



Musterlösung der Übungsklausur

zur 2. Runde des Auswahlverfahrens zur 57. IChO 2025

in Al Ain / Dubai (Vereinigte Arabische Emirate)

	Name: Max Mustermann
	Personencode: ab12cd
	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.
- Diese Klausur ist **personalisiert**. Kontrolliere am Anfang der Arbeitszeit, dass dein **Name**, **Personencode** und **Bundesland** auf dem Deckblatt sowie dein Personencode und Bundesland auf allen anderen Seiten korrekt eingetragen sind.
- 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.





Personencode: **ab12cd**
Bundesland: **Musterland**



ICHO 2025
2. Runde



- 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, verstau 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.

☒ $\triangleq$ angekreuzt

☐ $\triangleq$ nicht angekreuzt

☒ $\triangleq$ angekreuzt





Formelsammlung

Stöchiometrie und Analytik			
Stoffmenge	$n = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m} = \frac{N}{N_A}$	Licht / Photonen	$\nu = \frac{E}{h} = \frac{c}{\lambda}$
Konzentration / Massenkonz.	$c = \frac{n}{V}; \quad \beta = \frac{m}{V}$	Massenanteil A in $A_a B_b$	$\omega_A = \frac{a \cdot M_A}{M_{A_a B_b}}$
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	$p_{ges} = p_A + p_B + \dots$

Thermodynamik			
Innere Energie	$\Delta U = C_V \cdot \Delta T$	Reaktionsenthalpie	$\Delta_r H^\circ = \sum \Delta_f H^\circ_{\text{Produkte}} - \sum \Delta_f H^\circ_{\text{Edukte}}$
Enthalpie	$H = U + pV$ $\Delta H = C_p \cdot \Delta T$	Reaktionsentropie	$\Delta_r S^\circ = \sum S^\circ_{\text{Produkte}} - \sum S^\circ_{\text{Edukte}}$
Freie Enthalpie	$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T \cdot \Delta S^\circ$	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 $A_a B_b \rightleftharpoons a A^{x+} + b B^{y-}$	$K_L = c_{A^{x+}}^a \cdot c_{B^{y-}}^b$
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	$\Delta G^\circ = -R \cdot T \cdot \ln(K)$

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 $C_c N_n H_h O_o X_x$ ($X = \text{Halogen}$)	$DB\ddot{A} = \frac{2 \cdot c + n - h - x + 2}{2}$





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

Kinetik			
Reaktionsgeschwindigkeit	$r = \frac{1}{v_i} \frac{dc_i}{dt}$	Zeitgesetze: o. Ordnung $c = c_0 - k \cdot t$ 1. Ordnung $c = c_0 \cdot e^{-k \cdot t}$ 2. Ordnung $c^{-1} = c_0^{-1} + k \cdot t$	
Geschwindigkeitsgesetz	$r = k \cdot c_A^x \cdot c_B^y \cdot \dots$		
ARRHENIUS-Gleichung	$k = A \cdot e^{-\frac{E_A}{R \cdot T}}$		

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

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





Personencode: **ab12cd**
Bundesland: **Musterland**



ICHO 2025
2. Runde



PSE

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1	H	3	Li	11	Na	19	K	37	Rb	55	Cs	87	Fr	2	He	10	Ne	18	Ar	36	Kr	54	Xe	86	Rn	118	Og	116	Mc	115	Sb	51	Te	52	I	53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1,008		6,941	9,012	22,990	24,305	40,078	39,098	85,468	87,620	132,91	137,33	223,02	226,03	4	Be	12	Mg	20	Ca	38	Sr	56	Ba	88	Ra	5	B	13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	F	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1,008		6,941	9,012	22,990	24,305	40,078	39,098	85,468	87,620	132,91	137,33	223,02	226,03	26	Fe	28	Ni	30	Zn	48	Cd	80	Hg	196,97	200,59	204,38	207,20	208,98	209,99	222,02	226,03	229,10	238,03	244,06	247,07	251,08	252,08	257,10	258,10	259,10	260,11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1,008		6,941	9,012	22,990	24,305	40,078	39,098	85,468	87,620	132,91	137,33	223,02	226,03	58	Ce	60	Nd	62	Sm	64	Gd	66	Dy	68	Er	70	Yb	71	Lu	72	Hf	74	Ta	76	Os	78	Pt	80	Au	82	Pb	84	Bi	86	Rn	88	Fr	90	Th	92	Pa	94	U	96	Np	98	Pu	100	Fm	102	No	104	Lr	106	Db	108	Sg	110	Bh	112	Cn	114	Fl	116	Lv	118	Og	120	Ts	122	Mc	124	Fl	126	Mc	128	Fl	130	Mc	132	Fl	134	Mc	136	Fl	138	Mc	140	Fl	142	Mc	144	Fl	146	Mc	148	Fl	150	Mc	152	Fl	154	Mc	156	Fl	158	Mc	160	Fl	162	Mc	164	Fl	166	Mc	168	Fl	170	Mc	172	Fl	174	Mc	176	Fl	178	Mc	180	Fl	182	Mc	184	Fl	186	Mc	188	Fl	190	Mc	192	Fl	194	Mc	196	Fl	198	Mc	200	Fl	202	Mc	204	Fl	206	Mc	208	Fl	210	Mc	212	Fl	214	Mc	216	Fl	218	Mc	220	Fl	222	Mc	224	Fl	226	Mc	228	Fl	230	Mc	232	Fl	234	Mc	236	Fl	238	Mc	240	Fl	242	Mc	244	Fl	246	Mc	248	Fl	250	Mc	252	Fl	254	Mc	256	Fl	258	Mc	260	Fl	262	Mc	264	Fl	266	Mc	268	Fl	270	Mc	272	Fl	274	Mc	276	Fl	278	Mc	280	Fl	282	Mc	284	Fl	286	Mc	288	Fl	290	Mc	292	Fl	294	Mc	296	Fl	298	Mc	300	Fl	302	Mc	304	Fl	306	Mc	308	Fl	310	Mc	312	Fl	314	Mc	316	Fl	318	Mc	320	Fl	322	Mc	324	Fl	326	Mc	328	Fl	330	Mc	332	Fl	334	Mc	336	Fl	338	Mc	340	Fl	342	Mc	344	Fl	346	Mc	348	Fl	350	Mc	352	Fl	354	Mc	356	Fl	358	Mc	360	Fl	362	Mc	364	Fl	366	Mc	368	Fl	370	Mc	372	Fl	374	Mc	376	Fl	378	Mc	380	Fl	382	Mc	384	Fl	386	Mc	388	Fl	390	Mc	392	Fl	394	Mc	396	Fl	398	Mc	400	Fl	402	Mc	404	Fl	406	Mc	408	Fl	410	Mc	412	Fl	414	Mc	416	Fl	418	Mc	420	Fl	422	Mc	424	Fl	426	Mc	428	Fl	430	Mc	432	Fl	434	Mc	436	Fl	438	Mc	440	Fl	442	Mc	444	Fl	446	Mc	448	Fl	450	Mc	452	Fl	454	Mc	456	Fl	458	Mc	460	Fl	462	Mc	464	Fl	466	Mc	468	Fl	470	Mc	472	Fl	474	Mc	476	Fl	478	Mc	480	Fl	482	Mc	484	Fl	486	Mc	488	Fl	490	Mc	492	Fl	494	Mc	496	Fl	498	Mc	500	Fl	502	Mc	504	Fl	506	Mc	508	Fl	510	Mc	512	Fl	514	Mc	516	Fl	518	Mc	520	Fl	522	Mc	524	Fl	526	Mc	528	Fl	530	Mc	532	Fl	534	Mc	536	Fl	538	Mc	540	Fl	542	Mc	544	Fl	546	Mc	548	Fl	550	Mc	552	Fl	554	Mc	556	Fl	558	Mc	560	Fl	562	Mc	564	Fl	566	Mc	568	Fl	570	Mc	572	Fl	574	Mc	576	Fl	578	Mc	580	Fl	582	Mc	584	Fl	586	Mc	588	Fl	590	Mc	592	Fl	594	Mc	596	Fl	598	Mc	600	Fl	602	Mc	604	Fl	606	Mc	608	Fl	610	Mc	612	Fl	614	Mc	616	Fl	618	Mc	620	Fl	622	Mc	624	Fl	626	Mc	628	Fl	630	Mc	632	Fl	634	Mc	636	Fl	638	Mc	640	Fl	642	Mc	644	Fl	646	Mc	648	Fl	650	Mc	652	Fl	654	Mc	656	Fl	658	Mc	660	Fl	662	Mc	664	Fl	666	Mc	668	Fl	670	Mc	672	Fl	674	Mc	676	Fl	678	Mc	680	Fl	682	Mc	684	Fl	686	Mc	688	Fl	690	Mc	692	Fl	694	Mc	696	Fl	698	Mc	700	Fl	702	Mc	704	Fl	706	Mc	708	Fl	710	Mc	712	Fl	714	Mc	716	Fl	718	Mc	720	Fl	722	Mc	724	Fl	726	Mc	728	Fl	730	Mc	732	Fl	734	Mc	736	Fl	738	Mc	740	Fl	742	Mc	744	Fl	746	Mc	748	Fl	750	Mc	752	Fl	754	Mc	756	Fl	758	Mc	760	Fl	762	Mc	764	Fl	766	Mc	768	Fl	770	Mc	772	Fl	774	Mc	776	Fl	778	Mc	780	Fl	782	Mc	784	Fl	786	Mc	788	Fl	790	Mc	792	Fl	794	Mc	796	Fl	798	Mc	800	Fl	802	Mc	804	Fl	806	Mc	808	Fl	810	Mc	812	Fl	814	Mc	816	Fl	818	Mc	820	Fl	822	Mc	824	Fl	826	Mc	828	Fl	830	Mc	832	Fl	834	Mc	836	Fl	838	Mc	840	Fl	842	Mc	844	Fl	846	Mc	848	Fl	850	Mc	852	Fl	854	Mc	856	Fl	858	Mc	860	Fl	862	Mc	864	Fl	866	Mc	868	Fl	870	Mc	872	Fl	874	Mc	876	Fl	878	Mc	880	Fl	882	Mc	884	Fl	886	Mc	888	Fl	890	Mc	892	Fl	894	Mc	896	Fl	898	Mc	900	Fl	902	Mc	904	Fl	906	Mc	908	Fl	910	Mc	912	Fl	914	Mc	916	Fl	918	Mc	920	Fl	922	Mc	924	Fl	926	Mc	928	Fl	930	Mc	932	Fl	934	Mc	936	Fl	938	Mc	940	Fl	942	Mc	944	Fl	946	Mc	948	Fl	950	Mc	952	Fl	954	Mc	956	Fl	958	Mc	960	Fl	962	Mc	964	Fl	966	Mc	968	Fl	970	Mc	972	Fl	974	Mc	976	Fl	978	Mc	980	Fl	982	Mc	984	Fl	986	Mc	988	Fl	990	Mc	992	Fl	994	Mc	996	Fl	998	Mc	1000	Fl	1002	Mc	1004	Fl	1006	Mc	1008	Fl	1010	Mc	1012	Fl	1014	Mc	1016	Fl	1018	Mc	1020	Fl	1022	Mc	1024	Fl	1026	Mc	1028	Fl	1030	Mc	1032	Fl	1034	Mc	1036	Fl	1038	Mc	1040	Fl	1042	Mc	1044	Fl	1046	Mc	1048	Fl	1050	Mc	1052	Fl	1054	Mc	1056	Fl	1058	Mc	1060	Fl	1062	Mc	1064	Fl	1066	Mc	1068	Fl	1070	Mc	1072	Fl	1074	Mc	1076	Fl	1078	Mc	1080	Fl	1082	Mc	1084	Fl	1086	Mc	1088	Fl	1090	Mc	1092	Fl	1094	Mc	1096	Fl	1098	Mc	1100	Fl	1102	Mc	1104	Fl	1106	Mc	1108	Fl	1110	Mc	1112	Fl	1114	Mc	1116	Fl	1118	Mc	1120	Fl	1122	Mc	1124	Fl	1126	Mc	1128	Fl	1130	Mc	1132	Fl	1134	Mc	1136	Fl	1138	Mc	1140	Fl	1142	Mc	1144	Fl	1146	Mc	1148	Fl	1150	Mc	1152	Fl	1154	Mc	1156	Fl	1158	Mc	1160	Fl	1162	Mc	1164	Fl	1166	Mc	1168	Fl	1170	Mc	1172	Fl	1174	Mc	1176	Fl	1178	Mc	1180	Fl	1182	Mc	1184	Fl	1186	Mc	1188	Fl	1190	Mc	1192	Fl	1194	Mc	1196	Fl	1198	Mc	1200	Fl	1202	Mc	1204	Fl	1206	Mc	1208	Fl	1210	Mc	1212	Fl	1214	Mc	1216	Fl	1218	Mc	1220	Fl	1222	Mc	1224	Fl	1226	Mc	1228	Fl	1230	Mc	1232	Fl	1234	Mc	1236	Fl	1238	Mc	1240	Fl	1242	Mc	1244	Fl	1246	Mc	1248	Fl	1250	Mc	1252	Fl	1254	Mc	1256	Fl	1258	Mc	1260	Fl	1262	Mc	1264	Fl	1266	Mc	1268	Fl	1270	Mc	1272	Fl	1274	Mc	1276	Fl	1278	Mc	1280	Fl	1282	Mc	1284	Fl	1286	Mc	1288	Fl	1290	Mc	1292	Fl	1294	Mc	1296	Fl	1298	Mc	1300	Fl	1302	Mc	1304	Fl	1306	Mc	1308	Fl	1310	Mc	1312	Fl	1314	Mc	1316	Fl	1318	Mc	1320	Fl	1322	Mc	1324	Fl	1326	Mc	1328	Fl	1330	Mc	1332	Fl	1334	Mc	1336	Fl	1338	Mc	1340	Fl	1342	Mc	1344	Fl	1346	Mc	1348	Fl	1350	Mc	1352	Fl	1354	Mc	1356	Fl	1358	Mc	1360	Fl	1362	Mc	1364	Fl	1366	Mc	1368	Fl	1370	Mc	1372	Fl	1374	Mc	1376	Fl	1378	Mc	1380	Fl	1382	Mc	1384	Fl	1386	Mc	1388	Fl	1390	Mc	1392	Fl	1394	Mc	1396	Fl	1398	Mc	1400	Fl	1402	Mc	1404	Fl	1406	Mc	1408	Fl	1410	Mc	1412	Fl	1414	Mc	1416	Fl	1418	Mc	1420	Fl	1422	Mc	1424	Fl	1426	Mc	1428	Fl	1430	Mc	1432	Fl	1434	Mc	1436	Fl	1438	Mc	1440	Fl	1442	Mc	1444	Fl	1446	Mc	1448	Fl	1450	Mc	1452	Fl	1454	Mc	1456	Fl	1458	Mc	1460	Fl	1462	Mc	1464	Fl	1466	Mc	1468	Fl	1470



Personencode: **ab12cd**
Bundesland: **Musterland**



ICHO 2025
2. Runde



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?					☐ 0 ☐ ☐ 1
☐	☐	☐	☒	☐	
^{40}Ca	^{37}Cl	^{34}S	^{39}Ar	^{41}Ti	
b) In welcher Anordnung sind die Elemente nach steigender Elektronegativität sortiert?					☐ 0 ☐ ☐ 1
☐	☒	☐	☐	☒	
$\text{C} < \text{H} < \text{F}$	$\text{Si} < \text{C} < \text{N}$	$\text{S} < \text{F} < \text{Ne}$	$\text{Mg} < \text{Al} < \text{Li}$	$\text{P} < \text{S} < \text{O}$	
c) Wie lautet die Verhältnisformel der ungeladenen Verbindung Cuprospinell?					☐ 0 ☐ ☐ 1
☐	☐	☒	☐	☐	
CuFeO_4	Cu_2FeO_4	CuFe_2O_4	$\text{Cu}_2\text{Fe}_3\text{O}_4$	CuFe_4O_4	
d) Wie viele Elektronen mit der Hauptquantenzahl 3 kann es in einem Atom maximal geben?					☐ 0 ☐ ☐ 1
☐	☐	☐	☐	☒	
2	8	9	16	18	
e) Welches der Salze ist unlöslich in Wasser (< 1 g/L bei Raumtemperatur)?					☐ 0 ☐ ☐ 1
☒	☐	☐	☒	☐	
BaCO_3	KNO_3	CaCl_2	AgBr	KHCO_3	
f) Welches Element verursacht eine rote Flammenfärbung?					☐ 0 ☐ ☐ 1
☐	☒	☐	☒	☐	
Cu	Li	K	Sr	Ba	
g) Welche der Säuren ist die stärkste?					☐ 0 ☐ ☐ 1
☐	☐	☒	☐	☐	
HCl	HF	HClO_4	HOCl	NH_4^+	





h) Welche Verbindung besitzt den höchsten Siedepunkt?

☐	☒ ☒	☐	☐	☐
CH ₄	HF	HBr	NH ₃	H ₂ S

☐ 0
☐
☐ 1

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

☐	☐	☐	☐	☒ ☒
C ₇ H ₁₄	C ₇ H 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



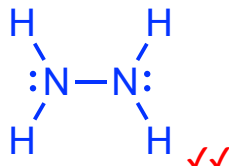


2-02

Kurzfragen

15Pt

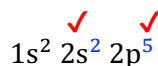
- a) **Zeichne** die LEWIS-Formel von Hydrazin (N_2H_4) und **gib die** Oxidationszahl der Stickstoffatome **an**.



Oxidationszahl: -2 / $-II$ ✓✓

- ☐ 0
☐
☐ 1
☐
☐ 2

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



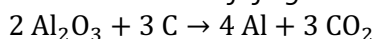
- ☐ 0
☐
☐ 1

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

Brom / Quecksilber ✓✓

- ☐ 0
☐
☐ 1

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



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

Verhältnis der Stoffmengen aufstellen und (molare) Massen einsetzen:

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

Umformen, Werte einsetzen und Ergebnis berechnen:

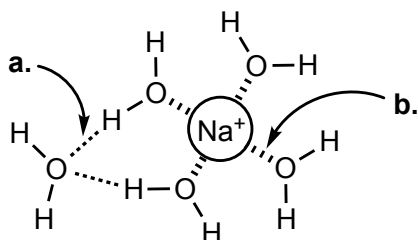
$$m_C = \frac{3 \cdot M_C \cdot m_{\text{Al}}}{4 \cdot M_{\text{Al}}} = \frac{3 \cdot 12,011 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 1 \text{ t}}{4 \cdot 26,982 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,334 \text{ t} \quad \checkmark \checkmark$$

- ☐ 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 ✓✓

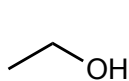
☐ 0
☐
☐ 1
☐
☐ 2

- 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**.

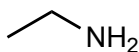


☐ 0
☐
☐ 1
☐
☐ 2

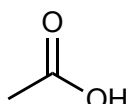
- g) **Gib** jeweils **an**, welche der Verbindungen **A**, **B** und **C** die stärkste Säure bzw. die stärkste Base ist.



A



B



C

Stärkste Säure: **C** ✓✓

Stärkste Base: **B** ✓✓

☐ 0
☐
☐ 1
☐
☐ 2

- h) **Zeichne** jeweils die Strukturformel desjenigen Isomers mit der Summenformel $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$, 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	☐ weniger	☒ Argon
☒ Halogene	☐ acht		☐ Krypton
☐ Pnictogene	☐ siebzehn		☐ Xenon

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 Aggregatzustände der beteiligten Verbindungen **an**.

$$2 \text{Na(s)} + \text{Cl}_2\text{(g)} \rightarrow 2 \text{NaCl(s)}$$

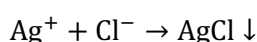
Der genaue Ablauf dieser Reaktion wird im Born-Haber-Kreisprozess angegeben, wobei die Bildung der Chlorid-Ionen über zwei Schritte verläuft, die jeweils mit einem Energieumsatz verbunden sind.

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

$$\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{Dissoziationsenergie}} 2 \text{Cl} \xrightarrow{+2 e^- \text{ Elektronenaffinität}} 2 \text{Cl}^-$$

Mögliche Begriffe:
Gitterenergie – Elektronenaffinität – Ionisierungsenergie – Aktivierungsenergie
Dissoziationsenergie – Elektronegativität – Bildungsenergie – Sublimationsenergie

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:



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





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

Stoffmenge Silberionen (1pt):

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

Stoffmenge Chlorid (0,5pt):

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

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

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

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

- ☐ 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 (BaCl₂) und Ammoniumchlorid (NH₄Cl). 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:

Lithium / Li⁺ ✓✓

Nachweis 2:

Ammonium / NH₄⁺ ✓✓

Nachweis 3:

Barium / Ba²⁺ ✓✓

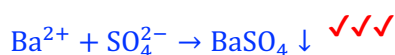
- ☐ 0
☐
☐ 1
☐
☐ 2
☐
☐ 3

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:



Nachweis 3:



- ☐ 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.

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.]**

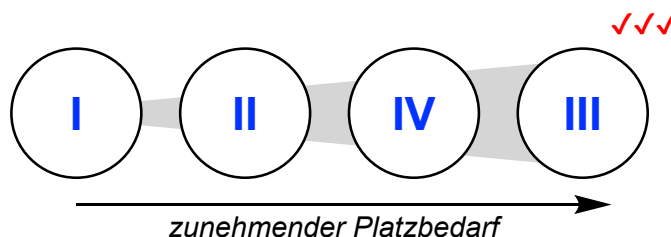
☒ linear	☒ gewinkelt	☐ trigonal planar	☒ trigonal pyramidal
☒ tetraedisch	☐ T-förmig	☐ quadratisch planar	☐ trigonal bipyramidal

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

Anzahl der ... Elektronenpaare	<u>H₂O</u> ✓	<u>BF₃</u> ✓	<u>BrF₃</u> ✓	<u>BeCl₂</u> ✓
... freien ...	2	0	2	0
... bindenden ...	2	3	3	2

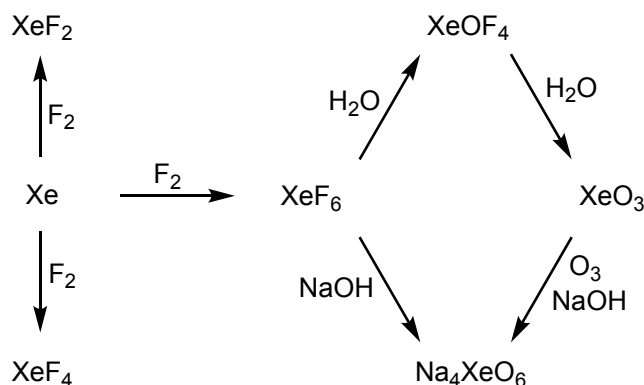
c) **Ordne** die folgend gezeigten freien bzw. bindenden Elektronenpaare nach zunehmendem Platzbedarf am Br-Atom gemäß dem VSEPR-Modell.

- Ⓘ Br—F Ⓜ Br—OH
Ⓢ Br⋯: Ⓨ Br=O





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 ✓

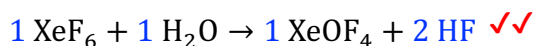
- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6



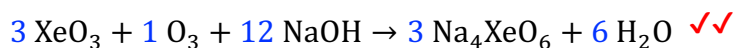


e) **Vervollständige** die Reaktionsgleichung der gegebenen Reaktionen.

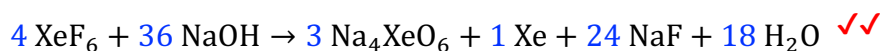
$\text{XeF}_6 \rightarrow \text{XeOF}_4$:



$\text{XeO}_3 \rightarrow \text{Na}_4\text{XeO}_6$:



$\text{XeF}_6 \rightarrow \text{Na}_4\text{XeO}_6$:



- ☐ 0
- ☐
- ☐ 1
- ☐
- ☐ 2
- ☐
- ☐ 3

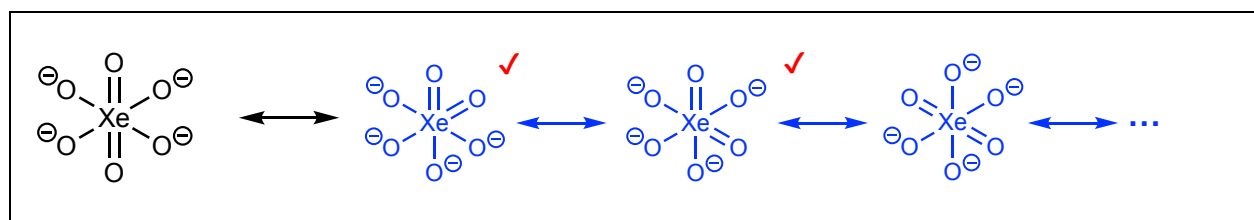
f) **Vervollständige** den folgenden Text zur Struktur von XeF_6 und Na_4XeO_6 entsprechend den Anweisungen.

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. |

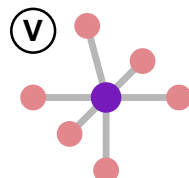
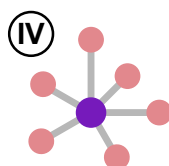
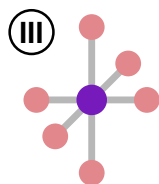
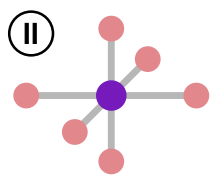
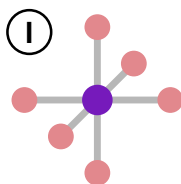
⋮

- ☐ 0
- ☐
- ☐ 1
- ☐
- ☐ 2
- ☐
- ☐ 3
- ☐
- ☐ 4





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.

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

☐ 0

☐

☐ 1

☐

☐ 2

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

Lücke (1)

☐ isobar

☒ isochor

☐ isotherm

☐ isotop

Lücke (2)

☐ isothermen

☐ reversiblen

☒ adiabatischen

☐ spontanen

Vor der Messung muss das Kalorimeter kalibriert werden, was durch die Verbrennung einer bekannten Substanz geschieht. Dabei kann zum Beispiel Benzoesäure ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$, $M = 122,12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$) zum Einsatz kommen.

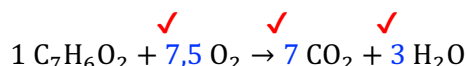
b) **Ergänze** die fehlenden stöchiometrischen Koeffizienten in der Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung eines Moleküls Benzoesäure.

☐ 0

☐

☐ 1

☐



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

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

☐ 0

☐

☐ 1

☐

☐ 2

☐

	$\Delta_f H^\circ$ in kJ/mol
$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	-385,0
O_2	0
CO_2	-393,5
H_2O	-285,8

$$\Delta_r H^\circ = 3 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}) + 7 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) - 7,5 \cdot \Delta_f H^\circ(\text{O}_2) - \Delta_f H^\circ(\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2) \quad \checkmark \checkmark \checkmark$$

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

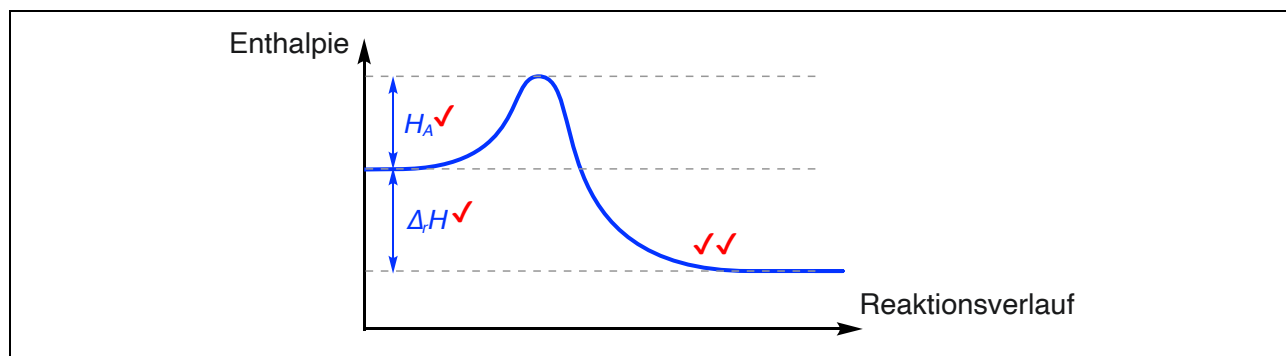
➔ Weiter mit: $\Delta_r H^\circ = -3000 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$





- 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

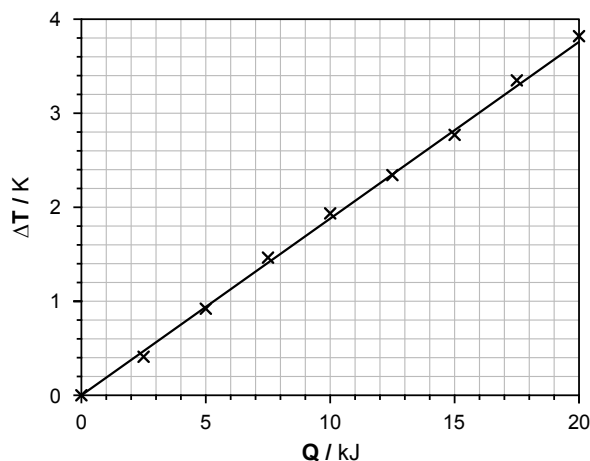
$$n_B = \frac{2,0 \text{ g}}{122,12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 16,38 \text{ mmol} \quad \checkmark$$

$$Q = n_B \cdot \Delta_r H^\circ = 16,38 \text{ mmol} \cdot \left(-3000 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right) = -49,1 \text{ kJ} \quad \checkmark \checkmark$$

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:

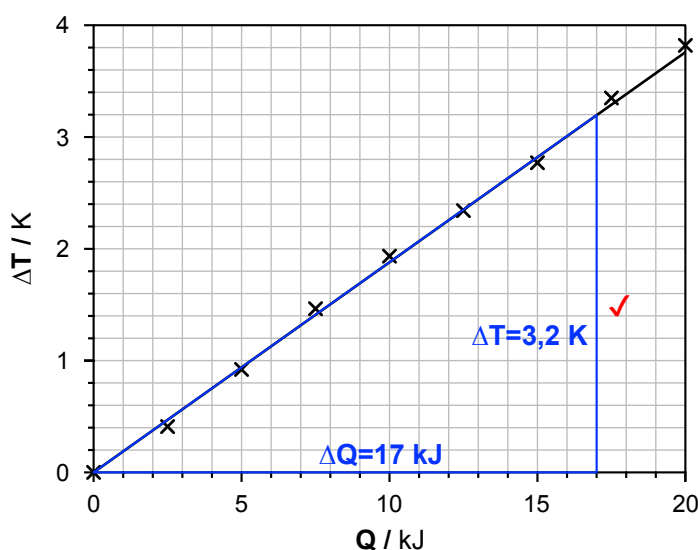
$$Q = C_{\text{Kal}} \cdot \Delta T$$

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.





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



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

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

➔ Weiter mit: $C_{\text{Kal}} = 5,0 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$

- ☐ 0
☐
☐ 1
☐
☐ 2
☐

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

Aus Gleichung (1) folgt:

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

In 100 g:

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

- ☐ 0
☐
☐ 1
☐
☐ 2
☐
☐ 3



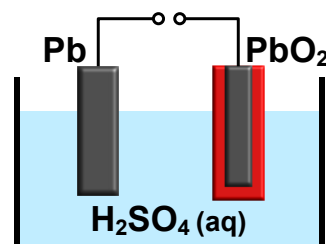
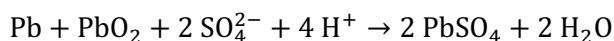


2-06

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:



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

Pb : ± 0 ✓

PbO_2 : $+4 / +\text{IV}$ ✓

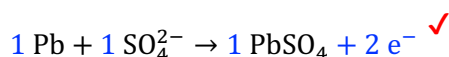
PbSO_4 : $+2 / +\text{II}$ ✓

- ☐ 0
☐
☐ 1
☐

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

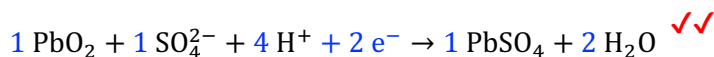
Halbreaktion 1:

☒ Anode ☐ Kathode ☐ Pluspol ☒ Minuspol



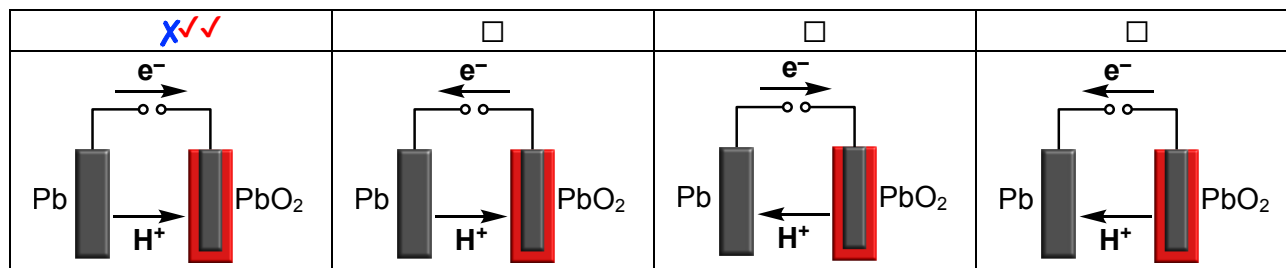
Halbreaktion 2:

☐ Anode ☒ Kathode ☒ Pluspol ☐ Minuspol



- ☐ 0
☐
☐ 1
☐ 2
☐ 3
☐

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



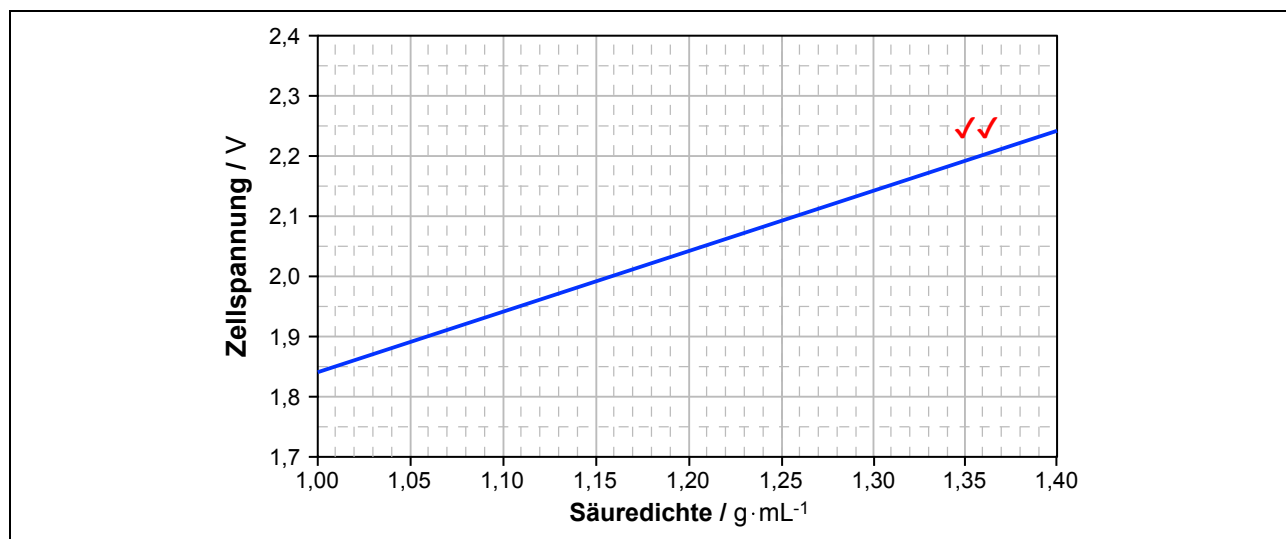
- ☐ 0
☐
☐ 1

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: Zellspannung in V = $0,84 + \text{Säuredichte in } \frac{\text{g}}{\text{mL}}$.





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 $\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 11,96 \%$. Nimm für die folgende Aufgabe vereinfachend an, dass die Schwefelsäure unter diesen Bedingungen vollständig dissoziiert vorliegt.

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, ΔE° .

$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+ / \text{PbSO}_4$	$E^\circ = +1,68 \text{ V}$
$\text{PbSO}_4 / \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	$E^\circ = -0,36 \text{ V}$

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

► Weiter mit: $\Delta E^\circ = 2,0 \text{ V}$

Berechne die Konzentrationen c_{H^+} und $c_{\text{SO}_4^{2-}}$ bei der gegebenen Säuredichte.

$$c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{\frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{ges}}}}{\frac{V}{m_{\text{ges}}} \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\frac{1}{\rho} \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{0,1196 \cdot 1,08 \frac{\text{g}}{\text{mL}}}{98,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,317 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c_{\text{SO}_4^{2-}} = c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,317 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c_{\text{H}^+} = 2 \cdot c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2,634 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

► Weiter mit: $c_{\text{H}^+} = 2,0 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$, $c_{\text{SO}_4^{2-}} = 1,0 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$





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.

$$\Pi = \frac{a_{\text{Pb}} \cdot a_{\text{PbO}_2} \cdot a_{\text{SO}_4^{2-}}^2 \cdot a_{\text{H}^+}^4}{a_{\text{PbSO}_4}^2 \cdot a_{\text{H}_2\text{O}}^2} = \frac{1 \cdot 1 \cdot \frac{c_{\text{SO}_4^{2-}}^2}{c_0^2} \cdot \frac{c_{\text{H}^+}^4}{c_0^4}}{1^2 \cdot 1^2} = \frac{c_{\text{SO}_4^{2-}}^2 \cdot c_{\text{H}^+}^4}{c_0^6} = \frac{\left(1,0 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^2 \cdot \left(2,0 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^4}{\left(1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^6} = 16,0$$

(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 $c_0 = 1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$.

► Weiter mit: $\Pi = 15$

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

$$U_{\text{Zelle}} = \Delta E^\circ + \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln(\Pi) = 2,00 \text{ V} + \frac{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{ K}}{2 \cdot 96485 \frac{\text{C}}{\text{mol}}} \cdot \ln(15) = 2,03 \text{ V}$$

► Weiter mit: $U_{\text{Zelle}} = 2,05 \text{ V}$

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

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

Absolute Abweichung:

$$\Delta U_{\text{abs}} = U_{\text{Faust}} - U_{\text{Zelle}} = 1,92 \text{ V} - 2,05 \text{ V} = -0,13 \text{ V}$$

Relative Abweichung:

$$\Delta U_{\text{rel}} = \frac{\Delta U_{\text{abs}}}{U_{\text{Zelle}}} = \frac{-0,13 \text{ V}}{2,05 \text{ V}} = -0,063 = -6,3 \%$$





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.

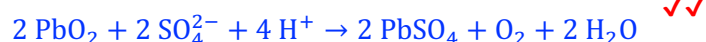
- f) **Gib an**, an welcher Elektrode (Blei oder Blei(IV)oxid) es zur Sauerstoffentwicklung kommt. **Formuliere** die Gleichung der dabei ablaufenden Gesamtreaktion.

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.)

$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+ / \text{PbSO}_4$	$E^\circ = +1,68 \text{ V}$
$\text{O}_2 + \text{H}^+ / \text{H}_2\text{O}$	$E^\circ = +1,23 \text{ V}$
$\text{PbSO}_4 / \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	$E^\circ = -0,36 \text{ V}$

Reaktionsgleichung:



- ☐ 0
☐
☐ 1
☐
☐ 2

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

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

Für die umgesetzte Ladung Q gilt:

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

Stoffmenge von O_2 über 1. FARADAY'sches Gesetz:

$$n_{\text{O}_2} = \frac{Q}{z \cdot F} = \frac{157680 \text{ C}}{4 \cdot 96485 \frac{\text{C}}{\text{mol}}} = 0,409 \text{ mol} \quad \checkmark$$

Umrechnung in Volumen über ideales Gasgesetz:

$$V_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{O}_2} \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0,409 \text{ mol} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (273,15 + 25) \text{ K}}{1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 0,0100 \text{ m}^3 = 10,0 \text{ L} \quad \checkmark\checkmark$$

- ☐ 0
☐
☐ 1
☐
☐ 2
☐
☐ 3





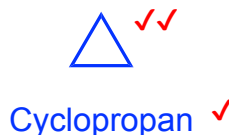
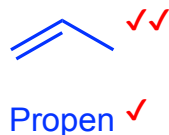
2-07

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.



- ☐ 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)

- ☒ Isomere
☐ Isotope
☐ Topomere
☐ Isochore

Lücke (2)

- ☐ Konfiguration
☐ Konformation
☐ Konstruktion
☒ Konstitution

Lücke (3)

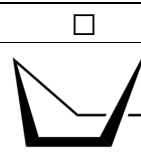
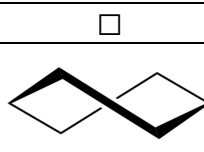
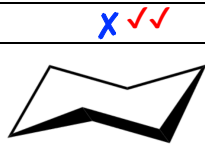
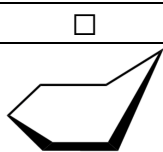
- ☐ Konfiguration
☒ Konformation
☐ Konstruktion
☐ Konstitution

Lücke (4)

- ☒ Einfachbindungen
☐ Doppelbindungen
☐ Dreifachbindungen
☐ Symmetrieachsen

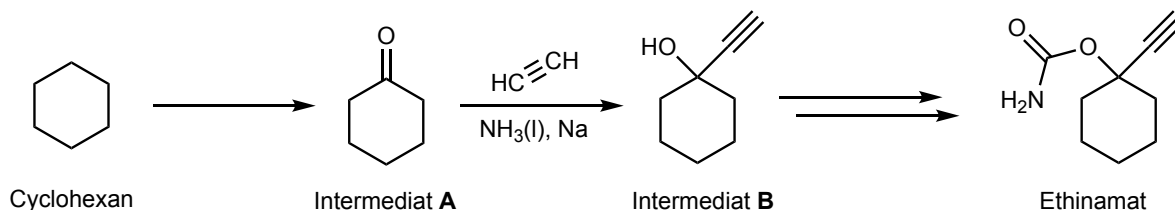
- ☐ 0
☐
☐ 1
☐
☐ 2

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



- ☐ 0
☐
☐ 1

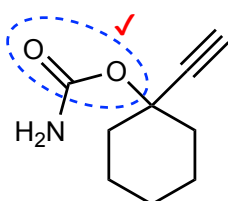
Die Cyclohexan-Struktureinheit kommt in zahlreichen organischen Verbindungen vor, darunter auch dem Arzneistoff Ethinamat, der eine sedierende Wirkung besitzt. Dieser kann wie folgend gezeigt aus Cyclohexan synthetisiert werden und enthält verschiedene funktionelle Gruppen.



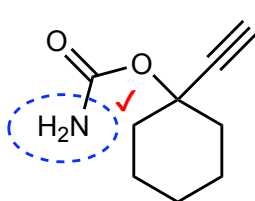


d) **Markiere** jede der folgend genannten funktionellen Gruppen in der Struktur von Ethinamat.

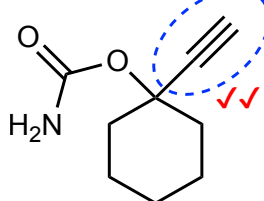
Ester-Gruppe



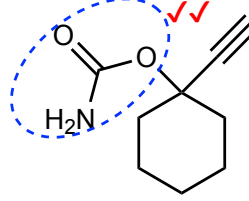
Amino-Gruppe



Ethynyl-Gruppe

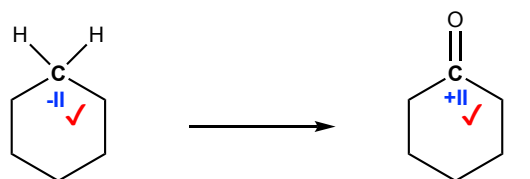


Carbamat-Gruppe



- ☐ 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.

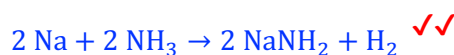


Ein Oxidationsmittel wird benötigt. ✓✓

- ☐ 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.**



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



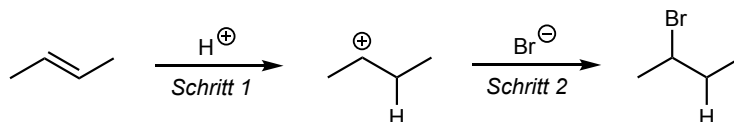


2-08

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.



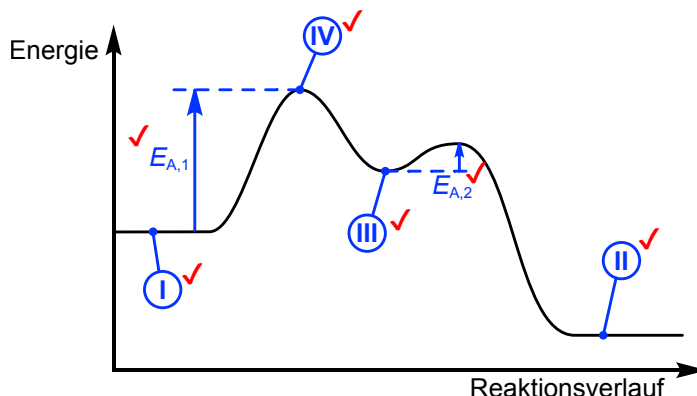
a) **Kreuze** jeweils an, ob das gezeigte Teilchen als Elektrophil oder Nucleophil reagiert.

Schritt 1		Schritt 2	
	H^+		Br^-
☐ Elektrophil ☒ Nucleophil	☒ Elektrophil ☐ Nucleophil	☒ Elektrophil ☐ Nucleophil	☐ Elektrophil ☒ Nucleophil

☐ 0
☐
☐ 1
☐
☐ 2

b) **Vervollständige** den folgenden Abschnitt zum gegebenen Energiediagramm, indem du die Anweisungen befolgst.

Die Abbildung zeigt das qualitative Energiediagramm der betrachteten Reaktion.



☐ 0
☐
☐ 1
☐
☐ 2
☐
☐ 3
☐
☐ 4

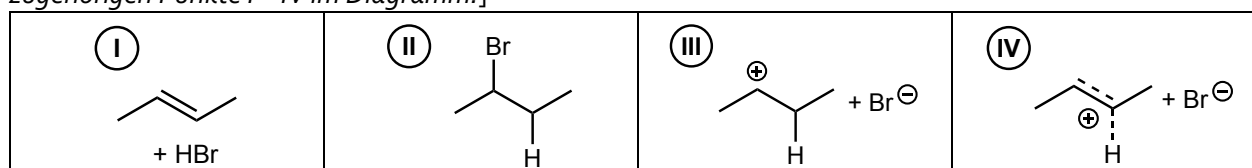
Das Diagramm zeigt, dass die Reaktion... **[Kreuze die korrekte Antwort an.]**

☒ 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

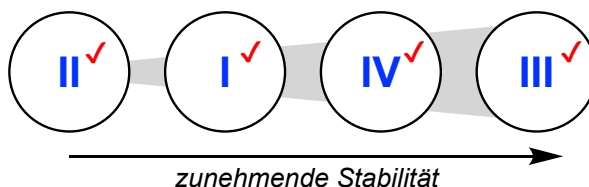
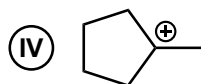
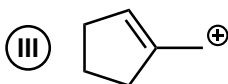
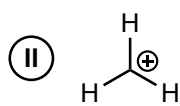
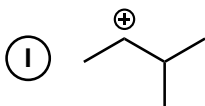
Die folgend gezeigten Strukturen I - IV gehören zu Punkten im Energiediagramm. **[Markiere die zugehörigen Punkte I – IV im Diagramm.]**





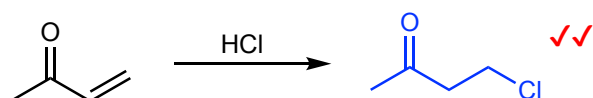
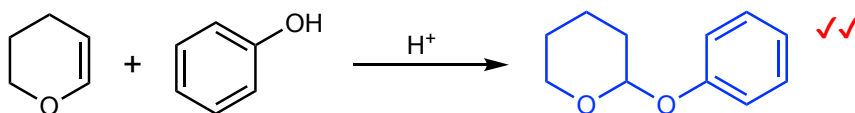
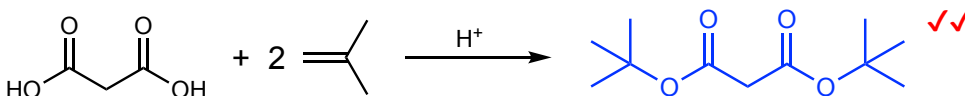
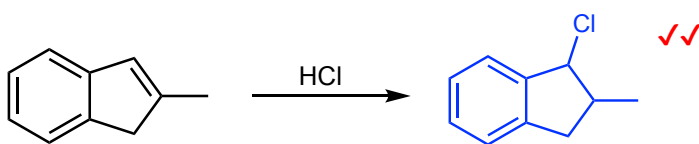
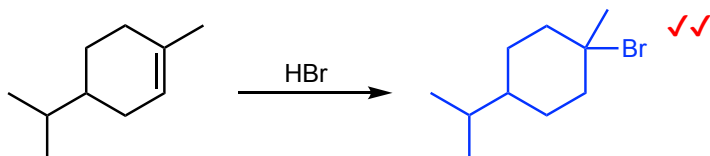
Bei nicht symmetrischen Alkenen können bei der elektrophilen Addition verschiedene Carbokationen und damit Additionsprodukte gebildet werden. Das Hauptprodukt ist dabei das Isomer, bei dessen Bildung das besser stabilisierte Carbokation durchlaufen wird.

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.



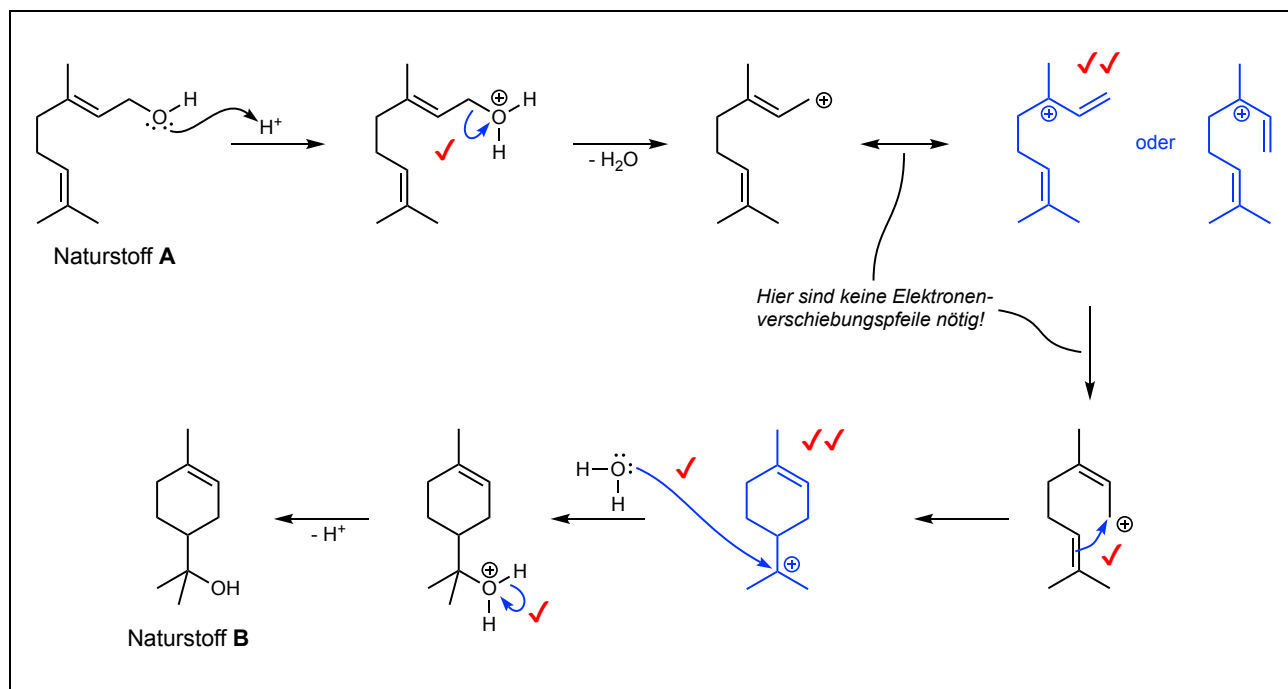
- ☐ 0
☐
☐ 1
☐
☐ 2
☐
☐ 3
☐
☐ 4
☐
☐ 5





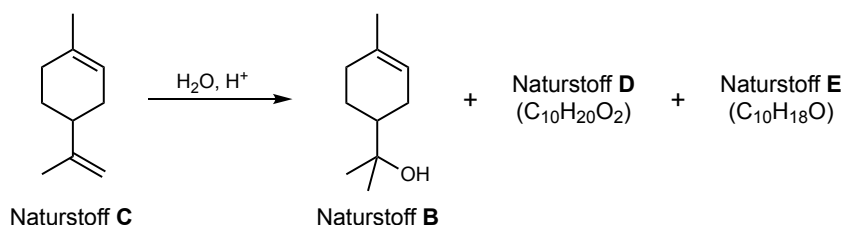
Terpene sind eine Klasse von Naturstoffen, die besonders interessant sind als Substrate für elektrophile Additionen. So kann etwa aus dem Naturstoff **A** über eine Reaktion, die auch über kationische Intermediate verläuft, Naturstoff **B** gewonnen werden.

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



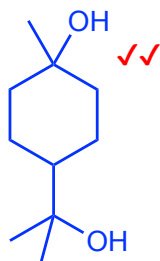
- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4

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.

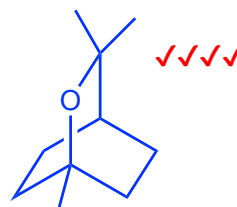


f) **Zeichne** die Strukturen der Naturstoffe **D** und **E**.

Naturstoff D:



Naturstoff E:



- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3

