Übungsklausur

zur 2. Runde des Auswahlverfahrens zur 57. IChO 2025

in Al Ain / Dubai (Vereinigte Arabische Emirate)

	Schülercode: **Musterlösung**
	Bundesland: **Musterland**

Bearbeitungshinweise:

- Diese Klausur umfasst **27 Seiten** mit insgesamt **8 Aufgaben**, einer **Formelsammlung** und einem **PSE**. Bitte kontrolliere am Anfang der Bearbeitungszeit, dass diese Angabe vollständig ist.
- Trage am Anfang der Arbeitszeit deinen **Schülercode** sowie dein **Bundesland** auf diesem Deckblatt sowie auf allen Seiten der Klausur ein.
- Die **Bearbeitungszeit** für diese Klausur beträgt **180 Minuten**.
- Schreibe deine Ergebnisse ausschließlich in die zugehörigen **Kästen** in dieser Angabe, alles außerhalb der Kästen wird nicht gewertet. Benutze die freien Rückseiten dieser Angabe als **Schmierpapier**.
- Es werden nur Ergebnisse gewertet, bei denen der **Lösungsweg** klar erkennbar ist.
- Wenn in längeren Aufgaben **Zwischenergebnisse** der Form „**Weiter mit: …**" gegeben sind, rechne mit diesen weiter und grundsätzlich **nicht mit deinen eigenen Zwischenergebnissen**. **(neu!)**

- Verwende für **Naturkonstanten** und **Atommassen** ausschließlich die Werte aus den gegebenen Hilfsmitteln (Formelsammlung / PSE).

- Bearbeite diese Klausur ausschließlich mit **dokumentenechten Stiften** (z.B. Füller, Kugelschreiber). Antworten mit Bleistift werden nicht gewertet. Verwende keine roten oder grünen Stifte.

- Streiche **falsche Ergebnisse** durch und mache eindeutig kenntlich, welches Ergebnis gewertet werden soll. Verwende **keinen Tintenkiller oder Korrekturmaus**. Bei Ankreuzaufgaben kannst du ein Kreuz ungültig machen, indem du die Ankreuzbox vollständig ausmalst.

- Neben Schreibgeräten, Lineal / Geodreieck ist in dieser Klausur als **Hilfsmittel** ausschließlich ein **nicht grafikfähiger Taschenrechner** zugelassen. Schalte unerlaubte Hilfsmittel ggf. aus, verstaue sie in deiner Tasche und verschließe diese.

- Abgesehen von der Formelsammlung und dem PSE ist das Heraustrennen von Seiten aus dieser Klausur untersagt. Gib am Ende der Arbeitszeit **alle** Seiten dieser Angabe wieder in der richtigen Reihenfolge ab.

- Das Beschriften der QR-Codes, der Eckmarkierungen sowie der Korrekturspalten am rechten Rand der Bearbeitungskästen ist untersagt.

- Kreuze bei **Multiple-Choice-Aufgaben** die korrekte(n) Antwort(en) mit einem Kreuz an. Ein Kreuz kann gestrichen werden, indem das Kästchen vollständig ausgemalt wird. Gestrichene Antworten können durch die unten gezeigte Markierung wieder angekreuzt werden.

☒ ≙ angekreuzt ■ ≙ nicht angekreuzt ×■ ≙ angekreuzt

Formelsammlung

Stöchiometrie und Analytik			
Stoffmenge	$n = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m} = \frac{N}{N_A}$	*Licht / Photonen*	$v = \frac{E}{h} = \frac{c}{\lambda}$
Konzentration / Massenkonz.	$c = \frac{n}{V};\quad \beta = \frac{m}{V}$	*Massenanteil* A *in* A_aB_b	$\omega_A = \frac{a \cdot M_A}{M_{A_aB_b}}$
LAMBERT-BEER'sches Gesetz	$A = -\log_{10}\left(\frac{I}{I_0}\right) = \varepsilon \cdot c \cdot d$		

Gase			
Ideales Gasgesetz	$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$	*DALTON-Gesetz*	$p_{ges} = p_A + p_B + \cdots$

Thermodynamik			
Innere Energie	$\Delta U = C_V \cdot \Delta T$	*Reaktionsenthalpie*	$\Delta_r H° = \sum \Delta_f H°_{\text{Produkte}} - \sum \Delta_f H°_{\text{Edukte}}$
Enthalpie	$H = U + pV$ $\Delta H = C_p \cdot \Delta T$	*Reaktionsentropie*	$\Delta_r S° = \sum S°_{\text{Produkte}} - \sum S°_{\text{Edukte}}$
Freie Enthalpie	$\Delta G° = \Delta H° - T \cdot \Delta S°$	*GIBBS'sche Phasenregel*	$f = K - P + 2$

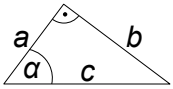
Gleichgewichte			
Massenwirkungsgesetz $a\,A + b\,B \rightleftharpoons c\,C + d\,D$	$K = \frac{{a_C}^c \cdot {a_D}^d}{{a_A}^a \cdot {a_B}^b}$	*Löslichkeitsprodukt* $A_aB_b \rightleftharpoons a\,A^{x+} + b\,B^{y-}$	$K_L = {c_{A^{x+}}}^a \cdot {c_{B^{y-}}}^b$
Vereinfachungen für die Aktivität a_X*:*	• *Feststoffe und Flüssigkeiten:* $a_X = 1$ • *Verdünnte Lösungen:* $a_X \approx \frac{c_X}{c_0}; c_0 = 1\,\frac{\text{mol}}{\text{L}}$ • *Gase:* $a_X \approx \frac{p_X}{p_0}; p_0 = 1\,\text{bar}$	*Freie Enthalpie*	$\Delta G° = -R \cdot T \cdot \ln(K)$

Säure-Base-Gleichgewichte			
pH/pOH-Wert	$pH = -\log_{10}(c_{H^+})$ $pOH = -\log_{10}(c_{OH^-})$ $pH + pOH = 14$	*Näherungsformel starke Säuren/Basen*	$pH \approx -\log_{10}(c_0)$ $pOH \approx -\log_{10}(c_0)$
Säure- / Basenstärke	$K_S = \frac{c_{A^-} \cdot c_{H^+}}{c_{HA}};\ K_B = \frac{c_{BH^+} \cdot c_{OH^-}}{c_B}$ $pK_{S/B} = -\log_{10}(K_{S/B})$ $pK_S + pK_B = 14$	*Näherungsformel schwache Säuren/Basen*	$pH \approx \frac{1}{2} \cdot (pK_S - \log_{10}(c_0))$ $pOH \approx \frac{1}{2} \cdot (pK_B - \log_{10}(c_0))$
HENDERSSON-HASSELBALCH-Gleichung	$pH = pK_S + \log_{10}\left(\frac{c_{A^-}}{c_{HA}}\right)$		

Organische Chemie	
Doppelbindungsäquivalent $C_cN_nH_hO_oX_x$ *(X = Halogen)*	$DB\ddot{A} = \frac{2 \cdot c + n - h - x + 2}{2}$

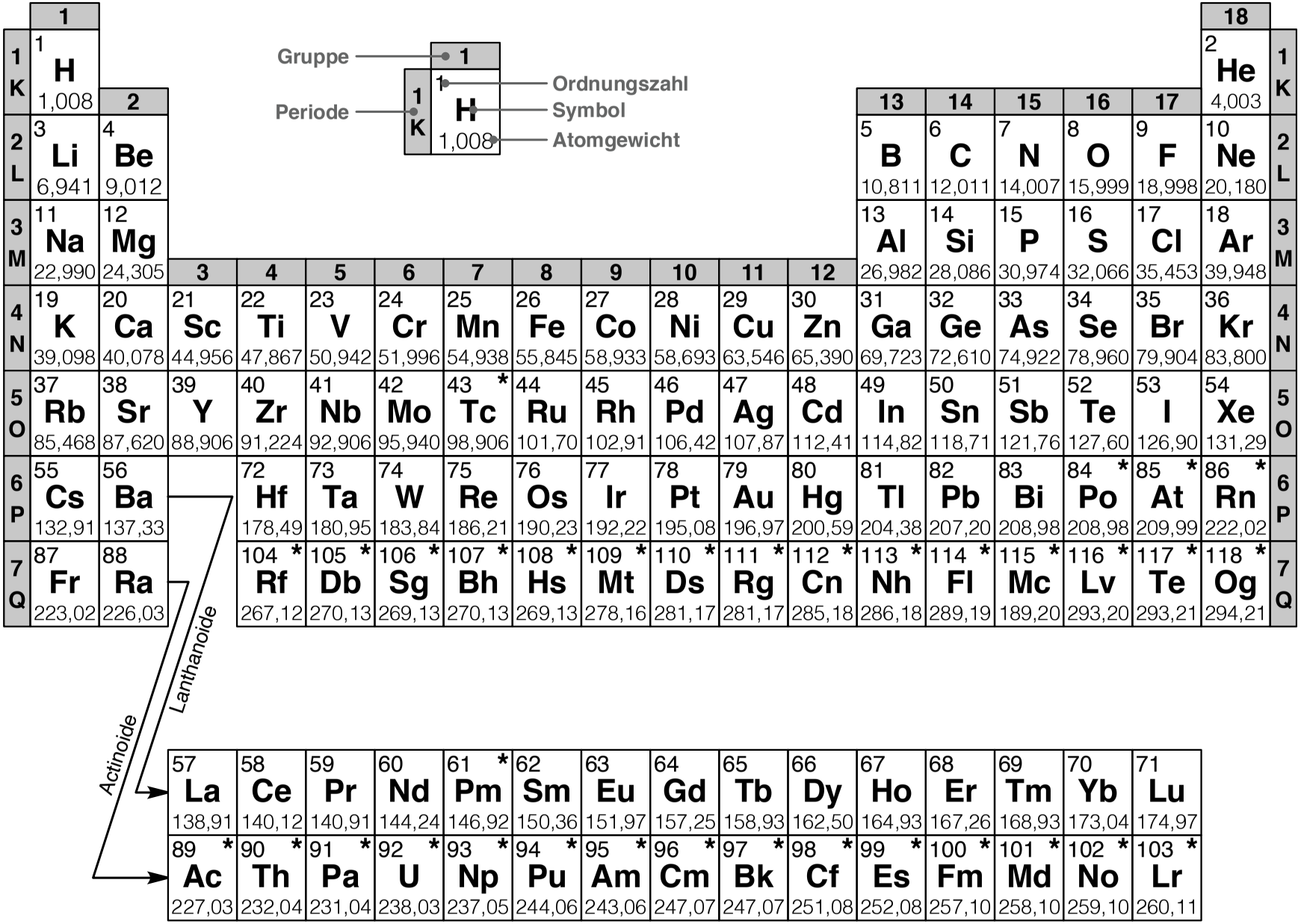
Elektrochemie			
Zellspannung	$\Delta E = E_{Kathode} - E_{Anode}$	*NERNST-Gleichung* $\mathrm{Ox + z\,e^- \rightleftharpoons Red}$	$E = E° + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln\left(\frac{\prod a_{\mathrm{Ox}}}{\prod a_{\mathrm{Red}}}\right)$
Freie Enthalpie	$\Delta G° = -E \cdot z \cdot F$	*FARADAY-Gesetz*	$Q = I \cdot \Delta t = z \cdot F \cdot n$
Elektrische Leistung	$P_{\mathrm{el}} = U \cdot I$	*Elektrische Energie*	$E_{\mathrm{el}} = U \cdot I \cdot \Delta t = U \cdot Q$

Kinetik			
Reaktions-geschwindigkeit	$r = \frac{1}{\nu_{\mathrm{i}}} \frac{dc_{\mathrm{i}}}{dt}$	*Zeitgesetze:*	
Geschwindigkeitsgesetz	$r = k \cdot c_{\mathrm{A}}^{x} \cdot c_{\mathrm{B}}^{y} \cdot \ldots$	• *0. Ordnung*	$c = c_0 - k \cdot t$
		• *1. Ordnung*	$c = c_0 \cdot e^{-k \cdot t}$
		• *2. Ordnung*	$c^{-1} = c_0^{-1} + k \cdot t$
ARRHENIUS-Gleichung	$k = A \cdot e^{-\frac{E_{\mathrm{A}}}{R \cdot T}}$		

Mathematik			
Kugel	$V = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3$ $A = 4\pi \cdot r^2$	*Quadratische Gleichung* $a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0$	$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$
Rechtwinkliges Dreieck 	$a^2 + b^2 = c^2$ $\sin(\alpha) = \frac{b}{c};\ \cos(\alpha) = \frac{a}{c};\ \tan(\alpha) = \frac{b}{a}$	*Logarithmen*	$\log_x(a \cdot b) = \log_x a + \log_x b$ $\log_x(a^n) = n \cdot \log_x a$

Einheiten			
Druck	$1\ \mathrm{atm} = 1{,}013 \cdot 10^5\ \mathrm{Pa}$ $1\ \mathrm{bar} = 10^5\ \mathrm{Pa}$	*Volumen*	$1\ \mathrm{L} = 10^{-3}\ \mathrm{m^3}$
Temperatur	$\vartheta/°\mathrm{C} = T/\mathrm{K} - 273{,}15$	*Masse*	$1\ \mathrm{u} = 1{,}6605 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$
Längen	$1\ \mathrm{Å} = 10^{-10}\ \mathrm{m}$	*Vorsätze*	pico/p: 10^{-12}; nano/n: 10^{-9} mikro/µ: 10^{-6}; milli/m: 10^{-3}

Naturkonstanten			
Lichtgeschwindigkeit	$c = 3{,}00 \cdot 10^8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$	*FARADAY-Konstante*	$F = 96485\ \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{mol}}$
Gaskonstante	$R = 8{,}314\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol} \cdot \mathrm{K}}$	*Elementarladung*	$e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$
AVOGADRO-Konstante	$N_A = 6{,}022 \cdot 10^{23}\ \frac{1}{\mathrm{mol}}$	*PLANCK'sches Wirkungsquantum*	$h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J \cdot s}$



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1 K	1 H 1,008																	2 He 4,003	1 K
2 L	3 Li 6,941	4 Be 9,012											5 B 10,811	6 C 12,011	7 N 14,007	8 O 15,999	9 F 18,998	10 Ne 20,180	2 L
3 M	11 Na 22,990	12 Mg 24,305											13 Al 26,982	14 Si 28,086	15 P 30,974	16 S 32,066	17 Cl 35,453	18 Ar 39,948	3 M
4 N	19 K 39,098	20 Ca 40,078	21 Sc 44,956	22 Ti 47,867	23 V 50,942	24 Cr 51,996	25 Mn 54,938	26 Fe 55,845	27 Co 58,933	28 Ni 58,693	29 Cu 63,546	30 Zn 65,390	31 Ga 69,723	32 Ge 72,610	33 As 74,922	34 Se 78,960	35 Br 79,904	36 Kr 83,800	4 N
5 O	37 Rb 85,468	38 Sr 87,620	39 Y 88,906	40 Zr 91,224	41 Nb 92,906	42 Mo 95,940	43 * Tc 98,906	44 Ru 101,70	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	5 O
6 P	55 Cs 132,91	56 Ba 137,33		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 207,20	83 Bi 208,98	84 * Po 208,98	85 * At 209,99	86 * Rn 222,02	6 P
7 Q	87 Fr 223,02	88 Ra 226,03		104 * Rf 267,12	105 * Db 270,13	106 * Sg 269,13	107 * Bh 270,13	108 * Hs 269,13	109 * Mt 278,16	110 * Ds 281,17	111 * Rg 281,17	112 * Cn 285,18	113 * Nh 286,18	114 * Fl 289,19	115 * Mc 189,20	116 * Lv 293,20	117 * Te 293,21	118 * Og 294,21	7 Q

57 La 138,91	58 Ce 140,12	59 Pr 140,91	60 Nd 144,24	61 * Pm 146,92	62 Sm 150,36	63 Eu 151,97	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 173,04	71 Lu 174,97
89 * Ac 227,03	90 * Th 232,04	91 * Pa 231,04	92 * U 238,03	93 * Np 237,05	94 * Pu 244,06	95 * Am 243,06	96 * Cm 247,07	97 * Bk 247,07	98 * Cf 251,08	99 * Es 252,08	100 * Fm 257,10	101 * Md 258,10	102 * No 259,10	103 * Lr 260,11

PSE

2-01 Multiple Choice 10Pt

Kreuze *für jede der folgenden Teilaufgaben jeweils alle richtigen Antworten* ***an****.*
Hinweis: Es können immer auch mehrere Antworten richtig sein, selbst wenn die Frage so formuliert ist, als wäre nur eine Antwort richtig.

a) Welches Nuklid enthält die meisten Neutronen?

☐	☐	☐	☒✓✓	☐
^{40}Ca	^{37}Cl	^{34}S	^{39}Ar	^{41}Ti

☐0 ☐ ☐1

b) In welcher Anordnung sind die Elemente nach steigender Elektronegativität sortiert?

☐	☒✓	☐	☐	☒✓
C < H < F	Si < C < N	S < F < Ne	Mg < Al < Li	P < S < O

☐0 ☐ ☐1

c) Wie lautet die Verhältnisformel der ungeladenen Verbindung Cuprospinell?

☐	☐	☒✓✓	☐	☐
$CuFeO_4$	Cu_2FeO_4	$CuFe_2O_4$	$Cu_2Fe_3O_4$	$CuFe_4O_4$

☐0 ☐ ☐1

d) Wie viele Elektronen mit der Hauptquantenzahl 3 kann es in einem Atom maximal geben?

☐	☐	☐	☐	☒✓✓
2	8	9	16	18

☐0 ☐ ☐1

e) Welches der Salze ist unlöslich in Wasser (< 1 g/L bei Raumtemperatur)?

☒✓	☐	☐	☒✓	☐
$BaCO_3$	KNO_3	$CaCl_2$	AgBr	$KHCO_3$

☐0 ☐ ☐1

f) Welches Element verursacht eine rote Flammenfärbung?

☐	☒✓	☐	☒✓	☐
Cu	Li	K	Sr	Ba

☐0 ☐ ☐1

g) Welche der Säuren ist die stärkste?

☐	☐	☒✓✓	☐	☐
HCl	HF	$HClO_4$	HOCl	NH_4^+

☐0 ☐ ☐1

h) Welche Verbindung besitzt den höchsten Siedepunkt?

☐	✗✓✓	☐	☐	☐
CH_4	HF	HBr	NH_3	H_2S

☐0
☐
☐1

i) Wie lautet die Summenformel der Verbindung 3-Ethyl-4-methylheptan?

☐	☐	☐	☐	✗✓✓
C_7H_{14}	C_7H_{16}	$C_{10}H_{16}$	$C_{10}H_{20}$	$C_{10}H_{22}$

☐0
☐
☐1

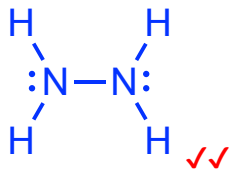
j) Welche Verbindungen entstehen formal bei der Reaktion eines Ketons mit einem Alkohol?

☐	☐	☐	✗✓	✗✓
Ester	Ether	Aldehyde	Ketale	Acetale

☐0
☐
☐1

2-02 **Kurzfragen** **15Pt**

a) ***Zeichne*** *die LEWIS-Formel von Hydrazin (N_2H_4) und* ***gib die*** *die Oxidationszahl der Stickstoffatome* ***an****.*



✓✓

Oxidationszahl: –2 / –II✓✓

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

b) ***Vervollständige*** *die vorgegebene Elektronenkonfiguration eines Fluoratoms im Grundzustand, indem du die fehlenden Zahlen in die Lücken schreibst.*

$$1s^{\checkmark 2}\ 2s^{2}\ 2p^{\checkmark 5}$$

☐0 ☐ ☐1

c) ***Nenne*** *ein Element, das bei Standardbedingungen flüssig ist.*

Brom / Quecksilber✓✓

☐0 ☐ ☐1

d) *Bei der Schmelzflusselektrolyse von Aluminiumoxid läuft folgende Reaktion ab:*

$$2\ Al_2O_3 + 3\ C \rightarrow 4\ Al + 3\ CO_2$$

Berechne *die Masse m_C des Kohlenstoffs, der zur Herstellung von $m_{Al} = 1$ t Aluminium benötigt wird.*

Verhältnis der Stoffmengen aufstellen und (molare) Massen einsetzen:

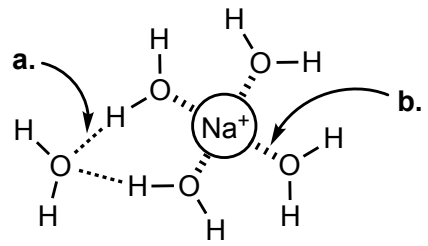
$$\frac{3}{4} = \frac{n_C}{n_{Al}} \overset{\checkmark}{=} \frac{m_C \cdot M_{Al}}{M_C \cdot m_{Al}} \checkmark$$

Umformen, Werte einsetzen und Ergebnis berechnen:

$$m_C = \frac{3 \cdot M_C \cdot m_{Al}}{4 \cdot M_{Al}} = \frac{3 \cdot 12{,}011 \frac{g}{mol} \cdot 1\ t}{4 \cdot 26{,}982 \frac{g}{mol}} = 0{,}334\ t \checkmark\checkmark$$

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

*e) Die Abbildung zeigt schematisch die Hydrathülle eines hydratisierten Natriumions. **Benenne** jeweils die Art der intermolekularen Wechselwirkung, die bei **a.** und **b.** vorliegt.*



a. Wasserstoffbrückenbindung ✓✓

b. Ion-Dipol-Wechselwirkung ✓✓

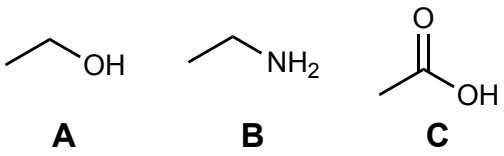
☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

*f) Bei der Chlor-Alkali-Elektrolyse wird in Wasser gelöstes Kochsalz zu Natronlauge, Chlor- und Wasserstoffgas umgesetzt. **Gib** für diese Reaktion eine ausgeglichene Reaktionsgleichung mit Aggregatzuständen **an**.*

$$2\ NaCl(aq) + 2\ H_2O(l) \rightarrow 2\ NaOH(aq) + Cl_2(g) + H_2(g)$$ ✓✓✓✓

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

*g) **Gib** jeweils **an**, welche der Verbindungen **A**, **B** und **C** die stärkste Säure bzw. die stärkste Base ist.*



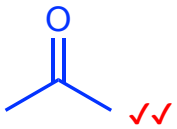
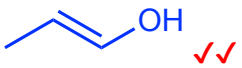
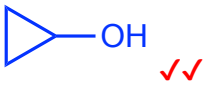
A **B** **C**

Stärkste Säure: **C**✓✓

Stärkste Base: **B**✓✓

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

*h) **Zeichne** jeweils die Strukturformel desjenigen Isomers mit der Summenformel C_3H_6O, das zu der entsprechenden Beschreibung passt.*

Strukturformel	 ✓✓	 ✓✓	 ✓✓
Beschreibung	Bei diesem Isomer handelt es sich um ein sehr gängiges **Lösungsmittel**, das zur Gruppe der **Ketone** gehört.	Der systematische Name dieses Isomers lautet **(*E*)-Prop-1-en-1-ol**.	Dieses Isomer ist **cyclisch** und besitzt eine freie **Hydroxygruppe**.

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3

2-03 Alles Chlor? 15Pt

Während Chlor ein reaktives Gas ist, sind Chlorid-Anionen überaus stabil, bilden stabile Salze mit zahlreichen Kationen und kommen häufig in der Natur vor.

a) ***Vervollständige*** *den Lückentext, indem du jeweils den richtigen Begriff* ***ankreuzt****.*

Chlor gehört zur Gruppe der __(1)__, da es __(2)__ Valenzelektronen besitzt. Chlorid-Ionen hingegen besitzen ein Valenzelektron __(3)__, sodass sie die besonders stabile Elektronenkonfiguration des Edelgases __(4)__ besitzen.

Lücke (1)	Lücke (2)	Lücke (3)	Lücke (4)
☐ Gase	☐ fünf	☒ mehr	☐ Neon
☐ Edelgase	☒ sieben		☒ Argon
☒ Halogene	☐ acht	☐ weniger	☐ Krypton
☐ Pnictogene	☐ siebzehn		☐ Xenon

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

Ein Beispiel für ein chloridhaltiges Salz ist Natriumchlorid, das bei der Reaktion von elementarem Natrium mit Chlorgas entsteht und besser bekannt ist als Kochsalz.

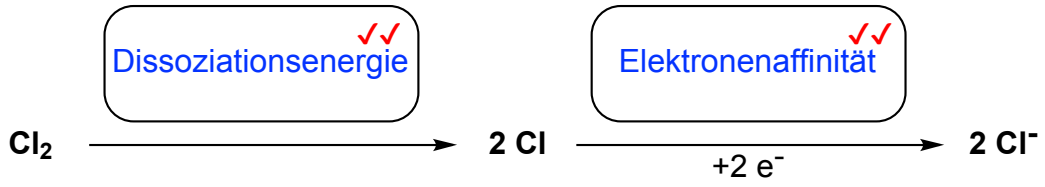
b) ***Formuliere*** *eine ausgeglichene Reaktionsgleichung für die Bildung von Natriumchlorid.* ***Gib*** *dabei die Aggregatszustände der beteiligten Verbindungen* ***an****.*

$$2\,Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2\,NaCl(s)$$ ✓✓✓

☐0 ☐ ☐1

Der genaue Ablauf dieser Reaktion wird im Born-Haber-Kreisprozess angegeben, wobei die Bildung der Chlorid-Ionen über zwei Schritte verläuft, die jeweils mit einem Energieumsatz verbunden sind.

c) ***Ordne*** *den beiden Schritten jeweils den zugehörigen Begriff aus der Begriffsliste* ***zu****.*



Mögliche Begriffe:

Gitterenergie – Elektronenaffinität – Ionisierungsenergie – Aktivierungsenergie
Dissoziationsenergie – Elektronegativität – Bildungsenergie – Sublimationsenergie

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

Die quantitative Bestimmung von Chlorid kann mithilfe einer MOHR'schen Titration erfolgen: Eine chloridhaltige Lösung wird mit einer Silbernitrat-Maßlösung titriert, wobei ein weißer Niederschlag von Silberchlorid ausfällt:

$$Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl\downarrow$$

Eine chloridhaltige, wässrige Lösung ($V_{Probe} = 50\,mL$) wird auf diese Weise mit einer 0,1-molaren Silbernitrat-Lösung titriert. Der Verbrauch am Äquivalenzpunkt beträgt $V_{Verbrauch} = 13{,}4\,mL$.

d) ***Berechne*** *die Massenkonzentration von Chlorid in der Probe in g/L.*

$V_{\text{Probe}} = 50\ \text{mL}$
$c_{\text{AgNO}_3} = 0{,}1\ \frac{\text{mol}}{\text{L}}$
$V_{\text{Verbrauch}} = 13{,}4\ \text{mL}$

Stoffmenge Silberionen (1pt):

$$n_{Ag^+} = c_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{Verbrauch}} = 0{,}1\ \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 13{,}4\ \text{mL} = 1{,}34\ \text{mmol}$$ ✓ ✓

Stoffmenge Chlorid (0,5pt):

$$n_{Cl^-} = n_{Ag^+} = 1{,}34\ \text{mmol}$$ ✓

Massenkonzentration Chlorid (1pt Rechenweg, 1pt Ergebnis):

$$\beta(Cl^-) = \frac{m_{Cl^-}}{V_{Probe}} = \frac{n_{Cl^-} \cdot M_{Cl}}{V_{Probe}} = \frac{1{,}34\ \text{mmol} \cdot 35{,}453\ \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{50\ \text{mL}} = 0{,}950\ \frac{\text{g}}{\text{L}}$$ ✓✓ ✓✓

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3 ☐

Chloride spielen auch beim unter Chemikern „beliebten" Ionenlotto eine wichtige Rolle. Nimm im Folgenden an, dass du einen unbekannten Feststoff X erhältst, der folgende Verbindungen enthalten kann: Lithiumchlorid (LiCl), Bariumchlorid ($BaCl_2$) und Ammoniumchlorid (NH_4Cl). In den Notizen deines Kameraden findest du den folgenden Analysenplan, der leider teilweise unleserlich ist.

„Nachweis 1: Halte Substanz X in eine Bunsenbrennerflamme. Wenn sie sich karminrot färbt, ist … enthalten.
Nachweis 2: Tropfe Natronlauge zu Substanz X. Wenn sich ein Gas bildet, das pH-Papier blau färbt (basisch), dann ist … enthalten.
Nachweis 3: Löse Substanz X in Wasser und tropfe Schwefelsäure dazu. Wenn sich ein weißer Niederschlag bildet, ist … enthalten."

e) ***Gib an****, welches der drei Kationen du mit den Nachweisen* ***1*** *–* ***3*** *jeweils identifizieren kannst.*

Nachweis 1:	Nachweis 2:	Nachweis 3:
Lithium / Li^+ ✓✓	Ammonium / NH_4^+ ✓✓	Barium / Ba^{2+} ✓✓

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3

f) ***Gib*** *jeweils eine ausgeglichene Ionengleichung* ***an****, die die Beobachtungen bei Nachweis* ***2*** *und Nachweis* ***3*** *erklärt.* ***Kennzeichne*** *Gasbildung (↑) und Niederschläge (↓) mit den entsprechenden Pfeilen.*

Nachweis 2:

$$NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3\uparrow + H_2O$$ ✓✓✓

Nachweis 3:

$$Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4\downarrow$$ ✓✓✓

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3

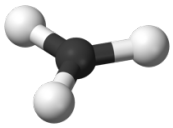
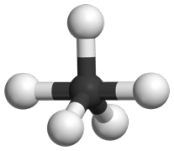
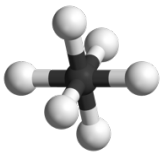
2-04 Xenon im VSEPR-Modell 20Pt

Das Valenzschalen-Elektronenpaar-Abstoßungs-Modell (VSEPR-Modell) stellt eine einfache Möglichkeit dar, die räumliche Anordnung molekular aufgebauter Verbindungen vorherzusagen.

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3 ☐

a) ***Vervollständige*** *den folgenden Text zum VSEPR-Modell entsprechend den Anweisungen.*

Das VSEPR-Modell geht davon aus, dass sich freie und bindende Elektronenpaare um ein Zentralatom voneinander abstoßen. Abhängig von der Gesamtzahl ergeben sich so verschiedene Anordnungen für die Elektronenpaare, die sogenannten Pseudostrukturen (z. B. oktaedrisch, trigonal planar, trigonal bipyramidal). [***Trage*** *die genannten Pseudostrukturen in die leeren Felder* ***ein****.*]

3 Elektronenpaare	5 Elektronenpaare	6 Elektronenpaare
		
trigonal planar ✓	trigonal bipyramidal ✓	oktaedrisch ✓

Die freien Elektronenpaare tragen jedoch nicht zur tatsächlichen Struktur eines Moleküls, der sogenannten Realstruktur, bei. Daher kann es für eine Pseudostruktur mehrere Realstrukturen geben. Zur tetraedrischen Pseudostruktur können zum Beispiel folgende Realstrukturen gehören: [***Kreuze*** ***alle*** *richtigen Antworten* ***an****.*]

☒ ✓ linear	☒ ✓ gewinkelt	☐ trigonal planar	☒ ✓ trigonal pyramidal
☒ ✓ tetraedrisch	☐ T-förmig	☐ quadratisch planar	☐ trigonal bipyramidal

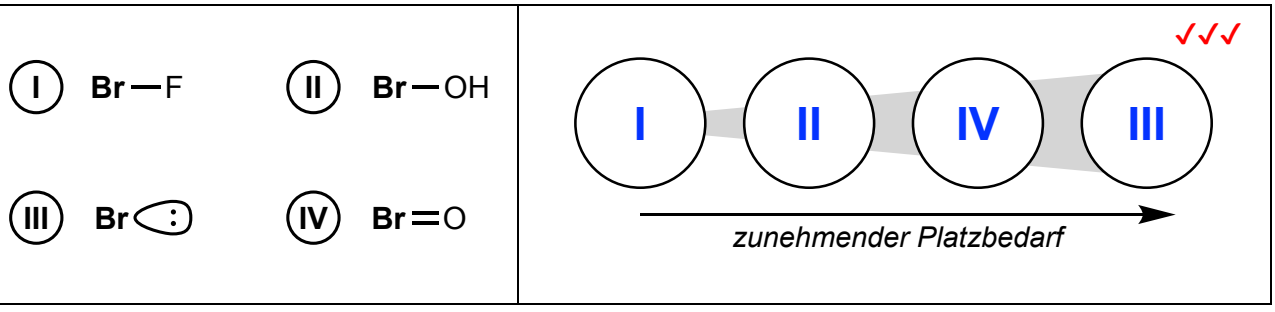
☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

b) ***Gib*** *für die folgenden Verbindungen jeweils* ***an****, wie viele freie bzw. bindende Elektronenpaare das fett markierte Atom besitzt.*

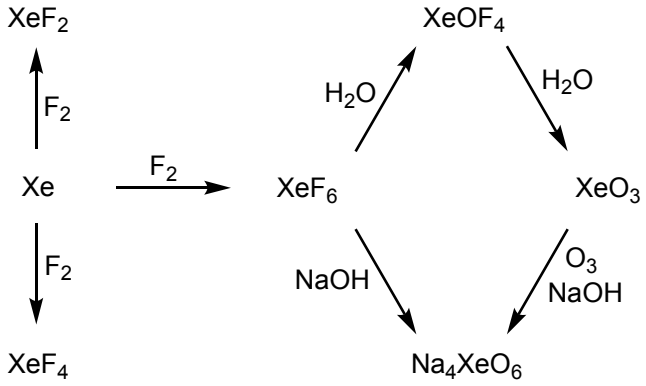
Anzahl der … Elektronenpaare	H_2**O** ✓	**B**F_3 ✓	**Br**F_3 ✓	**Be**Cl_2 ✓
… freien …	2	0	2	0
… bindenden …	2	3	3	2

☐0 ☐ ☐1 ☐

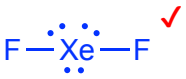
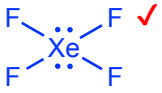
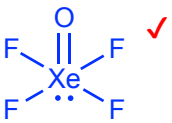
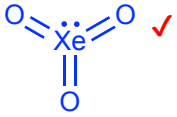
c) ***Ordne*** *die folgend gezeigten freien bzw. bindenden Elektronenpaare nach zunehmendem Platzbedarf am Br-Atom gemäß dem VSEPR-Modell.*



Xenon bildet, obwohl es ein Edelgas ist, einige stabile kovalente Verbindungen. Aufgrund seiner acht Valenzelektronen und der Möglichkeit zur Oktetterweiterung sind Xenon-Verbindungen dabei eine interessante Fallstudie für das VSEPR-Modell. Das nebenstehende Schema zeigt, wie einige dieser Verbindungen hergestellt werden können.



d) ***Vervollständige*** *die folgende Tabelle, indem du die fehlenden LEWIS-Strukturen (mit freien Elektronenpaaren am Xe-Atom)* ***zeichnest*** *und* ***angibst****, welche Pseudo- und Realstruktur nach dem VSEPR-Modell jeweils vorliegt.*

	LEWIS-Struktur	Pseudostruktur	Realstruktur
XeF_2	 ✓	trigonal bipyramidal ✓	linear ✓
XeF_4	 ✓	oktaedrisch ✓	quadratisch planar ✓
$XeOF_4$	 ✓	oktaedrisch ✓	quadratisch pyramidal ✓
XeO_3	 ✓	tetraedrisch ✓	trigonal pyramidal ✓

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3 ☐ ☐4 ☐ ☐5 ☐ ☐6

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3

e) ***Vervollständige*** *die Reaktionsgleichung der gegebenen Reaktionen.*

XeF_6 → $XeOF_4$:

$$1\ XeF_6 + 1\ H_2O \rightarrow 1\ XeOF_4 + 2\ HF$$ ✓✓

XeO_3 → Na_4XeO_6:

$$3\ XeO_3 + 1\ O_3 + 12\ NaOH \rightarrow 3\ Na_4XeO_6 + 6\ H_2O$$ ✓✓

XeF_6 → Na_4XeO_6:

$$4\ XeF_6 + 36\ NaOH \rightarrow 3\ Na_4XeO_6 + 1\ Xe + 24\ NaF + 18\ H_2O$$ ✓✓

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3 ☐ ☐4

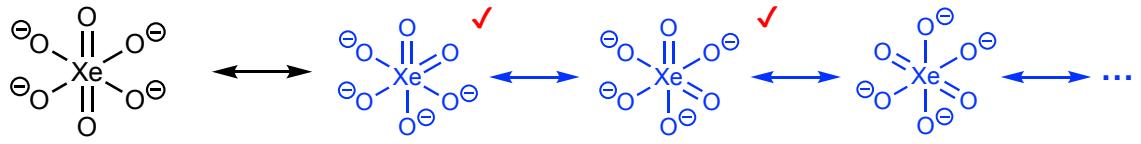
f) ***Vervollständige*** *den folgenden Text zur Struktur von XeF_6 und Na_4XeO_6 entsprechend den Anweisungen.*

In XeF_6 und XeO_6^{4-} liegen jeweils sechs Bindungen und eine oktaedrische Struktur vor. Zusätzlich gibt es in XeF_6 ein freies Elektronenpaar und in XeO_6^{4-} Doppelbindungen. Betrachte im Folgenden die Xe-F- bzw. Xe-O-Bindungslängen und die F-Xe-F- bzw. O-Xe-O-Bindungswinkel benachbarter F- bzw. O-Atome.

In XeF_6 gilt, dass… [***Kreuze*** *alle korrekten Antworten* ***an***.]

☐ alle Bindungslängen gleich sind.	✗ ✓ die Bindungslängen unterschiedlich groß sind.
☐ alle Bindungswinkel gleich sind.	✗ ✓ die Bindungswinkel unterschiedlich groß sind.

Im XeO_6^{4-}-Ion liegt Mesomerie vor: [***Zeichne*** *zwei weitere mesomere Grenzstrukturen.*]



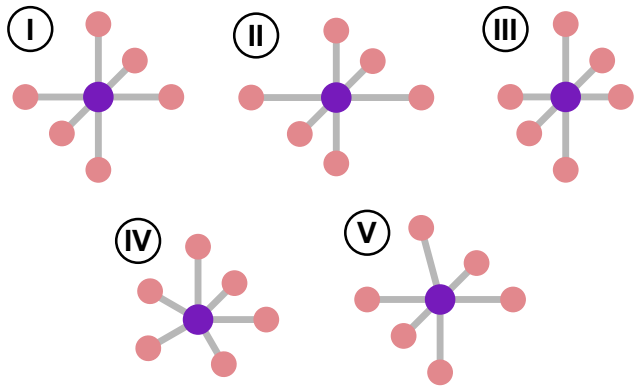
✓ ✓

Damit gilt für die Struktur von XeO_6^{4-}, dass… [***Kreuze*** *alle korrekten Antworten* ***an***.]

✗ ✓ alle Bindungslängen gleich sind.	☐ die Bindungslängen unterschiedlich groß sind.
✗ ✓ alle Bindungswinkel gleich sind.	☐ die Bindungswinkel unterschiedlich groß sind.

⋮

Die Strukturen von XeF_6 und XeO_6^{4-} sehen damit folgendermaßen aus: [***Gib*** *jeweils die korrekte Struktur aus* ***I*** *–* ***V an****.*]



XeF_6: V ✓

XeO_6^{4-}: I ✓

2-05 Kalorienbombe im Bombenkalorimeter 15Pt

Um den Brennwert von Lebensmitteln (besser bekannt als „Kalorienwert") zu bestimmen, kommt im allgemeinen Bombenkalorimetrie zum Einsatz. Dabei wird der Brennstoff in einen Reaktionsraum mit konstantem Volumen (die „Bombe") in einer Sauerstoffatmosphäre verbrannt. Die freigesetzte Wärme wird über die Gefäßwände an das Kalorimeter abgegeben, dessen Temperatur sich dadurch messbar ändert. Das Kalorimeter als Ganzes tauscht jedoch keine Wärme mit der Umgebung aus.

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

a) ***Vervollständige*** *den Lückentext, indem du jeweils den richtigen Begriff* ***ankreuzt****.*

Thermodynamische Prozesse, die bei konstantem Volumen ablaufen, nennt man __(1)__. Bei __(2)__ Prozessen wird keine Wärme mit der Umgebung ausgetauscht.

Lücke (1)		Lücke (2)	
☐ isobar	✗ ✓✓ isochor	☐ isothermen	☐ reversiblen
☐ isotherm	☐ isotop	✗ ✓✓ adiabatischen	☐ spontanen

Vor der Messung muss das Kalorimeter kalibriert werden, was durch die Verbrennung einer bekannten Substanz geschieht. Dabei kann zum Beispiel Benzoesäure ($C_7H_6O_2$, $M = 122{,}12\,\frac{g}{mol}$) zum Einsatz kommen.

☐0 ☐ ☐1 ☐

b) ***Ergänze*** *die fehlenden stöchiometrischen Koeffizienten in der Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung eines Moleküls Benzoesäure.*

$$1\ C_7H_6O_2 + \overset{\checkmark}{7{,}5}\ O_2 \rightarrow \overset{\checkmark}{7}\ CO_2 + \overset{\checkmark}{3}\ H_2O$$

Ausgehend von elementarem Phosphor kann eine Reihe interessanter, phosphorhaltiger Verbindungen hergestellt werden, wie das folgende Schema zeigt.

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐

c) ***Berechne*** *anhand der Standardbildungsenthalpien aus untenstehender Tabelle die Standardreaktionsenthalpie $\Delta_r H°$ der Verbrennung von Benzoesäure.*

	$\Delta_f H°$ in kJ/mol
$C_7H_6O_2$	−385,0
O_2	0
CO_2	−393,5
H_2O	−285,8

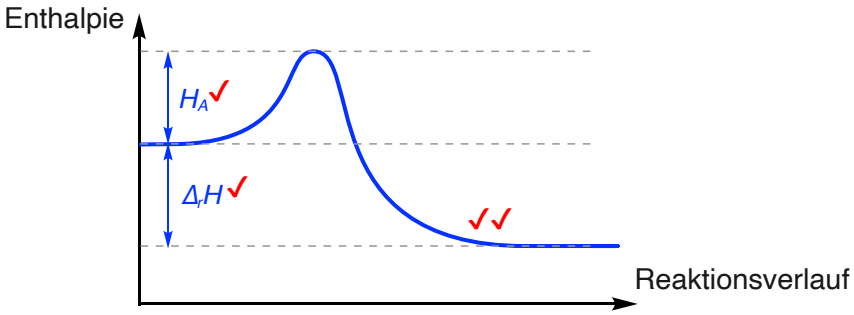
$$\Delta_r H° = 3 \cdot \Delta_f H°(H_2O) + 7 \cdot \Delta_f H°(CO_2) - 7{,}5 \cdot \Delta_f H°(O_2) - \Delta_f H°(C_7H_6O_2) \quad \checkmark\checkmark\checkmark$$

$$\Delta_r H° = 3 \cdot \left(-285{,}8\,\frac{kJ}{mol}\right) + 7 \cdot \left(-393{,}5\,\frac{kJ}{mol}\right) - 7{,}5 \cdot 0\,\frac{kJ}{mol} - \left(-385{,}0\,\frac{kJ}{mol}\right) = -3226{,}9\,\frac{kJ}{mol} \quad \checkmark\checkmark$$

➠ **Weiter mit:** $\Delta_r H° = -3000\,\frac{kJ}{mol}$

d) ***Skizziere*** *in das vorgegebene Diagramm den Enthalpieverlauf einer exothermen Reaktion und* ***zeichne*** *die Aktivierungsenthalpie H_A und die Reaktionsenthalpie $\Delta_r H$* ***ein***.

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2



Im vorliegenden Fall kann man in guter Näherung annehmen, dass die an das Kalorimeter abgegebene Wärme genau der bei der Verbrennung freiwerdenden Enthalpie entspricht.

e) ***Berechne*** *die an das Kalorimeter abgegebene Wärmemenge, wenn $m = 2{,}0$ g Benzoesäure verbrannt werden.*

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

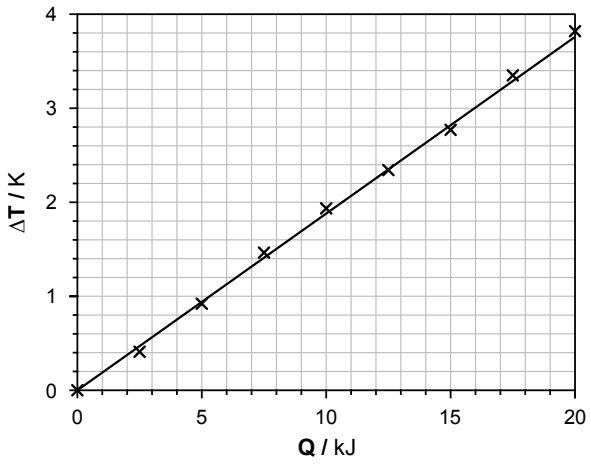
$$n_B = \frac{2{,}0\ \text{g}}{122{,}12\ \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 16{,}38\ \text{mmol}\ ✓$$

$$Q = n_B \cdot \Delta_r H^\circ\ ✓ = 16{,}38\ \text{mmol} \cdot \left(-3000\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right) = -52{,}9\ \text{kJ}\ ✓✓$$

Wie stark sich das Kalorimeter bei Aufnahme einer bestimmten Wärmemenge Q erwärmt, hängt stark vom Aufbau ab und wird durch die Kalorimeterkonstante C_{Kal} quantifiziert:

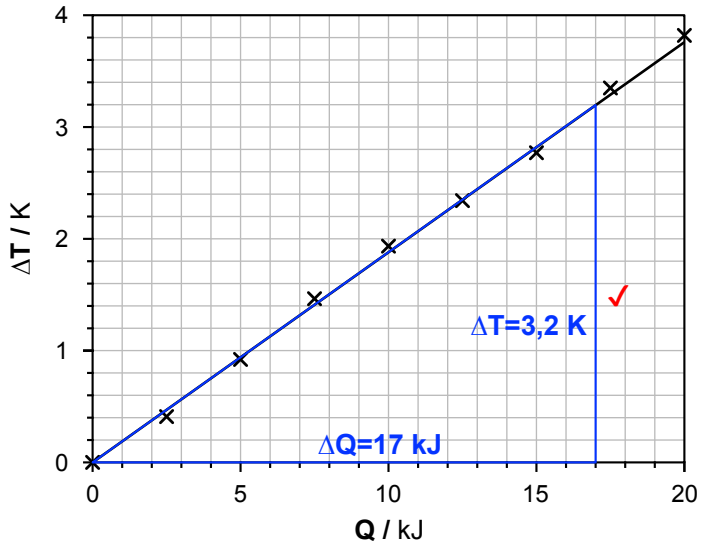
$$Q = C_{\text{Kal}} \cdot \Delta T$$

Um die Kalorimeterkonstante zu bestimmen, wurden dem Kalorimeter durch Verbrennung von Benzoesäure unterschiedliche Wärmemengen zugeführt und jeweils die resultierende Temperaturänderung gemessen. Die Ergebnisse sind folgend grafisch dargestellt.



☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐

f) ***Bestimme*** *die Steigung der Ausgleichsgeraden, indem du ein geeignetes Steigungsdreieck in die Abbildung* ***einzeichnest****.* ***Berechne*** *die Kalorimeterkonstante des Kalorimeters.*



Aus dem Diagramm: $m = \frac{3{,}2\ \mathrm{K}}{17\ \mathrm{kJ}} = 0{,}19 \pm 0{,}02\ \frac{\mathrm{K}}{\mathrm{kJ}}$ ✓✓

Mit Gleichung (1) folgt: $C_{\mathrm{Kal}} = \frac{1}{m} = \frac{1}{0{,}19\frac{\mathrm{K}}{\mathrm{kJ}}} = 5{,}26 \pm 0{,}5\ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{K}}$ ✓✓

➽ **Weiter mit:** $C_{\mathrm{Kal}} = 5{,}0\ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{K}}$

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3

g) Bei der Verbrennung von $m = 1{,}5\ \mathrm{g}$ *eines zerbröselten Schokokekses wird eine Temperaturerhöhung des Kalorimeters um* $\Delta T = 6{,}1\ \mathrm{K}$ *gemessen.* ***Berechne*** *den Energiegehalt des Schokokekses in kcal pro 100g.*
Hinweis: 1 cal entspricht 4,18 J.

Aus Gleichung (1) folgt:

$$Q = C_{\mathrm{Kal}} \cdot \Delta T \overset{\checkmark}{=} 5{,}0\ \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{K}} \cdot 6{,}1\ \mathrm{K} = 30{,}5\ \mathrm{kJ} = 7{,}30\ \mathrm{kcal} \quad ✓✓$$

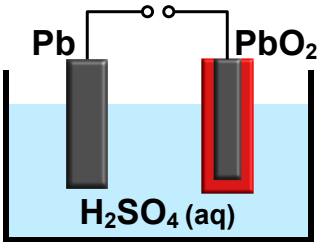
In 100 g:

$$E_{\mathrm{Keks}} = 7{,}30\ \mathrm{kcal} \cdot \frac{100\ \mathrm{g}}{1{,}5\ \mathrm{g}} \overset{\checkmark}{=} 487\ \mathrm{kcal} \quad ✓✓$$

2-06 Blei – ganz schön spannend 20Pt

Bei Bleiakkumulatoren (= Bleiakkus) handelt es sich um galvanische Zellen, in denen Elektroden aus Blei bzw. Blei(IV)oxid in eine Lösung aus verdünnter Schwefelsäure tauchen. Unter der Annahme, dass die Schwefelsäure vollständig dissoziiert ist, lautet die Reaktionsgleichung des Bleiakkus in Entladerichtung:

$$\mathrm{Pb + PbO_2 + 2\ SO_4^{2-} + 4\ H^+ \rightarrow 2\ PbSO_4 + 2\ H_2O}$$



a) ***Gib*** *die Oxidationszahl von Blei in Pb, PbO_2 und $PbSO_4$* ***an***.

Pb: ±0 ✓	PbO_2: +4 / +IV ✓	$PbSO_4$: +2 / +II ✓

☐0 ☐ ☐1 ☐

b) ***Vervollständige*** *die gegebenen Halbreaktionsgleichungen und* ***kreuze*** *jeweils* ***an****, an welcher Elektrode bzw. welchem Pol diese beim Entladen ablaufen.*

Halbreaktion 1:

☒ ✓ Anode ☐ Kathode ☐ Pluspol ☒ ✓ Minuspol

$$\mathrm{1\ Pb + 1\ SO_4^{2-} \rightarrow 1\ PbSO_4 + 2\ e^-}$$ ✓

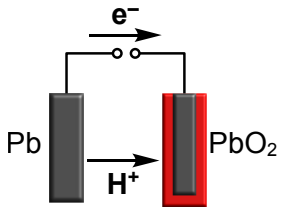
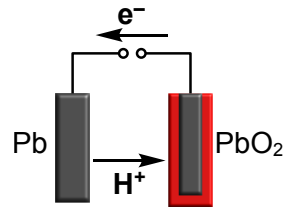
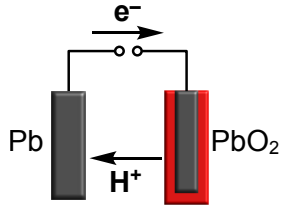
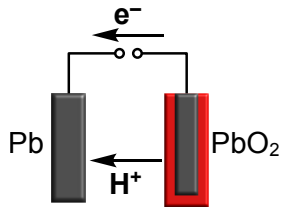
Halbreaktion 2:

☐ Anode ☒ ✓ Kathode ☒ ✓ Pluspol ☐ Minuspol

$$\mathrm{1\ PbO_2 + 1\ SO_4^{2-} + 4\ H^+ + 2\ e^- \rightarrow 1\ PbSO_4 + 2\ H_2O}$$ ✓✓

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3 ☐

c) ***Kreuze*** ***an****, in welcher der Abbildungen die Bewegungsrichtung der Elektronen und Protonen im Elektrolyten beim Entladen richtig dargestellt wird.*

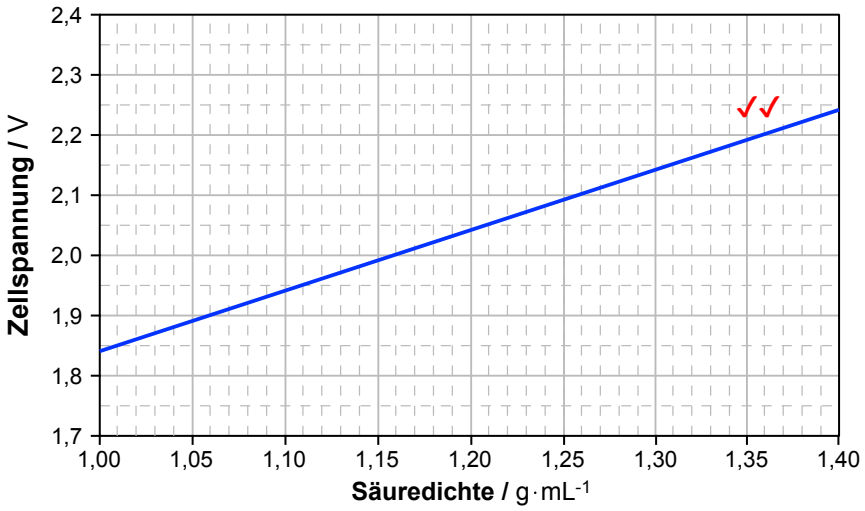
☒ ✓✓	☐	☐	☐
			

☐0 ☐ ☐1

Beim Entladen eines Bleiakkus ändert sich die Konzentration und damit auch die Dichte der schwefelsauren Lösung. Eine Faustregel zur einfachen Abschätzung der Zellspannung eines Bleiakkus in Abhängigkeit von der Säuredichte lautet: $\mathrm{Zellspannung\ in\ V} = 0{,}84 + \mathrm{Säuredichte\ in}\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{mL}}$.

☐0
☐
☐1

d) ***Zeichne*** *die zur Faustregel gehörende Gerade in das Diagramm ein.*



Bei einer Säuredichte von $\rho = 1{,}08\,\frac{\text{g}}{\text{mL}}$ beträgt der Massenanteil von Schwefelsäure in der Lösung $\omega_{H_2SO_4} = 11{,}96\,\%$. Nimm für die folgende Aufgabe vereinfachend an, dass die Schwefelsäure unter diesen Bedingungen vollständig dissoziiert vorliegt.

☐0
☐
☐1
☐
☐2
☐
☐3
☐
☐4
☐
☐5
☐
☐6
☐
☐7
☐
☐8

e) *Die Zellspannung bei den gegebenen Bedingungen soll mithilfe der NERNST-Gleichung sowie der Faustformel berechnet werden.* ***Vervollständige*** *den Rechenweg.*

Berechne *anhand des gegebenen Ausschnitts aus der Spannungsreihe die Zellspannung unter Standardbedingungen, $\Delta E°$.*

$PbO_2 + SO_4^{2-} + H^+ \,/\, PbSO_4$	$E° = +1{,}68\ \text{V}$
$PbSO_4 \,/\, Pb + SO_4^{2-}$	$E° = -0{,}36\ \text{V}$

$$\Delta E° = E_{red} - E_{ox} = 1{,}68\ \text{V} - (-0{,}36\ \text{V}) = 2{,}04\ \text{V}$$ ✓ ✓

➽ **Weiter mit**: $\Delta E° = 2{,}0\ \text{V}$

Berechne *die Konzentrationen c_{H^+} und $c_{SO_4^{2-}}$ bei der gegebenen Säuredichte.*

$$c_{H_2SO_4} = \frac{n_{H_2SO_4}}{V} = \frac{m_{H_2SO_4}}{V \cdot M_{H_2SO_4}} = \frac{\frac{m_{H_2SO_4}}{m_{ges}}}{\frac{V}{m_{ges}} \cdot M_{H_2SO_4}} = \frac{\omega_{H_2SO_4}}{\frac{1}{\rho} \cdot M_{H_2SO_4}} = \frac{0{,}1196 \cdot 1{,}08\,\frac{\text{g}}{\text{mL}}}{98{,}08\,\frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1{,}317\,\frac{\text{mol}}{\text{L}}$$ ✓ ✓

$$c_{SO_4^{2-}} = c_{H_2SO_4} = 1{,}317\,\frac{\text{mol}}{\text{L}}$$ ✓

$$c_{H^+} = 2 \cdot c_{H_2SO_4} = 2{,}634\,\frac{\text{mol}}{\text{L}}$$ ✓

➽ **Weiter mit**: $c_{H^+} = 3{,}0\,\frac{\text{mol}}{\text{L}}$, $c_{SO_4^{2-}} = 1{,}5\,\frac{\text{mol}}{\text{L}}$

Folgend ist der aktivitätsabhängige Term Π aus der NERNST-Gleichung für das betrachtete System gegeben. ***Vereinfache*** *den Ausdruck unter Angabe deines Rechenweges und* ***berechne*** *seinen Wert.*

$$\Pi = \frac{a_{PbSO_4}^2 \cdot a_{H_2O}^2}{a_{Pb} \cdot a_{PbO_2} \cdot a_{SO_4^{2-}}^2 \cdot a_{H^+}^4} = \frac{1^2 \cdot 1^2}{1 \cdot 1 \cdot \frac{c_{SO_4^{2-}}^2}{c_0^2} \cdot \frac{c_{H^+}^4}{c_0^4}} = \frac{c_0^6}{c_{SO_4^{2-}}^2 \cdot c_{H^+}^4} = \frac{\left(1\ \frac{mol}{L}\right)^6}{\left(1{,}5\ \frac{mol}{L}\right)^2 \cdot \left(3{,}0\ \frac{mol}{L}\right)^4} = 0{,}012$$ ✓✓

(Optionale Begründung: Verwendete Vereinfachungen:
- Aktivitäten von Festkörpern und Lösungsmitteln sind 1.
- Für gelöste Spezies gilt näherungsweise $a_i \approx \frac{c_i}{c_0}$ mit $c_0 = 1\ \frac{mol}{L}$).

➽ **Weiter mit**: $\Pi = 0{,}010$

Berechne *die Zellspannung U_{Zelle} bei der gegebenen Dichte und einer Temperatur von $T = 298$ K.*

$$U_{Zelle} = \Delta E° + \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln(\Pi) = 2{,}00\ V + \frac{8{,}314\ \frac{J}{mol \cdot K} \cdot 298\ K}{2 \cdot 96485\ \frac{C}{mol}} \cdot \ln(0{,}010) = 1{,}94\ V$$ ✓ ✓✓

➽ **Weiter mit**: $U_{Zelle} = 2{,}00$ V

Berechne *die absolute und relative Abweichung des Werts, der sich mit der Faustregel ergibt, vom oben gegebenen Wert der Zellspannung.*

Faustregel: $U_{Faust} = (0{,}84 + 1{,}08)\ V = 1{,}92\ V$ ✓

Absolute Abweichung:

$$\Delta U_{abs} = U_{Faust} - U_{Zelle} = 1{,}92\ V - 2{,}00\ V = -0{,}08\ V$$ ✓

Relative Abweichung:

$$\Delta U_{rel} = \frac{\Delta U_{abs}}{U_{Zelle}} = \frac{-0{,}08\ V}{2{,}00\ V} = -0{,}04 = -4\ \%$$ ✓

Eine Herausforderung beim Betrieb von Bleiakkus stellt das sogenannte Gasen dar. Darunter versteht man die langsame Bildung von Sauerstoff an einer der Elektroden des geladenen Akkus.

f) ***Gib an****, an welcher Elektrode (Blei oder Blei(IV)oxid) es zur Sauerstoffentwicklung kommt.* ***Formuliere*** *die Gleichung der dabei ablaufenden Gesamtreaktion.*

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

Die Gasung findet an der Elektrode aus Blei(IV)oxid statt. ✓✓
(Optionale Begründung: Bei der Bildung von Sauerstoff handelt es sich um eine Oxidation, die entsprechende Elektrode wird also reduziert und muss ein stärker positives Potential besitzen.)

$PbO_2 + SO_4^{2-} + H^+ / PbSO_4$	$E° = +1{,}68\ V$
$O_2 + H^+ / H_2O$	$E° = +1{,}23\ V$
$PbSO_4 / Pb + SO_4^{2-}$	$E° = -0{,}36\ V$

Reaktionsgleichung: ✓✓

$$2\ PbO_2 + 2\ SO_4^{2-} + 4\ H^+ \rightarrow 2\ PbSO_4 + O_2 + 2\ H_2O$$

In einem beispielhaften Akku beträgt der durch das Gasen bedingte Strom konstant $I = 5\ mA$.

g) ***Berechne*** *das Volumen des Sauerstoffs bei SATP-Bedingungen (25 °C, 1,013 bar), das in solch einem Akku innerhalb eines Jahres ($t = 365\ d$) freigesetzt wird.*

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3

Für die umgesetzte Ladung Q gilt:

$$Q = I \cdot t \overset{✓}{=} 5\ mA \cdot 365\ d \cdot 24\frac{h}{d} \cdot 3600\frac{s}{h} = 157680\ C$$

Stoffmenge von O_2 über 1. FARADAY'sches Gesetz:

$$n_{O_2} = \frac{Q}{z \cdot F} \overset{✓}{=} \frac{157680\ C}{4 \cdot 96485\frac{C}{mol}} = 0{,}409\ mol \ ✓$$

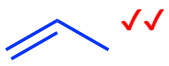
Umrechnung in Volumen über ideales Gasgesetz:

$$V_{O_2} = \frac{n_{O_2} \cdot R \cdot T}{p} \overset{✓}{=} \frac{0{,}409\ mol \cdot 8{,}314\frac{J}{mol \cdot K} \cdot (273{,}15 + 25)\ K}{1{,}013 \cdot 10^5\ Pa} = 0{,}0100\ m^3 \overset{✓✓}{=} 10{,}0\ L$$

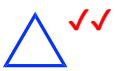
2-07 Cyclohexan – Herr der (organischen) Ringe 15Pt

Ungesättigte Kohlenwasserstoffe mit drei oder mehr Kohlenstoffatomen besitzen neben offenkettigen Isomeren auch solche, in denen die Kohlenstoffatome einen geschlossenen Ring bilden.

*a) **Zeichne** alle Strukturisomere, die zur Summenformel C_3H_6 gehören, und **benenne** diese jeweils nach den IUPAC-Nomenklaturregeln.*



Propen ✓



Cyclopropan ✓

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3

Einer der wichtigsten cyclischen Kohlenwasserstoffe ist das Cyclohexan mit der Zusammensetzung C_6H_{12}. In der stabilsten Konformation ordnen sich die Kohlenstoffatome dabei sesselförmig an, weshalb man auch von der Sesselkonformation des Cyclohexans spricht.

*b) **Vervollständige** den Lückentext, indem du jeweils den richtigen Begriff **ankreuzt**.*

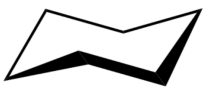
In der organischen Chemie bezeichnet man Verbindungen mit derselben Summenformel als __(1)__. Wenn sie außerdem dieselbe Menge und Art von Bindungen enthalten, dann besitzen sie dieselbe __(2)__. Unter __(3)__ versteht man die räumliche Anordnung der Atome, die durch Rotation um __(4)__ entsteht.

Lücke (1)	Lücke (2)	Lücke (3)	Lücke (4)
☒ ✓ Isomere	☐ Konfiguration	☐ Konfiguration	☒ ✓ Einfachbindungen
☐ Isotope	☐ Konformation	☒ ✓ Konformation	☐ Doppelbindungen
☐ Topomere	☐ Konstruktion	☐ Konstruktion	☐ Dreifachbindungen
☐ Isochore	☒ ✓ Konstitution	☐ Konstitution	☐ Symmetrieachsen

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

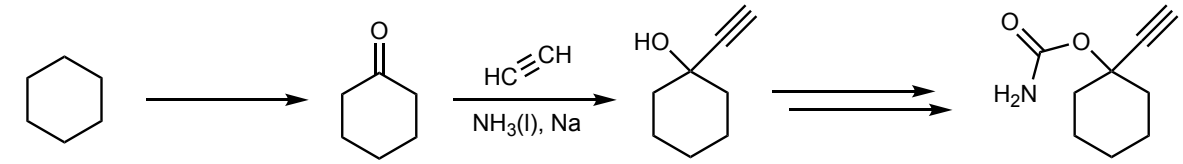
Ausgehend von elementarem Phosphor kann eine Reihe interessanter, phosphorhaltiger Verbindungen hergestellt werden, wie das folgende Schema zeigt.

*c) Wie sieht die Sesselkonformation von Cyclohexan aus? **Kreuze** die richtige Antwort **an**.*

☐	☒ ✓✓	☐	☐
			

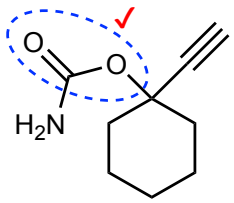
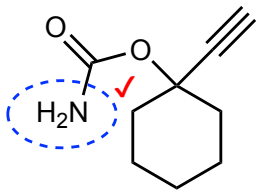
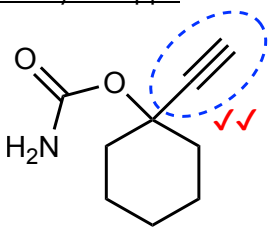
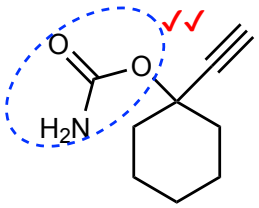
☐0 ☐ ☐1

Die Cyclohexan-Struktureinheit kommt in zahlreichen organischen Verbindungen vor, darunter auch dem Arzneistoff Ethinamat, der eine sedierende Wirkung besitzt. Dieser kann wie folgend gezeigt aus Cyclohexan synthetisiert werden und enthält verschiedene funktionelle Gruppen.



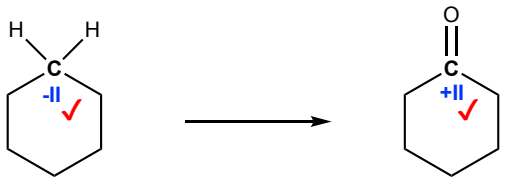
Cyclohexan — Intermediat **A** — Intermediat **B** — Ethinamat

d) ***Markiere*** *jede der folgend genannten funktionellen Gruppen in der Struktur von Ethinamat.*

Ester-Gruppe	Amino-Gruppe	Ethinyl-Gruppe	Carbamat-Gruppe
			

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3

e) ***Bestimme*** *jeweils die Oxidationszahl des fett gedruckten Kohlenstoffatoms in Cyclohexan und Intermediat* ***A****.* ***Gib an****, ob für die Reaktion ein Oxidations- oder Reduktionsmittel benötigt wird.*



Ein Oxidationsmittel wird benötigt. ✓✓

☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

f) Folgender Abschnitt beschäftigt sich mit der Umsetzung von Intermediat ***A*** *zu Intermediat* ***B****.* ***Vervollständige*** *ihn, indem du die Anweisungen befolgst.*

Zwischen Natrium und flüssigen Ammoniak läuft eine Redoxreaktion ab, bei der gasförmiger Wasserstoff und Amid-Ionen (NH_2^-) gebildet werden. [***Gib*** *die Reaktionsgleichung dieser Reaktion* ***an****.*]

$$2\ Na + 2\ NH_3 \rightarrow 2\ NaNH_2 + H_2$$ ✓✓

Die Amid-Ionen deprotonieren anschließend das Ethin, wobei ein einfach negativ geladenes Acetylid-Anion (C_2H^-) entsteht. [***Zeichne*** *die LEWIS-Formel des Acetylid-Anions.*]

✓✓

Durch die Deprotonierung erhöht sich die… [***Kreuze*** *die korrekte Antwort* ***an****.*]

✗ ✓✓ Nukleophilie ☐ Elektrophilie

…von Ethin. Dadurch kann zwischen Intermediat **A** und Ethin eine… [***Kreuze*** *die korrekte Antwort* ***an****.*]

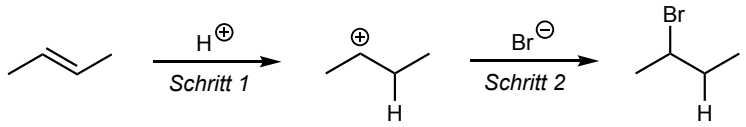
☐ nucleophile Substitution ☐ elektrophile Addition ✗ ✓✓ nucleophile Addition

…ablaufen, bei der schließlich Intermediat **B** entsteht.

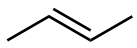
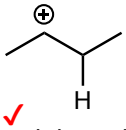
☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3 ☐ ☐4

2-08 Additionen – Organisches Plusrechnen? 20Pt

Die elektrophile Addition von Bromwasserstoff (HBr) an Alkene beginnt mechanistisch mit der Protonierung der Doppelbindung, wobei ein Carbokation entsteht. Dieses reagiert schließlich mit einem Bromid-Ion unter Bildung eines Bromalkans, dem Endprodukt der Reaktion.

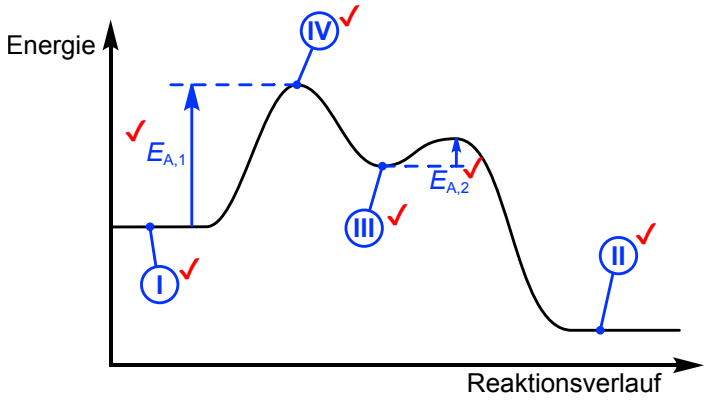


a) ***Kreuze*** *jeweils* ***an****, ob das gezeigte Teilchen als Elektrophil oder Nucleophil reagiert.* ☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

Schritt 1		*Schritt 2*	
	$H^{\oplus}$		$Br^{\ominus}$
☐ Elektrophil ☒ Nucleophil	☒ Elektrophil ☐ Nucleophil	☒ Elektrophil ☐ Nucleophil	☐ Elektrophil ☒ Nucleophil

b) ***Vervollständige*** *den folgenden Abschnitt zum gegebenen Energiediagramm, indem du die Anweisungen befolgst.* ☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3 ☐ ☐4

Die Abbildung zeigt das qualitative Energiediagramm der betrachteten Reaktion.



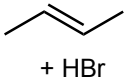
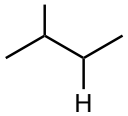
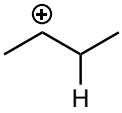
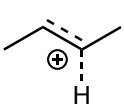
Das Diagramm zeigt, dass die Reaktion… [***Kreuze*** *die korrekte Antwort* ***an****.*]

☒ exotherm ist.	☐ endotherm ist.	☐ keine Aussage möglich

Im Diagramm sind außerdem die Aktivierungsenergien $E_{A,1}$ und $E_{A,2}$ beider Schritte erkennbar. [***Zeichne*** *die Aktivierungsenergien* $E_{A,1}$ *und* $E_{A,2}$ *in das Diagramm* ***ein****.*] Basierend darauf ist der folgende Schritt der geschwindigkeitsbestimmende: [***Kreuze*** *die korrekte Antwort* ***an****.*]

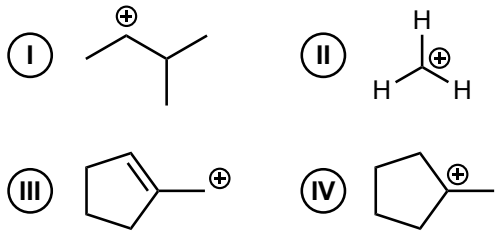
☒ Schritt 1	☐ Schritt 2	☐ keine Aussage möglich

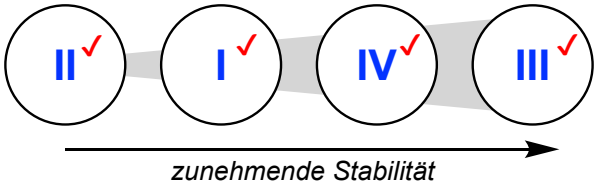
Die folgend gezeigten Strukturen I - IV gehören zu Punkten im Energiediagramm. [***Markiere*** *die zugehörigen Punkte I – IV im Diagramm.*]

I	II	III	IV
 + HBr		 + $Br^{\ominus}$	 + $Br^{\ominus}$

Bei nicht symmetrischen Alkenen können bei der elektrophilen Addition verschiedene Carbokationen und damit Additionsprodukte gebildet werden. Das Hauptprodukt ist dabei das Isomer, bei dessen Bildung das besser stabilisierte Carbokation durchlaufen wird.

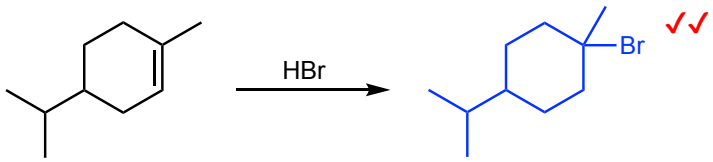
c) ***Ordne*** *die folgend gezeigten Carbokationen aufsteigend nach ihrer Stabilität.*

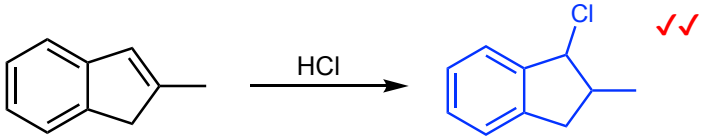


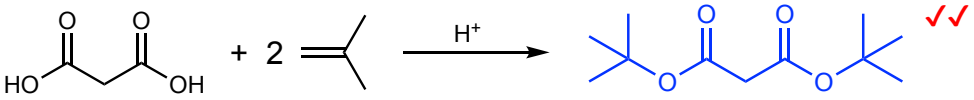


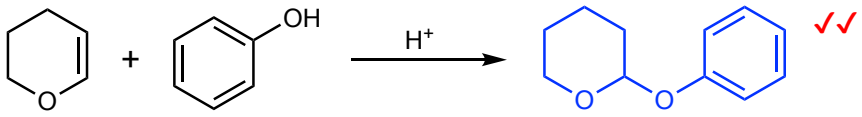
☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2

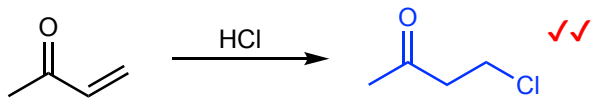
d) ***Zeichne*** *jeweils das Hauptprodukt der folgend gezeigten elektrophilen Additionsreaktionen. Du brauchst Stereoisomerie nicht zu beachten.*







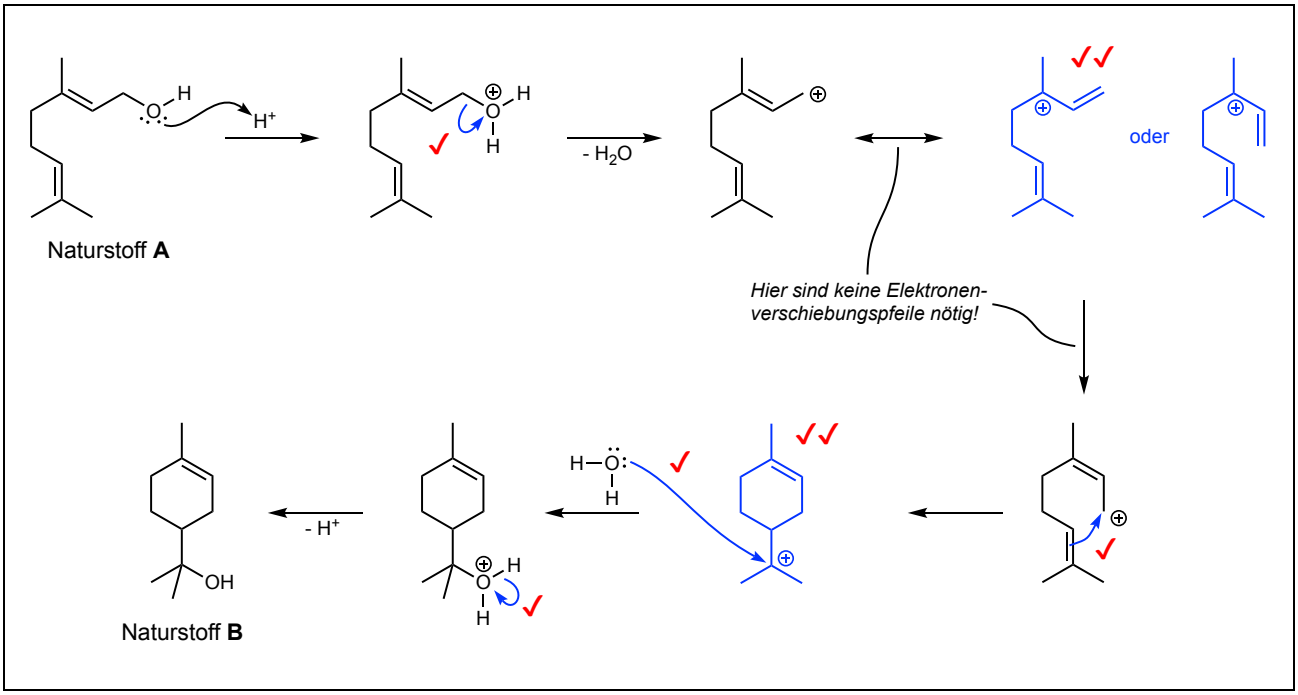




☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3 ☐ ☐4 ☐ ☐5

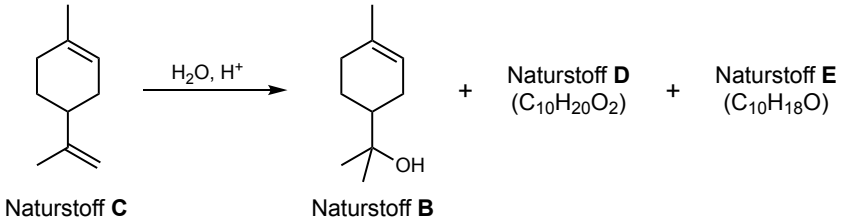
Terpene sind eine Klasse von Naturstoffen, die besonders interessant sind als Substrate für elektrophile Additionen. So kann etwa aus dem Naturstoff **A** über eine Reaktion, die auch über kationische Intermediate verläuft, Naturstoff **B** gewonnen werden.

e) ***Vervollständige*** *den gegebenen Reaktionsmechanismus, indem du die fehlenden Strukturen* ***zeichnest*** *und für alle Schritte, außer die explizit markierten, Elektronenverschiebungspfeile* ***einzeichnest****.*



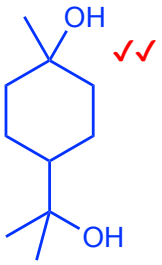
☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3 ☐ ☐4

Naturstoff **B** kann auch direkt durch die elektrophile Addition von Wasser an den Naturstoff **C** gewonnen werden. Dabei entstehen jedoch auch zwei weitere Naturstoffe **D** ($C_{10}H_{20}O_2$) und **E** ($C_{10}H_{18}O$), die beide keine Doppelbindungen mehr enthalten.

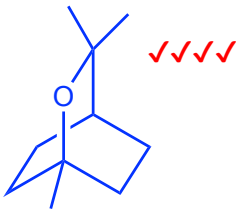


f) ***Zeichne*** *die Strukturen der Naturstoffe* ***D*** *und* ***E****.*

Naturstoff **D**:



Naturstoff **E**:



☐0 ☐ ☐1 ☐ ☐2 ☐ ☐3