



Allgemeine Informationen

Anweisungen

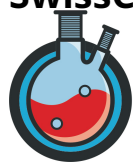
- Ihr habt drei Stunden Zeit, um die Aufgaben zu lösen. Wartet auf das **START** Signal, bevor Ihr beginnt.
- Schreibt alle erforderlichen Berechnungen leserlich auf.
- Legt Eure Blätter am Ende der Prüfung in den dafür vorgesehenen Umschlag. Klebt den Umschlag nicht zu.
- Hört sofort auf, wenn das **STOP** Signal gegeben wird.
- Verlasst Euren Sitzplatz erst, wenn Ihr die Erlaubnis dazu bekommt.
- Es können nur **Antworten, die in den angegebenen Feldern geschrieben sind**, bewertet werden.
- Diese Prüfung umfasst **14** Aufgaben.

Viel Erfolg!

Bonne chance!

Buona fortuna!

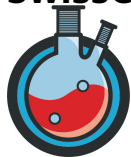
Good luck!



Physikalische Konstanten und Formeln

Konstanten

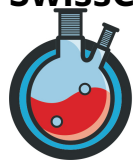
Planck-Konstante	$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Boltzmann-Konstante	$k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Lichtgeschwindigkeit	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Elementarladung	$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Avogadro-Konstante	$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Universelle Gaskonstante	$R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Faraday-Konstante	$F = 9.648 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
Standard-Druck	$p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$
Elektronenvolt	$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$
Absoluter Nullpunkt	$0 \text{ K} = -273.15^\circ \text{C}$
Ångström	$1 \text{ Å} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$
Pi (π)	$\pi \approx 3.141592$
Euler-Zahl	$e \approx 2.718281$
Gravitationskonstante der Erde	$g \approx 9.81 \text{ m s}^{-2}$



Formeln und Gleichungen

Ideales Gasgesetz	$pV = nRT = Nk_B T$
Gibbs freie Enthalpie	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
Zusammenhang zwischen ΔG und K	$\Delta G = -RT \ln(K)$
Zusammenhang zwischen ΔG und ΔE_{cell}	$\Delta_r G^0 = -nF\Delta E_{cell}^0$
Nicht-Standard ΔG	$\Delta_r G = \Delta_r G^0 + RT \ln(Q)$
Reaktionsquotient Q für die Reaktion $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$	$Q = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$
Nernst-Gleichung	$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln(Q)$
Elektrischer Strom	$I = \frac{Q}{t}$
Arrhenius-Gleichung	$k = Ae^{-\frac{E_A}{RT}}$
Lambert-Beer-Gesetz	$A = \epsilon Lc = \log\left(\frac{I_0}{I}\right)$
Puffer-Gleichung	$\text{pH} = \text{pK}_s + \log\left(\frac{[A^-]}{[HA]}\right)$
Definition von pK_s	$\text{pK}_s = -\log\left(\frac{[H^+][A^-]}{[HA]}\right)$
Energie eines Photons	$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$
Halbwertszeit für eine Reaktion erster Ordnung	$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln(2)}{k}$
Aktivität einer radioaktiven Probe	$A = kN$
Oberfläche einer Kugel	$A = 4\pi R^2$
Volumen einer Kugel	$V = \frac{4\pi}{3} R^3$
Verschiebung bei Beschleunigung	$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$

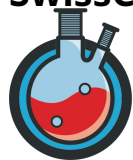
Für die Berechnung der Gleichgewichtskonstanten und aller Konzentrationen wird die Standardkonzentration $1 \text{ mol dm}^{-3} = 1 \text{ mol L}^{-1}$ verwendet. Wenn in einer Aufgabe nicht anders angegeben, können alle Gase als ideal betrachtet werden.



Periodensystem der Elemente

Periodic Table of Elements

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 [222]
87 Fr [223]	88 Ra [226]	89-103 Ac [227]	104 Rf [261]	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 [260]			



Bewertungsbogen

NICHT VOM TEILNEHMER/DER TEILNEHMERIN AUSZUFÜLLEN

Name des Teilnehmers/der Teilnehmerin:

Problem	Titel	Maximale Punktzahl	Erreichte Punktzahl	Seiten
Q1	Multiple Choice	10.5		2
Q2	Carbon-, Amino- und Lewis-Säuren	10.0		4
Q3	Unter Druck gekocht oder Explosion	8.5		2
Q4	Kerzen brennen langsam ab	7.0		2
Q5	Elektroreduktion von CO ₂	11.0		4
Q6	Die Form von Dingen	6.0		2
Q7	Gesättigte Lösungen	9.0		2
Q8	Totalsynthese von NH ₃	14.0		3
Q9	Reaktionen in Organischer Chemie	6.0		3
Q10	"Versteckte Achiralität"	7.5		4
Q11	Es war einmal ein Chemiker	9.0		3
Q12	pKs und Puffer	7.0		3
Q13	Thermodynamik in Organischer Chemie	10.0		4
Q14	Entwerrung der Zuckerwatte	6.5		3
Total	SwissChO Zentralprüfung 2025	122.0		41



Multiple Choice

Für jede Aufgabe gibt es **nur eine richtige Antwort**. Wenn nur das richtige Kästchen angekreuzt ist (☒), werden die Punkte gutgeschrieben. Wenn mehrere Antworten angekreuzt werden oder gar keine, werden 0 Punkte vergeben.

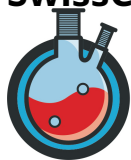
- 1.1** **Wähle** aus, welche Beschreibung dem Stoff **falsch** zugeordnet ist. 1.0 pt
- ☐ Quecksilber in einem Barometer: ein Element
 - ☐ Farbe: eine Mischung
 - ☐ Leitungswasser: eine Verbindung
 - ☐ Helium in einem Ballon: ein Element

- 1.2** **Wähle** die Antwort, die alle Prozesse mit **chemischen** Veränderungen umfasst. 1.0 pt
- I. Rosten von Eisen
II. Giessen von Salzsäure über ein Stück Eisen
III. Gefrieren von Wasser
IV. Verbrennung eines Holzstücks
V. Druckerhöhung in einem Dampfkochtopf durch Erhitzen von Wasser darin
- ☐ II und V
 - ☐ I, II, III, IV, und V
 - ☐ III und IV
 - ☐ I, II, und IV
 - ☐ II, III, und V

- 1.3** **Wähle** die richtige Anzahl der Atome in 5.0 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$. 2.0 pt
- ☐ $1.8 \cdot 10^{-3}$
 - ☐ $2.1 \cdot 10^{-2}$
 - ☐ $2.5 \cdot 10^{23}$
 - ☐ $1.2 \cdot 10^{22}$

- 1.4** **Wähle** den richtigen Massenprozentanteil von Kohlenstoff (%w_C) in $\text{C}_4\text{H}_7\text{OH}$. 1.0 pt
- ☐ 17%
 - ☐ 4%
 - ☐ 31%
 - ☐ 67%

- 1.5** **Wähle** die Gesamtzahl der p-Elektronen in einem Cd-Atom (ungeladen). 1.0 pt
- ☐ 6
 - ☐ 18
 - ☐ 12
 - ☐ 48



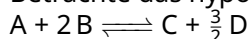
1.6 **Wähle** das Element/Ion mit einer Elektronenkonfiguration von $1s^2 2s^2 2p^6$. 1.0 pt

- ☐ Ne
- ☐ F^-
- ☐ Na
- ☐ Es gibt nicht genügend Informationen zur eindeutigen Bestimmung des Elements/Ions

1.7 **Wähle** aus, welches der folgenden Ionen/Atome den größten Radius hat. 1.0 pt

- ☐ Kr
- ☐ Br^-
- ☐ Rb^+
- ☐ F^-

1.8 Betrachte das hypothetische Gleichgewicht: 1.5 pt



mit einer Gleichgewichtskonstanten von $K_c = 5.0$.

Wähle den richtigen Wert von K_c für das Gleichgewicht:

- ☐ 5.0
- ☐ 0.04
- ☐ 10.0
- ☐ 0.2
- ☐ Der Wert kann mit den vorliegenden Informationen nicht bestimmt werden.

1.9 Betrachte das Gleichgewicht in der Gasphase: 1.0 pt

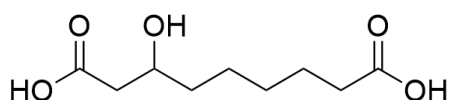
Die Reaktion ist endotherm. **Wähle** wie sich eine Verringerung der Temperatur bei gleichbleibendem Druck auf die Gleichgewichtskonstante K_c auswirkt.

- ☐ K_c wird zunehmen.
- ☐ K_c wird abnehmen.
- ☐ K_c bleibt unverändert.
- ☐ Es gibt nicht genügend Informationen, um vorherzusagen, was passiert.

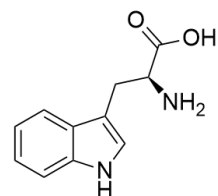


Carbon-, Amino- und Lewis-Säuren

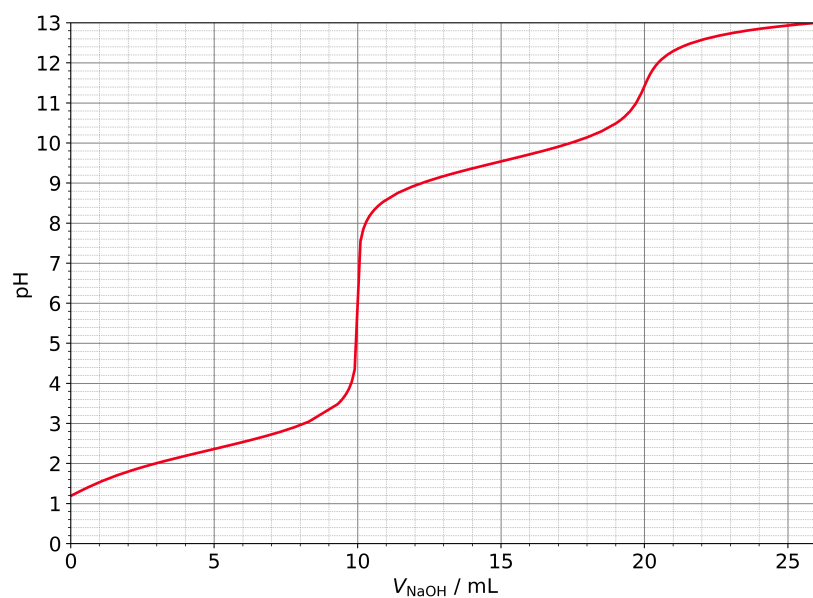
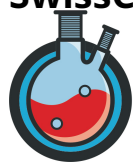
2.1 **Markiere** das sauerste Proton der nachstehenden Säure. **Gib** eine kurze Erklärung. 2.0 pt



Du hast im Chemieschrank die Aminosäure Tryptophan gefunden und beschliesst, Deine Titrationskenntnisse zu verbessern. Leider ist Deine Waage kaputt gegangen und Du hast keine Ahnung, wie viel Tryptophan Du gelöst hast. Nachdem Du den pH-Wert mit HCl auf 0,0 eingestellt hast, titrierst Du die Lösung mit einer vorgemischten 1,000 M NaOH Masslösung und zeichnest mit einem pH-Meter das unten stehende Diagramm auf. Außerdem hast Du etwas Alizarin gelb R, einen pH-Indikator, zugegeben, dessen Farbe bei einem pH-Wert von 11,5 von gelb nach rot umschlägt.



Tryptophan

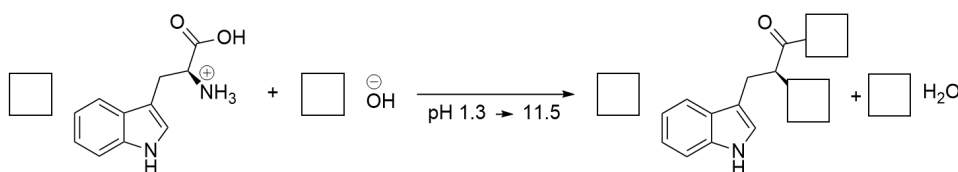


2.2 Bestimme die pK_s -Werte von Tryptophan aus der Titrationskurve.

1.0 pt



- 2.3** **Vervollständige** die stöchiometrische Gleichung der Titration, indem Du die Koeffizienten aller Substanzen, sowie die fehlenden Atome in der Lewis-Formel der deprotonierten Tryptophan-Spezies aufschreibst. 2.0 pt
Tipp: Schaue Dir die Titrationskurve an, bevor Du beginnst.



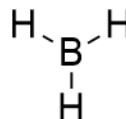
- 2.4** **Berechne** die Menge an Tryptophan n (mmol) in Deiner Probe. **Zeige** Deinen Rechenweg. 2.0 pt

$n =$ _____ mmol

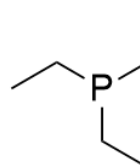
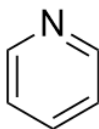
Es gibt ein weiteres Säure-Base-Konzept von Lewis. Eine Lewis-Säure besitzt ein leeres Orbital, durch das sie ein Elektronenpaar von einer Lewis-Base aufnehmen kann. Eine Lewis-Base verfügt über ein gefülltes Orbital (oft ein einsames Paar, manchmal eine π -Bindung), dessen Elektronenpaar an eine Lewis-Säure abgegeben werden kann.



2.5 Gib für die folgenden Moleküle an, ob es sich um Lewis-Säuren oder Lewis-Basen handelt. 3.0 pt



☐ Lewis Säure	☐ Lewis Säure	☐ Lewis Säure
☐ Lewis Base	☐ Lewis Base	☐ Lewis Base
☐ Weder noch	☐ Weder noch	☐ Weder noch



☐ Lewis Säure	☐ Lewis Säure	☐ Lewis Säure
☐ Lewis Base	☐ Lewis Base	☐ Lewis Base
☐ Weder noch	☐ Weder noch	☐ Weder noch



Unter Druck gekocht oder Explosion

Dampfkochtöpfe werden verwendet, um Lebensmittel schneller und effizienter zu kochen, indem der Siedepunkt des Wassers erhöht wird, so dass die Lebensmittel höhere Temperaturen erreichen ohne Feuchtigkeit zu verlieren. Das Öffnen des Deckels eines Topfes unter Druck birgt jedoch Gefahren, die wir in diesem Problem quantifizieren wollen.

Zur Vereinfachung treffen wir die folgenden Annahmen:

- Sowohl der Druck als auch das Volumen von allen anderen Stoffen als Wasserdampf können vernachlässigt werden.
- Der Kochtopf hat eine zylindrische Form mit einem Radius von $R = 10\text{ cm}$ und einer Höhe von $h = 20\text{ cm}$, woraus sich ein Volumen $V = 6300\text{ cm}^3$ ergibt.
- Wenn der Topf über 100°C , erhitzt wird, ist alles Wasser darin verdampft.
- Alle beteiligten Gase verhalten sich wie ideale Gase.
- Der Luftwiderstand (Reibung mit der Luft) kann vernachlässigt werden.
- Der Umgebungsdruck ist $p_0 = 1\text{ bar}$.

3.1 **Berechne** die Anzahl mol H_2O -Moleküle ($n_{\text{H}_2\text{O}}$) in 36 g Wasser.

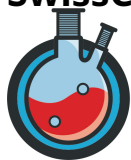
1.0 pt

$n_{\text{H}_2\text{O}} = \text{_____mol}$

3.2 **Berechne** den Druck p in Pascal (Pa) im Topf, der $n_{\text{H}_2\text{O}} = 2\text{ mol}$ Wasser enthält und auf eine Temperatur $T = 120^\circ\text{C}$ erhitzt wurde.

1.5 pt

$p = \text{_____Pa}$



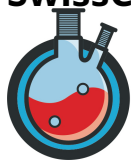
- 3.3** Unser Kochtopf hält einem Überdruck $\Delta p_{\max} = 2 \text{ bar}$ stand. **Berechne** die maximale Wassermenge $n_{\max}$ in mol, die zugegeben werden kann, damit eine Temperatur von $T = 125^\circ\text{C}$ erreicht werden kann. 2.0 pt

$n_{\max} = \text{_____ mol}$

Im folgenden Teil wollen wir herausfinden, was passiert, wenn der Deckel des unter Druck stehenden Topfes geöffnet wird. Nimm an, die Masse des Deckels sei $m_{\text{lid}} = 3 \text{ kg}$.

- 3.4** Der Topf wurde über den Maximaldruck auf $p_{\text{explode}} = 3 \text{ bar}$ erhitzt und explodierte innerhalb von $t_{\text{open}} = 0,001 \text{ s}$ (nimm an, dass die Kraft in dieser Zeit nur auf den Deckel wirkt), so dass der Deckel senkrecht nach oben flog. **Berechne** die Höhe h in Metern, die der Deckel erreichen kann, wenn es keine Decke gibt, gegen die er prallt. 4.0 pt

$h = \text{_____ m}$



Kerzen brennen langsam ab

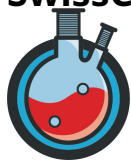
Kerzen brennen gleichmäßig und bieten ein einfaches Modell zur Untersuchung der Reaktionskinetik bei Verbrennungen. In dieser Aufgabe wirst Du die Faktoren analysieren, die die Reaktionsgeschwindigkeit und die Art des Verbrennungsprozesses beeinflussen.

- 4.1** Angenommen, das Paraffin der Kerze besteht nur aus $C_{31}H_{64}$, **schreibe** die stöchiometrisch korrekte Reaktionsgleichung auf, wenn die Kerze vollständig abbrennt. 1.0 pt

- 4.2** Angenommen, es handle sich um eine Elementarreaktion, **bestimme** das allgemeine Geschwindigkeitsgesetz für die Reaktion. **Bestimme ausserdem** die Reaktionsordnung in Bezug auf die Reagenzien und die Gesamtordnung. 1.0 pt

Um mehr über die Reaktionskinetik zu erfahren, wurden fünf identische Kerzen in geschlossenen Reaktoren mit unterschiedlichen Partialdrücken p_{O_2} in der Atmosphäre aufgestellt. Die folgenden Messungen wurden gemacht:

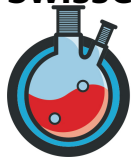
p_{O_2} (bar)	Brenndauer (h)
10.0	0.10
8.0	0.16
6.0	0.26
3.0	1.1
1.0	9.8



- 4.3 **Schätze**, anhand der Daten in der obigen Tabelle, die experimentelle Reaktionsordnung für O_2 (es ist eine ganze Zahl). 2.0 pt

- 4.4 **Erkläre** den Unterschied zwischen der experimentellen und der theoretischen Reaktionsordnung. 1.0 pt

- 4.5 **Beschreibe** kurz, wie man die Reaktionsreihenfolge in Bezug auf das Paraffin $C_{31}H_{64}$ experimentell bestimmen kann. 2.0 pt



Elektroreduktion von CO₂

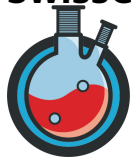
Die Elektroreduktion ermöglicht die Umwandlung von CO₂ in chemische Grundstoffe und Brennstoffe und trägt so dazu bei, den Kohlenstoffkreislauf zu schließen und die atmosphärischen CO₂-Werte in Grenzen zu halten. Dieser Prozess birgt das Potenzial für eine nachhaltige Kraftstoffproduktion und kohlenstoffneutrale industrielle Anwendungen. In dieser Aufgabe wirst Du herausfinden, welche Produkte gewonnen werden können und wo die Grenzen liegen.

Verwendet die folgenden Daten zum Lösen der Aufgaben:

Halbreaktion	Standard-Potential (E°/V)
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Li}$	−3.04
$2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{HOOC-COOH}$	−0.43
$\text{Cd}^{2+} + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{Cd}$	−0.40
$\text{CO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	−0.11
$\text{CO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{HCOOH}$	−0.11
$\text{HCOOH} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}$	−0.03
$2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$	0.00
$\text{HCHO} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{CH}_3\text{OH}$	0.13
$\text{C} + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \longrightarrow \text{CH}_4$	0.13
$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$	0.34
$\text{CH}_3\text{OH} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$	0.5
$\text{CO} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{C} + \text{H}_2\text{O}$	0.52
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{Ag}$	0.80
$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$	1.23

Auswahl von Standard-Reduktionspotenzialen.

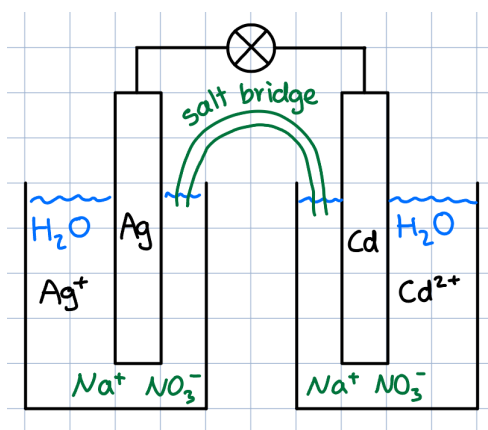
5.1 Schreibe die spontane Gesamtreaktion in einer [Cd/Cd²⁺] – [Ag/Ag⁺] -Zelle auf. 1.0 pt



- 5.2 **Berechne** die elektromotorische Kraft (Potential) U in V der $[\text{Cd}/\text{Cd}^{2+}] - [\text{Ag}/\text{Ag}^+]$ -Zelle aus der vorherigen Aufgabe unter Standardbedingungen. 1.0 pt

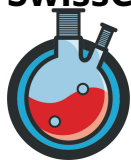
$U = \text{_____} \text{V}$

- 5.3 **Beschrifte** die Elektroden im Schema mit Anode/Kathode und **gib** den Elektronenfluss während der Entladung an. 1.0 pt

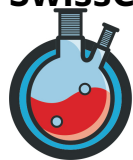


- 5.4 **Gib** die Oxidationsstufe von C in den folgenden Verbindungen an: 1.75 pt

- CH_4 : _____
- CO : _____
- CO_2 : _____
- HCHO : _____
- HCOOH : _____
- HOCCOOH : _____
- CH_3OH : _____



- 5.5** Bestimme anhand der angegebenen Standardreduktionspotentiale, welche Oxidationsstufe von C (von den in der obigen Aufgabe ermittelten) die stabilste ist. Begründe Deine Antwort mit einer Berechnung. 4.0 pt



- 5.6 **Schreibe** die Gesamtreaktion für die Reduktion von CO_2 zu $\text{CH}_4 + \text{O}_2$ durch H_2 auf und **begründe**, ob die $[\text{Cd}/\text{Cd}^{2+}] - [\text{Ag}/\text{Ag}^+]$ -Zelle aus der ersten Aufgabe die treibende Kraft liefern kann.
Tipp: Wenn Du den Wert für die Zellspannung $[\text{Cd}/\text{Cd}^{2+}] - [\text{Ag}/\text{Ag}^+]$ nicht gefunden hast, verwende 1,5 V.

2.25 pt



Die Form von Dingen

Tipp: Um die volle Punktzahl zu erhalten, zeichne die Strukturen inklusive den nötigen freien Elektronenpaaren, die verdeutlichen, warum eine bestimmte Geometrie entsteht.

- 6.1** **Wähle** für jedes der angegebenen Moleküle die richtige VSEPR-Struktur rund um das Zentralatom (S, N und Si). 1.5 pt

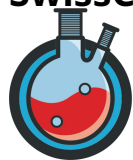
SF ₆	NO ₃ ⁻	Me ₃ SiCl
☐ Pentagonal pyramidal	☐ Trigonal verzerrt	☐ Tetraedrisch
☐ Hexagonal planar	☐ Trigonal planar	☐ "Wippe" (Bisphenoidal)
☐ Oktaedrisch	☐ Trigonal bipyramidal	☐ Quadratisch planar

- 6.2** Neben IF gibt es drei höherwertige, ungeladene Interhalogenverbindungen von Iod und Fluor (IF_n). **Zeichne** für jede Verbindung die entsprechende Struktur, sodass die 3D-Anordnung deutlich zu erkennen ist, und **gib** die entsprechende Summenformel an. 3 pt

Summenformel = _____

Summenformel = _____

Summenformel = _____

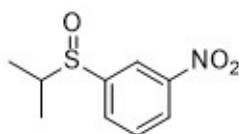


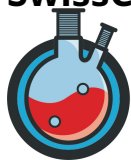
6.3

Die unten dargestellte Verbindung ist Isopropyl-3-nitrophenylsulfoxid.

1.5 pt

Zeichne die richtige Geometrie beim Schwefelatom. **Wähle** ausserdem aus, ob die Verbindung chiral ist oder nicht. Du kannst *iPr* (für Isopropyl) und *Ar* (für 3-Nitrophenyl) als Abkürzungen für die jeweiligen Gruppen beim Zeichnen verwenden.

☐ chiral☐ symmetrisch



Gesättigte Lösungen

Stell Dir vor, Du bist im Labor und möchtest eine wässrige Lösung mit bestimmten Ionenkonzentrationen herstellen. Deine Waage ist jedoch kaputt und Du hast nur die Werte für die Löslichkeitsprodukte in der Tabelle unten, die entsprechenden Salze und so viel Wasser, wie Du benötigst. Das bedeutet, dass Du nur gesättigte Lösungen genau herstellen kannst. Schauen wir mal, wie weit Du damit kommst.

Salz	K_s (in Wasser)
AgCl	$1.9 \cdot 10^{-4}$
AgBr	$1.3 \cdot 10^{-5}$
Ag ₂ CO ₃	$3.5 \cdot 10^{-3}$
AgNO ₃	216
CaCl ₂	74.5
CaBr ₂	143
CaCO ₃	$6.2 \cdot 10^{-4}$
Ca(NO ₃) ₂	121.2

Löslichkeitsprodukte der vorhandenen Salze. Die Werte können behandelt werden als Produkt der Konzentrationen der enthaltenen Ionen in mol/L. Beispiel: $K_s^{\text{CaCl}_2} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{Cl}^-]^2 / \text{mol}^3/\text{L}^3$.

- 7.1** **Berechne** die Konzentrationen $c_{\text{Ca}^{2+}}$, $c_{\text{CO}_3^{2-}}$ in einer gesättigten Lösung von 1.0 pt CaCO₃ in mol/L.

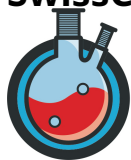
$c_{\text{Ca}^{2+}} =$ _____ mol/L

$c_{\text{CO}_3^{2-}} =$ _____ mol/L

- 7.2** **Berechne** die Konzentrationen c_{Ag^+} , $c_{\text{CO}_3^{2-}}$ in einer gesättigten Lösung von 1.0 pt Ag₂CO₃ in mol/L.

$c_{\text{Ag}^+} =$ _____ mol/L

$c_{\text{CO}_3^{2-}} =$ _____ mol/L



- 7.3** Bestimme, was passiert, wenn Du eine gesättigte Lösung von AgBr mit einer gesättigten Lösung von AgCl im Verhältnis 1:1 mischst. Begründe Deine Antwort. 2.0 pt

- 7.4** Berechne die Konzentration von $c_{\text{Ca}^{2+}}$ in mol/L für eine gesättigte Lösung mit sowohl CaBr₂ als auch CaCl₂. 5.0 pt

$c_{\text{Ca}^{2+}} = \text{_____ mol/L}$



Totalsynthese von NH_3

Industriell wird NH_3 aus H_2 und N_2 nach dem Haber-Bosch-Verfahren hergestellt. In dieser Aufgabe wirst Du die Thermodynamik dieses Prozesses untersuchen.

- 8.1** **Schreibe** die ausgeglichene Reaktionsgleichung (Gleichgewicht) für den Haber-Bosch-Prozess mit dem Koeffizienten 1 für Ammoniak auf. 1.0 pt

Der Haber-Bosch-Prozess wird normalerweise bei einer Temperatur von etwa $T = 400^\circ\text{C}$ und einem Druck von etwa 200 bar durchgeführt. Die Reaktionsenthalpie und -entropie, die wir als temperaturunabhängig annehmen, betragen etwa $\Delta H = -46 \text{ kJ/mol}$ und $\Delta S = -124 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$.

- 8.2** **Wähle** die Klassifizierung, die am besten zur Hinreaktion passt. 1.0 pt
- ☐ Endotherm
 - ☐ Exotherm
 - ☐ Keiner der beiden

- 8.3** **Begründe**, warum die Reaktion unter so hohem Druck **und** bei so hoher Temperatur abläuft. 2.0 pt

- 8.4** **Berechne** die Gibbs freie Reaktionsenthalpie ΔG unter den gegebenen Reaktionsbedingungen in kJ/mol NH_3 . 1.0 pt

$\Delta G = \text{_____ kJ/mol NH}_3$



- 8.5 **Berechne** die Gleichgewichtskonstante K_p . Wenn Du die vorherige Aufgabe nicht lösen konntest, verwende $\Delta G = 20 \text{ kJ/mol}$. 2.0 pt

$$K_p = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 8.6 Ausgehend von Anfangsdrücken von $p_{\text{H}_2}^{\text{ini}} = 150 \text{ bar}$ und $p_{\text{N}_2}^{\text{ini}} = 50 \text{ bar}$, **stelle** das Polynom vierten Grades in p_{NH_3} der Form 4.0 pt

$$a \cdot p_{\text{NH}_3}^4 + b \cdot p_{\text{NH}_3}^3 + c \cdot p_{\text{NH}_3}^2 + d \cdot p_{\text{NH}_3} + e = 0$$

auf. Wobei a, b, c, d, e bekannte Konstanten sind. Die Lösung der Gleichung würde den Gleichgewichts-Partialdruck p_{NH_3} ergeben. Du **brauchst die Gleichung nicht zu lösen.**

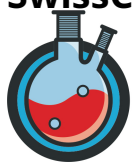
$$p_{\text{NH}_3} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ bar}$$



- 8.7 **Berechne** die Ausbeute der Reaktion unter Verwendung von p_{NH_3} aus der vorherigen Aufgabe in %, wobei $p_{\text{NH}_3} = 0,01$ bar. 1.0 pt

Ausbeute = _____%

- 8.8 Die theoretisch erreichbare Ausbeute scheint recht gering zu sein. **Schlage** bis zu zwei Maßnahmen vor, um mehr Ausgangsmaterial umzuwandeln. 2 pt



Reaktionen in Organischer Chemie

9.1 **Zeichne** die Strukturen bzw. die benötigten Reagenzien in die entsprechenden Kästchen **auf den folgenden Seiten**. Es wird davon ausgegangen, dass immer eine wässrige Aufarbeitung durchgeführt wird. 0.0 pt



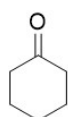
HCl



A

+

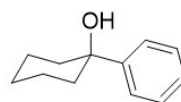
B



C



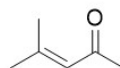
2. NH₄Cl



2x

D

NaOH cat.



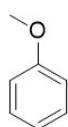
+ H₂O



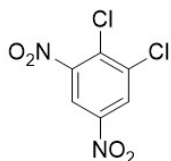
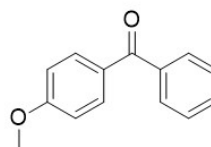
ΔT or $h\nu$



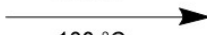
E



F



NaOH



130 °C

G



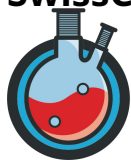
9.1a

3 pt

A

B

C



9.1b

3 pt

D

E

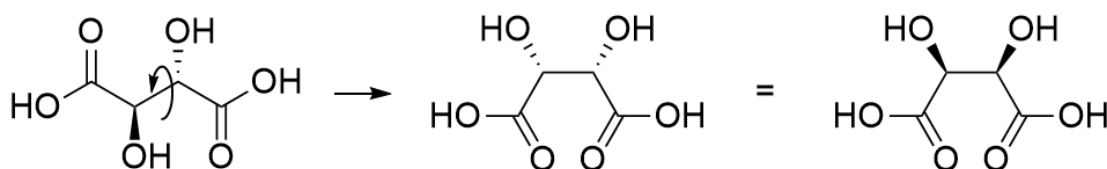
F

G



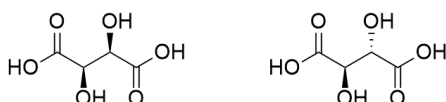
„Versteckte Achiralität“

Obwohl wir oft davon ausgehen, dass jedes Molekül mit Stereozentren chiral ist, sind es nicht alle. Die Ausnahme sind sogenannte *meso*-Moleküle, die eine gerade Anzahl Stereozentren besitzen und achiral sind. Dies ist der Fall, wenn das Molekül ein Konformer mit einer Spiegelebene besitzt, die die Chiralität aufhebt. Ein Beispiel für ein solches Molekül ist die Weinsäure, die sowohl zwei chirale Formen als auch eine achirale *meso*-Form aufweist. Diese Symmetrie bewirkt, dass das „R,S“- und das „S,R“-Stereoisomer der Weinsäure ein und dasselbe sind.



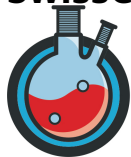
meso-Weinsäure und ihre Konformere mit Spiegelebenen

- 10.1** **Zeichne** die Struktur des fehlenden Stereoisomers der Weinsäure. **Markiere** die Stereozentren der drei Moleküle und **bestimme** die absolute Konfiguration (R/S) aller stereogenen Zentren. 2.5 pt



Neben der „Verringerung“ der Anzahl der Stereoisomere haben *meso*-Verbindungen auch andere Eigenschaften als die chiralen Isomere. Ein Beispiel hierfür ist die optische Aktivität einer Verbindung. Chirale, enantiomerenreine Moleküle besitzen eine spezifische Rotation, d. h. einen Winkel, um den sie polarisiertes Licht drehen. In einer Probe mit einer Mischung der Enantiomere ist die Rotation proportional zur Konzentration der Enantiomere. Bei *meso*-Verbindungen ist die optische Drehung immer 0°. (Man kann sich das so vorstellen, dass sich die Stereozentren gegenseitig aufheben.)

Obwohl die optische Aktivität von vielen Faktoren wie Konzentration und Messbedingungen abhängt, wird in der gesamten Übung davon ausgegangen, dass es sich um eine intrinsische Eigenschaft der



Verbindungen handelt, und alle nicht explizit erwähnten Variablen werden vernachlässigt.

Beim Durchstöbern eines Chemikalienschanks findest Du zwei Fläschchen mit Weinsäure. Fläschchen **1** trägt die Aufschrift „L-(+)-Weinsäure + D-(-)-Weinsäure“. Du hast für Fläschchen **1** eine spezifische Drehung von $-3,8^\circ$ gemessen. Außerdem hast Du die folgenden Werte in einem Lehrbuch gefunden:

	$\Delta\theta / ^\circ$
L-(+)	$+12.7^\circ$
D-(-)	-12.7°
<i>meso</i>	0°

10.2 Bestimme die Zusammensetzung von Fläschchen **1** anhand der spezifischen Drehung. 2.0 pt

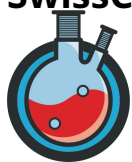
D-(-)-Weinsäure _____ % L-(+)-Weinsäure _____ %

Auf dem Etikett von Fläschchen **2** steht, dass es D-(-)-Weinsäure und *meso*-Weinsäure in gleichen Anteilen enthält. Drei Deiner Freunde streiten sich über die optische Drehung dieser Probe **2**. Freund A behauptet, dass sie etwa 0° betragen wird, Freund B ist überzeugt, dass sie etwa -6° betragen wird, während Freund C sicher ist, dass sie etwa -12° betragen sollte.

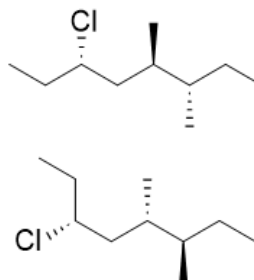
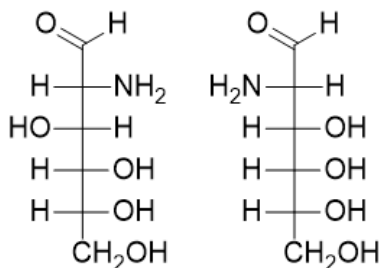


10.3 Gib an, welcher deiner Freunde Recht hat, und begründe deine Entscheidung. 1.0 pt

☐ Freund A / 0° ☐ Freund B / -6° ☐ Freund C / -12°

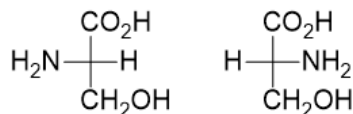
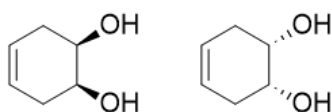


10.4 **Bestimme**, ob die folgenden Moleküle Diastereoisomere, Enantiomere oder identisch sind. 2.0 pt



- ☐ Diastereomere
☐ Enantiomere
☐ Identisch

- ☐ Diastereomere
☐ Enantiomere
☐ Identisch



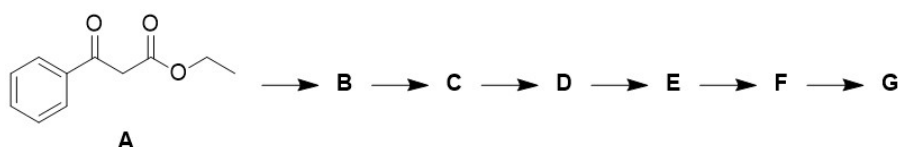
- ☐ Diastereomere
☐ Enantiomere
☐ Identisch

- ☐ Diastereomere
☐ Enantiomere
☐ Identisch



Es war einmal ein Chemiker

- 11.1** **Zeichne** für die Verbindungen A bis G im Text die entsprechenden Strukturen in die unten stehenden Kästchen. 0.0 pt
Hinweis: Die Reaktionen laufen wie beschrieben ab. Gelegentlich wurden Schutzgruppenschritte weggelassen oder ein minderwertiges Isomer gewählt, wie es für diese Aufgabe erforderlich ist.



Das ist Molekül **A**. Es wurde mit NaH umgesetzt, was zu einem aliphatischen Carboanion-Zwischenprodukt führte, das wiederum mit Acetaldehyd (Ethanal) umgesetzt wurde, um den entsprechenden Alkohol **B** zu erhalten, nachdem es mit einer schwachen Säure aufgearbeitet wurde. Eine Nitro-Gruppe wird dann in Position 2 des aromatischen Rings eingeführt, um die Substanz **C** zu erhalten. Der aliphatische Alkohol im Molekül wird dann in ein Bromid umgewandelt und die Nitrogruppe mit Hilfe von H_2 und einem geeigneten Katalysator zum Amin reduziert, wodurch die Verbindung **D** mit der Summenformel $(C_{13}H_{16}BrNO_3)$ entsteht. Die Verbindung **D** wird dann gelöst und ohne Zugabe von Reagenz erhitzt, wobei das Amin das Bromid verdrängt und das resultierende Produkt als Bromwasserstoffsalz **E** kristallisiert. Die Oxidation dieser Verbindung mit Sauerstoff, gekoppelt mit der Umlagerung des Ketons zum Enol, ergibt die Verbindung **F**, 4-Hydroxy-2-methylchinolin-3-carbonsäureethylester. Man fügt einen großen Überschuss an MeMgBr hinzu und eliminiert den so erhaltenen Alkohol zu der entsprechenden Doppelbindung, wodurch man schließlich die Verbindung **G** erhält.

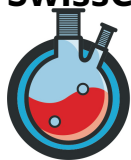


11.1a

3 pt

B

C



11.1b

6 pt

D

E

F

G



pKs und Puffer

Du möchtest einige Säure-Base-Experimente in H_2O mit etwas zugesetztem H_2S durchführen, um Deine Ergebnisse mit den Experimenten in reinem H_2O zu vergleichen. Dein erster Schritt besteht darin, den $\text{p}K_s$ -Wert von H_2S zu berechnen, um seinen Einfluss auf Deine Reaktionen zu bewerten.

Du hast rausgefunden, dass $c_{\text{H}^+} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ und $c_{\text{HS}^-} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$, während $c_{\text{H}_2\text{S}} = 1.2 \cdot 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$.

12.1 Berechne den $\text{p}K_s$ von H_2S . Verwende die Berechnung von K_s als 2.0 pt Zwischenschritt.

$K_s(\text{H}_2\text{S}) = \underline{\hspace{2cm}}$ $\text{p}K_s(\text{H}_2\text{S}) = \underline{\hspace{2cm}}$

Während Deiner Recherche für Deine Experimente hast Du die folgenden $\text{p}K_s$ -Werte gefunden. (Der $\text{p}K_s$ von H_2S stammt aus einem sehr alten Lehrbuch und ist wahrscheinlich ziemlich falsch).

	H_2O	H_2S	H_2Se	H_2Te
$\text{p}K_s$	14,0	5,5*	3,9	2,6



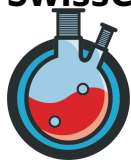
- 12.2 **Beschreibe** den Trend, den Du bei den pK_s -Werten beobachtest und **gib** einen Grund dafür an. 1.0 pt

Für Dein nächstes Experiment benötigst einen Liter Pufferlösung mit einem pH-Wert von 7,8. Du hast festgestellt, dass Du deine eigene mit einer Mischung aus NaH_2PO_4 (pK_s 7,2) und Na_2HPO_4 (pK_s 12,3) herstellen kannst. Du hast bereits 2,4 g (0,020 mol) NaH_2PO_4 eingewogen.

- 12.3 **Berechne** die Menge (n) und die Masse (m) von Na_2HPO_4 die Du zu Deiner Lösung hinzufügen musst. 3.0 pt

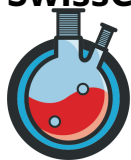
n von Na_2HPO_4 = _____ mol

m von Na_2HPO_4 = _____ g



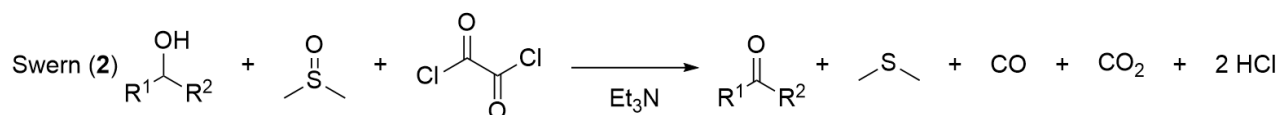
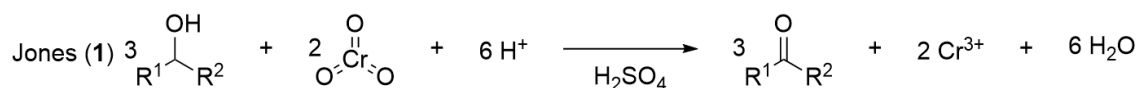
12.4 Erkläre, ob dieser Puffer stabiler gegenüber Säuren oder Basen ist.

1.0 pt



Thermodynamik in Organischer Chemie

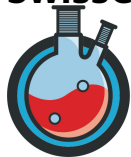
Die Umwandlung eines sekundären Alkohols in ein Keton kann durch verschiedene Reaktionen erreicht werden, darunter die Jones- (1) und die Swern-Oxidation (2). Du beschliesst, diese beiden Reaktionen aus thermodynamischer Sicht zu untersuchen.



	$\Delta_f H^0 / \text{kJ mol}^{-1}$	$S^0 / \text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Alkohol	−318	181
Keton	−248	200
CrO ₃	−587	73
Cr ³⁺	−167	−113
H ⁺	73	−25
H ₂ O	−286	70

13.1 **Berechne** die Standard-Reaktionsenthalpie $\Delta_r H^0$ der Jones-Oxidation (1) pro 2.0 pt Mol des Alkohols.

$$\Delta_r H^0 = \text{_____} \text{ kJ mol}^{-1}$$



- 13.2 **Berechne** die Standardreaktionsentropie $\Delta_r S^0$ der Jones-Oxidation (1) pro mol des Alkohols. 2.0 pt

$$\Delta_r S^0 = \text{_____} \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Bei Deiner Recherche hast Du für die Swern-Oxidation (2) gefunden, dass $\Delta_r H = -112 \text{ kJ mol}^{-1}$ und $\Delta_r S = 523 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ für ein Mol des Alkohols, wenn Du die Reaktion bei -60°C durchführst.

- 13.3 **Berechne** die Gibbs freie Enthalpie $\Delta_r G$ der Swern Oxidation (2) für ein Mol Alkohol bei -60°C . 2.0 pt

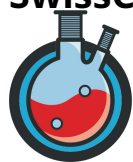
$$\Delta_r G = \text{_____} \text{ kJ mol}^{-1}$$



	$\Delta_r H^0 / \text{kJ mol}^{-1}$	$\Delta_r S^0 / \text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$	$\Delta_r G / \text{kJ mol}^{-1}$
Jones (1)	-400*	70*	-391
Swern (2)	-112	523	-240*

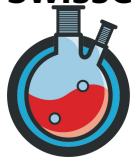
- 13.4** **Vergleiche** die Reaktionsentropie der beiden Reaktionen und nenne zwei Gründe für deren Unterschied. Du kannst für Deine Argumentation die Werte in der obigen Tabelle verwenden. (Die mit * gekennzeichneten Werte sind Hinweise, falls Du bei Deinen Berechnungen unsicher bist.) 1.0 pt

- 13.5** **Erläutere** die Auswirkung der Reaktionsenthalpie der Jones-Reaktion auf den Verlauf der Reaktion sowie ihre praktische Anwendung. Du kannst für Deine Argumentation die Werte in der obigen Tabelle verwenden. (Die mit * gekennzeichneten Werte sind Hinweise, falls Du bei Deinen Berechnungen unsicher bist.) 2.0 pt



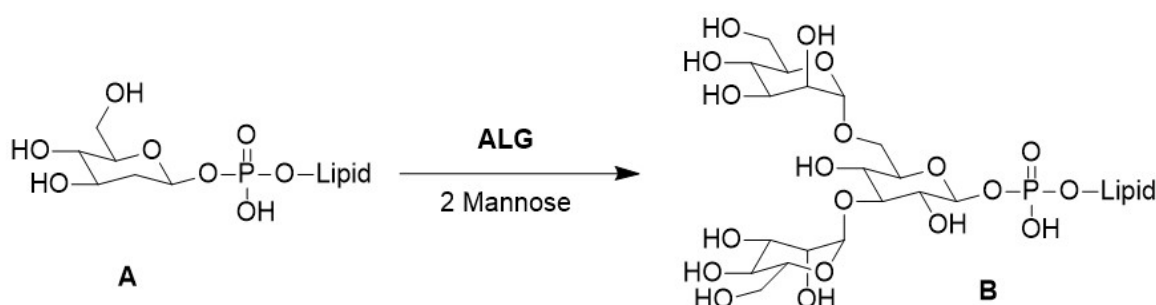
Bei Deiner letzten Synthese im Labor musst Du einen sekundären Alkohol zum entsprechenden Keton oxidieren.

13.6 Erkläre, welche der beiden Reaktionen Du verwenden würdest und begründe Deine Wahl. 1.0 pt



Die Entwirrung der Zuckerwatte

Zucker sind in biologischen Systemen allgegenwärtig. Wir wollen nun ein Beispiel dafür untersuchen, wie Kohlenhydrate auf molekularer Ebene verwendet werden. Zunächst werden wir ein Enzym namens **ALG** untersuchen. **ALG** nimmt Moleküle wie **A** und fügt ihm zwei Mannoseeinheiten hinzu. So entsteht die Verbindung **B**. In zwei Experimenten werden wir versuchen, mehr über diesen Prozess herauszufinden.



- 14.1** Es wurde ein Versuch durchgeführt, bei dem 10 $\mu\text{mol/L}$ **A**, 1 nmol/l **ALG** und unterschiedliche Konzentrationen von Mannose gemischt wurden. Dann wurde die Zeit gemessen, die benötigt wurde, um 50% der Mannose umzusetzen ($t_{1/2}$). Daraus ergaben sich die folgenden Zahlen: 1.0 pt

Mannose conc. [$\mu\text{mol/L}$]	$t_{1/2}$ [min]
2	17,5
5	7
7	5

Wähle die Reaktionsordnung der Gesamtreaktion in Bezug auf Mannose aus.
Wähle dann die richtige Schlussfolgerung aus, die aus den Daten gezogen werden kann.

Reaktionsordnung

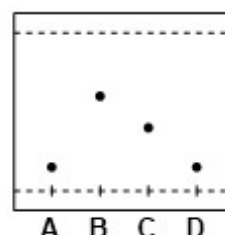
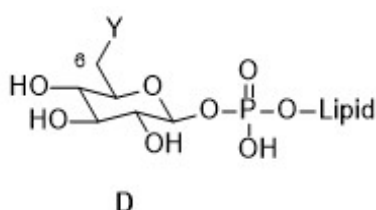
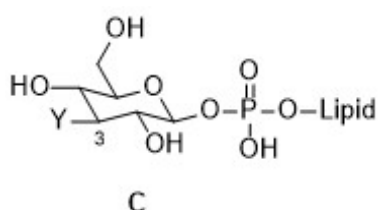
- ☐ 0
☐ 1
☐ 2
☐ Höher oder keine ganze Zahl

Schlussfolgerung

- ☐ Aus diesen Daten kann keine Schlussfolgerung gezogen werden
☐ Eine Einheit Mannose wird nach der anderen addiert
☐ Beide Mannose-Einheiten werden zur selben Zeit addiert



In einem zweiten Versuch wurden die Verbindungen **C** und **D** getrennt voneinander den Bedingungen ausgesetzt, die normalerweise für die Umwandlung von **A** zu **B** mit **ALG** funktionieren. **C** und **D** wurden beide chemisch so verändert, dass **ALG** sie weiterhin als Substrat akzeptiert, aber keine Mannose in 3- bzw. 6-Position anlagern kann. Das DC zeigt die Verbindungen **A** und **B** als Referenz, sowie die Reaktionsprodukte von **C** bzw. **D** mit **ALG**.



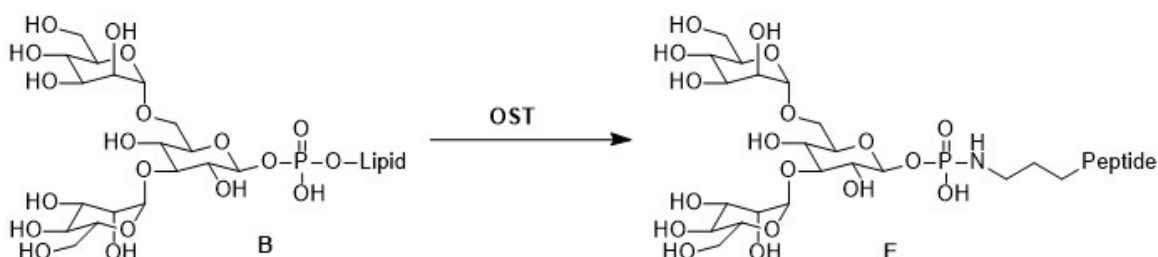
- 14.2** Wähle eine für Y geeignete Gruppe in den oben gezeigten Strukturen. Ziel dieses Ersatzes ist es, die Anlagerung einer Mannosegruppe zu verhindern, ohne die sterischen und elektronischen Eigenschaften des Moleküls so stark zu verändern, dass das Molekül vom Enzym nicht mehr akzeptiert wird. Außerdem muss es in dem wässrigen Medium der Zellen relativ stabil sein. 1.0 pt

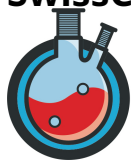
☐ -N₃ ☐ -F ☐ -SMe ☐ -I

- 14.3** Wähle die richtigen Schlussfolgerungen aus, die aus dem obigen Experiment gezogen werden können. 1.0 pt

☐ Das Experiment ist fehlgeschlagen - keine Schlussfolgerung
☐ Beide Mannoseeinheiten können unabhängig voneinander hinzugefügt werden
☐ Eine Mannoseeinheit muss zuerst an das 3-OH angefügt werden
☐ Eine Mannoseeinheit muss zuerst an das 6-OH angehängt werden

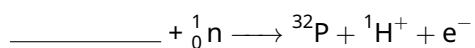
Im nächsten Schritt verwendet das **OST**-Enzym **B** zur Markierung eines Peptids mit der Kohlenhydrateinheit. Wir haben uns für die Radioisotopenmarkierung entschieden, um die Aktivität von **OST** zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde **B** mit ³²P synthetisiert.





14.4 Vervollständige die Reaktion, durch die ^{32}P erhalten wird.

1.0 pt



14.5 ^{32}P zerfällt in einem β^- -Zerfall mit einer Halbwertszeit von 14,3 Tagen. Gib die korrekte Zerfallsreaktion an.

1.0 pt

Es wurde eine Lösung von radioaktivem **B** mit einer Aktivität von 3,39 GBq/mL hergestellt. Von dieser Lösung wurde eine Probe 24 Stunden lang mit **OST** umgesetzt und das erhaltene **E** entfernt. In der verbleibenden Lösung wurde 2,53 GBq/mL gemessen.

14.6 Berechne die Ausbeute (in %) an radioaktivem **E**, das durch **OST** erzeugt wurde. Du kannst davon ausgehen, dass bei der Handhabung der Probe keine Zeit verloren wurde.

1.5 pt

_____ %