



HALBFINALE - Textaufgaben

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, pH-Wert, Redoxreaktionen und die organische Chemie.

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.

Im Zuge dieser Halbfinale werden die 12 besten Schüler ermittelt, welche an der letzten, praktischen Prüfung teilnehmen dürfen. Diese findet **Samstag, den 24. April 2021 im Labor der Universität de Luxembourg (Standort Limpertsberg)** statt. In der letzten Runde werden die vier Gewinner der nationalen Chemieolympiade bestimmt, welche das luxemburgische Team für die 53te IChO bilden werden, welche vom 24. Juli bis 2. August 2021 stattfinden wird. Weitere Information findet Ihr auf <http://icho.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!



Naturkonstanten

(Sie dürfen dieses Blatt abtrennen, wenn nötig)



TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

1 I a																	18 VIII a	
1,01		masse atomique relative										A_r						4,00
H												X	élément					He
1	2											Z						2
	II a											III a	IV a	V a	VI a	VII a		
6,94	9,01											10,81	12,01	14,01	16,00	19,00	20,18	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
3	4											5	6	7	8	9	10	
22,99	24,31											26,98	28,09	30,97	32,07	35,45	39,95	
Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al	Si	P	S	Cl	Ar	
11	12	III b	IV b	V b	VI b	VII b	VIII b				I b	II b	13	14	15	16	17	18
39,10	40,08	44,96	47,88	50,94	52,00	54,94	55,85	58,93	58,69	63,55	65,39	69,72	72,61	74,92	78,96	79,90	83,80	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
85,47	87,62	88,91	91,22	92,91	95,94		101,07	102,91	106,42	107,87	112,41	114,82	118,71	121,75	127,60	126,90	131,29	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc*	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
132,91	137,33	(1)	174,97	178,49	180,95	183,9	186,21	190,21	192,22	195,08	196,97	200,59	204,38	207,21	208,98			
Cs	Ba	57 -	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po*	At*	Rn*
55	56	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
		(2)																
Fr*	Ra*	89 -	Lr*	Rf*	Db*	Sg*	Bh*	Hs*	Mt*	Ds*	Rg*	Cn*	Nh*	Fl*	Mc*	Lv*	Ts*	Og*
87	88	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118

1) Lanthanides	138,92	140,12	140,91	144,24		150,36	151,97	157,25	158,93	162,50	164,93	167,26	168,93	173,04
	La	Ce	Pr	Nd	Pm*	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
2) Actinides		232,04	231,04	238,03										
	Ac*	Th	Pa	U	Np*	Pu*	Am*	Cm*	Bk*	Cf*	Es*	Fm*	Md*	No*
	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102

* Elemente besitzen keine Nuklide (Isotop) welche eine ausreichende Lebensdauer besitzen und somit keine charakteristische terrestrische Zusammensetzung aufweisen.

Constantes

$$R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$1 F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$R = 8,21 \cdot 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

ideales molares Gasvolumen für 273 K und 101 325 Pa: $22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} (\text{L} \cdot \text{mol}^{-1})$

Vereinfachte Formeln zur pH Berechnung:

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

Pufferlösungen: $pH = pK_S + \log \frac{c_{\text{Base}}}{c_{\text{Säure}}}$

Bei 25 °C: $K_w = K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-14}$





NAME : _____

Vorname : _____

Lycée : _____

Aufgabe I : COVID-19 Test

1a	1b	1c	Total Aufgabe I
4	6	4	14

Guanidiniumthiocyanat ($C_2H_6N_4S$), auch als GITC bezeichnet, ist ein Stoff, der verwendet wird, um Proteine des Virus COVID-19 zu denaturieren und erlaubt es so, die RNS des Virus mittels PCR Analyse (Polymerase Kettenreaktion) zu bestimmen. GITC wird in 2 aufeinanderfolgenden Reaktionsschritten im Labor hergestellt.

Im ersten Schritt wird Ammoniumthiocyanat (NH_4SCN) hergestellt, indem gasförmiges Kohlenstoffdisulfid in eine Ammoniak-Lösung (NH_3 in Wasser gelöst) eingeleitet wird. Anschließend wird das getrocknete Ammoniumthiocyanat in Guanidiniumthiocyanat umgewandelt in einer Niedertemperaturkalzinierung unter inerter Atmosphäre. Ein charakteristischer Geruch nach gasförmigem Schwefelwasserstoff ist in beiden Reaktionsschritten wahrnehmbar.

- a) Formuliere die eingerichteten (=ausgleichen) Reaktionsgleichungen für beide oben beschriebenen Reaktion:

- b) Wissend, dass der Tiegel mit Guanidiniumthiocyanat nach der Kalzinierung eine Masse von 32,2441 g hat und der leere Tiegel eine Masse von 30,1763 g hatte, unter Annahme einer vollständigen Reaktion, berechne die Konzentration der verwendeten Ammoniak-Lösung, welche zur Herstellung von Ammoniumthiocyanat notwendig ist, wenn das Volumen der Ammoniak-Lösung zu Beginn 100 mL betrug. Berechne ebenfalls das Minimalvolumen, in Liter, an Kohlenstoffdisulfid das in diese Lösung eingeleitet werden muss, um NH_4SCN bei Atmosphärendruck und $25^\circ C$ herzustellen.

6pts



- c) Die benötigte Ammoniak-Lösung wird durch Verdünnen einer konzentrierter Ammoniak Lösung hergestellt die 32% Massenprozent an NH_3 enthält. ($\rho = 880 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) Berechne das Volumen der konzentrierten Ammoniak-Lösung, das benötigt wird um 100 mL der verdünnten Lösung herzustellen. *Wenn es Ihnen nicht gelungen ist die Konzentration der verdünnten Ammoniak-Lösung unter Punkt (b) zu bestimmen, dann nehmen Sie an, dass die Konzentration $0,8 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ beträgt*





Name : _____

Vorname : _____

Lycée : _____

Aufgabe II : Calciumcarbid

2a	2b	2c	2d	2e	2f	Total Aufgabe II
2	2	2	4	8	3	21

Calciumcarbid CaC_2 ist ein grauer Feststoff, der zur Herstellung von Ethin verwendet wird. Calciumcarbid wird durch eine Reaktion von Calciumoxid mit Kohlenstoff hergestellt, hierbei bildet sich Calciumcarbid und Kohlenstoffmonoxid.

- a) Stelle die Reaktionsgleichung zur Herstellung von Calciumcarbid, ausgehend von Calciumoxid, auf.

- b) Stelle die Lewis Formel des Ions C_2^{2-} dar.

Der deutsche Chemiker Friedrich Wöhler (1800 – 1882) hat entdeckt, dass Calciumcarbid mit Wasser reagiert unter Bildung von Ethin (C_2H_2) und Calciumhydroxid. Früher wurde Ethin verbrannt zur Beleuchtung, z.B. in Grubenlampen oder den ersten motorisierten Fahrzeugen.

- c) Stelle die Reaktionsgleichung der Bildung von Ethin ausgehend von Calciumcarbid auf.

Eine verunreinigte Calciumcarbid-Probe hat eine Masse von 0,752 g. Man gibt 50 cm³ Wasser hinzu (Überschuss). Nachdem Calciumcarbid vollständig reagiert hat, werden 20 cm³ des Reaktionsgemischs entnommen und werden mit Salzsäure 0,25 mol·L⁻¹ titriert. Um die Probe vollständig zu neutralisieren sind 34,60 cm³ notwendig.

- d) Unter der Annahme, dass die Verunreinigungen nicht mit Salzsäure reagiert haben, bestimme in % den Massenanteil an Calciumcarbid in der Ausgangsprobe.



Von der gleichen Probe lässt man 0,833 g mit Wasser reagieren. Das gebildete Ethin wird in einem Verbrennungskalorimeter ($c_K = 0,41 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}$), welches exakt 120 g Wasser ($c_{\text{Wasser}} = 4,19 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) enthält, quantitativ verbrannt.

In der Wärmelehre wird die übertragene Wärmemenge (Q) nach folgender Formel berechnet:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Mit Q , übertragene Wärmemenge
 m , Masse des Stoffes, der erwärmt oder abgekühlt wird
 c , spezifische Wärmekapazität
 ΔT , Temperaturänderung des erwärmten oder abgekühlten Stoffes

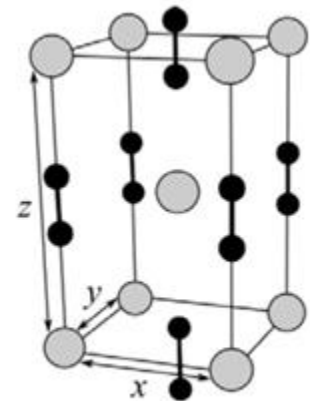
- e) Berechne die Endtemperatur des Systems unter der Annahme, dass die Anfangstemperatur des Wassers und des Kalorimeters $20,3 \text{ }^\circ\text{C}$ betrug. Die Verbrennungsenergie von Ethin beträgt: $\Delta_c H_m^0(\text{C}_2\text{H}_2) = -1255,6 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.





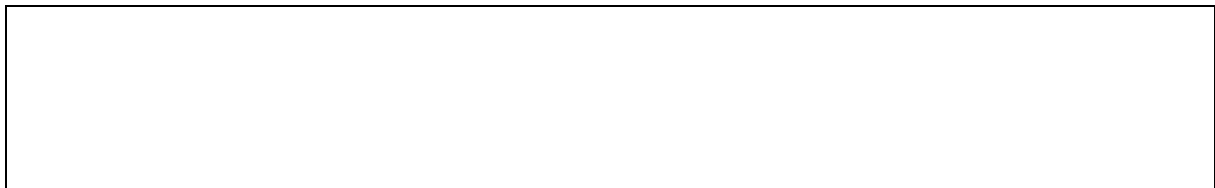
Das nebenstehende Diagramm zeigt die Elementarzelle von Calciumcarbid. Calcium sitzt auf den Ecken und in der Mitte der Elementarzelle,

- die Atome der Ecken teilen sich 8 Elementarzellen (sie zählen zu $\frac{1}{8}$)
- Die Atome der Flächen teilen sich 2 Elementarzellen (sie zählen zu $\frac{1}{2}$)
- Die Atome der Kanten teilen sich 4 Elementarzellen (sie zählen zu $\frac{1}{4}$)



● Calcium ● Kohlenstoff

- f) Bestimme die Anzahl der Calcium- und der Kohlenstoffatome in einer Elementarzelle, unter Berücksichtigung der angegebenen Brüche.





NAME : _____

Vorname : _____

Lycée : _____

Aufgabe III : Ammoniak

3a	3b	3c	Total Aufgabe III
2	10	5	17

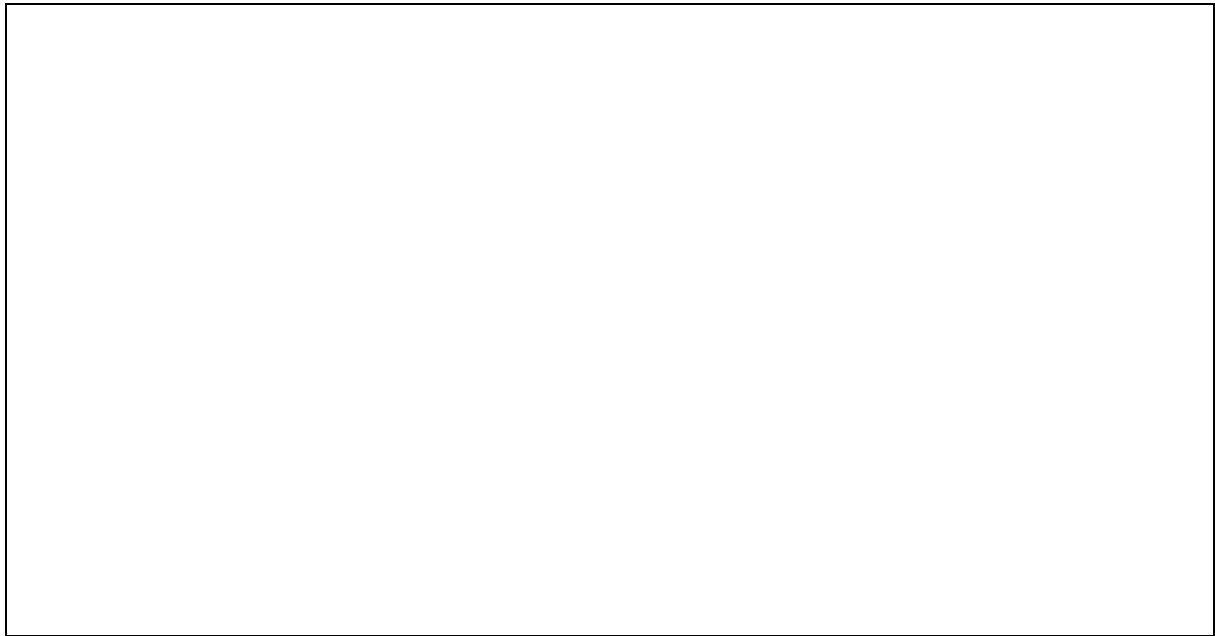
Die Ammoniaksynthese nach dem Haber-Bosch Verfahren, einer Hydrierung von gasförmigem atmosphärischem Stickstoff in Gegenwart eines Katalysators, ist derartig wichtig, dass der jährliche Stromverbrauch dieser Reaktion etwa 1,4% des weltweiten Stromverbrauchs ausmacht.

- a) Formuliere die Reaktionsgleichung des Gleichgewichts, das die Synthese von Ammoniak nach dem Haber-Bosch Verfahren beschreibt.

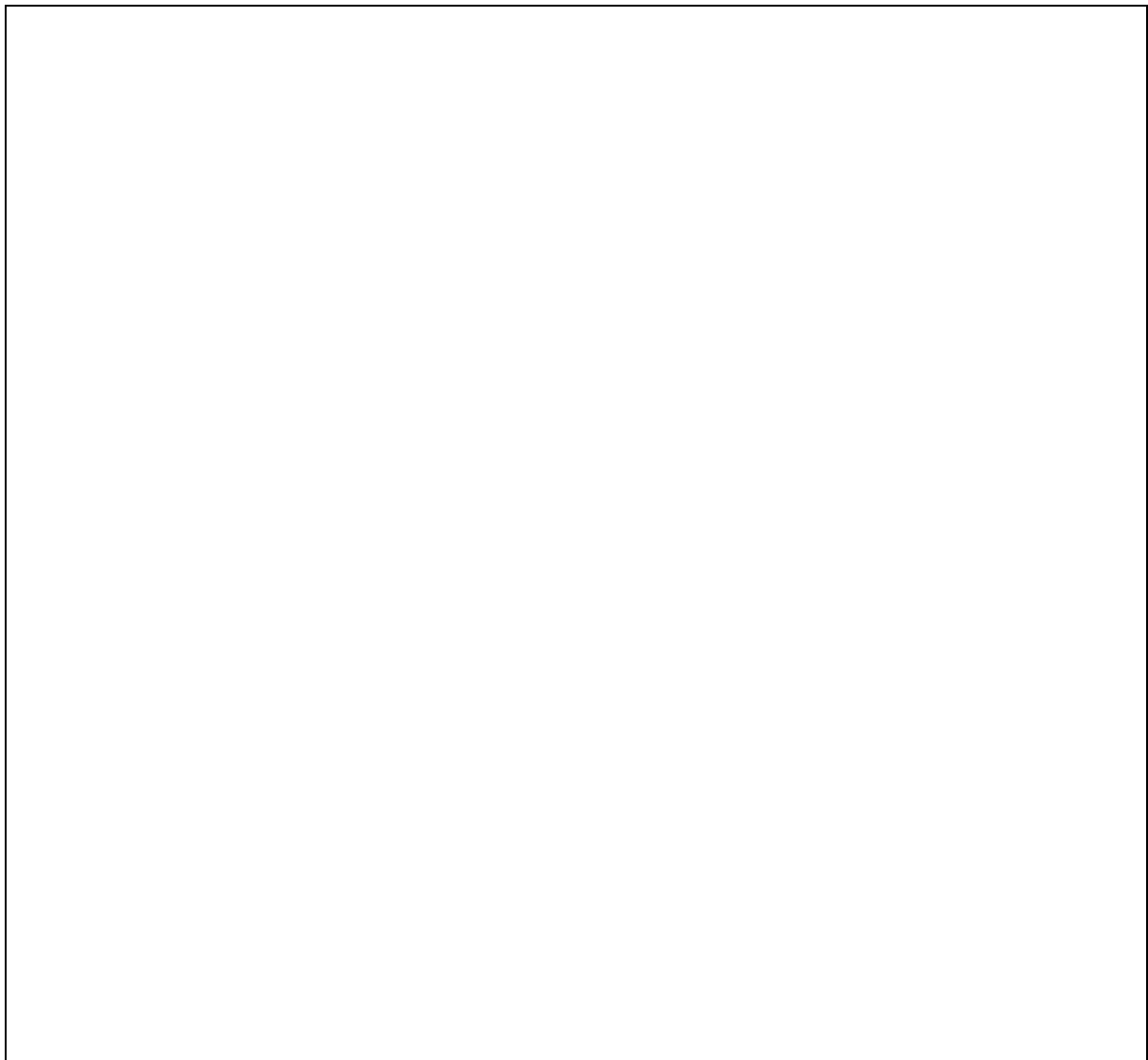
Aquarium Liebhaber müssen sich ebenfalls um die Entstehung von Ammoniak sorgen, welches in Wasser gelöst für die Fische giftig ist. Beim Abbau der organischen Ausscheidungen (Denitrifikation) entstehen Ammonium-Ionen, welche sich bei zu hohen pH-Werten in Ammoniak umwandeln.

- b) Ein Aquarium hat ein Volumen von 100 Litern und einen pH von 8. Die Gesamtkonzentration an Ammoniak und an Ammoniumionen beträgt 1 mg/L. Berechne die Konzentration an Ammonium-Ionen unter der Annahme, dass es keine Wechselwirkung mit anderen Substanzen gibt und dass Ammoniak eine schwache Base mit einem pK_B von 4,75 ist.





- c) Welche Masse an Ammoniumchlorid muss man zu 500 mL einer 0,2M Ammoniak-Lösung hinzugeben um einen Puffer von $\text{pH} = 9,0$ zu erhalten?





NAME : _____

Vorname : _____

Lycée : _____

Aufgabe IV : Struktur organischer Verbindungen

4a	4b	4c	4d	4e	4f	4g	4h	4i	Total Aufgabe IV
4	2	3	2	4	3	3	1	6	28

Die empirische Formel eines Stoffes kann anhand der Verhältnisse der Elemente in einem Stoff berechnet werden. So kann die empirische Formel eines unbekannt organischen Stoffes mittels einer Elementaranalyse dieses Stoffes bestimmt werden.

Betrachten wir einen unbekannt organischen Stoff **C1**, welcher die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthält. Mittels Elementaranalyse wurde ein Gehalt von 54,5% Kohlenstoff und 9,15% Wasserstoff bestimmt.

- a) Bestimme die empirische Formel des unbekannt Stoffes **C1**.

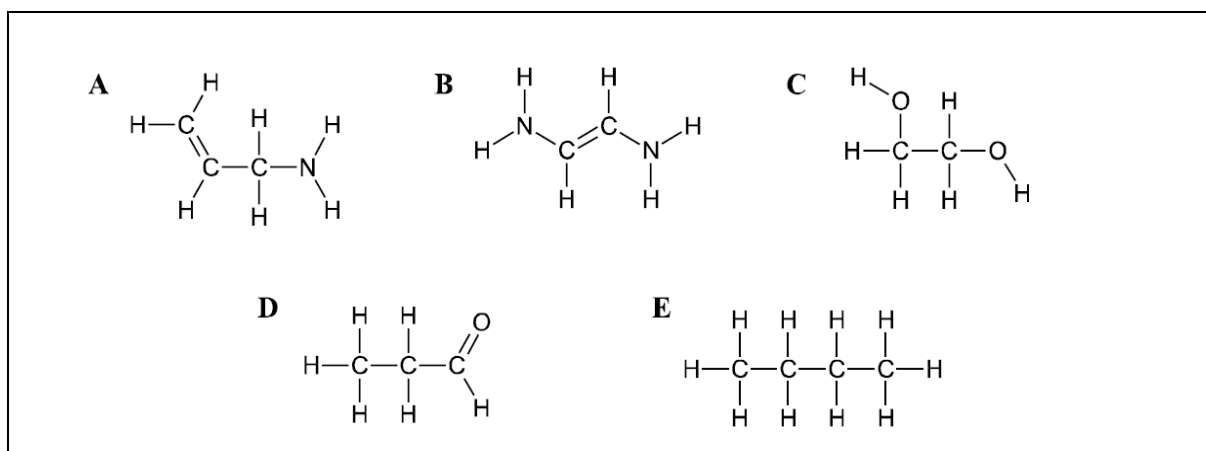
- b) Leite die Molekülformel des unbekannt Stoffes **C1** her, wenn seine molare Masse $88 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ beträgt.

Die Massenspektrometrie ist eine wichtige Analysenmethode bei der Bestimmung von chemischen Strukturen. Sie erlaubt es das Verhältnis Masse zu Ladung (m/z) von Molekülen zu bestimmen. In einer vereinfachten Version der Massenspektrometrie wird das zu untersuchenden Molekül durch Entfernen eines Elektrons ionisiert. So wird ein Teilchen erzeugt, das einmal positiv geladen ist und als *molekulares Ion* bezeichnet wird. In dieser Aufgabe nehmen wir an, dass nur einfach geladene Ionen (Ladung $z = 1$) erkannt werden und dass das Verhältnis m/z der Masse m des beobachteten Ions entspricht.



Betrachten wir einen unbekannt organischen Stoff **C2**, welcher nur die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthält, welcher mittels Massenspektrometrie analysiert wird.

- c) Welche der angegebenen Moleküle haben eine molare Masse von $58 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$? Umkreise diese!

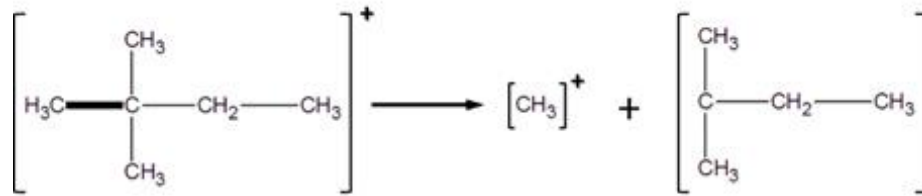


Um die Struktur der Verbindung **C2** eindeutig zu bestimmen, wurde die Masse des molekularen Ions mit einem hochauflösenden Massenspektrometer bestimmt. Diese Methode liefert das Ergebnis m/z mit mehr Dezimalstellen.

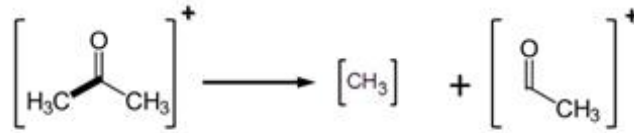
- d) Folgende Tabelle enthält die exakten relativen Atommassen. Bestimme die eindeutige Struktur der Verbindung **C2**, wenn die Masse des molekularen Ions $58,0417 \text{ u}$ beträgt.

Atom	relative Atommasse (u)
^{12}C	12,0000
^{16}O	15,9949
^1H	1,0079
^{14}N	14,0031

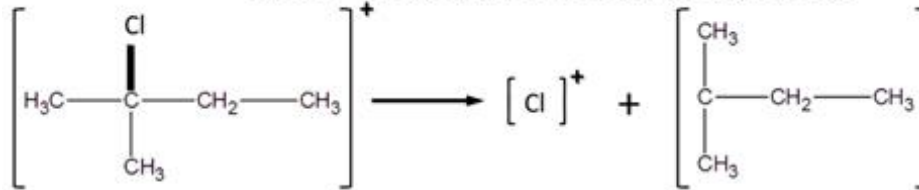
In der Massenspektrometrie, wenn das gebildete, molekulare Ion instabil ist, können Moleküle in kleinere (geladene oder ungeladene) Moleküle fragmentieren. Die Fragmentation führt zur Spaltung von Bindungen (im Allgemeinen der schwächsten Bindung des Moleküls) und zur Bildung von stabilen kationischen Fragmenten. Die Fragmentation ist meist vorhersehbar wie in folgender Abbildung gezeigt wird.



Eine C - C Bindung an einer Abzweigung

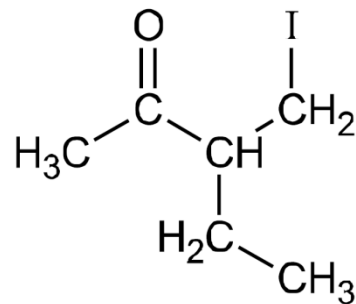


Eine C - C Bindung neben einer Carbonyl-Gruppe



Eine C - X Bindung, wobei X ein Heteroatom (O, N, S, Cl, I) darstellt

Die Verbindung **C3**, welche unten in der Halbstrukturformel abgebildet ist, wurde mit einem Massenspektrometer analysiert und mehrere Fragmente konnten beobachtet werden mit folgenden Werten für m/z : 15, 29, 43 und 127.



- e) Schlage eine Strukturformel (oder Halbstrukturformel) für jedes der Fragmente vor, anhand der oben vorgestellten vorhersehbaren Fragmente.

$m/z=15$	$m/z=29$	$m/z=43$	$m/z=127$

Eine andere organische Verbindung **C4** mit 4 Kohlenstoffatomen, welche ebenfalls Wasserstoff und Sauerstoff enthält, wird durch ein molekulares Ion mit dem Verhältnis $m/z = 74,0729$ gekennzeichnet. Des Weiteren werden folgende wichtige Fragmente mit $m/z = 15, 17$ und 57 beobachtet:

- f) Schlage eine Summenformel für diese Verbindung **C4** vor und verwende die Tabelle mit den exakten relativen Atommassen.

g) Schlage eine mögliche Struktur für jedes der Fragmente vor.

$m/z=15$	$m/z=17$	$m/z=57$
----------	----------	----------

h) Schlage eine Halbstrukturformel für die Verbindung **C4** vor.

Einige Elemente existieren in der Natur als Mischung mehrerer Isotope in hoher natürlicher Häufigkeit. Von Brom existieren zwei Isotope, die in ausreichender Menge vorkommen: ^{79}Br (49,3%) und ^{81}Br (50,7%). Eine Verbindung, die ein Bromatom enthält, wird zwei Signale für die beiden unterschiedlichen molekularen Ionen aufweisen – abhängig davon, welches Isotop in der Verbindung enthalten ist. Ein Signal entspricht dem molekularen Ion, welches ^{79}Br enthält und das andere dem molekularen Ion, welches ^{81}Br enthält. Die beiden Signale unterscheiden sich in 2 Einheiten in ihrer Masse m/z . Die relative Höhe des Signals entspricht der relativen Häufigkeit von jedem der beiden Isotope (49,3 : 50,7).

Chlor und Schwefel besitzen ihrerseits ebenfalls unterschiedliche Isotope. Diese sind in der folgenden Tabelle angegeben:

Isotop	natürliche Häufigkeit (%)
^{35}Cl	75,8
^{37}Cl	24,2
^{32}S	95,0
^{33}S	0,75
^{34}S	4,2

i) Bestimme für jede der angegebenen Verbindungen die erwarteten Werte m/z für das molekulare Ion und bestimme die relative Höhe für jedes Signal.

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-SH}$

m/z	relative Höhe

$\text{Cl-CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-Cl}$

m/z	relative Höhe



Vorbereitungsblatt



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



ACLg



UNIVERSITÉ DU
LUXEMBOURG



Fonds National de la
Recherche Luxembourg



CHAMBRE DES SALAIRES
LUXEMBOURG



andré losch
fondatioun