



CHIMIESOLYMPIAD
LÉTZEBUERG 2024

HALBFINALE: Aufgaben

Liebe SchülerInnen,

Wir gratulieren Euch zur Teilnahme an der Chemieolympiade und wünschen Euch viel Erfolg in dieser zweiten Prüfung. Wir gratulieren Euch ebenfalls, dass Ihr die erste Prüfung erfolgreich abgeschlossen habt, was Euch erlaubt am Halbfinale „Textaufgaben“ teilzunehmen. **Lest vor dem Test, die folgenden Erklärungen aufmerksam durch!**

Ihr findet in diesem Test vier Textaufgaben welche folgenden Bereiche der Chemie behandeln: Allgemeine Chemie, Stöchiometrie, Säuren-Basen, Kinetik und chemische Gleichgewichte.

Ihr habt **zwei Stunden** Zeit zur Bearbeitung der Fragen. Ihr dürft einen nicht programmierbaren Taschenrechner benutzen, aber ihr dürft keine persönlichen Dokumente verwenden.

Schreibt Euren Namen und den Namen eures Lycées jeweils an den Anfang jeder Frage. Antwortet auf jede Textaufgabe auf das Blatt (Vorder- und Rückseite, falls notwendig) wo sich die Fragen befinden. **Der Rechenweg und Eure Überlegungen müssen klar ersichtlich sein. Begründet Eure Antworten und gebt die Einheiten der Endergebnisse an.** Das letzte Blatt des Fragebogens ist ein Blatt zur Vorbereitung Eurer Antworten. Dieses Blatt wird nicht gewertet. Trennt die beiden ersten Seiten von Test ab und bewahrt sie auf.

Nach der Auswertung dieser zweiten Prüfung werden die 12 besten Schülerinnen und Schüler zu einer letzten (praktischen) Prüfung eingeladen, die am **20. April 2024** in den Laboratorien der Universität Luxemburg (Standort Limpertsberg) stattfinden wird. Diese letzte Prüfung wird die vier Gewinner der nationalen Chemieolympiade auswählen, die gleichzeitig das luxemburgische Team für die 56. IChO bilden werden, die vom 21. bis 30. Juli 2024 in Saudi-Arabien organisiert wird. Weitere Informationen sind hier zu finden: <https://chimie.olympiades.lu/>.

Die Resultate dieser zweiten Prüfung werden zur Ermittlung der vier Finalisten mit herangezogen!!!

Viel Erfolg!

Die Organisatoren der Chemieolympiade

Trennen Sie diese Seite ab und bewahren Sie sie auf!



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Éducation nationale,
de l'Enfance et de la Jeunesse



uni.lu
UNIVERSITÉ DU
LUXEMBOURG



Fonds National de la
Recherche Luxembourg



CHAMBRE DES SALAIRES
LUXEMBOURG

andré losch
fondatioun

Nützliche Konstanten

(Trennt dieses Blatt bei Bedarf ab)

Periodensystem der Elemente

I	1,0 H 1	II																	III	IV	V	VI	VII	VIII	
	6,9 Li 3	9,0 Be 4																	10,8 B 5	12,0 C 6	14,0 N 7	16,0 O 8	19,0 F 9	20,2 Ne 10	1
	23,0 Na 11	24,3 Mg 12																	27,0 Al 13	28,1 Si 14	31,0 P 15	32,1 S 16	35,5 Cl 17	39,9 Ar 18	2
	39,1 K 19	40,1 Ca 20	45,0 Sc 21	47,9 Ti 22	50,9 V 23	52,0 Cr 24	54,9 Mn 25	55,8 Fe 26	58,9 Co 27	58,7 Ni 28	63,5 Cu 29	65,4 Zn 30	69,7 Ga 31	72,6 Ge 32	74,9 As 33	79,0 Se 34	79,9 Br 35	83,8 Kr 36	3						
	85,5 Rb 37	87,6 Sr 38	88,9 Y 39	91,2 Zr 40	92,9 Nb 41	95,9 Mo 42	(97) Tc 43	101,1 Ru 44	102,9 Rh 45	106,4 Pd 46	107,9 Ag 47	112,4 Cd 48	114,8 In 49	118,7 Sn 50	121,8 Sb 51	127,6 Te 52	126,9 I 53	131,3 Xe 54	4						
	132,9 Cs 55	137,3 Ba 56	57-71	178,5 Hf 72	180,9 Ta 73	183,8 W 74	186,2 Re 75	190,2 Os 76	192,2 Ir 77	195,1 Pt 78	197,0 Au 79	200,6 Hg 80	204,4 Tl 81	207,2 Pb 82	209,0 Bi 83	(209) Po 84	(210) At 85	(222) Rn 86	5						
	223 Fr 87	226 Ra 88	89-103	(267) Rf 104	(268) Db 105	(269) Sg 106	(270) Bh 107	(269) Hs 108	(278) Mt 109	(281) Ds 110	(282) Rg 111	(285) Cn 112	(286) Nh 113	(289) Fl 114	(290) Mc 115	(293) Lv 116	(294) Ts 117	(294) Og 118	6						
	Lanthanoide		138,9 La 57	140,1 Ce 58	140,9 Pr 59	144,2 Nd 60	(145) Pm 61	150,4 Sm 62	152,0 Eu 63	157,3 Gd 64	158,9 Tb 65	162,5 Dy 66	164,9 Ho 67	167,3 Er 68	168,9 Tm 69	173,0 Yb 70	175,0 Lu 71		7						
	Actinoide		(227) Ac 89	232,0 Th 90	231,0 Pa 91	238,0 U 92	(237) Np 93	(244) Pu 94	(243) Am 95	(247) Cm 96	(247) Bk 97	(251) Cf 98	(252) Es 99	(257) Fm 100	(258) Md 101	(259) No 102	(266) Lr 103								

Konstanten

$R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ $1 \text{ F} = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $R = 8,21 \cdot 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 Volumen eines idealen Gases bei 273 K und 101325 Pa: $22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ ($\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$)

Vereinfachte Formeln der pH-Berechnung:

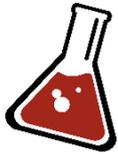
starke Säure	schwache Säure	starke Base	schwache Base
$pH = -\log c_{\text{Säure}}$	$pH = \frac{1}{2}(pK_S - \log c_{\text{Säure}})$	$pH = 14 + \log c_{\text{Base}}$	$pH = 14 - \frac{1}{2}(pK_B - \log c_{\text{Base}})$

Pufferlösung: $pH = pK_S + \log \frac{c_{\text{base}}}{c_{\text{acide}}}$ bei 25 °C: $K_w = K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-14}$

Thermochemie:

$\Delta_R H = Q_p + W$	$\Delta_R G = \Delta_R H - T \cdot \Delta_R S$
$\Delta_R S = \frac{Q}{T}$	$\Delta_R G = -R \cdot T \cdot \ln K$





NAME: _____

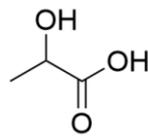
Vorname: _____

Schule: _____

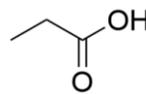
Aufgabe I: Alles rund um den Käse

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total Aufgabe I
2	1	1	2	2	2	2	2	4	6	6	30

Obwohl es viele Unterschiede im Prozess der Käseherstellung gibt, ist die Umwandlung von Laktose in Milchsäure während der Fermentation ein chemischer Schlüsselprozess, unabhängig von der Herkunft des Käses.



Milchsäure



Propansäure

Die Dissoziationskonstante der Milchsäure ist $K_S = 1,38 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$.

1. Schreiben Sie die Formel und den systematischen Namen (IUPAC) der konjugierten Base der Milchsäure auf.

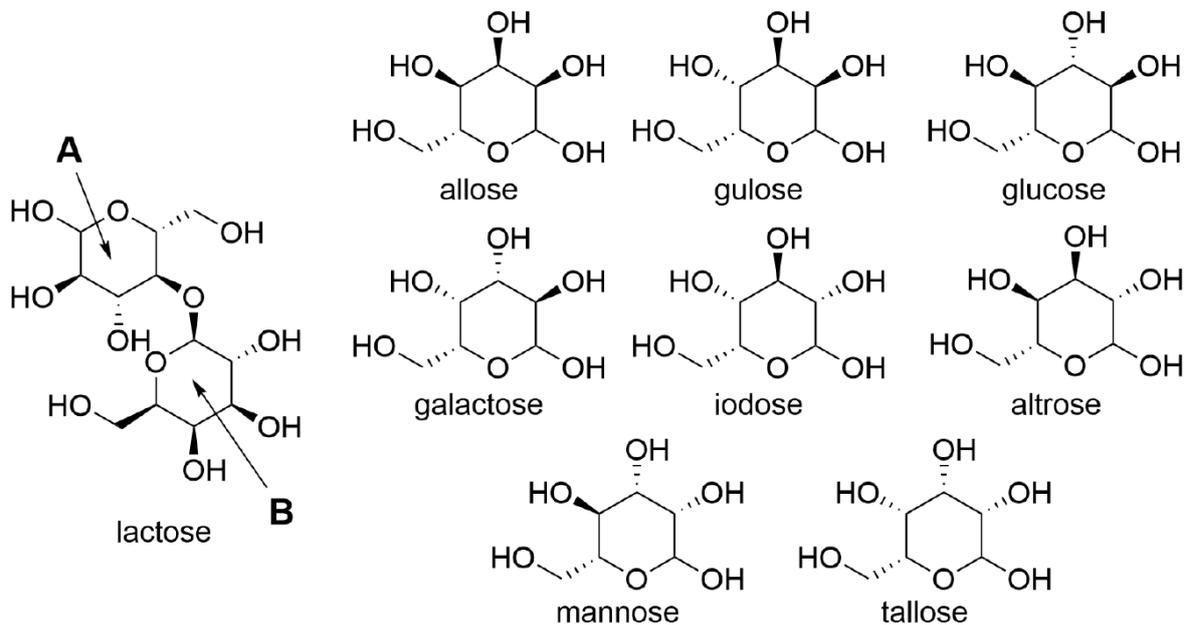
2. Berechnen Sie den pK_S -Wert der Milchsäure.

Die Milchsäure ist eine stärkere Säure als die Propansäure. Dies liegt an der Wasserstoffbrücke, welche die konjugierte Base stabilisiert.

3. Zeichnen Sie die Struktur der konjugierten Base der Milchsäure, welche die Wasserstoffbrücke zeigt.



Die Laktose, welche sich am Anfang in der Milch befindet, ist ein Disaccharid mit der chemischen Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$. Während des ersten Schrittes in der Umwandlung der Laktose in Milchsäure wird die Laktose zu zwei Monosacchariden **A** und **B** umgewandelt.



4. Wie kann man die Reaktion von Laktose zur Bildung der beiden Monosaccharide einordnen. Kreuzen Sie die richtige Antwort an.

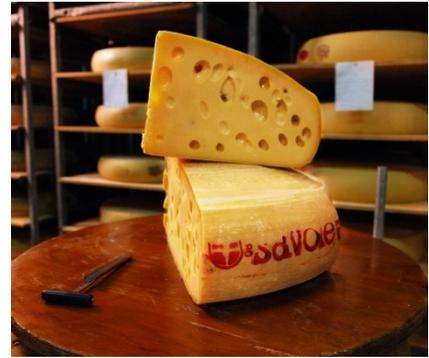
<input type="checkbox"/>	Oxidation
<input type="checkbox"/>	Reduktion
<input type="checkbox"/>	Kondensation
<input type="checkbox"/>	Hydrolyse
<input type="checkbox"/>	Isomerisation
<input type="checkbox"/>	Eliminierung

5. Geben Sie die Namen der beiden Monosaccharide (A und B), die zusammen die Laktose bilden, an.

Die Umwandlung von Laktose in Milchsäure wird von Bakterien in einem komplexen biochemischen Prozess durchgeführt, doch Milchsäure ist oft das einzige Produkt.

6. Schlagen Sie eine Gleichung (mit Summenformeln) für die Umwandlung von Laktose in Milchsäure vor.

Viele Schweizer Käsesorten, wie z. B. Emmentaler, sind berühmt für die Löcher oder "Augen", die im Käse erscheinen. Um diese Löcher zu produzieren, spielt eine andere Bakterienart, *Propionibacterium freudenreichii*, eine wichtige Rolle. Dieses Bakterium wandelt die Milchsäure in Propansäure, Ethansäure, Kohlenstoffdioxid und Wasser um. Die Produktion von Kohlenstoffdioxid führt zur Entstehung von Blasen.



7. Schlagen Sie eine Gleichung (mit Summenformeln) für die von diesem Bakterium durchgeführte Produktion von Kohlenstoffdioxid vor. In der Gleichgewichtsreaktion ist Milchsäure das einzige Edukt und Ethansäure und Kohlendioxid werden in gleichen Mengen produziert.

Es wird angenommen, dass während der Fermentierung bei 21 °C im Käse eine kugelförmige Blase mit einem Durchmesser von 1,5 cm auftaucht.

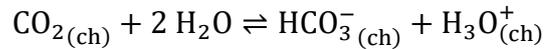
8. Berechnen Sie das Volumen dieser Kugel in m³.

9. Angenommen die Blase besteht aus reinem CO₂ bei atmosphärischem Druck, $p_{atm} = 101\,325\text{ Pa}$, berechnen Sie die Masse an Milchsäure, die von den Bakterien vergoren wurde, um diese Blase zu erzeugen. Gehen Sie bei der Berechnung davon aus, dass CO₂ dem idealen Gasgesetz folgt.



Hinweis: die Abkürzung für den Zustand „im Käse gelöst“ ist (ch).

Das im Käse gelöste Kohlenstoffdioxid kann in zwei Formen vorliegen: als gelöstes, gasförmiges Kohlenstoffdioxid, $\text{CO}_{2(\text{ch})}$, oder als gelöstes Hydrogencarbonat, $\text{HCO}_3^-_{(\text{ch})}$. Zwischen den beiden chemischen Stoffen stellt sich das folgende Gleichgewicht ein:



mit
$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}][\text{HCO}_3^-_{(\text{ch})}]}{[\text{CO}_{2(\text{ch})}]} = 4,47 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$$

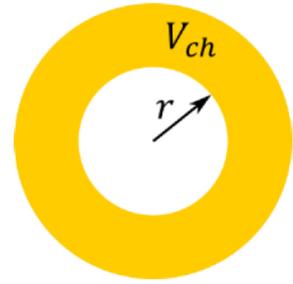
Wobei [X] die Konzentration des Stoffes X im Gleichgewicht beschreibt.

Am Ende der Fermentierung stellt man fest, dass $[\text{CO}_{2(\text{ch})}] + [\text{HCO}_3^-_{(\text{ch})}] = 3,70 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ und $\text{pH} = 5,20$.

10. Berechnen sie die Stoffmengenkonzentration des im Käse gelösten Kohlenstoffdioxids $[\text{CO}_{2(\text{ch})}]$ im Gleichgewicht.



Wir wollen nun untersuchen, wie sich CO₂-Blasen ("Augen") einer bestimmten Größe in den ersten Phasen der Fermentierung bilden. Nehmen wir an, dass eine Blase mit dem Radius r bei der Temperatur T mit einem festen Volumen Käse V_{ch} in Kontakt kommt. Der CO₂-Druck innerhalb der Blase, p_b , ist durch das Henry-Gesetz mit der Konzentration des gelösten CO₂ verknüpft.



$$[\text{CO}_{2(\text{ch})}] = k_H \cdot p_b$$

mit k_H = Henry-Konstante für den im Lösungsmittel „Käse“ gelösten Stoff CO₂.

11. Kreuzen Sie in der folgenden Tabelle den Ausdruck an, mit dem die Stoffmenge von CO_{2(g)}, von CO_{2(ch)} und von HCO_{3⁻(ch)} in Abhängigkeit von p_b , r , k_H , V_{ch} , T und des pH berechnet werden kann.

Das CO_{2(g)} folgt unter diesen Bedingungen dem idealen Gasgesetz.

	$k_H \cdot V_{ch} \cdot p_B$	$\frac{4\pi r^3 p_b}{3RT}$	$\frac{4\pi r^3 p_b}{3RT} \cdot K \cdot 10^{\text{pH}}$	$K \cdot 10^{\text{pH}} \cdot k_H \cdot V_{ch} \cdot p_b$	$\frac{V_{ch} p_b}{3RT}$	$K \cdot 10^{-\text{pH}} \cdot k_H \cdot V_{ch} \cdot p_b$
$n_{\text{CO}_2(\text{g})}$						
$n_{\text{CO}_2(\text{ch})}$						
$n_{\text{HCO}_3^-(\text{ch})}$						



NAME: _____

Vorname: _____

Schule: _____

Aufgabe II: Die Chemie der Atmosphäre

1	2	3	4	5	6	7 (i)	7 (ii)	7 (iii)	Total Aufgabe II
2	2	3	2	3	3	2	2	2	21

Ein Radikal ist eine Spezies mit einem freien (ungepaarten) Elektron auf der äußeren Schale. Es entsteht durch Strahlung oder Erhitzung. Dadurch wird ein Bindungsbruch auf homolytische Weise induziert: Je ein Elektron findet sich in jeder der beiden neuen Spezies wieder, wodurch zwei freie Radikale entstehen.

Die Untersuchung der in der Atmosphäre ablaufenden Reaktionen ist entscheidend, um das globale Klima besser zu verstehen und so die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Umwelt zu minimieren. Schwefelwasserstoff H_2S ist ein Molekül, das in der Atmosphäre eine interessante Chemie aufweist. H_2S kommt in Erdgas vor und auch besonders häufig in der Nähe von Vulkanen.

Der Hauptprozess, mit dem H_2S ist auf natürliche Weise aus der Luft entfernt wird, ist seine Reaktion mit dem Radikal $\text{OH}\cdot$ (wichtigstes Oxidationsmittel in der Atmosphäre). Die Reaktion findet in einem einzigen Stoß zwischen H_2S und dem Radikal $\text{OH}\cdot$ statt.

1. Geben Sie die Gleichung für die Reaktion von H_2S mit dem Radikal $\text{OH}\cdot$ für die Bildung von Wasser und einem weiteren Radikal an.

Um die Geschwindigkeitskonstante der Reaktion zu bestimmen, wurde im Labor H_2S hergestellt, in dem man Eisen(II)-sulfid mit Salzsäure reagieren ließ.

2. Geben Sie die Gleichung für die Herstellung von H_2S im Labor an.

Die durchschnittliche Freisetzungsgeschwindigkeit von H_2S in die Luft einer vulkanischen Region kann auf $7,65 \cdot 10^5$ Moleküle $\text{cm}^{-3} \text{s}^{-1}$ geschätzt werden.

Allerdings wurde die Konzentration von H_2S als zeitlich konstant gemessen, was bedeutet, dass die Geschwindigkeit, mit der H_2S produziert wird, der Geschwindigkeit entspricht, mit der H_2S in dieser vulkanischen Region verbraucht wird.



Für eine Reaktion, die zwischen zwei Spezies A und B stattfindet, ist die Reaktionsgeschwindigkeit gegeben durch:

$$\text{Geschwindigkeit} = k \cdot [A] \cdot [B]$$

mit k = entsprechende Geschwindigkeitskonstante und $[A]$, $[B]$ = Konzentrationen von A und B.

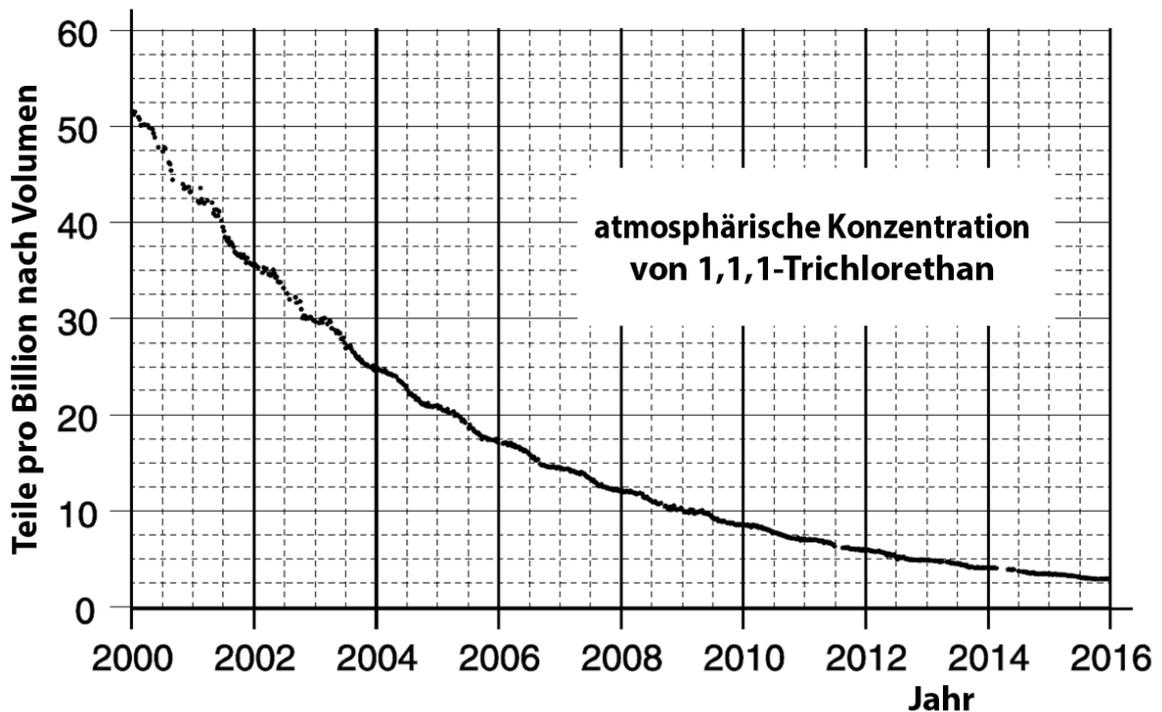
3. Berechnen Sie die Konzentration von H_2S in der Atmosphäre in der Einheit Moleküle· cm^{-3} . Gehen Sie davon aus, dass der einzige Prozess zur Entfernung von H_2S aus der Atmosphäre seine Reaktion mit dem Radikal $\text{OH}\cdot$ ist und dass die durchschnittliche Konzentration des Radikals $\text{OH}\cdot$ $1,1 \cdot 10^6$ Moleküle· cm^{-3} ist. Die Geschwindigkeitskonstante der Verbrauchsreaktion von H_2S (Frage 1) wurde als $k = 4,7 \cdot 10^{-12} \text{ cm}^3 \cdot \text{Moleküle}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ gemessen.

4. Die mittlere Konzentration von H_2S wird üblicherweise in $\mu\text{g m}^{-3}$ angegeben. Drücken Sie die in Frage 3 bestimmte Konzentration von H_2S $\mu\text{g m}^{-3}$ aus.

Es ist sehr schwierig die Konzentration der Radikale $\text{OH}\cdot$ direkt zu messen, sodass wir oft auf indirekte Methoden zurückgreifen müssen. Neben H_2S kann das Radikal $\text{OH}\cdot$ auch andere Verbindungen in der Atmosphäre oxidieren, wie z. B. 1,1,1-Trichlorethan. Seitdem die Emission von 1,1,1-Trichlorethan in die Atmosphäre in den 1990er Jahren eingestellt wurde, kann seine Konzentrationsänderung indirekt zur Schätzung der durchschnittlichen Gesamtkonzentration des Radikals $\text{OH}\cdot$ verwendet werden. Das Konzentrationsverlauf von 1,1,1-Trichlorethan über die Zeit zeigt eine einfache exponentielle Abnahme, die typisch für Reaktionen ist, die einer Kinetik erster Ordnung folgen.



5. Schätzen Sie anhand der folgenden Grafik die Halbwertszeit ($t_{1/2}$) von 1,1,1-Trichlorethan. Geben Sie Ihre Antwort in Sekunden an, wenn Sie davon ausgehen, dass 1 Jahr = 365,25 Tage entspricht.



Unter der Annahme, dass die Konzentration der Radikale $\text{OH}\cdot$ zeitlich konstant ist und dass der einzige Prozess zur Entfernung von 1,1,1-Trichlorethan aus der Atmosphäre seine Reaktion mit $\text{OH}\cdot$ ist, kann man die scheinbare Geschwindigkeitskonstante (k_{app}) der Reaktion mithilfe des folgenden Ausdrucks finden:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k_{\text{app}}}$$

Die scheinbare Geschwindigkeitskonstante, k_{app} , ist das Produkt der Geschwindigkeitskonstante des 2. Grades ($k_{2\text{nd}} = 1,0 \cdot 10^{-14} \text{ cm}^3 \cdot \text{Moleküle}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) und der Konzentration der Radikale $\text{OH}\cdot$.

Erklärung: Wenn die Konzentration eines chemischen Stoffes konstant gehalten wird, kann sie mit dem Geschwindigkeitskoeffizienten zusammengefasst werden und das Geschwindigkeitsgesetz kann sich vereinfachen (Reaktion pseudo-erster Ordnung).

6. Berechnen Sie mit Hilfe Ihres Wertes für die Halbwertszeit von 1,1,1-Trichlorethan den Mittelwert der gesamten atmosphärischen Konzentration von $\text{OH}\cdot$ in der Einheit Moleküle cm^{-3} .

(Hinweis: Es kann sein, dass Sie nicht genau das gleiche Ergebnis erhalten wie die Konzentration, die im ersten Teil der Aufgabe angegeben wurde).

Erdgas enthält häufig Schwefel in Form von H_2S . Um die Schwefelemissionen aus der Entschwefelung des Erdgases zu minimieren, wird das H_2S teilweise verbrannt, um SO_2 zu bilden, das dann mit dem restlichen H_2S zu elementarem Schwefel reagiert.

7. (i) Geben Sie die Gleichung der Verbrennung von H_2S an.

- (ii) Geben Sie die Gleichung für die Reaktion zwischen H_2S und SO_2 an.

- (iii) Zeigen Sie, dass die Reaktion (ii) eine Komproportionierung ist.





NAME: _____

Vorname: _____

Schule: _____

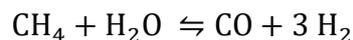
Aufgabe III: Erneuerbare Brennstoffe

1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total Aufgabe III
1	3	3	4	3	1	2	4	8	29

Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe sind Wissenschaftler ständig auf der Suche nach erneuerbaren und, wenn möglich, umweltfreundlicheren Alternativen. Aus diesem Grund hat das Interesse an Wasserstoff als Energieträger respektive an der Verwendung von Biokraftstoffen zu wachsen begonnen. Wasserstoff wird wahrscheinlich eine wichtige Rolle bei der Dekarbonisierung unserer Gesellschaft spielen, da seine Reaktion mit Sauerstoff leicht große Mengen an Energie "freisetzt", während als einziges Produkt Wasser entsteht.

Die Umstellung auf Wasserstoff als Energieträger würde auch einen Teil des Problems des Klimawandels lösen, da die Elektrolyse von Wasser, die durch Photovoltaikanlagen angetrieben wird, die Herstellung von Wasserstoff ohne CO₂-Emissionen und ohne den Einsatz fossiler Ressourcen ermöglichen würde. Leider sind wir noch nicht so weit.

Derzeit wird fast der gesamte weltweit verfügbare Wasserstoff nicht aus der Elektrolyse des Wassers gewonnen, sondern ist nach wie vor fossilen Ursprungs. Im Gegensatz zum Wasserstoff aus der Wasserspaltung (sogenannter grüner Wasserstoff) benötigt dieser Wasserstoff (sogenannter grauer Wasserstoff) nicht nur Methan, das derzeit überwiegend fossilen Ursprungs ist, sondern bei seiner Synthese entsteht als Nebenprodukt auch Kohlenstoffmonoxid. Das Verfahren dieser Synthese von grauem Wasserstoff nennt sich Dampfreforming und die damit verbundene chemische Reaktion ist die folgende:



Diese Gleichgewichtsreaktion ist durch eine Gleichgewichtskonstante K_p gekennzeichnet. Wenn alle Komponenten der Gleichgewichtsreaktion gasförmig sind, wird die Gleichgewichtskonstante K_p der Gleichgewichtskonstante K_c bevorzugt. Beide Konstanten können auf die gleiche Weise aus dem Massenwirkungsgesetz berechnet werden. Der einzige Unterschied besteht darin, dass zur Berechnung des Wertes von K_p die Partialdrücke $p(i)$ der einzelnen Komponenten anstelle ihrer Konzentrationen $c(i)$ verwendet werden.

T [K]	K_p [atm ²]
780	0,0132
820	0,0702
860	0,3218
900	1,2946
940	4,4618
980	15,0374
1020	44,5253
1060	121,6893
1100	309,5796
1140	738,4565



1. Formulieren Sie für die Reaktion der Dampfreformierung den Ausdruck für die Gleichgewichtskonstante K_p .

2. Bei einem Test im Zusammenhang mit einem Pilotprojekt werden 3 kg Methan mit 3 kg Wasser zur Reaktion gebracht. Wie viel Kilogramm Wasserstoff kann man maximal bilden (unter der Annahme, dass die Reaktion nicht auf ein Gleichgewicht beschränkt ist)?

3. Gegeben sei ein Synthesereaktor mit einem Fassungsvermögen von 50 L, der auf eine Temperatur von 1140 K erhitzt wird. Bestimmen Sie für die 3 kg jedes eingespritzten Eduktes deren Partialdruck (in atm) unter der Annahme, dass Methan und Wasser als ideale Gase betrachtet werden können.



4. Ausgehend von 3 kg jedes Eduktes beträgt der CO-Partialdruck zu einem Zeitpunkt t bei 1140 K 40 atm. Befindet sich die Reaktion zu diesem Zeitpunkt t im Gleichgewicht, wenn man die Gleichgewichtskonstanten K_p der Dampfreformierungsreaktion aus der Tabelle oben zugrunde legt? Begründen Sie Ihre Antwort!

5. Da die Menge an Wasserstoff, die durch Dampfreformierung erzeugt werden kann, deutlich geringer ist als die Menge an Wasserstoff, die theoretisch aus den Mengen der eingesetzten Edukte in Abwesenheit des Gleichgewichts erzeugt werden könnte, wird ständig nach Möglichkeiten gesucht, diese Reaktion wirtschaftlicher zu gestalten. Nennen Sie zwei Methoden, mit denen sich die Ausbeute dieser Reaktion erhöhen lässt. Ist eine der vorgeschlagenen Methoden wirtschaftlicher?



Eine der Eigenschaften eines effizienten Brennstoffs ist die Energiemenge, die bei einer Verbrennung freigesetzt wird, d. h. seine Verbrennungsenthalpie. So hat z. B. Wasserstoff eine Verbrennungsenthalpie von ca. $-286 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$. Eine Methode zur Bestimmung der Verbrennungsenthalpie ist die Verwendung der mittleren Bindungsenthalpien. Einige mittlere Bindungsenthalpien sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Bindung	Mittlere Bindungsenthalpie ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)
C – C	347
C – H	413
O = O	498
C – O	358
C = O	805
O – H	464

6. Stellen Sie die Skelettformel von 2,2,4-Trimethylpentan, einem der wichtigsten Isomere, die man in Benzin finden kann, auf.

7. Stellen Sie die Gleichung der vollständigen Verbrennung von 2,2,4-Trimethylpentan auf.

8. Berechnen Sie die Verbrennungsenthalpie von 2,2,4-Trimethylpentan mithilfe der in der obigen Tabelle angegebenen mittleren Bindungsenthalpien.

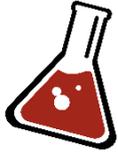


Um den Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen zu reduzieren, hat man damit begonnen, den Kraftstoffen 5 bzw. 10 Prozent Ethanol aus erneuerbaren Ressourcen beizumischen. Dies wird durch die Werte E5 bzw. E10 auf den Tanksäulen angezeigt. Angenommen, ein Liter E5-Kraftstoff enthält 50 mL Ethanol und 950 mL 2,2,4-Trimethylpentan. Die Dichte von reinem Ethanol beträgt $0,789 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ und die Dichte des Oktanisomers beträgt $0,703 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Wir nehmen zusätzlich an, dass es beim Mischen keine Volumenänderung gibt.

9. Verschiedene Kraftstoffzusammensetzungen, die nur Ethanol und 2,2,4-Trimethylpentan enthalten, wurden hinsichtlich der Energiemenge, die sie abgeben, analysiert. Bestimmen Sie die Zusammensetzung des Gemischs, das bei der Verbrennung von einem Liter dieses Gemischs 30,05 MJ freisetzt. Die Zusammensetzungen beschränken sich nicht auf die beiden Mischungen E5 und E10, die derzeit an Tankstellen verkauft werden.

Die Verbrennungsenthalpie von Ethanol unter Verwendung der mittleren Bindungsenthalpien beträgt $-1276 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Wenn Sie den Wert für die Verbrennungsenthalpie von 2,2,4-Trimethylpentan in Frage 8 nicht gefunden haben, verwenden Sie $-4800 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.





NAME: _____

Vorname: _____

Schule: _____

Aufgabe IV: Unbekannte Salze

A	B	Total Aufgabe IV
10	10	20

Teil A

Die Elementaranalyse eines Salzes **A** des Metalls **X**, welches man kaufen kann, hat folgende Angaben geliefert:

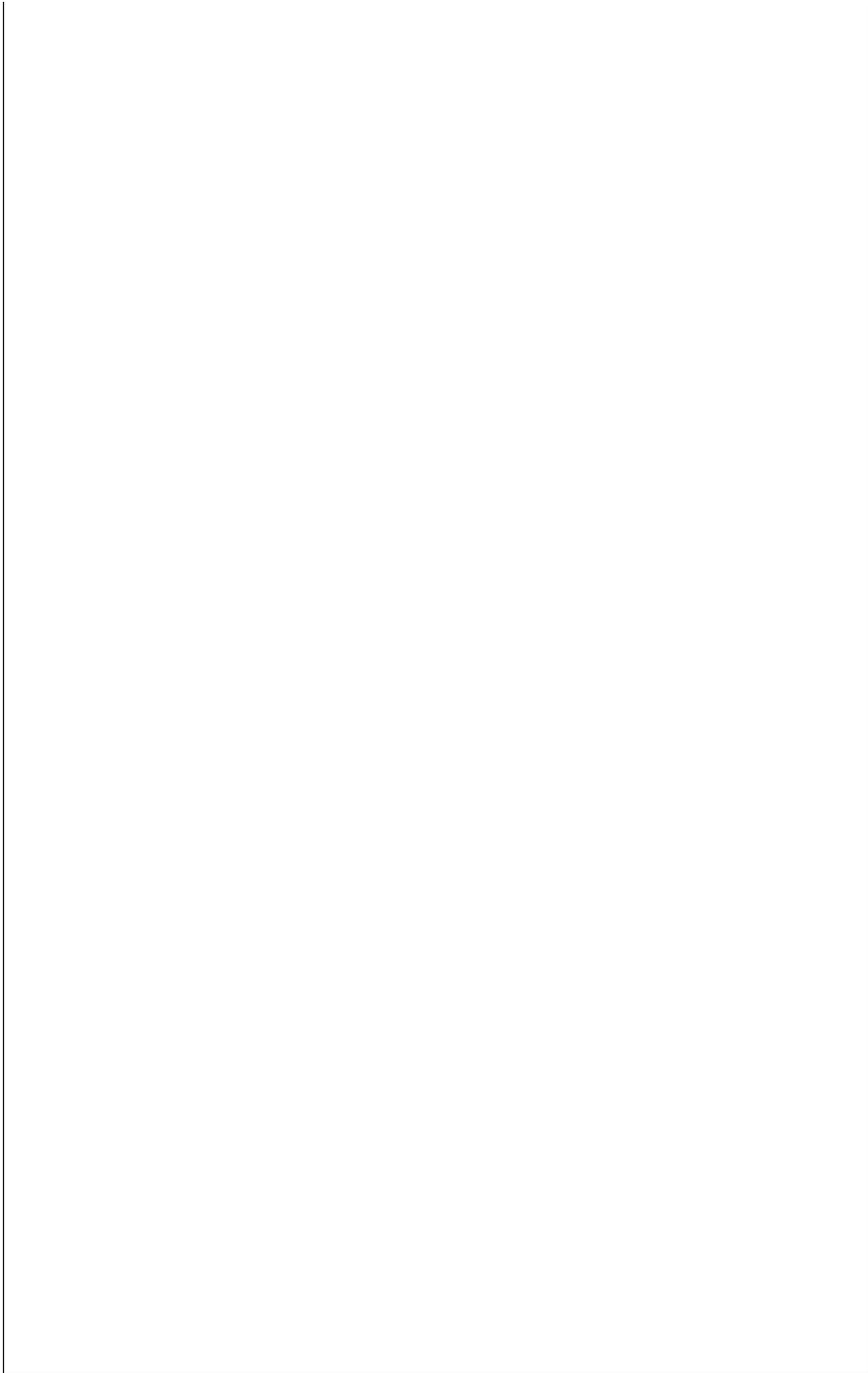
Element	Massenanteil in %
Kohlenstoff	0,00
Wasserstoff	3,62
Sauerstoff	57,38
Stickstoff	0,00
Chlor	0,00
Schwefel	14,38

Eine Formeleinheit von **A** enthält nur ein Atom **X** und keine anderen Elemente als die in der Elementaranalyse angegebenen. Wenn **A** mittels Thermogravimetrie analysiert wird (eine physikalisch-chemische Analyse, bei der der Massengewinn oder -verlust einer Substanz, die kontinuierlich erhitzt oder abgekühlt wird, in Abhängigkeit von der Temperatur oder der Zeit untersucht wird), ist bis zur vollständigen Zersetzung ein Gesamtmasseverlust von etwa 32 % der ursprünglichen Masse nachweisbar.

Die wässrige Lösung von **A** zeigt, unter anderem, die folgende Reaktion auf:



Bestimmen Sie das Metall **X** und geben Sie die chemische Formel des Salzes **A** an.



Teil B

Eine Probe von 2,000 g eines doppelt hydratisierten Salzes **B**, welches 2 verschiedene Metallionen enthält und eine Formel der Art $M_Y(M_Z)_2(SO_4)_4 \cdot 22 H_2O$ besitzt, wird stark erhitzt, um sämtliches Wasser zu entfernen. Dabei bleibt ein Rest mit einer Masse von 1,1103 g übrig. Bestimmen Sie das Salz **B**, wissend, dass es sich bei M_Y , um ein Ion der folgenden Elemente handelt: Ca, Ti, Fe oder Ba.



Schmierblatt



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Éducation nationale,
de l'Enfance et de la Jeunesse



Fonds National de la
Recherche Luxembourg



CHAMBRE DES SALAIRES
LUXEMBOURG

