

52. Österreichische Chemieolympiade Landeswettbewerb

28. April 2026

Theoretischer Teil **mit Lösungen**

Platznummer: _____

Problem A	7 Punkte
Multiple Choice	
Problem B	12 Punkte
Thermodynamik und Kinetik	
Problem C	15 Punkte
Mineralien	
Problem D	12 Punkte
Opioide	
Problem E	5 Punkte
Strukturaufklärung bei der Synthese von Benzocain	
Problem F	9 Punkte
Ein Antihistaminikum - Synthese von Diphenhydramin	

Achtung – Punkteabzug für jede fehlende Einheit im Endergebnis: 0,5 bp

Problem A

18 bp = 7 Punkte

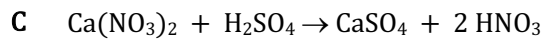
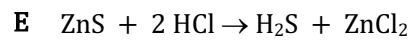
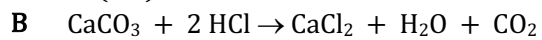
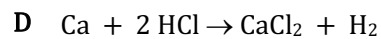
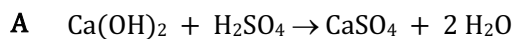
Multiple Choice

Von den angebotenen Antworten/Feststellungen ist jeweils genau eine anzukreuzen!

a. Wählen Sie das Paar von Salzlösungen, das beim Vereinigen *keinen* Niederschlag bildet.

- AgNO₃/NaNO₃ NiCl₂/Na₂CO₃ FeSO₄/Pb(NO₃)₂ CaCl₂/Na₃PO₄ AgNO₃/NH₄Cl **1 bp**

b. Jemand reinigt das Mauerwerk eines alten Hauses mit einer säurehaltigen Substanz. Dabei kommt es zu einem Aufbrausen am Fugenmörtel zwischen den Ziegeln, nicht aber an den Ziegeln selbst. Welche Reaktion steckt hinter dieser Beobachtung?



- A B C D E **1 bp**

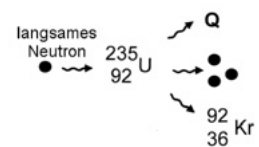
c. Ein Fruchtsaftkonzentrat beinhaltet 22 g Zucker in 100 g (22 %). Ein Teelöffel (5 g) davon wird in ein Trinkglas gegeben und mit 115 mL Wasser verdünnt. Der Zuckergehalt des Fruchtgetränks beträgt nach dem Umrühren:

- 22% 92% 4,2% 0,92% 0,0092% **2 bp**

d. In einer Silberverbindung beträgt der Gehalt an Silber 85,03 %. In der Verhältnisformel hat Silber den Index 1. Welches Salz liegt vor?

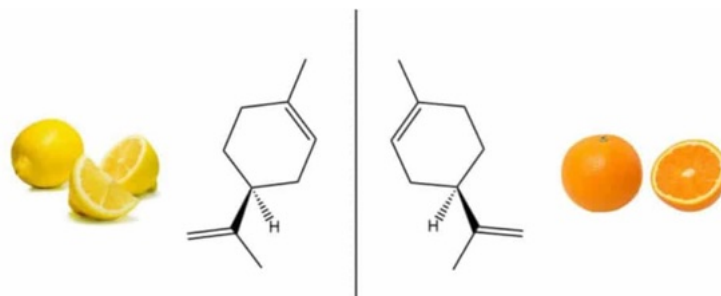
- Silberfluorid Silberchlorid Silberiodid Silberoxid Silbersulfid **2 bp**

e. Kernspaltung: Ein Uranatom absorbiert ein langsames Neutron, es entstehen Bruchstücke und weitere Neutronen. Eine der vielen Möglichkeiten wird in der Abbildung gezeigt. Welches Nuklid kommt für Q in Frage?



- ¹⁴⁰Ba ¹⁴¹Cs ¹⁴¹Ba ¹⁴⁴Cs ¹³⁸Ba **2 bp**

f. Welche der untenstehenden Bezeichnungen beschreibt diese Darstellung?



- Fruchtester Enantiomere E/Z-Isomerie konjugierte Doppelbind. Zitronensäure **1 bp**

g. Drei Lösungen werden vereinigt: 500 mL einer 0,1 molaren NaOH-Lösung, 1,00 L einer 0,1 molaren NaH_2PO_4 -Lösung und 100 mL einer 0,1 molaren NaCl-Lösung.

Das Gesamtvolumen der Mischung beträgt in L

- 1,0 1,5 1,6 1,8 2,0 1 bp

Die Stoffmenge an Natrium-ionen in der Mischung beträgt in mmol

- 0,3 50 120 160 300 2 bp

Der pH-Wert der Mischung beträgt ($\text{p}K_{\text{A}}(\text{Dihydrogenphosphat}) = 7,21$)

- 7,31 7,21 7,11 7,00 6,91 2 bp

h. Ein Gefrierschrank steht zunächst offen bei 23°C Raumtemperatur und einem Luftdruck von 970 hPa. Die Tür wird verschlossen, die Kühlung kühlt das Innere auf -18°C. Wenn der Schrank absolut luftdicht wäre, betrüge der Druck im Inneren in Hektopascal bei -18°C:

- 970 836 59,0 11,3 -59,0 2 bp

i. Lycopin ist ein lineares, acyclisches Alken und hat eine Summenformel von $\text{C}_{40}\text{H}_{56}$. Wieviele C=C-Doppelbindungen trägt das Molekül?

- 0 1 8 12 13 1 bp

j. Manche stabilen Atome des Elements **X** besitzen 20 Neutronen, alle Atome des Elements **X** haben 8 Valenzelektronen. **X** ist daher

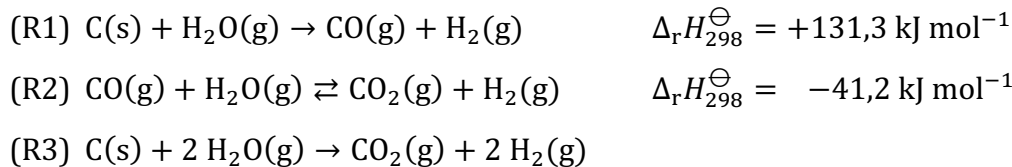
- O Ne Ar Ca Ni 1 bp

Thermodynamik und Kinetik

Zwei große und wichtige Teilgebiete der physikalischen Chemie sind die Thermodynamik (Thermochemie) und die Kinetik. Erstere befasst sich mit der Änderung von Systemzuständen, indem sie den End- mit dem Anfangszustand vergleicht, Differenzen von Größen (H , S , G ...) misst und so auch Aussagen zur Lage des Gleichgewichts macht. Zweitere befasst sich mit dem genauen Reaktionsweg und dessen zeitlichem Verlauf und misst Reaktionsgeschwindigkeiten.

B.1 Das thermochemische Problem

Eine mögliche Herstellung von Wasserstoff war (und ist teilweise noch) die Kohlevergasung (1) mit anschließendem Wassergas-Shift-Gleichgewicht (2), die hier in sehr vereinfachter Form angeführt sind:



a) Klassifizieren Sie die Reaktionen als exotherm bzw. endotherm

(1) exotherm endotherm (2) exotherm endotherm 2 bp

b) Berechnen Sie $\Delta_r H_{298}^\ominus$ für die Reaktion (R3)

$$\Delta_r H_{298}^\ominus = \Delta_r H_{298}^\ominus(1) + \Delta_r H_{298}^\ominus(2) = 131,3 - 41,2 = 90,1 \text{ kJ mol}^{-1} \quad 1,5 \text{ bp}$$

Wenden wir uns jetzt der Reaktion (R2) zu. Für die weiteren Berechnungen verwenden Sie zusätzlich die in der Tabelle gegebenen Daten:

	H _{2(g)}	H ₂ O _(g)	CO _(g)	CO _{2(g)}
S_{298}^\ominus (J mol ⁻¹ K ⁻¹)	130,6	188,7	197,9	213,6

c) Berechnen Sie die Standard-Gibbsenergie für Reaktion (R2) bei 298 K.

$$\Delta_r S_{298}^\ominus(2) = 130,6 + 213,6 - 188,7 - 197,9 = -42,4 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1} \quad 1,5 \text{ bp}$$

$$\begin{aligned} \Delta_r G_{298}^\ominus(2) &= -41,2(\text{kJ mol}^{-1}) + 298(\text{K}) \cdot 0,0424(\text{kJ mol}^{-1}\text{K}^{-1}) \\ &= -28,6 \text{ kJ mol}^{-1} \end{aligned} \quad 1,5 \text{ bp}$$

Messungen haben ergeben, dass der Wert von $\Delta_r G_{700}^\ominus = -13,1 \text{ kJ mol}^{-1}$ beträgt.

d) Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante bei 700 K aus dem gemessenen Wert von $\Delta_r G_{700}^\ominus$.

$$\Delta_r G_{700}^\ominus = -RT \ln K \Rightarrow K = e^{-\Delta_r G_{700}^\ominus / RT} \quad \text{0,5 bp}$$

$$K = e^{\frac{13,1 \cdot 10^3 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}}{8,3145 \text{ (J mol}^{-1}\text{K}^{-1}) \cdot 700 \text{ (K)}}} = 9,50 \quad \text{2 bp}$$

Da in der Wassergas-Shift-Reaktion (R2) die Stoffmenge n gleich bleibt, sind alle Gleichgewichtskonstanten gleich: $K_p = K_c = K_n$. Man kann also für die folgende Berechnung in der Bilanztafel direkt mit den Stoffmengen arbeiten. Verwenden Sie Ihre gerade berechnete Gleichgewichtskonstante oder – falls Sie keine errechnet haben – den Wert $K = 13$.

e) Berechnen Sie den prozentuellen Umsatz in Reaktion (R2) bei 700 K, wenn Sie von einem stöchiometrischen Mengenverhältnis der Ausgangsstoffe ausgehen. Vervollständigen Sie dazu die Bilanztafel.

	CO	H ₂ O	CO ₂	H ₂
n_0	1	1	0	0
Δn	-a	-a	+a	+a
n_{eq}	1 - a	1 - a	a	a

Bilanztafel: Je richtiger Zeile 1 bp 3 bp

$$K = \frac{a^2}{(1-a)^2} \Rightarrow (1-a)\sqrt{K} = a \Rightarrow \sqrt{K} - \sqrt{K} \cdot a = a$$

$$a = \frac{\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}} = \frac{3,08}{4,08} = 0,755 \Rightarrow 75,5\% \text{ Umsatz} \quad \text{2 bp}$$

(mit $K = 13$ 78,3%)

B.2 Das kinetische Problem

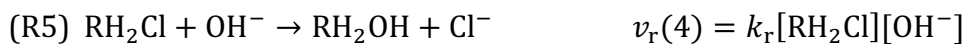
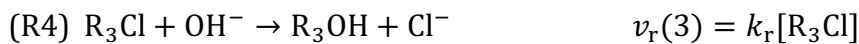
Die Reaktionsgeschwindigkeit wird definiert als Änderung der Konzentration mit der Zeit. Für eine Reaktion $A + B + C \rightarrow \text{Produkte}$ gilt das differentielle Geschwindigkeitsgesetz:

$$v_r = -\frac{d[A]}{dt} = -\frac{d[B]}{dt} = -\frac{d[C]}{dt} = k_r [A]^a [B]^b [C]^c$$

Die Summe der Exponenten $a+b+c$ heißt *Reaktionsordnung* und muss experimentell bestimmt werden. Nur im Fall einer *Elementarreaktion*, deren Reaktionsgleichung genau zeigt, wie sie abläuft, sind diese Exponenten gleich den stöchiometrischen Koeffizienten in der Gleichung. Aus dem konkreten differentiellen Geschwindigkeitsgesetz lässt sich durch mathematische Methoden das integrale Geschwindigkeitsgesetz herleiten.

Für eine Reaktion 1. Ordnung gelten die gleichen Formeln wie für den radioaktiven Zerfall, nur dass statt der Zerfallskonstante λ die Geschwindigkeitskonstante k_r verwendet wird.

Betrachten Sie die beiden Elementarreaktionen der beiden Chlorkohlenwasserstoffe (CKW) R_3Cl und RH_2Cl mit den dazu gehörenden differentiellen Geschwindigkeitsgesetzen:



f) Identifizieren Sie die Reaktionsordnungen.

(R4) ____ . Ordnung

(R5) ____ . Ordnung

1. und 2.

2 bp

Für beide Reaktionen wurden Versuchsreihen durchgeführt, in denen die Anfangsgeschwindigkeiten in Abhängigkeit der Anfangskonzentrationen der Ausgangsstoffe gemessen wurden.

Versuchsreihe A			
	[CKW]	[OH ⁻]	v_r
Exp 1	0,020	0,020	$5,2 \cdot 10^{-4}$
Exp 2	0,040	0,020	$10,4 \cdot 10^{-4}$
Exp 3	0,020	0,030	$7,8 \cdot 10^{-4}$

Versuchsreihe B			
	[CKW]	[OH ⁻]	v_r
Exp 1	0,020	0,020	0,0036
Exp 2	0,040	0,020	0,0072
Exp 3	0,020	0,030	0,0036

Alle Konzentrationen sind in mol/L, die Geschwindigkeiten in mol/(L·min) angegeben.

g) Welche Versuchsreihe gehört zu welcher Reaktion?

Versuchsreihe A: Reaktion (R4) Reaktion (R5)

Versuchsreihe B: Reaktion (R4) Reaktion (R5)

2 bp

h) Berechnen Sie die Geschwindigkeitskonstante k_r für Reaktion (R4).

$$\text{Reihe B: } v_r = k_r [R_3Cl] \Rightarrow k_r(3) = \frac{v_r}{[R_3Cl]} = \frac{0,0036(\text{mol L}^{-1}\text{min}^{-1})}{0,020(\text{mol L}^{-1})} = 0,18 \text{ min}^{-1}$$

2 bp

i) Berechnen Sie die Geschwindigkeitskonstante k_r für Reaktion (R5).

Reihe A: $v_r = k_r[\text{RH}_2\text{Cl}][\text{OH}^-]$

$$k_r(4) = \frac{v_r}{[\text{RH}_2\text{Cl}][\text{OH}^-]} = \frac{5,2 \cdot 10^{-4} (\text{mol L}^{-1} \text{min}^{-1})}{0,020 (\text{mol L}^{-1}) \cdot 0,020 (\text{mol L}^{-1})} = 1,3 \text{ L mol}^{-1} \text{min}^{-1} \quad \mathbf{2 \text{ bp}}$$

j) Berechnen Sie die Halbwertszeit(en) für die Reaktion(en) 1. Ordnung in Minuten. (Wenn weder (R4) noch (R5) 1. Ordnung ist, müssen Sie hier nichts tun.)

$$\tau = \frac{\ln 2}{k_r(3)} = \frac{\ln 2}{0,18 (\text{min}^{-1})} = 3,85 \text{ min} \quad \mathbf{1,5 \text{ bp}}$$

k) Berechnen Sie die Konzentration [CKW] für Reaktion (R4) nach 20 min im Experiment 1.

$$c_{20} = c_0 e^{-kt} = 0,020 (\text{mol L}^{-1}) \cdot e^{-0,18 (\text{min}^{-1}) \cdot 20 (\text{min})} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \quad \mathbf{2,5 \text{ bp}}$$

Die Geschwindigkeitskonstante hängt nach der Arrhenius-Gleichung von der Temperatur ab:

$$k_r = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

A = Frequenzfaktor; E_a = Aktivierungsenergie; T = Temperatur; R = Gaskonstante

l) Die Geschwindigkeitskonstante ist bei gleichem Frequenzfaktor größer, wenn...

... die Temperatur größer ist kleiner ist **2 bp**

... die Aktivierungsenergie größer ist kleiner ist

m) Die absolute Änderung von k_r mit der Temperatur ist bei gleichem Frequenzfaktor größer, wenn ...

... die Aktivierungsenergie größer ist kleiner ist **2 bp**

Mineralien

Minerale (Mineralien) sind homogene natürliche Festkörper der Erde, des Mondes und anderer Himmelskörper. Von wenigen Ausnahmen abgesehen sind Minerale anorganisch und kristallisiert. Das Naturhistorische Museum in Wien (NHM) hat eine riesengroße Mineraliensammlung, zu der – passend zur gegebenen Definition – auch eine der bedeutendsten Meteoritensammlungen gehört, die außerdem die älteste der Welt ist.

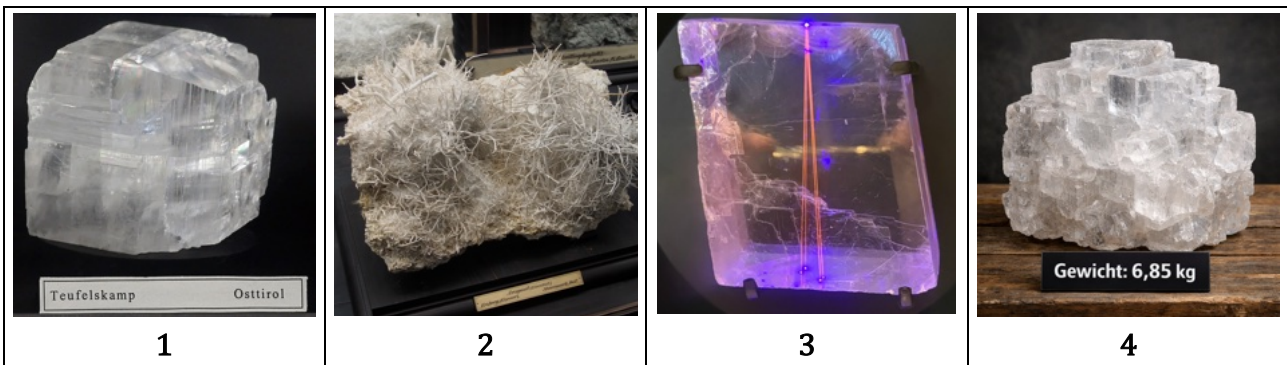
Auf Hugo Strunz geht eine bis heute verwendete Einteilung zurück, nach der auch die Exponate der systematischen Sammlung im NHM geordnet sind. Dabei wird ein Mineral zunächst einer von 10 Klassen zugeordnet:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| I Elemente | VI Borate |
| II Sulfide (Selenide, Telluride, Arsenide...) | VII Sulfate (Chromate, Molybdate,...) |
| III Halogenide | VIII Phosphate, Arsenate, Vanadate |
| IV Oxide (Hydroxide, usw.) | IX Silicate |
| V Carbonate, Nitrate | X organische Minerale |

a) Beantworten Sie die folgenden Fragen durch Angabe der richtigen Mineralklasse(n).

Klasse(n), in der/denen es kein Ionengitter geben kann	_____ I	
Zu dieser Klasse gehört Whewellit ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	_____ X	
Zu dieser Klasse gehört Crocoit (PbCrO_4)	_____ VII	je 1
Zu dieser Klasse gehört Pyrop ($\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$)	_____ IX	4 bp

Schön kristallisierte Mineralaggregate werden *Mineralstufen* genannt. Sie eignen sich als Schauexemplare:



1, 2, 3 stammen aus dem NHM und zeigen ein und dieselbe Verbindung, die in Gesteinen überhaupt häufig vorkommt, eine relative Formelmasse von ziemlich genau 100 u hat und in Säure unter Gasentwicklung löslich ist.

b) Geben Sie die Formel, den chemischen Namen und die Mineralklasse von 1, 2 und 3 an.

CaCO_3 , Calciumcarbonat, V 1,5 bp

Während **1-3** praktisch wasserunlöslich sind, ist **4** gut wasserlöslich – es handelt sich um **Halit** (Steinsalz, Natriumchlorid). Allerdings wurde Abb. **4** von einer künstlichen Intelligenz erstellt.

c) *Abb. 4 ist physikalisch nicht intelligent, denn... (kreuzen Sie richtig an).*

- ... die Form der Kristalle ist falsch dargestellt.
 ... das Gewicht hat nicht die Einheit kg.
 ... 6,85 kg Steinsalz müssten viel größer sein.

0,5 bp

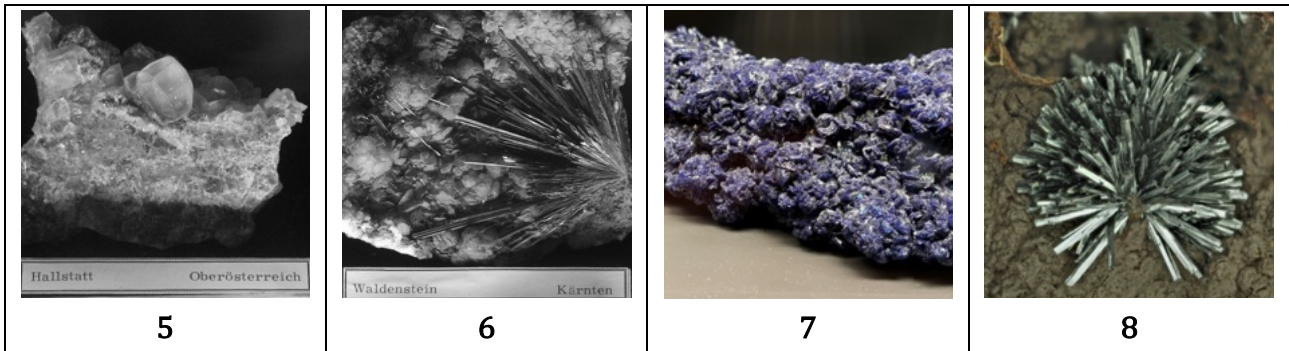
Aber zurück zur Löslichkeit: Gehen wir davon aus, dass **4** reines NaCl ($M = 58,44 \text{ g mol}^{-1}$) ist. Bei 25°C lösen sich in einem Liter Wasser $6,12 \text{ mol NaCl}$.

d) *Berechnen Sie das Volumen an Wasser, das mindestens nötig ist, um 6,85 kg Halit zu lösen.*

$$n = 6,85 \cdot 10^3 \text{ g} / 58,44 \text{ g mol}^{-1} = 117,2 \text{ mol}$$

$$V_{\text{Wasser}} = \frac{117,2 \text{ mol}}{6,12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 19,2 \text{ L}$$

1,5 bp



5 trägt den Namen **Blödit** (in der Abb. eine Stufe aus Hallstatt). Blödit ist aber gar nicht blöd, sondern Natriummagnesiumsulfat Tetrahydrat.

e) *Schreiben Sie die chemische Formel für 5 auf, und geben Sie an, ob es wasserlöslich ist.*

Formel: $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$

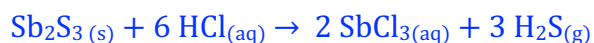
1,5 bp

Blödit ist **X** wasserlöslich nicht wasserlöslich

0,5 bp

Antimonglanz **6** (auch **Grauspießglanz**, Sb_2S_3 , im Bild graue Spieße aus Kärnten) kann in halbkonzentrierter Salzsäure gelöst werden, wobei Antimon(III)-chlorid und Schwefelwasserstoff entstehen.

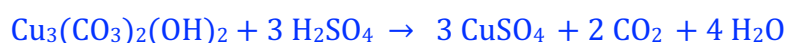
f) *Geben Sie eine abgestimmte, indizierte Gleichung für dieses Lösen von Grauspießglanz an.*



1,5 bp

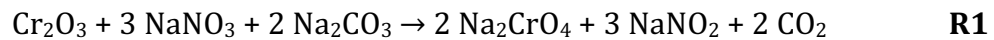
Azurit 7 $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ kann in verdünnter Schwefelsäure gelöst werden.

g) *Geben Sie eine abgestimmte Gleichung für dieses Lösen von Azurit an.*



1,5 bp

Es gibt Mineralien, bei denen man auch mit Säure keinen Erfolg hat und zu anderen Aufschlussverfahren greifen muss. Ein Beispiel ist die sogenannte Oxidationsschmelze. Dabei wird die Probe mit einem Überschuss eines Oxidationsmittels und Soda zum Schmelzen erhitzt. Am Beispiel des Chrom(III)-oxids zeigt die folgende Gleichung, was passiert:



h) In Reaktion R1 ist das Oxidationsmittel... (kreuzen Sie richtig an)

das Nitrat das Carbonat das Chromat das Nitrit **0,5 bp**

Sehen wir uns eine Mineralanalyse mit Oxidationsschmelze am Beispiel zweier Manganminerale an: **Pyrolusit (8; MnO₂, M = 86,94 g mol⁻¹)** und **Hausmannit (Mn₃O₄, M = 228,82 g mol⁻¹)**

i) Vervollständigen Sie die chemischen Namen von Pyrolusit und Hausmannit

Pyrolusit: Mangan(____ IV)-_____oxid „oxid“, richtige OZ je 0,5 bp
 Hausmannit: Mangan(____ II,III)-_____oxid auch (II, IV) **max 1,5 bp**

In der Oxidationsschmelze (analog zur **R1**) werden Manganionen zu Permanganat oxidiert.

j) Vervollständigen Sie, sodass abgestimmte Gleichungen für die Oxidationsschmelze von Pyrolusit und Hausmannit herauskommen.



0,7750 g einer Mischung der beiden Erze wurden wie beschrieben untersucht, dh. alles darin enthaltene Mangan wurde zu Permanganat oxidiert, das dann zur Gänze in Wasser gelöst wurde. Die Lösung wurde auf 250,0 mL aufgefüllt. Wiederholt wurden Aliquote von 20,00 mL entnommen, angesäuert und mit einer Lösung des Mohrschen Salzes (Ammoniumeisen(II)-sulfat, $c = 0,120 \text{ mol/L}$) titriert. Der gemittelte Verbrauch betrug 31,51 mL. Das Permanganat reagiert mit dem Eisen(II) im Verhältnis 1:5.

k) Schreiben Sie die abgestimmte Ionengleichung für die Titrationsreaktion an.



l) Berechnen Sie die Gesamtstoffmenge an Mangan-Ionen $n_{\text{Mn, ges}}$ in der Probe.

$$n_{\text{Fe(II)}} = 31,51 \text{ mL} \cdot 0,120 \text{ mol/L} = 3,7812 \text{ mmol}$$

$$n_{\text{Mn ges}} = n_{\text{Fe}} \cdot 1/5 \cdot 250 \text{ mL} / 20 \text{ mL} = 9,453 \text{ mmol} \quad \mathbf{2 \text{ bp}}$$

m) Berechnen Sie die Massenanteile an Pyrolusit (P.) und Hausmannit (H.) in der Mischung. Machen Sie die Angabe in Prozent, runden Sie auf 2 Nachkommastellen.

Molmassen aus Angabe $M_P = 86,94 \text{ g mol}^{-1}$ und $M_H = 228,82 \text{ g mol}^{-1}$

Gesamtstoffmenge Mangan: I: $n_P + 3n_H = 9,453 \text{ mmol}$ **1 bp**

Gesamtmasse Probe: II: $n_P M_P + n_H M_H = 775 \text{ mg}$ **1 bp**

Lösen des Gleichungssystems etwa

I: $n_P = 9,453 - 3 n_H$

I einsetzen in II: $(9,453 - 3n_H) \cdot M_P + n_H M_H = 775 \text{ mg}$

$$9,453 \cdot 86,94 - 260,82 n_H + 228,82 n_H = 775 \quad \Rightarrow \quad 32,00 n_H = 46,844$$

$$\Rightarrow n_H = \frac{46,844}{32,00} = 1,464 \text{ mmol}$$

$$\Rightarrow n_P = 9,453 - 3 n_H = 5,061 \text{ mmol}$$

2 bp

$$m_H = 334,96 \text{ mg} \quad w_H = \frac{334,96}{775} = 43,22\%$$

0,5 bp

$$m_P = 440,04 \text{ mg} \quad w_P = \frac{440,04}{775} = 56,78\%$$

0,5 bp

$$w_P = \underline{\hspace{2cm}} \% (56,78 \%) \quad w_H = \underline{\hspace{2cm}} \% (43,22\%)$$

Bei aller Faszination schöner Mineralstufen mit klar ausgebildeten Kristallflächen – in der Chemie haben wir gelernt, unter einem Kristall einen Festkörper zu verstehen, dessen Bausteine in einem regelmäßigen Gitter angeordnet sind.

n) Welche der folgenden Bausteine können nicht Gitterbausteine sein?

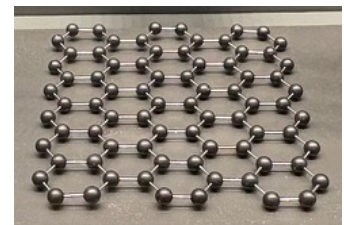
Atome Ionen X Elektronen Moleküle **0,5 bp**

o) Geben Sie für die folgenden Begriffe an, ob sie mit „kristallin“ gemeinsam zur Beschreibung eines Stoffes verwendet werden können:

elementar	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	
amorph	<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein	
gasförmig	<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein	je 0,5
transparent	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	
ionisch	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	max 3 bp
atomar	<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein	

Auch im NHM wird auf den Teilchenaspekt eingegangen. Prominent ausgestellt werden etwa Gittermodelle von Diamant, Fullerenen, Graphen (13), Graphit oder Kohlenstoff-Nanoröhren.

13



p) Zu welcher Mineralklasse aus der Systematik nach Strunz gehört 13?

I

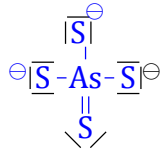
0,5 bp

q) Das Vorkommen mehrerer solcher Modifikationen nennt man allgemein... (kreuzen Sie richtig an)

Isomerie Isotopie X Allotropie Diversität Heterotopie **0,5 bp**

Zu Klasse II gehört das Mineral **Enargit**. Es handelt sich dabei um ein Kupferthioarsenat. Das Thioarsenat-Ion ist gebaut wie Phosphat, nur dass Arsen und Schwefel statt der im Phosphat vorkommenden Elemente zu finden sind.

r) Zeichnen Sie eine Lewis-Formel für das Thioarsenat-Ion einschließlich formaler Ladungen und nichtbindender Elektronenpaare. Kreuzen Sie die richtige Molekülgeometrie nach VSEPR an.



2 bp

- kubisch
 quadratisch planar
 tetraedrisch
 trigonal pyramidal
 oktaedrisch

0,5 bp

Das Kupfer-Ion im Enargit hat die Elektronenkonfiguration $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$

s) Kreuzen Sie die richtige Oxidationszahl dieses Kupferions an.

- II - I 0 + I + II

0,5 bp

t) Geben Sie die Formel von Enargit, dem Kupferthioarsenat an.



0,5 bp

Manche Mineralien schließlich haben variierende Zusammensetzungen, was zu etwas ungewohnten stöchiometrischen Formeln führt, wie zum Beispiel **Argentoliveingit** mit der netten Formel $\text{Ag}_{3+x}\text{Pb}_{36-2x}\text{As}_{51+x}\text{S}_{112}$ ($0 \leq x < 0,5$)

u) Schreiben Sie für den Fall $x = 0$ die Formel an und geben Sie die Molmasse an.



1 bp

$$M = 15194,45 \text{ g/mol}$$

1,5 bp

Die Molmasse von Argentoliveingit kann allgemein angegeben werden als Funktion von x :

$$M = a + bx$$

v) Geben Sie die Zahlenwerte von a und b in den richtigen Einheiten an.

x -unabhängige Terme = Molmasse von oben:

$$a = 15194,45 \text{ g/mol}$$

1 bp

$$x\text{-abhängige Terme: } 107,87 \cdot x - 2 \cdot 207,20 \cdot x + 74,92 \cdot x = -231,61 x$$

$$b = -231,61 \text{ g/mol}$$

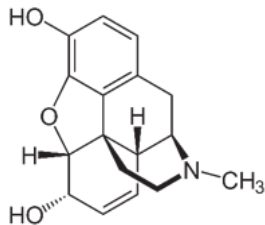
1,5 bp

Problem D

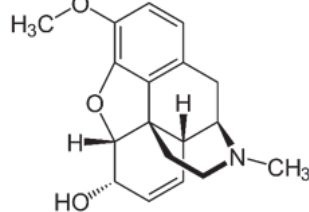
35 bp = 12 Punkte

Opioide

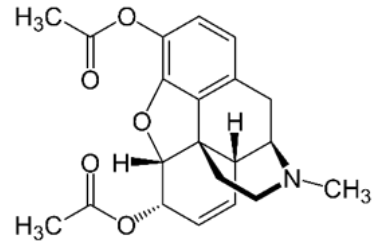
Schon um 4000 v. Chr. nutzten Sumerer und Ägypter das aus Schlafmohn gewonnene Opium zu Rausch- und Betäubungszwecken, und auch in China spielte es früh eine medizinische Rolle. Im Lauf der Zeit wurden daraus „Opioide“ entwickelt. Sie werden in der Medizin zur Behandlung starker und stärkster Schmerzen eingesetzt.



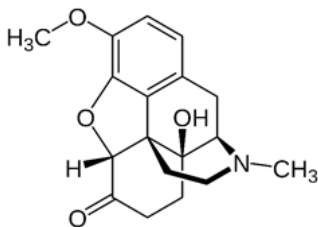
Morphin



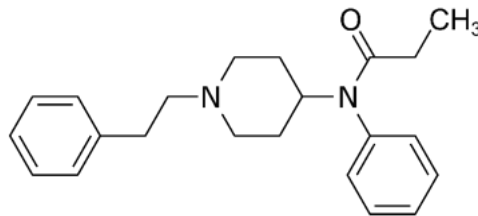
Codein



Heroin



Oxycodon



Fentanyl

a) Die folgende Liste enthält funktionelle Gruppen und Strukturelemente. Machen Sie in jedes Kästchen ein + (plus), wenn die Gruppe in der fraglichen Verbindung vorkommt und ein - (minus), wenn sie nicht vorkommt.

	Morphin	Codein	Heroin	Oxycodon	Fentanyl
Aromat	+	+	+	+	+
Phenol	+	-	-	-	-
tertiärer Alkohol	-	-	-	+	-
Keton	-	-	-	+	-
Ether	+	+	+	+	-
Ester	-	-	+	-	-
tertiäres Amin	+	+	+	+	+
Amid	-	-	-	-	+

jedes richtige Zeichen 0,25 bp, Aufrunden auf halbe bp

max 10 bp

b) Geben Sie jeweils die Anzahl an:

Methylgruppen im Heroin : ___ 3

1 bp

C-Atome im Fentanyl: ___ 22

H-Atome im Fentanyl: ___ 28

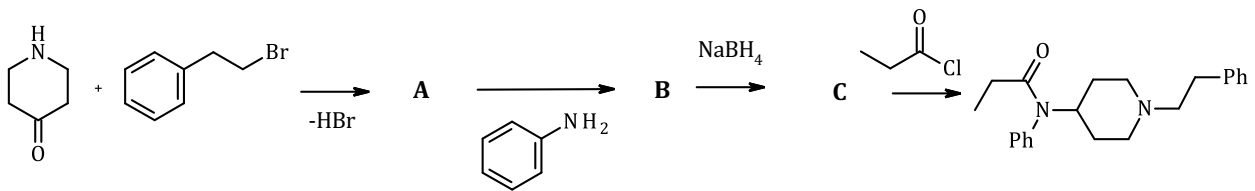
je 1 = 2 bp

Da das Zentralnervensystem zum größten Teil aus Lipiden besteht, beeinflusst die Lipophilie eines Wirkstoffs maßgeblich die Überwindung der sogenannten Blut-Hirn-Schranke. Lipophile Substanzen sind gegenüber hydrophilen im Vorteil, wenn es um einen schnellen Anstieg der Wirkstoffkonzentration und damit schnellen Eintritt der Wirkung geht.

c) Welche zwei der fünf vorgestellten Opiode sollten daher die schnellste Wirkung zeigen?

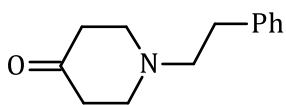
- Morphin Codein Heroin Oxycodon Fentanyl **2 bp**

Synthese von Fentanyl

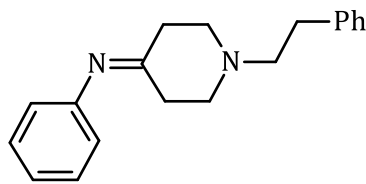


Hinweis: Die Abk. „Ph“ im Produkt steht für Phenyl.

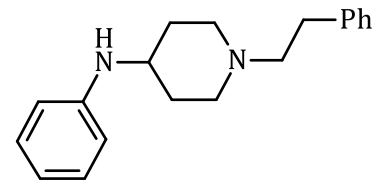
d) Zeichnen Sie die Konstitutionsformeln von A, B und C. Kürzen Sie gerne auch „Ph“ ab.



A 2,5 bp



B 2,5 bp



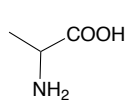
C 2,5 bp

Endogene Opioide

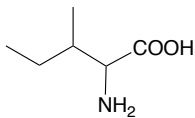
Endogene oder körpereigene Opioide binden im Gehirn an dieselben Rezeptoren, an die auch Morphin und andere Opiate binden. Ihre Wirkung umfasst vor allem Schmerzlinderung, Stressreduktion und die Auslösung von Wohlbefinden, da sie die Reizweiterleitung im Nervensystem gezielt hemmen. Besonders wichtig sind Enkephaline, Dynorphine, Endorphine und Endomorphine. Sie sind sogenannte Neuropeptide, also Peptide, die als Botenstoffe im Nervensystem agieren.

Peptide entstehen ganz allgemein durch Verknüpfung von Aminosäuren (AS). Unter Wasserabspaltung bildet sich mit der Carboxygruppe der ersten AS und der Aminogruppe der zweiten AS ein Amid, die sogenannte Peptidbindung.

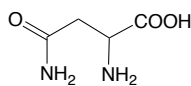
Hier eine Auswahl der biogenen Aminosäuren:



Alanin



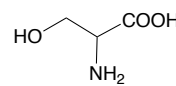
Isoleucin



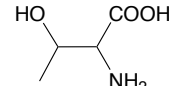
Asparagin



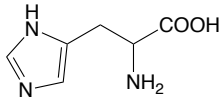
Glycin



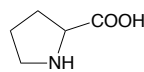
Serin



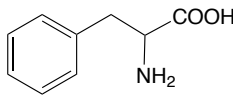
Threonin



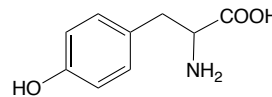
Histidin



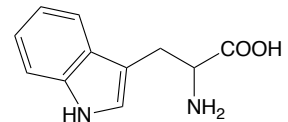
Prolin



Phenylalanin



Tyrosin

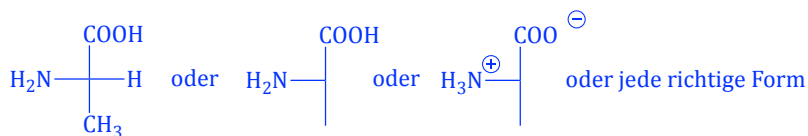


Tryptophan

e) Ergänzen Sie jeweils den IUPAC- bzw. den Aminosäurenamen:

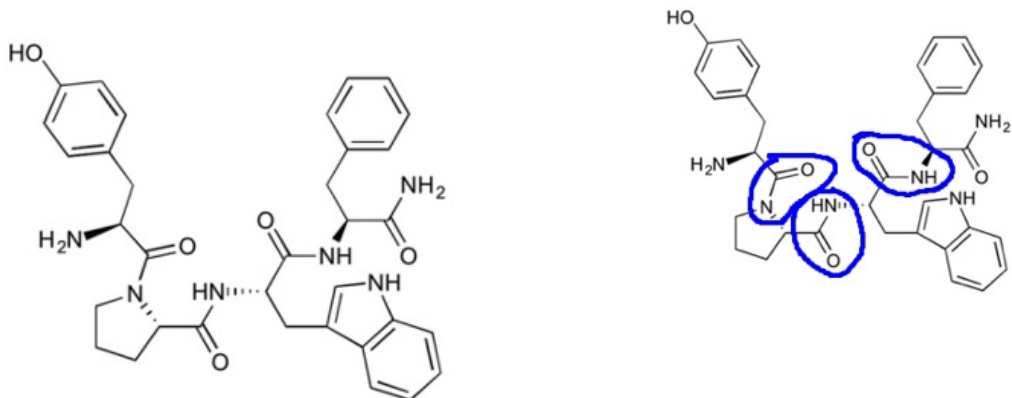
IUPAC-Name	Aminosäurename
2-Amino-3-methylpentansäure	Isoleucin 1 bp
2-Amino-3-phenylpropansäure	Phenylalanin 1 bp
2-Amino-3-hydroxybutansäure	Threonin 1 bp

f) Zeichnen Sie die Struktur von (S)-Alanin in der Fischerprojektion



2 bp

g) Kreisen Sie alle in Endomorphin 1 vorhandenen Peptidbindungen ein.



1,5 bp

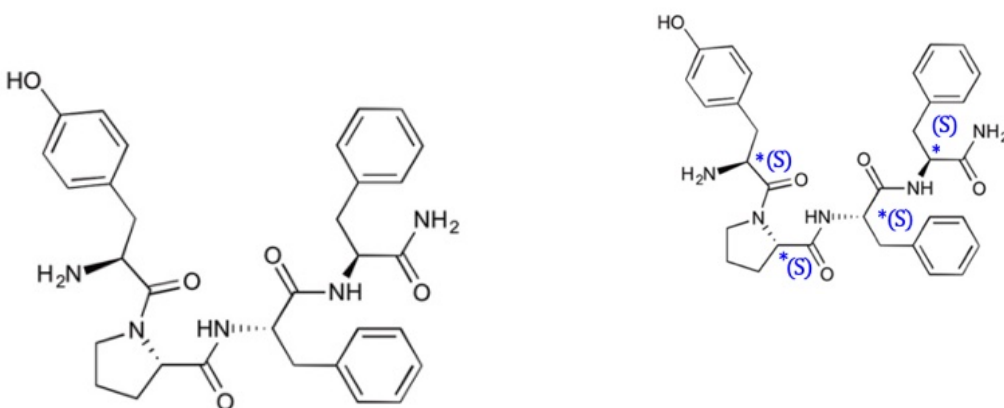
Endomorphin 1

h) Kreuzen Sie die Namen der AS an, aus denen Endomorphin 1 synthetisiert wird.

- Alanin Isoleucin Asparagin Glycin Serin Threonin
 Histidin Prolin Phenylalanin Tyrosin Tryptophan

2 bp

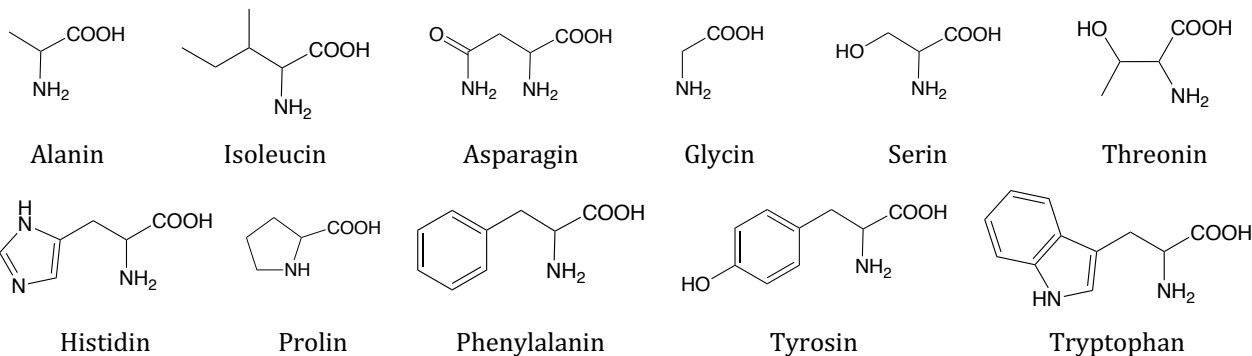
i) Kennzeichnen Sie alle chiralen Zentren von Endomorphin 2 mit einem „*“ und schreiben Sie bei **einem** davon den korrekten **Stereodeskriptor** dazu.



4 bp

Endomorphin 2

Hier nochmals die Aminosäureauswahl

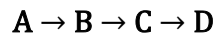


Problem E

15 bp = 5 Punkte

Strukturaufklärung bei der Synthese von Benzocain

Benzocain (**D**) wirkt als Lokalanästhetikum durch die Blockade spannungsabhängiger Natriumkanäle betäubend. Es kann in einer Reaktionsfolge hergestellt werden:



Ihre Aufgabe ist, die Strukturen zu ermitteln, dafür gibt es Daten von $^1\text{H-NMR}$ -Spektren:

A: 2,4 ppm (s, 3H); 7,4 ppm (d, 2H); 8 ppm (d, 2H)

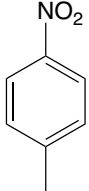
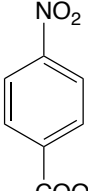
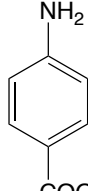
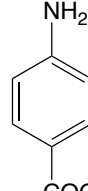
B: 7,5 ppm (d, 2H); 8,3 ppm (d, 2H), 12,2 ppm (1H, s_{breit})

C: 4,1 ppm (s_{breit} , 2H), 6,8 ppm (d, 2H), 7,9 ppm (d, 2H), 12,2 ppm (1H, s_{breit})

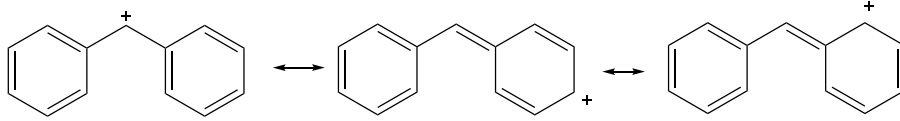
D: 1,3 ppm (t, 3H), 4,1 ppm (s_{breit} , 2H), 4,35 ppm (q, 2H), 6,8 ppm (d, 2H), 7,9 ppm (d, 2H)

Außerdem noch folgende Informationen

- Die Summenformel von **A** wurde bestimmt: 2,000 g **A** lieferten bei der Verbrennungsanalyse 4,492 g CO_2 , 0,920 g H_2O und 215,9 mL N_2 ($p = 112334 \text{ Pa}$, $T = 400 \text{ K}$)
- Bei der Reaktion von **A** nach **B** entsteht eine funktionelle Gruppe, welche sich im IUPAC-Namen als Suffix wiederfindet.
- Der Sauerstoffgehalt von **C** ist kleiner als der von **B**

a) Ermitteln Sie die Strukturen A - D .			
 A	 B	 C	 D
b) Geben Sie die IUPAC-Namen an...			
von B :	4-Nitrobenzencarbonsäure (4-Nitrobenzoesäure)		1 bp
von D :	Ethyl-4-aminobenzoat		1 bp
c) Schlagen Sie jeweils Reagenzien (Summenformeln) für die Umsetzungen vor.			
A → B :	KMnO_4 oder ein anderes Oxidationsmittel für die CH_3 -Gruppe		1 bp
B → C :	Fe/HCl oder andere Reduktionsmittel für die NO_2 -Gruppe		1 bp
C → D :	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} / \text{H}^+$		1 bp

b) $[E]^+$ stellt sich als stabiles Intermediat heraus. Zeichnen Sie die Struktur von $[E]^+$ sowie zwei weitere Grenzformeln, die diese Beobachtung widerspiegeln. Kreuzen Sie den Hauptgrund für die außergewöhnliche Stabilität an.



richtige Grundstruktur 2 bp, je 0,5 für zwei weitere Resonanzformeln \Rightarrow max 3 bp

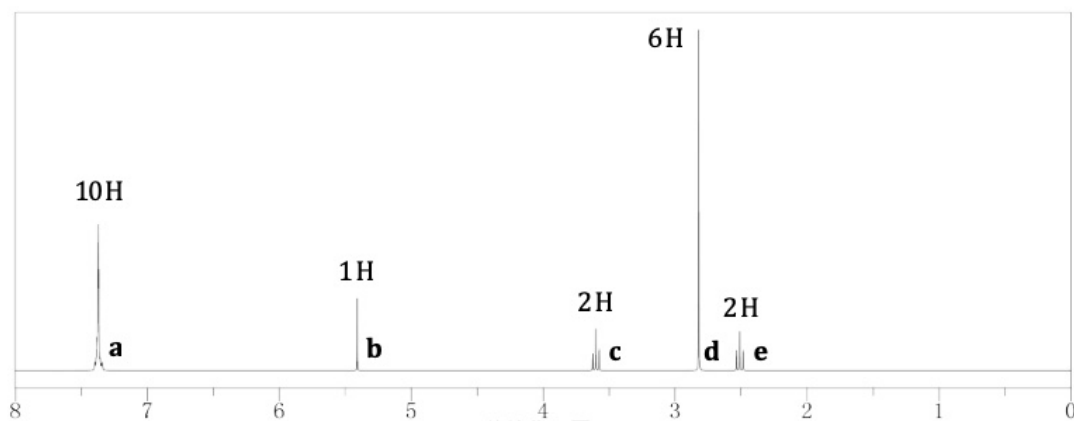
- induktiver Effekt Hybridisierung
 Delokalisierung der „+“-Ladung anomerer Effekt 1 bp

c) Kreuzen Sie die richtige Aussage zur Aufgabe von K_2CO_3 in Reaktion $B \rightarrow C$ an

- reagiert als Schutzgruppe reagiert als Elektrophil
 ist ein Radikal fängt H^+ ab und verschiebt GGW nach rechts 1 bp

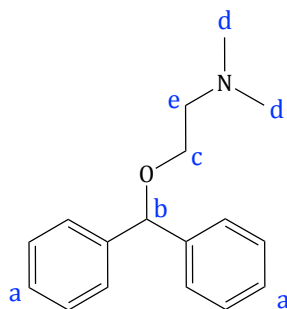
d) Schreiben Sie zu jedem der Reaktionsmechanismen **eine** Reaktionsnummer aus dem Schema auf (auch falls mehrere Nummern passen, genügt eine).

SR: 2 SE: 1 SN: 4,5,6,7 AN: 3 4 bp



1H -NMR von Diphenhydramin C

e) Zeichnen Sie die Struktur von C nochmals und schreiben Sie darin zu den Protonen die entsprechenden NMR-Signale a - e.



je 0,5 = 2,5 bp