

PROBLEM 1 - MULTIPLE CHOICE**5 PUNKTE**

- a) ii) (1/2 Punkte)
- b) iii) (1/2 Punkte)
- c) v) (1 Punkt)
- d) ii) und iv) (1 Punkt, -1/2 Punkt für jede falsche Antwort, mindestens 0)
- e) i) und iv) (1 Punkt, -1/2 Punkt für jede falsche Antwort, mindestens 0)
- f) iii) (1 Punkt)

PROBLEM 2 - KURZFRAGEN

6.5 PUNKTE

a) Al_2S_3 (0.5 Punkte)

b) Jeweils 1/2 Punkte (insgesamt 1.5 Punkte)

i) Nicht gut mischbar. Wasser bildet Wasserstoffbrücken und Heptan nur schwache van-der-Waals Wechselwirkungen.

ii) Gut mischbar. Bindet über van-der-Waals Wechselwirkungen.

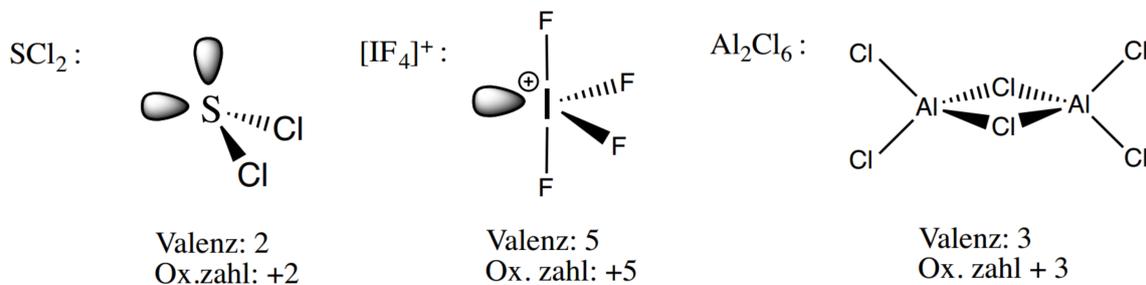
iii) Gut mischbar. Aceton besitzt ein Sauerstoffatom, welches eine Wasserstoffbrücke zu Wasser bilden kann.

c)

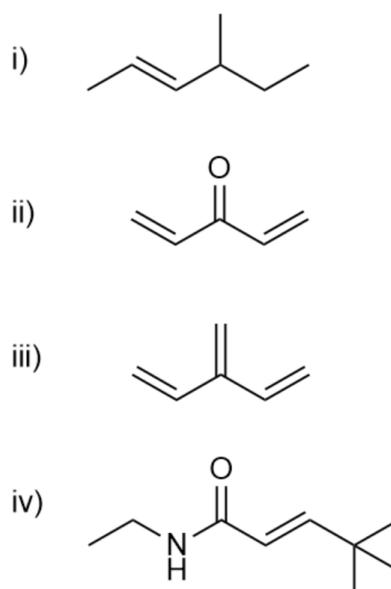
$$n_{\text{Mg}} = \frac{m_{\text{Mg}}}{M_{\text{Mg}}} = \frac{10 \text{ g}}{24.305 \text{ g mol}^{-1}} \stackrel{(1/2 \text{ Punkte})}{=} 0.41 \text{ mol}$$

$$m_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{Mg}}}{2} \cdot M(\text{O}_2) = \frac{0.41 \text{ mol}}{2} \cdot 32.00 \text{ g mol}^{-1} \stackrel{(1/2 \text{ Punkte})}{=} 6.6 \text{ g}$$

d) Jeweils 1/2 Punkt für Struktur und 1/2 Punkt, wenn Oxidationszahl und Valenz richtig.



e) Jeweils 1/2 Punkt pro Struktur



PROBLEM 3 - SÄUREN UND BASEN

7 PUNKTE

a) NaOH ist eine starke Base.

$$c_{\text{NaOH}} \stackrel{(1/2 \text{ Punkte})}{=} \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{NaOH}}} = \frac{10^{-3} \text{ mol}}{0.1 \text{ l}} = 10^{-2} \text{ M} \xrightarrow{(1/2 \text{ Punkte})} \text{pH} = 14 - 2 = 12$$

b) Pyridin ist eine schwache Base.

$$c_{\text{Py}} = \frac{n_{\text{Py}}}{V_{\text{Py}}} \stackrel{(0.5 \text{ Punkte})}{=} \frac{m_{\text{Py}}}{M_{\text{Py}} \cdot V_{\text{Py}}} = \frac{1 \text{ g}}{79.1 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0.1 \text{ l}} = 0.126 \text{ M}$$

$$\xrightarrow{(1 \text{ Punkt})} \text{pH} = 14 - \frac{1}{2} (\text{p}K_b - \log(c_{\text{Py}})) = 14 - \frac{1}{2} (8.7 + 0.9) = 9.2$$

c) Fe^{2+} wirkt als schwache Säure.

$$c_{\text{Fe}^{2+}} = \frac{n_{\text{FeCl}_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}}}{V_{\text{FeCl}_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}}} \stackrel{(1/2 \text{ Punkte})}{=} \frac{m_{\text{FeCl}_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}}}{M_{\text{FeCl}_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{FeCl}_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}}} = \frac{1 \text{ g}}{198.81 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0.1 \text{ l}} = 5.03 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

$$\xrightarrow{(1 \text{ Punkt})} \text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_a - \log(c_{\text{Py}})) = \frac{1}{2} (6.7 + 1.3) = 4.0$$

d) Fe^{3+} wirkt als mittelstarke Säure.

$$c_{\text{Fe}^{3+}} = \frac{n_{\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}}}{V_{\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}}} \stackrel{(1/2 \text{ Punkte})}{=} \frac{m_{\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}}}{M_{\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}}} = \frac{1 \text{ g}}{270.30 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0.1 \text{ l}} = 3.70 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

Die Formel für mittelstarke Säuren kann hergeleitet werden aus

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \stackrel{x=[\text{H}^+]}{=} \frac{x \cdot x}{[\text{HA}]_0 - x} \xrightarrow{(1 \text{ Punkt})} [\text{H}^+] = \sqrt{K_a \cdot [\text{HA}]_0 + \left(\frac{K_a}{2}\right)^2} - \frac{K_a}{2}$$

$$\xrightarrow{(0.5 \text{ Punkt})} \text{pH} = -\log \left(\sqrt{10^{-2.2} \text{ M} \cdot 3.70 \cdot 10^{-2} \text{ M} + \left(\frac{10^{-2.2} \text{ M}}{2}\right)^2} - \frac{10^{-2.2} \text{ M}}{2} \right)$$

$$= -\log(0.0124) = 1.9$$

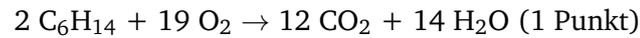
e) Eine Lösung mit Fe^{3+} -Ionen ist sauer, da Wassermoleküle in Eisenaquakomplexen wesentlich leichter dissoziieren.

Erster Rechenfehler -1/2 Punkt, danach keine Punkte mehr für die Teilaufgabe. Kein Abzug für Folgefehler. 1/2 Punkt, wenn d) nicht als mittelstarke Säure, aber korrekt gerechnet wurde.

PROBLEM 4 - VERBRENNUNG VON KOHLENWASSERSTOFFEN

4 PUNKTE

a)



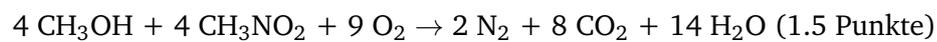
b)

$$E \stackrel{(0.5 \text{ Punkte})}{=} \epsilon \cdot (-\Delta_V H^0) \cdot n_{\text{C}_6\text{H}_{14}} = \epsilon \cdot (-\Delta_V H^0) \cdot \frac{m_{\text{C}_6\text{H}_{14}}}{M_{\text{C}_6\text{H}_{14}}}$$

$$\stackrel{(0.5 \text{ Punkte})}{=} \epsilon \cdot (-\Delta_V H^0) \cdot \frac{V_{\text{C}_6\text{H}_{14}} \cdot \rho_{\text{C}_6\text{H}_{14}}}{M_{\text{C}_6\text{H}_{14}}} = 0.35 \cdot 4163.2 \text{ kJ mol}^{-1} \cdot \frac{11 \cdot 0.75 \text{ kg l}^{-1} \cdot 10^3 \text{ g kg}^{-1}}{86.17 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$\stackrel{(0.5 \text{ Punkte})}{=} 1.3 \cdot 10^4 \text{ kJ}$$

c)



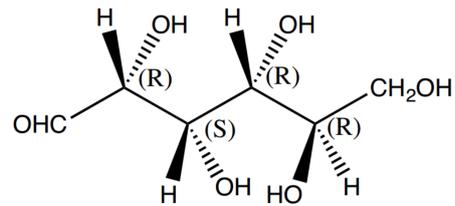
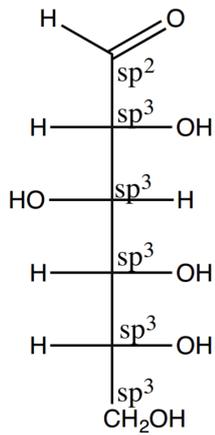
Erster Rechenfehler -1/2 Punkt, danach keine Punkte mehr für die Teilaufgabe.

PROBLEM 5 - PROJEKTION

3.5 PUNKTE

a) Fischerprojektion (1/2 Punkte)

b) 1 Punkte für korrekte Skelettformel. 1 Punkte für korrekte Hybridisierungen (-1/2 Punkt pro falsche Hybridisierung, Minimum 0). 1 Punkt für korrekte R/S (-1/2 Punkt pro falsche Hybridisierung, Minimum 0).



PROBLEM 6 - TITRATION

5 PUNKTE

a)



b)

$$\begin{aligned} m(\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2) &= c(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) \cdot \frac{5}{2} \cdot M(\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2) \\ &= 0.02 \text{ M} \cdot 0.0255 \text{ l} \cdot \frac{5}{2} \cdot 90 \text{ g mol}^{-1} = 0.115 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m(\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) &= c(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) \cdot \frac{5}{2} \cdot M(\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) \\ &= 0.02 \text{ M} \cdot 0.0255 \text{ l} \cdot \frac{5}{2} \cdot 108 \text{ g mol}^{-1} = 0.138 \text{ g} \end{aligned}$$

→ Die Oxalsäure ist ein Monohydrat: $\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

1 Punkt für korrekte Titrationsgleichung, 1 Punkt für korrekte Rechnungen und 1 Punkt für richtige Anzahl Kristallwasser.

PROBLEM 7 - LÖSLICHKEIT

4 PUNKTE

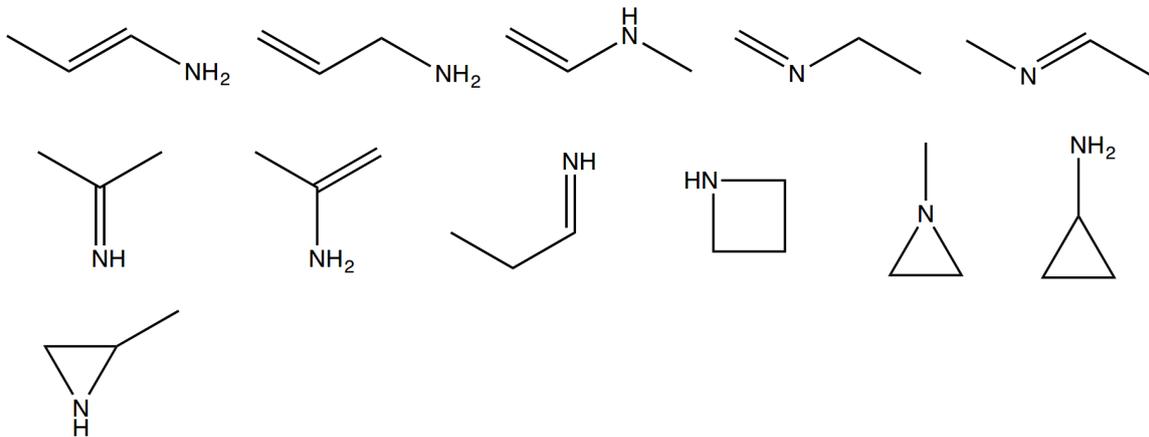
(Annahme: Änderung des Volumens durch Zugabe von MgCO_3 vernachlässigbar klein)

$$\begin{aligned}
 & K_L \stackrel{(1/2 \text{ Punkte})}{=} [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] \\
 n_{\text{Ca}} &= \frac{0.005 \text{ g}}{M(\text{CaCO}_3)} \stackrel{(1/2 \text{ Punkte})}{=} 5.0 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^{-1} \\
 \rightarrow x &= [\text{Ca}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}]_{\text{Anfang}} \stackrel{(1/2 \text{ Punkte})}{=} 5.0 \cdot 10^{-5} \text{ mol l}^{-1} \\
 K_L &= [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = [\text{Ca}^{2+}] \cdot ([\text{CO}_3^{2-}]_{\text{Anfang}} + [\text{MgCO}_3]), [\text{MgCO}_3] = [\text{CO}_3^{2-}]_{\text{Neu}} = c_{\text{Mg}} \\
 & \leftrightarrow K_L \stackrel{(1 \text{ Punkt})}{=} x \cdot (x + c_{\text{Mg}}) \\
 \rightarrow c_{\text{Mg}} &= \frac{K_L - x^2}{x} = \frac{K_L}{x} - x = \frac{6.0 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^2 \text{ l}^{-2}}{5.0 \cdot 10^{-5} \text{ mol l}} - 5.0 \cdot 10^{-5} \text{ mol l}^{-1} \\
 & \stackrel{(1/2 \text{ Punkte})}{=} 7.0 \cdot 10^{-5} \text{ mol l}^{-1} \\
 \rightarrow n_{\text{MgCO}_3} & \stackrel{(1/2 \text{ Punkte})}{=} 7.0 \cdot 10^{-5} \text{ mol l}^{-1} \cdot 1 \text{ l} = 7.0 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \\
 \Rightarrow m_{\text{MgCO}_3} & \stackrel{(1/2 \text{ Punkte})}{=} 7.0 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 84.31 \text{ g mol}^{-1} = 5.9 \text{ mg}
 \end{aligned}$$

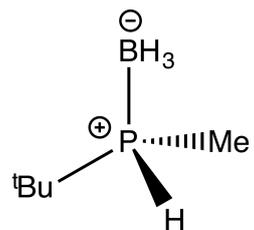
PROBLEM 8 - ISOMERIE

6 PUNKTE

a) 4.5 Punkte maximal, -1/2 Punkte für jedes fehlende Isomer, mindestens 0



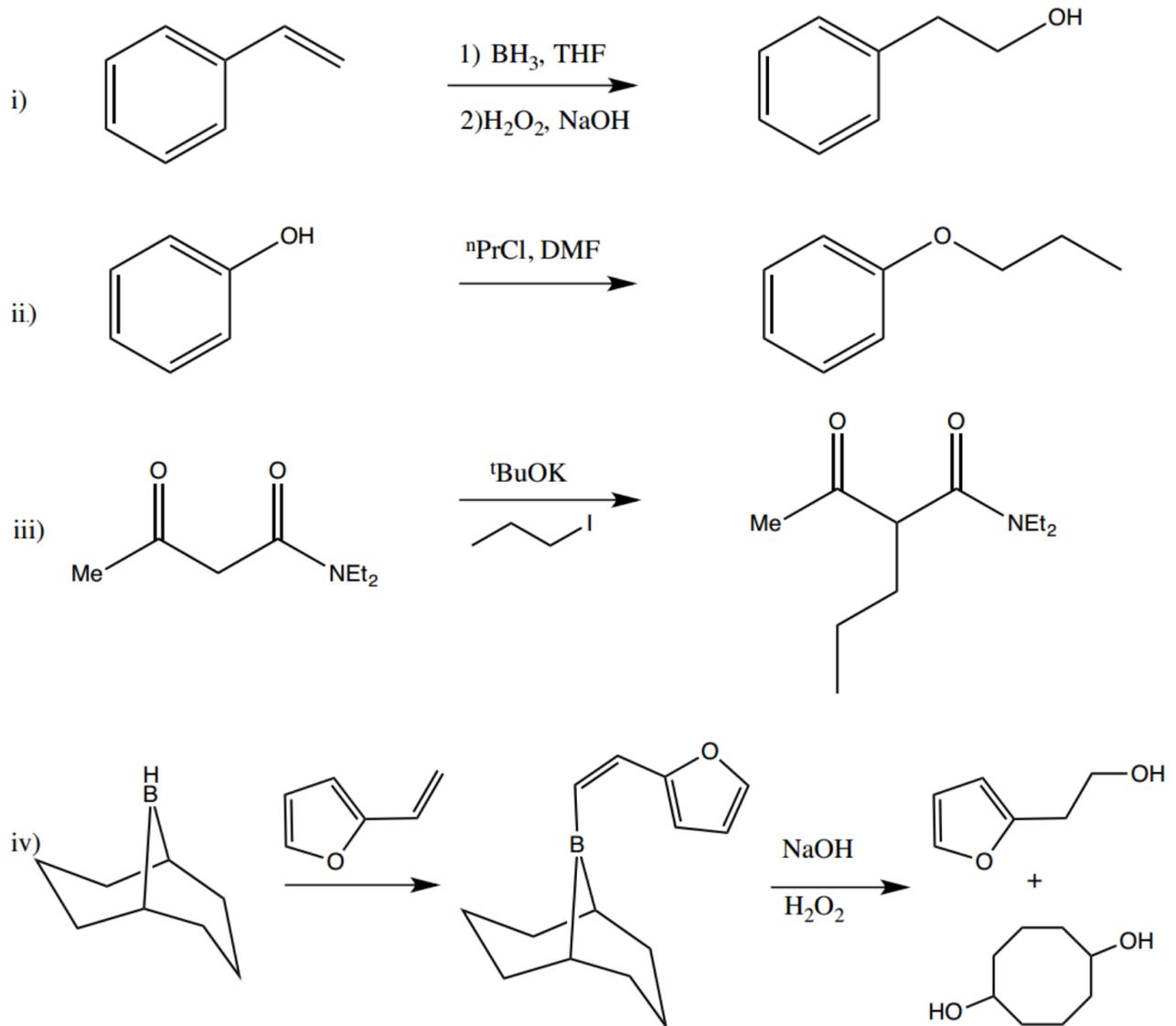
b) Das Enantiomer ist (1/2 Punkte für richtige Struktur)



c) Boran wird bei Phosphinen als Schutzgruppe verwendet (1 Punkt, 1/2 Punkt für andere sinnvolle Antworten wie z.B. Stabilisierung von Phosphinen).

PROBLEM 9 - ORGANISCHE CHEMIE

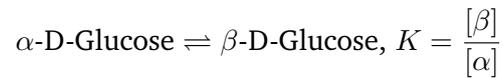
5 PUNKTE



Bei i) jeweils 1/2 Punkte für 1) und 2), für ii) bis iv) jeweils 1 Punkt pro korrekte Struktur.

PROBLEM 10 - DER ANOMERISCHE EFFEKT**4 PUNKTE**

Die Gleichgewichtskonstante in Lösung ist gegeben durch das Verhältnis zwischen der α und der β Form. Für das Gleichgewicht



kann man dann die Gleichgewichtskonstante und damit die freie Reaktionsenthalpie berechnen

$$\begin{aligned} K_1 \stackrel{(0.5 \text{ Punkte})}{=} \frac{64}{36} &\rightarrow \Delta_1 G^0 \stackrel{(1 \text{ Punkt})}{=} -R \cdot T \cdot \ln(K_1) = -8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 25 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \ln\left(\frac{64}{36}\right) \\ &= -8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298.15 \text{ K} \cdot \ln\left(\frac{64}{36}\right) = -1.43 \text{ kJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

Ohne den anomeren Effekt hätte man ein Verhältnis von 11:89 und damit

$$\begin{aligned} K_2 \stackrel{(0.5 \text{ Punkte})}{=} \frac{89}{11} &\rightarrow \Delta_2 G^0 \stackrel{(1 \text{ Punkt})}{=} -R \cdot T \cdot \ln(K_2) = -8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 25 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \ln\left(\frac{89}{11}\right) \\ &= -8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298.15 \text{ K} \cdot \ln\left(\frac{89}{11}\right) = -5.18 \text{ kJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

Damit ergibt sich für den anomeren Effekt eine freie Enthalpie von $-1.43 \text{ kJ mol}^{-1} - (-5.18 \text{ kJ mol}^{-1}) = 3.8 \text{ kJ mol}^{-1}$. (1 Punkt) Alternativ kann man die Gleichungen auch kombinieren:

$$\begin{aligned} \Delta_1 G^0 - \Delta_2 G^0 &= -R \cdot T \cdot \ln(K_1) + R \cdot T \cdot \ln(K_2) = R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{K_2}{K_1}\right) \\ &= 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298.15 \text{ K} \cdot \ln\left(\frac{89 \cdot 36}{11 \cdot 64}\right) = 3.76 \text{ kJ mol}^{-1} \end{aligned}$$

PROBLEM 11 - KRISTALLOGRAFIE

4 PUNKTE

- a) Anhand der Gitterparameter kristallisiert der gegebene BaTiO₃-Kristall im tetragonalen Kristallsystem (1/2 Punkte). Die Zentrierung ist primitiv (1/2 Punkte), sichtbar an den Metallatomen in der Einheitszelle.
- b) Aus der dargestellten Elementarzelle kann man sehen, dass die Summenformel pro Einheitszelle BaTiO₃ ist, da nur ein Bariumatom in der Mitte dargestellt ist. (1/2 Punkte)

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (1/2 Punkte)}$$

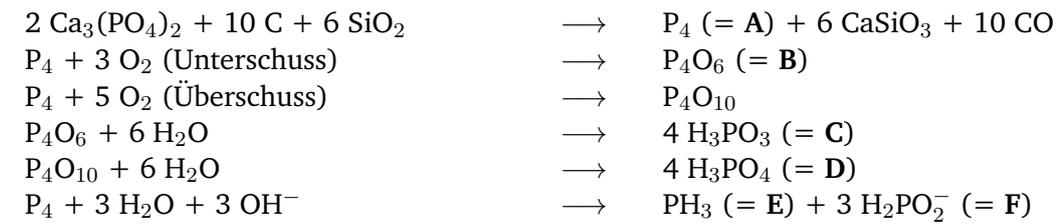
In einer Einheitszelle hat man

$$m_{\text{EZ}} = m(\text{BaTiO}_3) = (137.33 + 47.87 + 3 \cdot 16.00) \text{ u} \cdot 1.6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg u}^{-1} = 3.872 \cdot 10^{-25} \text{ kg (1 Punkt)}$$

$$V_{\text{EZ}} = a \cdot b \cdot c = (4.00 \cdot 4.00 \cdot 4.02) \cdot 10^{-30} \text{ m}^{-3} = 6.43 \text{ m}^{-3} \text{ (1 Punkt)}$$

Somit hat man eine Dichte von

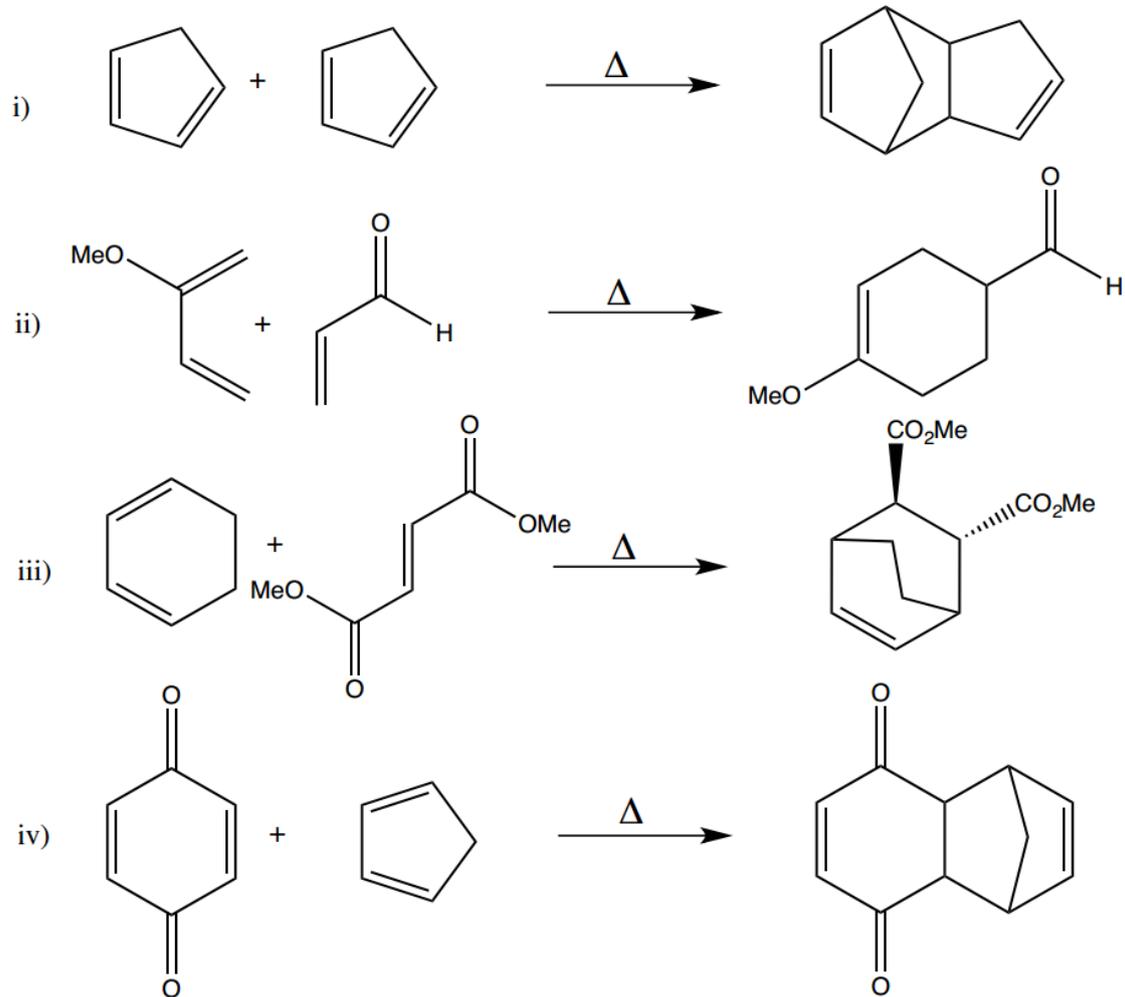
$$\rho = \frac{m_{\text{EZ}}}{V_{\text{EZ}}} = \frac{3.872 \cdot 10^{-25} \text{ kg}}{6.43 \text{ m}^{-3}} \stackrel{\text{(1/2 Punkte)}}{=} 6.02 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} = 6.02 \text{ g cm}^{-3}$$

PROBLEM 12 - ANORGANISCHE CHEMIE**4 PUNKTE**

Jeweils 1/2 Punkte für **A - F**. 1 Punkt, wenn alle Gleichungen korrekt sind (-1/2 pro Fehler, Minimum 0). Dieser Punkt wird auch gegeben, wenn falsche **A - F** angegeben sind, die Gleichungen aber richtig (1-3 Gleichungen angegeben: 1/2 Punkte, 4-6 Gleichungen angegeben: 1 Punkt)

PROBLEM 13 - DIELS-ALDER REAKTION

5 PUNKTE

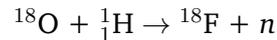


i) und ii) jeweils 1 Punkt pro korrekte Struktur, iii) und iv) jeweils 3/2 Punkte. Bei ii) kein Abzug für falsche Konstitution von OMe.

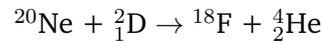
PROBLEM 14 - RADIOAKTIVITÄT UND KRANKHEITSDIAGNOSTIK

9 PUNKTE

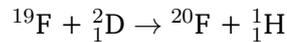
a) i)



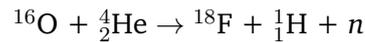
ii)



iii)



iv)



Pro richtige Antwort 1/2 Punkte.

b) β^+ oder ϵ : ^{11}C und ^{17}F
 β^- : ^{14}C und ^{20}F

1 Punkt, für jede falsche oder fehlende Antwort -1/2 Punkt, mindestens 0 Punkte.

c)

$$\frac{dc}{dt} = -k \cdot c \quad (1/2 \text{ Punkte})$$

$$\int \frac{dc}{c} = -k \int dt \rightarrow c_t = c_0 \cdot \exp(-k \cdot t) \quad (1/2 \text{ Punkte})$$

Das integrierte Geschwindigkeitsgesetz kann auch mit der Halbwertszeit anstelle der Geschwindigkeitskonstanten geschrieben werden.

$$c_t = c_0 \cdot \exp\left(-\frac{\ln(2) \cdot t}{t_{1/2}}\right)$$

Die Beziehung zwischen der Halbwertszeit $t_{1/2}$ und der Geschwindigkeitskonstanten k ist

$$\ln(2) = k \cdot t_{1/2} \quad (1/2 \text{ Punkte})$$

d) Die Gesamtaktivität bei 100% Ausbeute beträgt

$$A_{100\%} = A_0 \cdot \exp\left(-\frac{\ln(2) \cdot t}{t_{1/2}}\right) = 600 \text{ MBq} \cdot \exp\left(-\frac{\ln(2) \cdot 3.5 \text{ min}}{109.7 \text{ min}}\right) = 586.9 \text{ MBq} \quad (1 \text{ Punkt})$$

Somit ist die Ausbeute

$$\eta = \frac{A_{\text{Synthese}}}{A_{100\%}} = \frac{528.2 \text{ MBq}}{586.9 \text{ MBq}} = 0.901 = 90.1\% \quad (1 \text{ Punkt})$$

e) Das differentielle Geschwindigkeitsgesetz ist

$$-\frac{dc}{dt} = k_{\text{Radioaktivität}} \cdot c + k_{\text{Biologisch}} \cdot c = (k_{\text{Radioaktivität}} + k_{\text{Biologisch}}) \cdot c \quad (1/2 \text{ Punkte})$$

Dies ist wieder ein Geschwindigkeitsgesetz einer Reaktion erster Ordnung, aber mit der Geschwindigkeitskonstanten $k_{\text{Radioaktivität}} + k_{\text{Biologisch}}$. Somit hat man

$$c_t = c \cdot \exp\left(-(k_{\text{Radioaktivität}} + k_{\text{Biologisch}}) \cdot t\right) \quad (1 \text{ Punkt})$$

oder auch mit

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k_{\text{Radioaktivität}} + k_{\text{Biologisch}}} = \frac{t_{1/2, \text{Radioaktivität}} \cdot t_{1/2, \text{Biologisch}}}{t_{1/2, \text{Radioaktivität}} + t_{1/2, \text{Biologisch}}}$$

$$\begin{aligned}c_t &= c \cdot \exp\left(-\frac{\ln(2) \cdot (t_{1/2, \text{Radioaktivität}} + t_{1/2, \text{Biologisch}}) \cdot t}{t_{1/2, \text{Radioaktivität}} \cdot t_{1/2, \text{Biologisch}}}\right) \\&= 450 \text{ MBq} \cdot \exp\left(-\frac{\ln(2) \cdot (109.7 + 120.0) \text{ min} \cdot 10 \cdot 60 \text{ min}}{109.7 \text{ min} \cdot 120.0 \text{ min}}\right) \\&= 0.317 \text{ MBq (1 Punkt)}\end{aligned}$$