

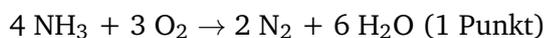
## PROBLEM 1 - VERSCHIEDENE FRAGEN

9.5 PUNKTE

a)  $6 \cdot N_A = 3.61 \cdot 10^{24}$  mol (1 Punkt)

b) Aufgrund der Verdünnung hat man 0.05 M Br<sup>-</sup> Ionen, 0.05 M I<sup>-</sup> Ionen und 0.1 M Br<sup>+</sup> Ionen. (1/2 Punkt wenn Br und I richtig, 1/2 Punkt für Na)

c)



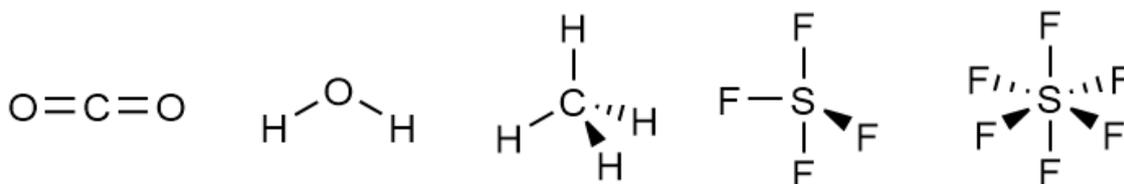
d) HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O (Jeweils 1/2 Punkte)

e) Mit der idealen Gasgleichung hat man

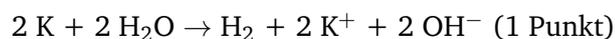
$$pV = nRT \rightarrow V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{1 \text{ mol} \cdot 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 373.15 \text{ K}}{10^5 \text{ Pa}} = 0.0310 \text{ m}^3 = 31.0 \text{ l}$$

(1 Punkt wenn richtig, keine Teilpunkte wenn Einheitenrechnung falsch)

f) (Jeweils 1/2 Punkt, die Elektronenpaare müssen nicht eingezeichnet werden)



g)



## AUFGABE 2 - SÄUREN UND BASEN

8 PUNKTE

a) HCl ist eine starke Säure. Dementsprechend ist der pH-Wert: (1 Punkt)

$$\text{pH} = -\log\left(\frac{n \cdot \text{mol}^{-1}}{V \cdot 1^{-3}}\right) = -\log\left(\frac{0.1}{1}\right) = 1$$

b) HI ist auch eine starke Säure: (1 Punkt)

$$\text{pH} = -\log\left(\frac{10^{-2}}{10^{-1}}\right) = 1$$

c) KOH ist eine starke Base: (1 Punkt)

$$\text{pH} = 14 - \log\left(\frac{10^{-3}}{10^{-1}}\right) = 12$$

d) Essigsäure ist eine schwache Säure. Dementsprechend ist der pH-Wert: (1.5 Punkte)

$$\begin{aligned} \text{pH} &= \frac{\text{pK}_s - \log([\text{CH}_3\text{COOH}])}{2} = \frac{\text{pK}_s - \log\left(\frac{m}{M(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot V}\right)}{2} \\ &= \frac{4.75 - \log\left(\frac{1 \text{ g}}{60.05 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0.1 \text{ l}}\right)}{2} = 2.76 \end{aligned}$$

e) Pyridin ist eine schwache Base: (1.5 Punkte)

$$\text{pH} = 14 - \frac{\text{p}K_b - \log([\text{C}_5\text{H}_5\text{N}])}{2} = 14 - \frac{8.7 - \log\left(\frac{1 \text{ g}}{79.05 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0.1 \text{ l}}\right)}{2} = 9.20$$

f) Über die Puffergleichung gilt: (2 Punkte)

$$\text{pH} = \text{p}K_s - \log\left(\frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COONa}]}\right) = \text{p}K_s - \log\left(\frac{\frac{m_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{M_{\text{CH}_3\text{COOH}} \cdot V}}{\frac{m_{\text{CH}_3\text{COONa}}}{M_{\text{CH}_3\text{COONa}} \cdot V}}\right)$$

$$\stackrel{m_{\text{CH}_3\text{COOH}} = m_{\text{CH}_3\text{COONa}}}{=} \text{p}K_s - \log\left(\frac{M_{\text{CH}_3\text{COONa}}}{M_{\text{CH}_3\text{COOH}}}\right) = 4.75 - \log\left(\frac{82.034 \text{ g mol}^{-1}}{60.05 \text{ g mol}^{-1}}\right) = 4.61$$

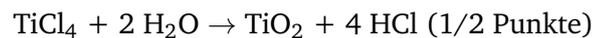
### AUFGABE 3 - STÖCHIOMETRIE

6 PUNKTE

a)



b)



c)

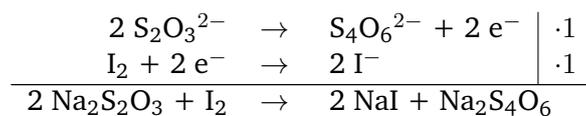


d)

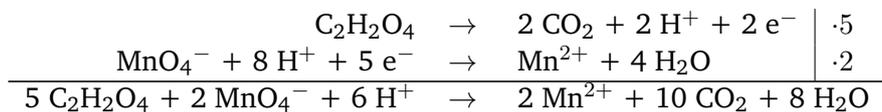


(Jeweils 1/2 Punkte pro Halbreaktion, 1 Punkt für Gesamtreaktion. 1 Punkt, wenn nur Gesamtreaktion)

e)



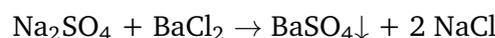
f)



### AUFGABE 4 - TITRATION

7 PUNKTE

a) (1 Punkt)



b) (1 Punkt)

$$c_{\text{NaSO}_4} = \frac{c_{\text{BaCl}_2} \cdot V_{\text{BaCl}_2}}{V_{\text{NaSO}_4}} = \frac{0.1 \text{ mol l}^{-1} \cdot 7.8 \text{ ml}}{100 \text{ ml}} = 7.8 \cdot 10^{-3} \text{ mol l}^{-1}$$

c) (1 Punkt)

$$\begin{aligned}
 m_{\text{NaSO}_4} &= n_{\text{NaSO}_4} \cdot M_{\text{NaSO}_4} = c_{\text{BaCl}_2} \cdot V_{\text{BaCl}_2} \cdot \frac{V_{\text{Gesamt}}}{V_{\text{Probe}}} \cdot M_{\text{NaSO}_4} \\
 &= 0.1 \text{ mol l}^{-1} \cdot 7.8 \text{ ml} \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \cdot 142.04 \text{ g mol}^{-1} \\
 &= 0.078 \text{ mol} \cdot 142.04 \text{ g mol}^{-1} = 11 \text{ g}
 \end{aligned}$$

d) (1 Punkt)



e) Beachte, dass in der ersten Titration Chloridionen hinzugegeben wurden. (2 Punkte. 0 Punkte, wenn das  $\text{Cl}^-$  aus der ersten Titration nicht abgezogen wurde)

$$\begin{aligned}
 c_{\text{NaCl}} &= \frac{c_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3} - 2 \cdot c_{\text{BaCl}_2} \cdot V_{\text{BaCl}_2}}{V_{\text{NaCl}}} = \frac{0.2 \text{ mol l}^{-1} \cdot 13.2 \text{ ml} - 2 \cdot 0.1 \text{ mol l}^{-1} \cdot 7.8 \text{ ml}}{120 \text{ ml}} \\
 &= 9.0 \cdot 10^{-3} \text{ mol l}^{-1}
 \end{aligned}$$

f) (1 Punkt)

$$\begin{aligned}
 m_{\text{NaCl}} &= n_{\text{NaCl}} \cdot M_{\text{NaCl}} = (c_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{AgNO}_3} - 2 \cdot c_{\text{BaCl}_2} \cdot V_{\text{BaCl}_2}) \cdot \frac{V_{\text{Gesamt}}}{V_{\text{Probe}}} \cdot M_{\text{NaCl}} \\
 &= \left( 0.2 \text{ mol l}^{-1} \cdot 13.2 \text{ ml} - 2 \cdot 0.1 \text{ mol l}^{-1} \cdot 7.8 \text{ ml} \right) \cdot \frac{1000 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} \cdot 58.44 \text{ g mol}^{-1} \\
 &= 0.11 \text{ mol} \cdot 58.44 \text{ g mol}^{-1} = 6.3 \text{ g}
 \end{aligned}$$

**AUFGABE 5 - LÖSLICHKEITSPRODUKT****4 PUNKTE**a) Die Löslichkeit von  $\text{Cu}_2\text{S}$  ist (1/2 Punkte)

$$c_{\text{CuS}} = \sqrt{K_{L, \text{CuS}}} = \sqrt{8 \cdot 10^{-37} \text{ mol}^2 \text{ l}^{-2}} = 8.9 \cdot 10^{-17} \text{ mol l}^{-1}$$

Die Löslichkeit von  $\text{Ag}_2\text{S}$  ist (1 Punkt)

$$\begin{aligned}
 c_{\text{Ag}_2\text{S}} &= c_{\text{S}^{2-}}, c_{\text{Ag}^+} = 2 \cdot c_{\text{S}^{2-}}, K_{L, \text{Ag}_2\text{S}} = c_{\text{Ag}^+}^2 \cdot c_{\text{S}^{2-}} = 4 \cdot c_{\text{S}^{2-}}^3 \\
 \rightarrow c_{\text{Ag}_2\text{S}} &= \sqrt[3]{\frac{K_{L, \text{Ag}_2\text{S}}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{5.5 \cdot 10^{-51} \text{ mol}^3 \text{ l}^{-3}}{4}} = 1.1 \cdot 10^{-17} \text{ g mol}^{-1}
 \end{aligned}$$

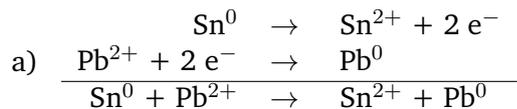
Dementsprechend ist  $\text{Ag}_2\text{S}$  besser löslich (1/2 Punkt, Antwort muss so stehen und nicht nur die Rechnung).

b)

$$\begin{aligned}
 c_{\text{OH}^-} &= 10^{12.34-14} \text{ mol l}^{-1} = 10^{-1.66} \text{ mol l}^{-1} \text{ (1 Punkt)} \\
 K_{L, \text{Ni(OH)}_2} &= c_{\text{Ni(OH)}_2} \cdot c_{\text{OH}^-}^2 \\
 \rightarrow c_{\text{Ni(OH)}_2} &= \frac{K_{L, \text{Ni(OH)}_2}}{c_{\text{OH}^-}^2} = \frac{1.6 \cdot 10^{-16} \text{ mol}^3 \text{ l}^{-3}}{10^{-1.66 \cdot 2}} \text{ mol}^2 \text{ l}^2 = 3.3 \cdot 10^{-13} \text{ g mol}^{-1} \text{ (1 Punkt)}
 \end{aligned}$$

## PROBLEM 6 - REDOXCHEMIE

5.5 PUNKTE



- b) Beachte, dass die Standardreduktionspotentiale gegeben sind. Von Kobalt wird jedoch das Standardoxidationspotential benötigt.

$$\Delta E^\circ = -0.126 \text{ V} - (-0.136 \text{ V}) = 0.010 \text{ V}$$

- c) Im elektrochemischen Gleichgewicht gilt  $\Delta E = 0$ . Damit gilt mit der Nernst-Gleichung

$$0 \text{ V} = \Delta E^\circ - \frac{0.059}{2} \cdot \log \left( \frac{a(\text{Sn}^{2+}) \cdot a(\text{Pb})}{a(\text{Sn}) \cdot a(\text{Pb}^{2+})} \right)$$

Die Aktivität von Feststoffen ist 1, diejenigen der Ionen entspricht den jeweiligen Konzentrationen. Als Nebenbedingung muss gelten, dass die Summe der Ionenkonzentrationen  $c(\text{Sn}^{2+}) + c(\text{Pb}^{2+})$  konstant bleibt.

$$\Delta E^\circ = \frac{0.059}{2} \cdot \log \left( \frac{c(\text{Sn}^{2+})}{c(\text{Pb}^{2+})} \right), \quad c(\text{Sn}^{2+}) + c(\text{Pb}^{2+}) = 2 \text{ mol l}^{-1}$$

$$\rightarrow 0.34 = \log \left( \frac{2 \text{ mol l}^{-1} - c(\text{Pb}^{2+})}{c(\text{Pb}^{2+})} \right)$$

$$\Leftrightarrow 10^{0.34} = \frac{2 \text{ mol l}^{-1} - c(\text{Pb}^{2+})}{c(\text{Pb}^{2+})}$$

$$\Rightarrow c(\text{Pb}^{2+}) = \frac{2 \text{ mol l}^{-1}}{10^{0.34} + 1} = 0.627 \text{ mol l}^{-1}, \quad c(\text{Sn}^{2+}) = 2 \text{ mol l}^{-1} - c(\text{Pb}^{2+}) = 1.373 \text{ mol l}^{-1}$$

Alternativ könnte man auch eine Umsatzvariable  $\xi$  definieren.

$$0.34 = \log \left( \frac{c(\text{Sn}^{2+})_0 + \xi}{c(\text{Pb}^{2+})_0 - \xi} \right) \Leftrightarrow 0.34 = \log \left( \frac{1 + \xi}{1 - \xi} \right)$$

## PROBLEM 7 - CHEMISCHES GLEICHGEWICHT

5 PUNKTE

- a) Die Konzentrationen sind (jeweils 1/2 Punkt)

$$c_{\text{SO}_3} = \frac{0.060 \text{ mol} \cdot (1 - 0.367)}{1 \text{ l}} = 0.038 \text{ mol l}^{-1}$$

$$c_{\text{SO}_2} = \frac{0.060 \text{ mol} \cdot 0.367}{1 \text{ l}} = 0.022 \text{ mol l}^{-1}$$

$$c_{\text{O}_2} = \frac{0.060 \text{ mol} \cdot 0.367}{1 \text{ l} \cdot 2} = 0.011 \text{ mol l}^{-1}$$

- b) (1 Punkt)

$$K_c = \frac{c_{\text{SO}_2}^2 \cdot c_{\text{O}_2}}{c_{\text{SO}_3}^2} = \frac{(0.022 \text{ mol l}^{-1})^2 \cdot 0.011 \text{ mol l}^{-1}}{(0.038 \text{ mol l}^{-1})^2} = 3.7 \cdot 10^{-3} \text{ mol l}^{-1}$$

- c) Über die ideale Gasgleichung sieht man, dass eine Verkleinerung des Volumens bei gleicher Temperatur den Druck im System erhöht. Da weniger Gasteilchen bei den Edukten als den Produkten sind, verschiebt sich das Gleichgewicht zu den Edukten (1 Punkt).
- d) Über die ideale Gasgleichung erhält man (3/2 Punkt)

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Leftrightarrow p = \frac{n}{V} \cdot R \cdot T = c \cdot R \cdot T$$

$$\begin{aligned} K_p &= \frac{p_{\text{SO}_2}^2 \cdot p_{\text{O}_2}}{p_{\text{SO}_3}^2} = \frac{c_{\text{SO}_2}^2 \cdot c_{\text{O}_2}}{c_{\text{SO}_3}^2} \cdot R \cdot T = K_c \cdot R \cdot T \\ &= 3.7 \cdot 10^{-3} \text{ mol l}^{-1} \cdot 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 1000 \text{ K} = 3.7 \text{ mol m}^{-3} \cdot 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 1000 \text{ K} \\ &= 31 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 3.1 \text{ kPa} \end{aligned}$$

**AUFGABE 8 - IDEALES GAS: KÜHLSCHRANK****6 PUNKTE**

- a) Mit  $V = 0.2 \text{ m}^3$ ,  $p = 10^5 \text{ Pa}$  und  $T = 295.15 \text{ K}$  sowie der Gleichung für ideale Gase erhält man (1 Punkt)

$$pV = nRT \rightarrow n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{10^5 \text{ Pa} \cdot 0.2 \text{ m}^3}{8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 295.15 \text{ K}} = 8.15 \text{ mol}$$

- b) Da wir ein ideales Gas betrachten, entsprechen die Volumenprozent den Molprozent (1 Punkt.) Damit hat man (jeweils 1/2 Punkte)

$$m_{\text{N}_2} = 8.15 \text{ mol} \cdot 0.8 \cdot 28.02 \text{ g mol}^{-1} = 183 \text{ g}$$

$$m_{\text{O}_2} = 8.15 \text{ mol} \cdot 0.2 \cdot 32.00 \text{ g mol}^{-1} = 52.2 \text{ g}$$

- c) Da das Volumen und die Stoffmenge konstant sind, kann man den Druck berechnen durch (1 Punkt)

$$\frac{p}{V} = \frac{n \cdot R}{T} = \text{konstant} \rightarrow p_{278.15 \text{ K}} = p_{295.15 \text{ K}} \cdot \frac{278.15 \text{ K}}{295.15 \text{ K}} = 9.42 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

- d) Der Druckunterschied ist (1 Punkt)

$$\Delta p = (10^5 - 9.42 \cdot 10^4) \text{ Pa} = 5.76 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

Dadurch ist die Kraft aufgrund des Druckunterschieds (1 Punkt)

$$p = \frac{F}{A} \rightarrow F = p \cdot A = 5.76 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 0.5 \text{ m}^2 = 2.88 \cdot 10^3 \text{ N}$$

## AUFGABE 9 - BILDUNGSENTHALPIEN, SATZ VON HESS

7 PUNKTE

a)

i) Da die Bildungsenthalpie von Elementen 0 ist gilt (1.5 Punkte wenn richtig, 0 sonst)

$$\begin{aligned}\Delta_R H^0 &= 6 \cdot \Delta_B H^0(\text{HCl}(\text{g})) - 2 \cdot \Delta_B H^0(\text{NH}_3(\text{g})) = (6 \cdot (-92.3) - 2 \cdot (-46.2)) \text{ kJ mol}^{-1} \\ &= -461.4 \text{ kJ mol}^{-1}\end{aligned}$$

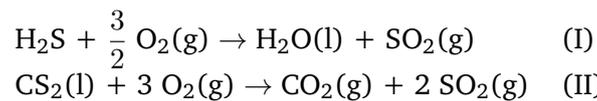
ii) (1.5 Punkte)

$$\Delta_R H^0 = 2 \cdot \Delta_B H^0(\text{H}_3\text{BO}_3(\text{s})) - 6 \cdot \Delta_B H^0(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) - \Delta_B H^0(\text{B}_2\text{H}_6(\text{g}))$$

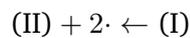
$$\begin{aligned}\Delta_B H^0(\text{B}_2\text{H}_6(\text{g})) &= 2 \cdot \Delta_B H^0(\text{H}_3\text{BO}_3(\text{s})) - 6 \cdot \Delta_B H^0(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) - \Delta_R H^0 \\ &= (2 \cdot (-1088.7) - 6 \cdot (-285.9) - (-493.4)) \text{ kJ mol}^{-1} \\ &= 31.4 \text{ kJ mol}^{-1}\end{aligned}$$

b)

i) (1.5 Punkte)

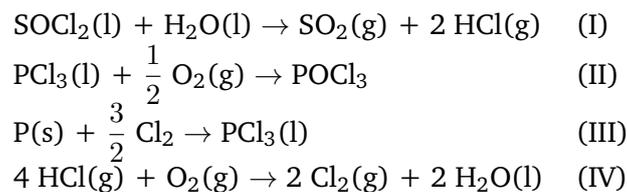


Das Zeichen  $\leftarrow$  bedeutet, dass wir die Reaktion in die umgekehrte Richtung wie angegeben verwenden. Die gegebene Reaktion kann dann geschrieben werden als

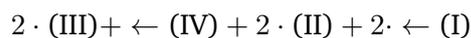


$$\Delta_R H^0 = \Delta_R H^0(\text{I}) - 2 \cdot \Delta_R H^0(\text{II}) = (-1075.2 - 2 \cdot (-562.6)) \text{ kJ mol}^{-1} = 50.0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

ii) (2.5 Punkte)



Die gegebene Reaktion kann dann geschrieben werden als



$$\begin{aligned}\Delta_R H^0 &= 2 \cdot \Delta_R H^0(\text{III}) - \Delta_R H^0(\text{IV}) + 2 \cdot \Delta_R H^0(\text{II}) - 2 \cdot \Delta_R H^0(\text{I}) \\ &= (2 \cdot (-306.7) - (-202.6) + 2 \cdot (-325.1) - 2 \cdot (+10.3)) \text{ kJ mol}^{-1} \\ &= -1081.6 \text{ kJ mol}^{-1}\end{aligned}$$

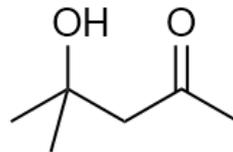
## AUFGABE 10 - INFRAROTSPEKTROSKOPIE

5 PUNKTE

a) (1/2 Punkte wenn richtig, -1/2 wenn falsch angegeben, 0 wenn nichts angegeben, Minimum 0)

O-H	Ja
N-H	Nein
C-H	Ja
C=O	Ja
C=N	Nein
C=C	Nein

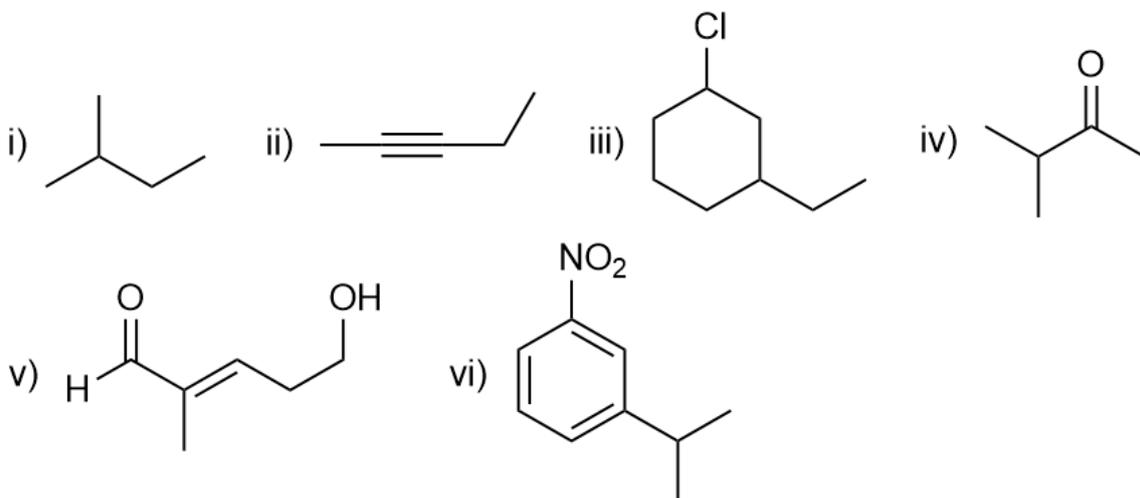
b) (2 Punkte. Begründung muss mit a) konsistent sein, 2 Punkte auch geben, wenn a) falsch aber daraus richtig gefolgert wurde)



## AUFGABE 11 - NOMENKLATUR UND ISOMERIE VON ORGANISCHEN MOLEKÜLEN

12 PUNKTE

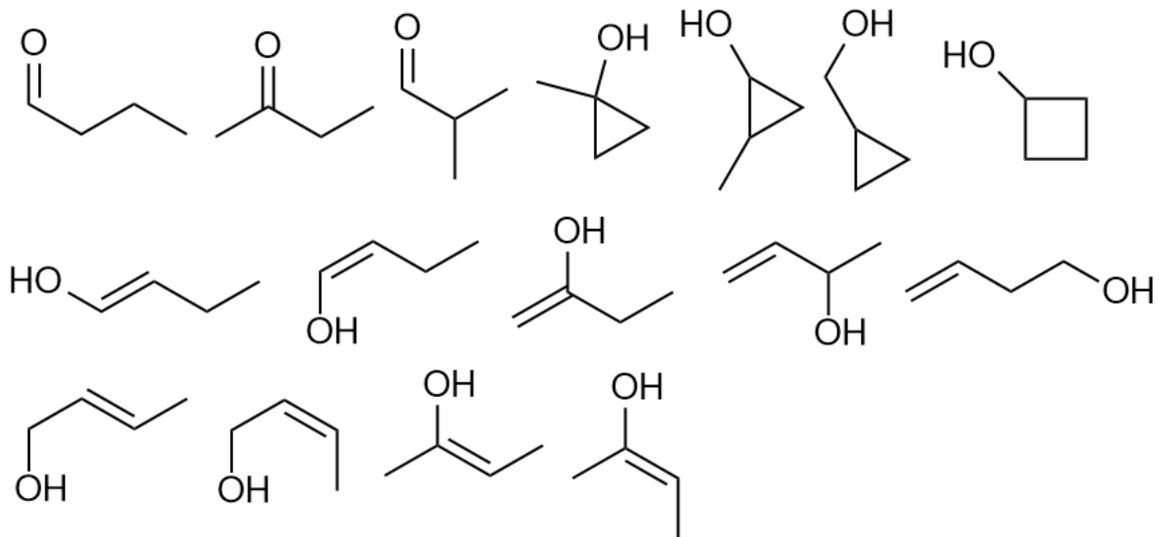
a) (1/2 Punkte für die ersten beiden, 1 Punkte für die restlichen 4)



b) (Jeweils 1 Punkt)

- 3,4-Diethyl-2,2,6-trimethylheptan
- (Z)-5-(1-Methylethyl)-3-methyloct-3-en
- 3-Hydroxypent-4-in-2-on

c) Mögliche Antworten sind:

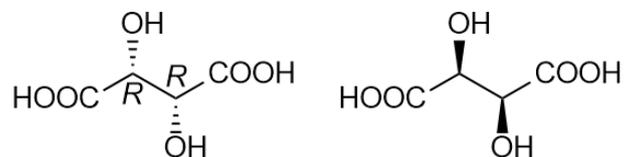


(1/2 Punkte jeweils für die ersten 8 richtigen Isomere. Wenn mehr als 8 angegeben werden,  $\min(1/2 \cdot \# \text{ Richtig} \text{ unterschiedliche Isomere}, 4) - 1/2 \cdot \# \text{ Falsch} \text{ unterschiedliche Isomere}$ . Minimum 0 Punkte.)

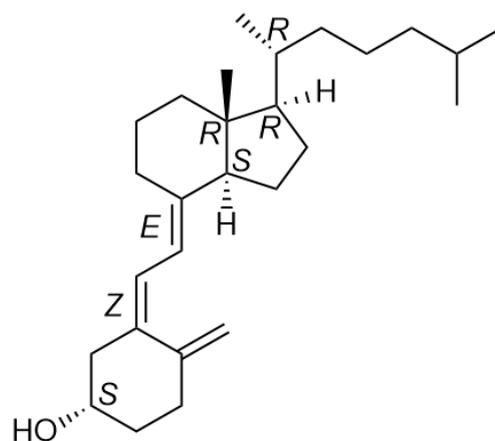
### AUFGABE 12 - STEREOCHEMIE

5 PUNKTE

a) (1 Punkte für beide Stereozentren richtig, 1/2 wenn nur eines eingeschrieben und richtig, 1/2 für das Enantiomer)



b) (1/2 Punkte wenn richtig, -1/2 wenn falsch angegeben, 0 wenn nichts angegeben, Minimum 0)



## AUFGABE 13 - ORGANISCHE CHEMIE

7 PUNKTE

(1 Punkt pro richtige Reaktion)

