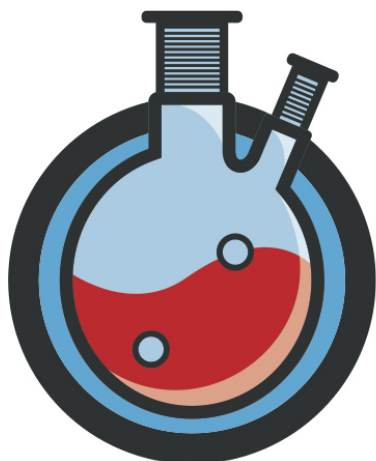




**CHEMISTRY.
OLYMPIAD.CH**

CHEMIE-OLYMPIADE
OLYMPIADES DE CHIMIE
OLIMPIADI DELLA CHIMICA

SwissChO 2022 - 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 23 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							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]				

PUNKTETAFEL

NICHT VON TEILNEHMENDEN AUSZUFÜLLEN

Name des Teilnehmenden: _____

Aufgabe	Titel	Erreichbare Punkte	Erzielte Punkte
1	Multiple-Choice-Fragen	12.0	
2	Löslichkeit: Fluoreszenz & Uranin	8.0	
3	Titration: Äpfelsäure und Maleinsäure	10.0	
4	Thermodynamik: Gasheizgerät eines Hauses	11.5	
5	Kinetik: Radioaktiver Zerfall in einem Apfelbaum	14.0	
6	Redox und Elektrochemie: Unbekanntes Metall	9.0	
7	Lambert-Beer'sches Gesetz: Analyse von Kupfersalzspuren	8.5	
8	Ideales Gasgesetz: Start einer Achterbahn	12.0	
9	Organische Reaktionen: Standardreaktionen	9.0	
10	Organische Synthese: Indigosynthese	6.0	
Total		100.0	

AUFGABE 1 - MULTIPLE-CHOICE-FRAGEN

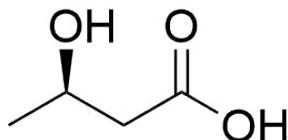
12.0 PUNKTE

Wähle für jede Frage die eine korrekte Antwort aus:

1.1 Welches der folgenden Teilchen hat im Grundzustand **nicht** die Konfiguration $1s^2 2s^2 2p^6$?

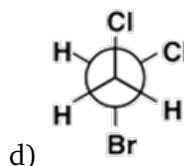
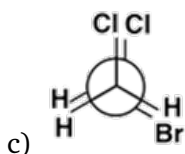
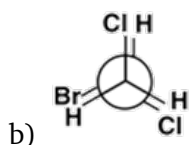
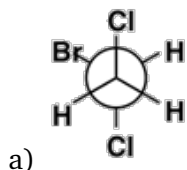
- a) Ne b) Na^+ c) Cl^- d) F^-

1.2 Welches ist die korrekte IUPAC Bezeichnung für die folgende Verbindung?

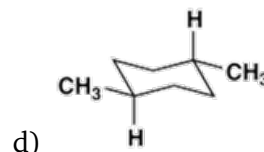
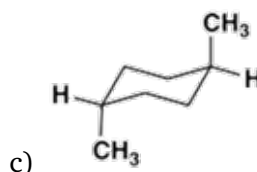
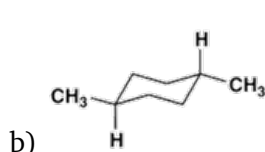
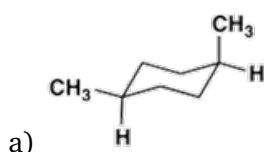
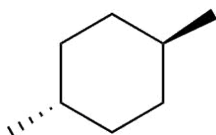


- a) 2-Hydroxybutansäure
b) 3-Hydroxybutansäure
c) 2-Hydroxypropansäure
d) 1-Carboxypropan-2-ol

1.3 Welches ist die stabilste Konformation?



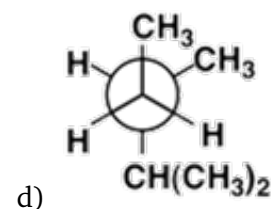
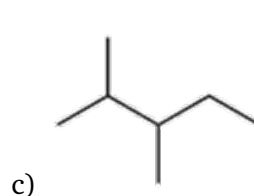
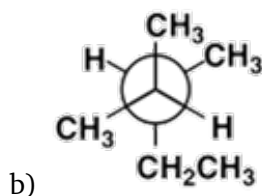
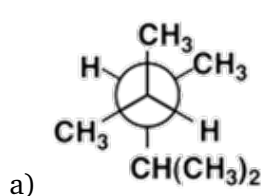
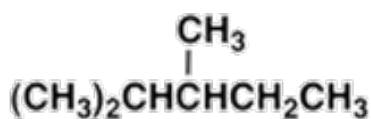
1.4 Welche der Strukturen von a) bis d) unterscheidet sich von der folgenden?



1.5 Welche der folgenden Aussagen über Cycloalkane ist falsch?

- a) Die planare Form irgendeines Cycloalkans mit einer Ringgrösse grösser als die von Cyclopropan ist nicht die stabilste Konformation.
b) Cyclopentan ist nicht planar, um die Torsionsspannung zwischen benachbarten C-H Bindungen zu vermeiden.
c) Jedes beliebige disubstituierte Cycloalkan kann cis/trans-Isomere haben.
d) Die am wenigsten gespannte Form irgendeines unsubstituierten Cycloalkans ist die Sesselkonformation von Cyclohexan.

1.6 Welche der Strukturen a) – d) gehört zu einer Verbindung, die sich von der folgenden unterscheidet?



1.7 Welche der folgenden Aussagen ist falsch?

- a) Die π -Molekülorbitale von Buta-1,3-dien stammen von den 2p-Atomorbitalen von C-Atomen, von denen es vier gibt.
- b) Jedes Orbital kann 2 Elektronen aufnehmen, deshalb hat Buta-1,3-dien 8 π -Elektronen.
- c) Der vollständige Satz von Molekülorbitalen, die durch Kombination der Atomorbitale erhalten werden, weist eine steigende Anzahl von Knotenebenen auf.
- d) Einige Orbitale haben überhaupt keine Knotenebenen.

1.8 Welche Verbindung hat **kein** konjugiertes System?

- a) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$
- b) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{OCH}_3$
- c) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CN}$
- d) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3$

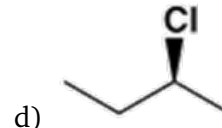
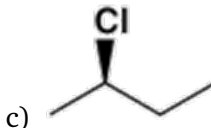
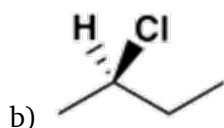
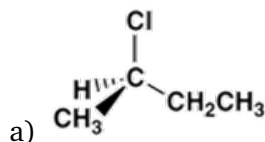
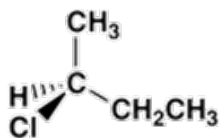
1.9 Welche Carbonsäure ist die sauerste?

- a) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$
- b) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{Cl})\text{CO}_2\text{H}$
- c) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$
- d) $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$

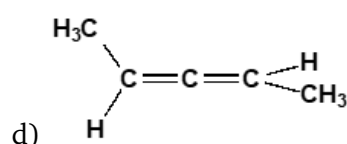
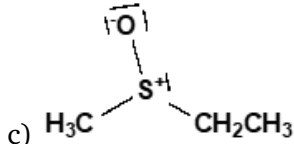
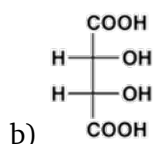
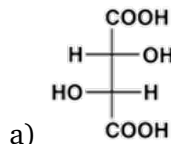
1.10 Welches der folgenden Paare ist **kein** konjugiertes Säure-Base Paar?

- a) $\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$ and $\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CO}_2^-$
- b) $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CO}_2\text{H}$ and $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CO}_2^-$
- c) $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CO}_2\text{H}$ and $\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CO}_2^-$
- d) $\text{H}_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CO}_2^-$ and $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CO}_2^-$

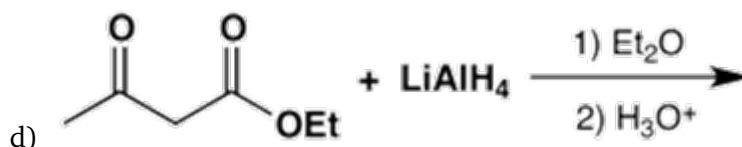
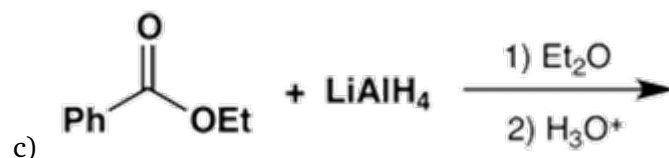
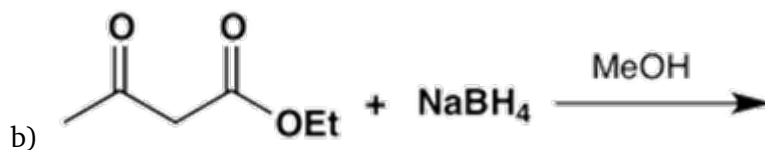
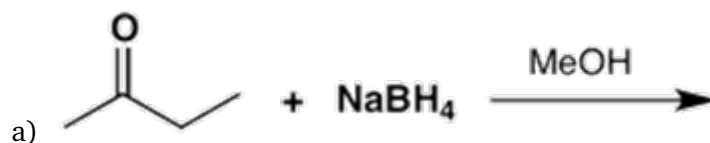
1.11 Welche der Verbindungen a) – d) ist die gleiche wie die folgende?



1.12 Welche der folgenden Verbindungen ist achiral?



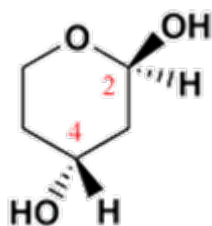
1.13 Welche der folgenden Reaktionen ergibt ein Produkt, das kein Stereozentrum enthält?



1.14 Welche der Verbindungen a) – d) ist **kein** Allyl-Anion-Analog?

- a) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$
- b) $^-\text{CH}_2\text{CO}_2\text{Et}$
- c) $^-\text{CH}_2\text{NO}_2$
- d) $\text{CH}_3\text{OCH}=\text{CH}_2$

1.15 Welches ist die korrekte Chiralitätsbezeichnung am C2 und C4 Atom der folgenden Verbindung?



- a) 2*S*, 4*S*
- b) 2*R*, 4*R*
- c) 2*S*, 4*R*
- d) 2*R*, 4*S*

AUFGABE 2 - LÖSLICHKEIT: FLUORESZENZ UND URANIN**8.0 PUNKTE**

In dieser Aufgabe schauen wir uns Fluoreszein an, oder um etwas genauer zu sein, sein Natriumsalz Uranin ($\text{C}_{20}\text{H}_{10}\text{Na}_2\text{O}_5$). Uranin ist in Wasser sehr gut löslich, eine gesättigte Lösung hat eine Konzentration von 500 g L^{-1} .

2.1 Wie hoch ist die Konzentration einer gesättigten Uraninlösung in mol L^{-1} ?

2.2 Geben Sie das Löslichkeitsprodukt von Uranin in $\text{mol}^3 \text{L}^{-3}$ an.

2.3 Wir haben einen Eimer Wasser. Darin haben wir schon 100 g Kochsalz (NaCl) gelöst. Wenn wir Uranin hinzufügen, erhalten wir nach der Zugabe von 0.5 kg eine gesättigte Lösung, in der sich kein weiteres Uranin löst. Wie gross ist das finale Volumen der Lösung?

Löst man Uranin in Wasser, so beobachtet man ein Phänomen, welches Fluoreszenz genannt wird. Eine Lösung von Uranin erscheint grün, da ein Teil des einfallenden Lichts absorbiert und nur der grüne Anteil reflektiert wird. Circa 0.05 g m^{-3} sind nötig, um den Farbeffekt zu sehen.

Sie leben in Graubünden und möchten herausfinden, ob der Fluss bei Ihrem Haus in den Zürichsee oder in den Bodensee fliesst. Sie haben gelesen, dass Uranin keine Umweltschäden verursacht und deshalb entschliessen Sie sich zu einem Experiment, um heraus zu finden, wohin der Fluss fliesst.

Nach Ihren Informationen besitzen der Zürichsee und der Bodensee ein Volumen von 3.9 km^3 bzw. 48 km^3 . Sie wollen die gesättigte Uraninlösung benutzen, die immer noch in Ihrem Keller steht.

2.4 Wie viele Liter Ihrer Lösung sollten Sie in den kleinen Fluss bei Ihrem Haus schütten?

2.5 Warum könnten Sie nicht einfach gerade so viel Ihrer Lösung hineinschütten, dass man sie aufspüren kann, wenn alles davon in den Kleineren der beiden Seen fliesst?

2.6 Was passiert mit dem Fluss, nachdem Sie Ihre Lösung hineingeschüttet haben?

2.7 Was würden Sie tun, um das Problem, das in 2.6 auftritt, zu vermeiden?

AUFGABE 3 - TITRATION: ÄPFELSÄURE UND MALEINSÄURE**10.0 PUNKTE**

In reifen Früchten wie Äpfel und Birnen ist die häufigste Säure Äpfelsäure, eine zweiprotonige Säure, die auch synthetisch hergestellt und z.B. in sauren Apfelingen verwendet wird. Wenn diese Säure erhitzt wird (ca. 250°C) bildet sich Maleinsäure.

Die folgende Tabelle zeigt Ihnen die Formel und Säurestärke:

Fruchtsäure	Vereinfachte Formel	$pK_{a,1}$	$pK_{a,2}$
Äpfelsäure	$\text{HOOC}-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	3.45	5.6
Maleinsäure	$\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$	1.9	6.5

3.1 Welche der beiden Säuren ist chiral? Zeichnen Sie ihre Skelettformel und markieren Sie das chirale Zentrum!

3.2 Betrachten Sie nun nur die erste Säure, Äpfelsäure: Können Sie bestimmen, ob ein bestimmtes H als H^+ zuerst abgegeben wird? Warum genau dieses oder warum nicht?

3.3 Ein relativ sauer schmeckender Fruchtsaft wird titriert. Der pH-Wert beträgt zu Beginn 2.3. Zeigen Sie anhand einer kurzen Berechnung, welche Konzentration von Äpfelsäure sich daraus ergibt! Nehmen Sie an, dass Äpfelsäure die einzige im Fruchtsaft enthaltene Säure ist.

3.4 Um die Menge an Äpfelsäure genau zu bestimmen werden 100 ml Fruchtsaft mit einer 1 mol L^{-1} Natriumhydroxidlösung (NaOH) titriert; es werden 23 ml NaOH Lösung benötigt, um die Säure vollständig zu neutralisieren. Welcher Gehalt an Äpfelsäure in g L^{-1} sollte auf der Fruchtsaftpackung stehen?

3.5 Stellen Sie sich vor, Sie titrieren 0.2 mol L^{-1} Maleinsäure mit 1 mol L^{-1} Natriumhydroxidlösung. Skizzieren Sie die zu erwartende Titrationskurve.
Welche Verbindung(en) sollte(n) in welcher Konzentration exakt bei $\text{pH} = 5.5$ vorliegen? Sie können gewisse Näherungen verwenden.

AUFGABE 4 - THERMODYNAMIK: GASHEIZGERÄT EINES HAUSES**11.5 PUNKTE**

Heute benutzen viele Häuser ein Gasheizgerät, um die Temperatur in den kalten Wintermonaten konstant zu halten. In dieser Aufgabe wollen wir einen Blick auf die Thermodynamik wenden, die solchen Geräten zugrunde liegt, und sie bei der Berechnung der energetischen Eigenschaften des Gases anwenden. Wir betrachten ein Gasheizgerät, das Erdgas als Energiequelle benutzt. Wir nehmen an, dass das Gas ausschliesslich aus 70 % Methan (CH_4), 20 % Ethan (C_2H_6) und 10 % Ethylen (C_2H_4) besteht (Prozentangaben in Massenprozent).

4.1 Geben Sie die Reaktionsgleichung für die Verbrennung jedes einzelnen Bestandteils an.

Die Standardbildungsenthalpie einer Verbindung ist die Enthalpieänderung bei der Bildung der Verbindung aus den Elementen in ihrem stabilsten Zustand unter Standard Bedingungen. In dieser Aufgabe können für alle Reaktionen Standardbedingungen angenommen werden.

Verbindung	Bildungsenthalpie (kJ mol^{-1})
CH_4	-74.53
C_2H_6	-83.75
C_2H_4	+52.53
CO_2	-393.47
H_2O	-292.74

Eine positive Standardbildungsenthalpie bedeutet, dass Wärme benötigt wird, um die Verbindung aus den Elementen zu bilden, eine negative, dass Wärme freigesetzt wird. Die Standardreaktionsenthalpie kann berechnet werden, indem man die Standardbildungsenthalpie der Produkte von derjenigen der Edukte abzieht.

4.2 Berechnen Sie die Standard Reaktionsenthalpie für die obigen Verbrennungsreaktionen per Mol des betreffenden Gases mit den Daten aus der Tabelle.

Da wir jetzt die Wärmemenge für die einzelnen Reaktionen kennen, können wir diese in einer realistischen Situation anwenden. Der Winter brach über die Schweiz herein und die Aussentemperatur fiel auf 0°C . Wir kauften ein neues Haus und wollen einziehen. Unsere bevorzugte Wohlfühltemperatur ist 20°C . Das Haus umfasst ein Volumen von 500 m^3 und soll perfekt isoliert und luftdicht sein. Der Luftdruck im Haus beträgt $100'000\text{ Pa}$ und die molare Masse von Luft beträgt 28.96 g mol^{-1} .

4.3 Berechnen Sie die Masse an Luft in kg in dem Haus.

Die Wärmemenge, die benötigt wird, um die Temperatur zu ändern, kann einfach mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$\Delta H = C_v \cdot \Delta T \cdot m$$

wobei $C_v = 0.718 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$ als Konstante angenommen werden kann.

4.4 Berechnen Sie die Enthalpiedifferenz, die benötigt wird, um unser Haus von der Aussentemperatur auf die gewünschte Temperatur zu erwärmen.

4.5 Berechnen Sie die Anzahl Mol in 1 kg Erdgas für jeden Bestandteil.

4.6 Berechnen Sie die Masse an Gas, die benötigt wird, um das Haus zu erwärmen.

AUFGABE 5 - KINETIK: RADIOAKTIVER ZERFALL IN EINEM APFELBAUM**14.0 PUNKTE**

Im Zuge der Nuklearkatastrophe von Tschernobyl wurden viele umweltgefährdende Substanzen freigesetzt. In dieser Aufgabe werden wir die Radioaktivität des Isotops ^{137}Cs betrachten, und annehmen, dass nur dieses Isotop freigesetzt wurde. Cäsium zerfällt unter β^- -Zerfall und hat eine Halbwertszeit von $t_{1/2}(^{137}\text{Cs}) = 30.19 \text{ a}$. Dies bedeutet, dass es 30.19 Jahre dauert, bis die Hälfte der jeweils vorhandenen Atome zerfallen ist.

5.1 Geben Sie die vollständige Zerfallsreaktion von ^{137}Cs .

5.2 Berechnen Sie die Zerfallskonstante für die obige Reaktion.

Angenommen, ein halbkugelförmiges Gebiet mit einem Radius von 10 km um den Reaktor wurde mit 20 kg ^{137}Cs kontaminiert. Die für Menschen zuträgliche Strahlung wird durch die Aktivität einer Probe gemessen. Die Aktivität A kann mit der Zerfallskonstante k und der Anzahl Kerne N durch die Formel $A = k \cdot N$ berechnet werden. Die molare Masse $M(^{137}\text{Cs})$ von Cäsium sei 136.9 g mol^{-1} . Das Volumen einer Kugel mit Radius r beträgt $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.

5.3 Berechnen Sie die Aktivität in Bq m^{-3} ($\text{s}^{-1} \text{ m}^{-3}$) in dem 10 km Umkreis um den Reaktor.

Gemäss dem Schweizer Strahlenschutzgesetz von 1994, beträgt die maximal zulässige Aktivität innerhalb einer Behausung 1000 Bq m^{-3} und innerhalb von Arbeitsräumen 3000 Bq m^{-3} .

5.4 In welchem Jahr könnten Menschen gemäss dem oben zitierten Gesetz wieder in dem 10 km Umkreis um den Reaktor arbeiten? Wann könnten Sie wieder dort wohnen?

Dimitri, eine fiktive Person, war ausser Landes gewesen, als sich die Katastrophe ereignete. Trotz aller Warnungen seiner Familienmitglieder kehrte er ein Jahr nach der Katastrophe dorthin zurück, um zu schauen, ob sein geliebter Apfelbaum überlebt hatte. Da der Baum lange Zeit in dem kontaminierten Gebiet war, hat sich ein Gleichgewicht eingestellt, in dem er 0.01 ppm ($\text{ppm} = 10^{-6}$) der gegenwärtig existierenden Menge an ^{137}Cs im kontaminierten Gebiet enthält. Es wird angenommen, dass die Kontamination gleichmässig über den ganzen Baum verteilt ist.

Dimitri nahm den Baum in ein sicheres Land mit. Um seine Gesundheit besorgt, fand Dimitri heraus, dass die maximale radioaktive Aktivität in Nahrungsmitteln kleiner als 600 Bq kg^{-1} sein muss. Folglich wog er den Apfelbaum und erhielt eine Masse von 5000 kg. Da es ein alter Baum ist, kann Wachstum vernachlässigt und die Masse als konstant angenommen werden. Ferner weiss er, dass 250 kg Äpfel pro Jahr produziert wurden und dass das radioaktive Material nach wie vor über den ganzen Baum gleichmässig verteilt ist.

5.5 Wann kann Dimitri wieder seine Äpfel geniessen, wenn er nur die Halbwertszeit von ^{137}Cs berücksichtigt?

Dimitri war traurig, dass es so lange dauern würde. Deshalb recherchierte er ein wenig mehr und fand heraus, dass die Abnahme an Aktivität schneller erfolgt als mit der gegebenen Halbwertszeit. Der Baum verliert nämlich jedes Jahr kontaminierte Äpfel, so dass sich die Menge an ^{137}Cs schneller verringert als durch die Halbwertszeit gegeben.

5.6 Wie lange muss Dimitri jetzt warten, bis seine Äpfel ohne Gefahr gegessen werden können?

5.7 Dimitri ist jetzt 20 Jahre alt. Denken Sie, dass er seine geliebten Äpfel eines Tages wieder essen kann?

AUFGABE 6 - REDOX UND ELEKTROCHEMIE: UNBEKANNTES METALL**9.0 PUNKTE**

Bei Aufräumarbeiten im Labor wurde ein farbloser Block eines unbekannten Metalls gefunden. Da genügend Metall vorhanden war, sollte ein galvanisches Element damit gebaut werden.

6.1 Einige Testreaktionen werden durchgeführt. Formulieren Sie Ihre eigenen Schlussfolgerungen für jeden Fall (Test i) bis und mit iii))!

- i) Wird eine Quecksilberlösung (Hg^{2+}) daraufgetropft, scheidet sich eine dunkle Schicht metallischen Quecksilbers ab.
- ii) Wird das Metall in eine Zinnlösung (Sn^{2+}) gegeben, findet keine Reaktion statt!
- iii) Das Metall reagiert mit elementarem Iod (I_2) und bildet ein Salz.

Das Metall ist auf der folgenden Redox-tabelle aufgelistet. Welches Metall ist es? Ist es ein stärkeres oder schwächeres Reduktionsmittel als Eisen?

Standardelektrodenpotentiale					
Ionenkonzentrationen: 1 mol L ⁻¹ in Wasser, 25°C, Angaben in Volt					
Li	Li^+	-3.05	Sn^{2+}	Sn^{4+}	0.15
K	K^+	-2.93	Cu	Cu^{2+}	0.35
Ca	Ca^{2+}	-2.87	4 OH ⁻	$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ (pH = 14)	0.40
Na	Na^+	-2.71	2 I ⁻	I_2	0.54
Mg	Mg^{2+}	-2.37	Fe^{2+}	Fe^{3+}	0.75
Al	Al^{3+}	-1.66	Ag	Ag^+	0.80
$\text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	$2 \text{H}_2\text{O}$ (pH = 14)	-0.83	$\text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	$\text{HNO}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$	0.81
Zn	Zn^{2+}	-0.76	4 OH ⁻	$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ (pH = 7)	0.83
Cr	Cr^{3+}	-0.74	Hg	Hg^{2+}	0.85
$2 \text{Ag} + \text{S}^{2-}$	Ag_2S	-0.71	2 Br ⁻	Br_2	1.07
S^{2-}	S	-0.51	Pt	Pt^{2+}	1.20
Fe	Fe^{2+}	-0.44	6 H ₂ O	$\text{O}_2 + 4 \text{H}_3\text{O}^+$ (pH = 0)	1.24
$\text{H}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	$2 \text{H}_3\text{O}^+$	-0.42	$2 \text{Cr}^{3+} + 21 \text{H}_2\text{O}$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}_3\text{O}^+$	1.35
$\text{Pb} + \text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$	$\text{PbSO}_4 + \text{H}_3\text{O}^+$	-0.36	2 Cl ⁻	Cl_2	1.36
Ni	Ni^{2+}	-0.25	Au	Au^{3+}	1.42
Sn	Sn^{2+}	-0.14	$\text{Mn}^{2+} + 12 \text{H}_2\text{O}$	$\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}_3\text{O}^+$ (pH = 0)	1.51
Pb	Pb^{2+}	-0.13	$\text{PbSO}_4 + 5 \text{H}_2\text{O}$	$\text{PbO}_2 + \text{HSO}_4^- + 3 \text{H}_3\text{O}^+$	1.68
$\text{H}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	$2 \text{H}_3\text{O}^+$	± 0	2 F ⁻	F_2	2.87

6.2 Sollte man für eine erfolgreiche Strategie eher ein schwächeres oder eher ein stärkeres Reduktionsmittel als das Metall verwenden, um mit dem Metall ein galvanisches Element zu bauen? Und wieso?

6.3 Angenommen Sie finden etwas Silber und Silbersalze in dem Labor. Skizzieren Sie ein galvanisches Element, das mit dem unbekannten Metall und Silber funktioniert. Bezeichnen Sie die Pole korrekt.

6.4 Was sind die Reaktionen, die an der Anode und an der Kathode in Ihrer galvanischen Zelle stattfinden? Welche Spannung erwarten Sie? Unter welchen Bedingungen?

AUFGABE 7 - LAMBERT-BEER'SCHES GESETZ: ANALYSE VON KUPFERSALZSPUREN

8.5 PUNKTE

Kupfersalze werden oft benutzt, um Trauben während der Reifeperiode damit zu besprühen. Es gibt bestimmte Regeln, wann Sprühen letztmalig erlaubt ist, um einen zu hohen Kupfergehalt im Wein zu verhindern. Trotzdem können Spuren von Kupfer in bestimmten Rotweinen nachgewiesen werden.

Wenn eine Lösung von einem Lichtstrahl der Intensität I_0 durchquert wird, nimmt die Lichtintensität ab und wird zu $I < I_0$. Für die Messungen gilt das 1729 erstmals formulierte und 1852 von August Beer ergänzte Gesetz, wonach sich die Extinktion, d.h. die Absorption des Stoffes für Licht der Wellenlänge, aus einem Extinktionskoeffizienten mal Konzentration mal Schichtdicke ergibt:

$$A = \log \left(\frac{I_0}{I} \right) = \log \left(\frac{1}{\tau} \right) = \epsilon(\lambda) \cdot c \cdot d$$

Wobei:

- c : Konzentration der absorbierenden Substanz in der Flüssigkeit (Einheit: $[\text{mol m}^{-3}]$).
- $\epsilon(\lambda)$: Molarer Extinktionskoeffizient bei einer Wellenlänge λ . Diese Grösse ist substanzspezifisch und hat die Einheit $[\text{m}^3 \text{mol}^{-1} \text{m}^{-1}]$ (ältere, nicht SI-konforme Einheit: $[\text{L mol}^{-1} \text{m}^{-1}]$).
- d : Pfadlänge des Lichtes im Material, Einheit: $[\text{m}]$.
- τ ist definiert als Transmission

Die Beziehung zwischen Wellenlänge und Farbe ist in folgender Darstellung gezeigt:



7.1 Wenn man eine Lösung von Kupfersulfat im Labor misst, fällt einem zuerst die hellblaue Farbe der Kupferlösung mit einem Stich ins Türkis auf. Eine Kupfernitratlösung hat dieselbe Farbe. Welches Teilchen ist für die Farbe verantwortlich? Welche Farbe hat das absorbierte Licht?

7.2 Bei der Messung einer Kupfersulfatlösung werden folgende Messwerte in einer 4 cm dicken Zelle bei einer Wellenlänge von 635 nm erhalten:

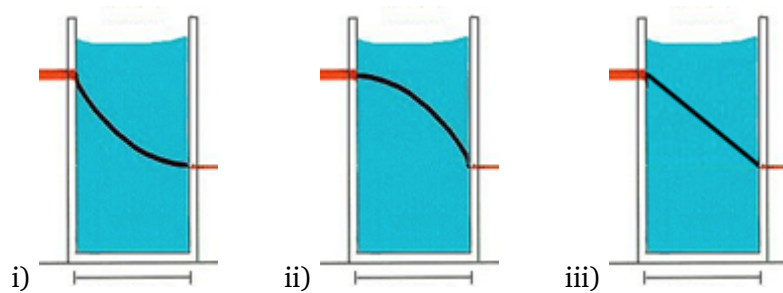
Konzentration	Absorption
0.1 mol L ⁻¹	0.236
0.2 mol L ⁻¹	0.473
0.4 mol L ⁻¹	0.936

Bestimmen Sie den Extinktionskoeffizienten! Wie bekommen Sie ein genaueres Resultat?

7.3 Im Juli findet man beim Waschen von 100 g Trauben mit 200 ml destilliertem Wasser im Waschwasser einen Absorptionswert von 0.0017. Wie hoch war die Kupferkonzentration in der Waschlösung und wieviel Kupfersulfat befand sich auf der Oberfläche?

7.4 Um den Kupfergehalt in Wein zu bestimmen für die Qualitätskontrolle, werden die Kupferionen mit Phenanthrolin komplexiert. Die Messungen erfolgen bei 554 nm. Welche Farbe hat der Komplex Ihrer Meinung nach? Warum benutzt man den Phenanthrolin-Komplex anstatt Cu^{2+} direkt zu messen?

7.5 Welche der folgenden Abbildungen beschreibt die Intensität als Funktion des Weges durch die Lösung bestmöglich? Wieso?

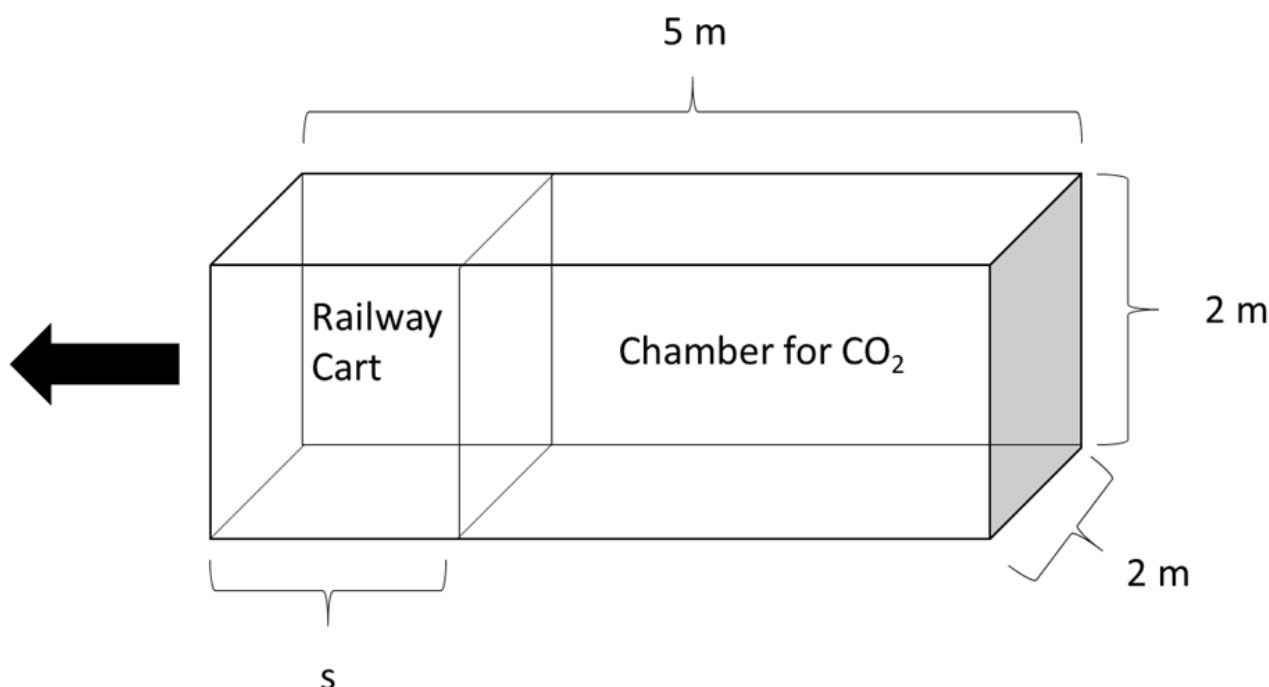


AUFGABE 8 - IDEALES GASGESETZ: START EINER ACHTERBAHNFAHRT

12.0 PUNKTE

Die Chemiker der Universität der Neugierde haben ein neues Projekt gestartet. Sie wollen etwas mehr Spass auf ihrem Campus haben und haben daher beschlossen, eine Achterbahn mit dem zu bauen, was sie im Labor haben. Unser Labor ist für die Startbox verantwortlich. Der Ausgangsdruck auf dem gesamten Campus beträgt $1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa}$. Die Temperatur kann als konstant bei 25°C angenommen werden.

Der Kasten, in dem der Waggon beschleunigt wird, ist $L = 5 \text{ m}$ lang, $H = 2 \text{ m}$ hoch und $B = 2 \text{ m}$ breit und funktioniert wie ein Pneumatikzylinder. Die Achterbahn wird mit festem CO_2 (Trockeneis) beschleunigt, das sich im Gasraum hinter dem Kolben befindet und vollständig verdampfen soll. Sobald es vollständig verdampft ist, werden die Bremsen gelöst und der Waggon wird durch den aufgebauten Druck beschleunigt, bis er aus der Box herausgeschoben wird, was einer Weglänge von 0.1 m entspricht, so dass der Gasraum dahinter $L' = 4.9 \text{ m}$ lang ist. Nach dieser Beschleunigung sollte er eine Geschwindigkeit von $v = 100 \text{ km h}^{-1}$ erreicht haben.



Railway Cart: Achterbahnwagen; Chamber for CO_2 : Gasraum für CO_2

8.1 Bei einer Versuchsfahrt sitzt aus Sicherheitsgründen niemand im Waggon, so dass dieser nur 1200 kg wiegt. Bestimmen Sie die Masse an festem CO_2 , die nötig wäre, um die gewünschte Geschwindigkeit von 100 km h^{-1} zu erreichen. Sie können davon ausgehen, dass der Druck vom Beginn der Beschleunigung bis zum Verlassen des Waggons konstant bleibt.

Hinweis: Die Strecke, die ein mit der Beschleunigung a beschleunigtes Objekt in der Zeit t zurücklegt, ergibt sich aus $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$.

8.2 Als sie merkten, wie viel Trockeneis benötigt wird, und angesichts der Tatsache, dass der Wagen auch schwerer wird, wenn er mit Menschen gefüllt ist, beschlossen sie, ihr System effizienter zu machen. Daher komprimierten sie das CO_2 weiter, indem sie den Kolben weiter in die Startbox drückten. Der Beschleunigungsweg ist nun $s = 4 \text{ m}$ und die Länge der Gaskammer ist $L' = 1 \text{ m}$. Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Wagens, wenn er wie in Aufgabe 8.1 die Startbox verlässt. (Falls Sie die Auf-

gabe 8.1 nicht lösen konnten, nehmen Sie eine Masse von 400 kg Trockeneis an, die in die Kammer geladen ist).

8.3 Berechnen Sie die kinetische Energie, die der Wagen in Aufgaben 8.2 erhalten hat.

8.4 Diese Energiemenge scheint ein wenig zu gross. Finden Sie die Energiemenge heraus, die aus dem komprimierten Gas in dem Raum wie in 8.2 herausgeholt werden kann.

8.5 Es ist unmöglich, dass der Schienenwagen mehr kinetische Energie gewonnen hat als im komprimierten Gas vorhanden war. Wo liegt der konzeptionelle Fehler in der Berechnung in 8.2 and 8.3?

8.6 Was können Sie tun, um den Fehler auszumerzen bzw. zu reduzieren, so dass Ihre Näherung wieder ein gutes Ergebnis liefert?

AUFGABE 9 - ORGANISCHE REAKTIONEN: STANDARDREAKTIONEN**9.0 PUNKTE**

In Aufgabe 3 wurde erwähnt, dass man aus Äpfelsäure Maleinsäure bilden kann, wenn man sie bis auf ca. 250°C erhitzt. Hier die einfachen Strukturformeln der beiden Säuren:

Äpfelsäure: $\text{HOOC}-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$

Maleinsäure: $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$

9.1 Geben Sie die Reaktionsgleichung mit den Skelettformeln an und benennen Sie das Nebenprodukt der oben beschriebenen Reaktion.

Wie nennt man eine solche Reaktion? Wie wird sie normalerweise katalysiert – und wie speziell in diesem Fall?

9.2 Geben Sie die korrekten Namen nach den IUPAC Regeln für die beiden Säuren an.

9.3 Die Reaktion von Äpfelsäure zu Milchsäure in jungen Weinen wird oft als sekundäre Gärung bezeichnet. In diesem Prozess geht die schwächere Säuregruppe als Kohlendioxid verloren. Skizzieren Sie die Reaktion mit den Skelettformeln und benennen Sie diese Art von Reaktion.

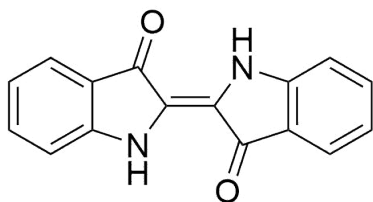
9.4 Was ist an einer möglichen Stereochemie während dieser Reaktion speziell?

9.5 Die anfangs erwähnte Maleinsäure reagiert bei höheren Temperaturen zu einer zyklischen Form mit cis/trans-Isomerisierung, gefolgt von der Elimination von Wasser. Zeichnen Sie die Skelettformel des Produkts und benennen Sie diesen Reaktionstyp. Wie nennet man die umgekehrte Reaktion?

AUFGABE 10 - ORGANISCHE SYNTHESE: INDIGOSYNTHESE

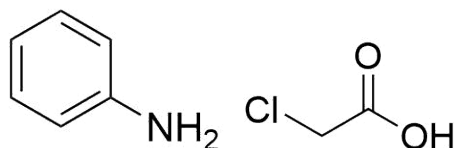
6.0 PUNKTE

Der Industriechemiker Heumann beschrieb zwei verschiedene Synthesewege für den blauen Farbstoff Indigo. Der Unterschied liegt in der Bildung einer der Reaktanden für die endgültige Reaktion.



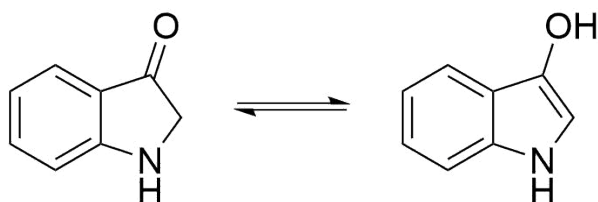
Dies ist das Molekül Indigo, welches über beide Reaktionswege erhalten werden soll.

Für den ersten Weg beginnen wir mit den folgenden zwei Reaktanden:

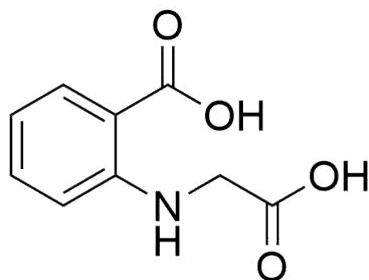


10.1 Was werden die Produkte sein, wenn die beiden oben gezeigten Moleküle miteinander reagieren?

10.2 Was benötigt man, um das Produkt Indoxyl aus dem ersten Reaktionsschritt zu erhalten? Wie nennt man solch eine Verbindung?



10.3 Der andere mögliche Reaktand ist unten gezeigt. Welches Nebenprodukt entsteht, wenn es zu dem gleichen Produkt (Indoxyl) reagiert wie in der ersten Reaktionssequenz? Würde man eher kühlen oder heizen?



10.4 Was wird benötigt, um zwei Indoxyleinheiten aus dem ersten Reaktionsweg zu Indigo zu kombinieren? Was wird dabei das Nebenprodukt sein?

10.5 Welche charakteristische Eigenschaft eines Farbstoffs besitzt Indigo? Wie lässt diese Indigo für das menschliche Auge blau erscheinen?