zeichnen Sie die wahrscheinlichsten Methylierungsprodukte für beide Basen.

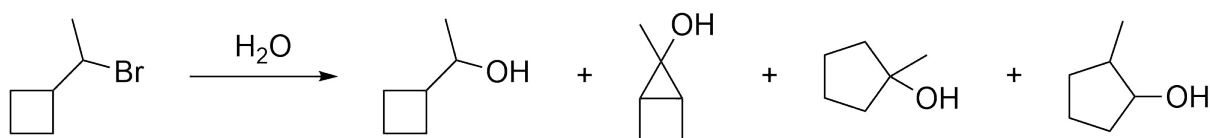


9.4 Zeichnen Sie das Produkt aus der Reaktion von $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{Cl}$ mit Essigsäure. Diese Reaktion könnte auch mit Trifluoressigsäure anstelle von Essigsäure durchgeführt werden. Erklären Sie welche Reaktion schneller abläuft.

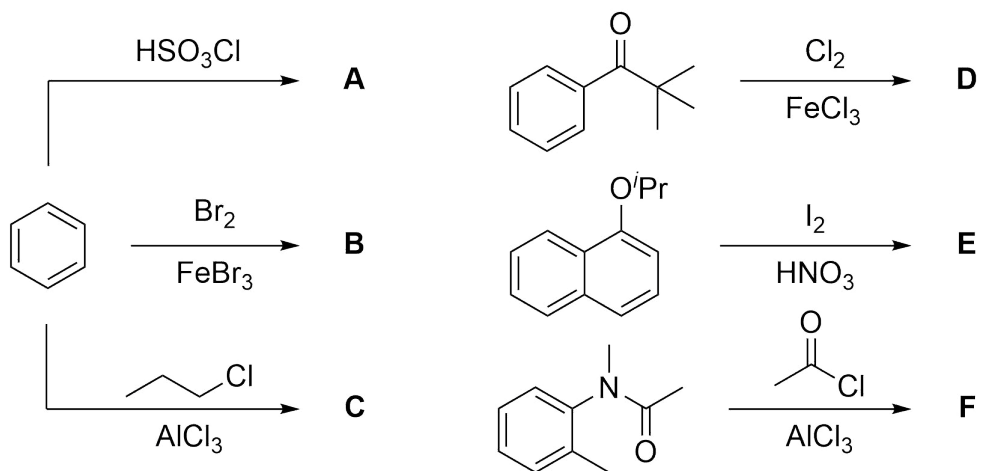
9.5 Ordnen Sie die folgenden Carbokationen nach aufsteigender Stabilität.



9.6 Wählen Sie das Hauptprodukt der folgenden S_N1 -Reaktion und erklären Sie Ihre Wahl.



9.7 Finden Sie die Hauptprodukte A – F.



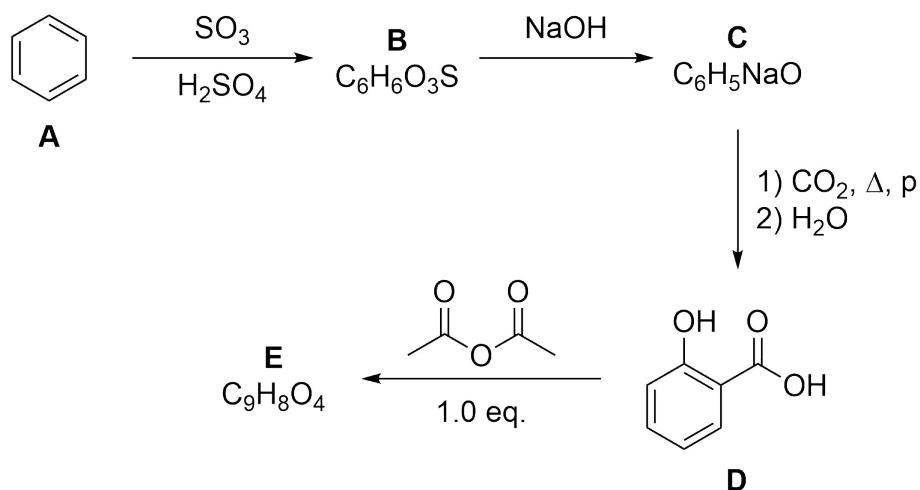
AUFGABE 10 - SCHMERZSTILLEN

9.0 PUNKTE

Aspirin und Paracetamol gehören zu den meistverwendeten Medikamenten, um Schmerz und Fieber zu senken. Der natürliche Ausgangsstoff von Aspirin ist Salicylsäure, was bereits seit über 2400 Jahren bekannt ist. Der weitverbreitete Gebrauch von Aspirin wurde jedoch erst möglich nach der Entwicklung seiner industriellen, chemischen Synthese in 1897. Paracetamol hat keinen natürlichen Ausgangsstoff und wurde erstmals 1877 synthetisiert. Selbst heute ist der komplette Wirkungsmechanismus nicht vollständig bekannt, aber sie wirken wahrscheinlich durch Inhibition der COX-1 und COX-2 Enzyme im Gehirn.

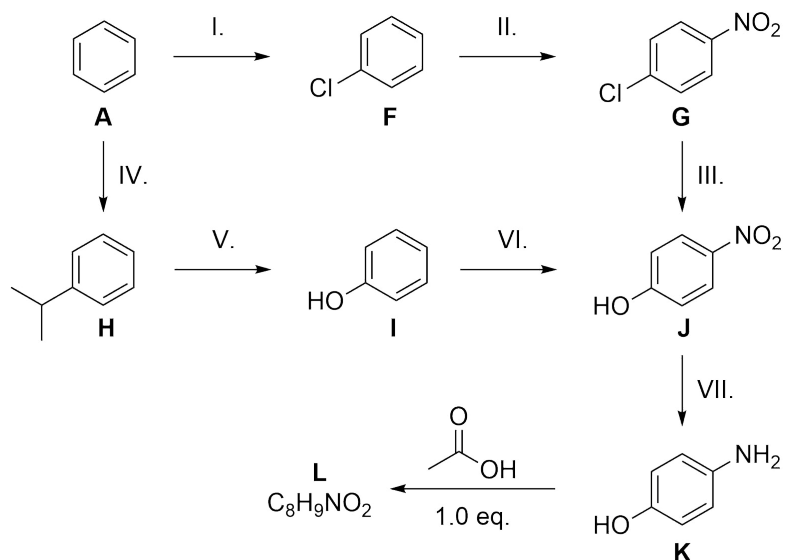
Jede industrielle Synthese beider Moleküle startet mit Benzol. Bei der Synthese von Aspirin, Benzol **A** wird sulfoniert durch SO_3 und H_2SO_4 . Benzolsulfonsäure **B** wird dann zu Natriumphenolat **C** mittels NaOH umgewandelt. In einer Kolbe-Schmitt Reaktion bei hohen Temperaturen und hohem Druck, reagiert **C** mit CO_2 um Salicylsäure **D** herzustellen. Im letzten Schritt wird **D** mit Essigsäureanhydrid acyliert um Aspirin **E** zu bekommen.

10.1 Zeichnen Sie die Strukturen der Moleküle **B**, **C** und **E**.



10.2 Ordnen Sie die Reaktionsbedingungen 1. – 7. den Schritten I. – VII. zu (cat. = katalytisch, excess = Überschuss).

10.3 Welches Produkt entsteht, wenn Sie die Reihenfolge von Schritten I. und II. ändern? Zeichnen Sie die Struktur des neuen Isomers von Produkt **G-iso**.



Reaction conditions:

1. $CH_3CH=CH_2$, cat. H^+
2. HNO_3 , cat. H_2SO_4
3. HNO_3 , cat. H_2SO_4
4. O_2 , cat. H^+
5. H_2 , cat. Pt/C
6. Cl_2 , cat. $AlCl_3$
7. 1) excess NaOH, 2) HCl

10.4 Zeichnen Sie die Struktur von Produkt **L**. Ist Produkt **E** oder **L** saurer?