Anweisungen

- Schreiben Sie Ihren Namen auf jedes Blatt und nummerieren Sie diese.
- Sie haben 3 Stunden Zeit, um die Aufgaben zu lösen. Beginnen Sie erst, wenn das **START**-Signal gegeben wird.
- Beginnen Sie für jede Aufgabe ein neues Blatt.
- Schreiben Sie alle notwendigen Berechnungen leserlich auf.
- Stecken Sie am Ende der Prüfung Ihre Blätter in den bereitgelegten Umschlag. Kleben Sie den Umschlag nicht zu.
- Sie müssen Ihre Arbeit sofort unterbrechen, wenn das **STOP**-Signal gegeben wird.
- Verlassen Sie Ihren Sitzplatz nur, wenn Sie die Erlaubnis dazu erhalten haben.
- Nur **Antworten, welche auf die Antwortblätter geschrieben** werden, können berücksichtig werden.
- Diese Prüfung hat 18 Seiten.

Viel Erfolg!

Bonne chance!

Buona fortuna!

Good luck!

Konstanten und Formeln

Avogadro-Konstante	$N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}	Ideale Gasgleichung	$pV = nRT$
Gaskonstante	$R = 8.314$ J mol^{-1} K^{-1}	Gibbs-Energie	$G = H - TS$
Faraday-Konstante	$F = 96485$ C mol^{-1}	$\Delta_r G^0 = -RT \cdot \ln(K) = -nFE^0_{\text{Zelle}}$	
Planck-Konstante	$h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ J s^{-1}	Nernst-Gleichung	$E = E^0 + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln\left(\frac{c_{\text{ox}}}{c_{\text{red}}}\right)$
Lichtgeschwindigkeit	$c = 2.998 \cdot 10^8$ m s^{-1}	Energie eines Photons	$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$
Temperatur	0 °C $= 273.15$ K	Lambert-Beer Gesetz	$A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right) = \epsilon \cdot c \cdot L$

Bei der Berechnung von Gleichgewichtskonstanten sind alle Konzentrationen auf die Standardkonzentration 1 mol dm^{-3} $= 1$ mol l^{-1} bezogen. Behandeln Sie in der gesamten Prüfung alle Gase als ideale Gase, sofern in der Aufgabe nicht anders beschrieben.

Periodensystem der Elemente

1 H 1.008																	2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.30											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.96	43 Tc –	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57–71	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po –	85 At –	86 Rn –
87 Fr –	88 Ra –	89–103	104 Rf –	105 Db –	106 Sg –	107 Bh –	108 Hs –	109 Mt –	110 Ds –	111 Rg –	112 Cn –						

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 140.24	61 Pm –	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
89 Ac –	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np –	94 Pu –	95 Am –	96 Cm –	97 Bk –	98 Cf –	99 Es –	100 Fm –	101 Md –	102 No –	103 Lr –

PROBLEM 1 - MULTIPLE CHOICE 5 PUNKTE

Ungeachtet der Formulierung der jeweiligen Frage können keine, eine oder mehrere Antworten richtig sein.

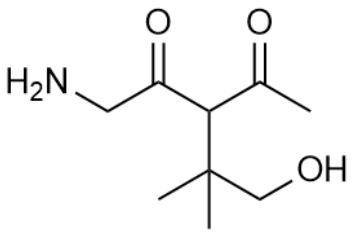
a) Welches der folgenden Elemente hat die höchste 1. Ionisierungsenergie?

i) Li
ii) F
iii) N
iv) Ca
v) Cl

b) Welches der folgenden Elemente hat den kleinsten Atomradius?

i) Br
ii) Be
iii) O
iv) C
v) Mg

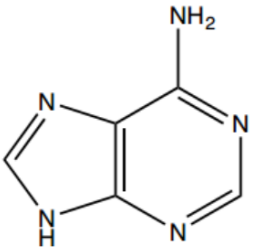
c) Wie lautet der IUPAC Name des Moleküls mit der folgenden Struktur?

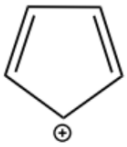


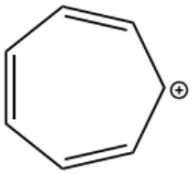
i) 1-Amino-3-(1-hydroxy-2-methylpropan-2-yl)-2,4-dipenton
ii) 3-(1-Hydroxy-2-methylpropyl)-1-aminopentan-2,4-dion
iii) 3-Acetyl-5-amino-1-hydroxy-2,2-dimethylpentan
iv) 3-(1-Hydroxy-2-methylpropan-2-yl)-1-aminopentan-2,4-dion
v) 1-Amino-3-(1-hydroxy-2-methylpropan-2-yl)pentan-2,4-dion

d) Bei welchen der folgenden Verbindungen handelt es sich um Aromate?

i)

ii) 

iii) 

iv) 

e) Die Wassergas-Shift-Reaktion ist ein Verfahren zur Verringerung des Kohlenstoffmonoxid-Anteils in Gasen und zur Erzeugung von Wasserstoff. Das Gleichgewicht ist

$$CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2,\ \Delta_r H^0 = -41.2\,\text{kJ mol}^{-1}$$

Welche der folgenden Aussagen treffen zu?

i) Bei einer Temperaturerhöhung verschiebt sich das Gleichgewicht zu den Edukten

ii) Bei einer Temperaturerhöhung verschiebt sich das Gleichgewicht zu den Produkten

iii) Bei einer Druckerhöhung verschiebt sich das Gleichgewicht zu den Edukten

iv) Bei einer Druckerhöhung verschiebt sich das Gleichgewicht nicht

v) Bei einer Druckerhöhung verschiebt sich das Gleichgewicht zu den Produkten

f) Über die Veränderung der Entropie beim Lösen eines Salzes in Wasser (Vorgang 1) und beim Lösen eines Gases in Wasser (Vorgang 2) lässt sich folgende Aussage machen:

i) Die Entropie nimmt für 1 und 2 zu

ii) Die Entropie nimmt für 1 und 2 ab

iii) Die Entropie nimmt für 1 zu und für 2 ab

iv) Die Entropie nimmt für 1 ab und für 2 zu

PROBLEM 2 - KURZFRAGEN 6.5 PUNKTE

a) Aluminiumsulfid kann durch eine stark exotherme Reaktion von Aluminium mit Schwefel gewonnen werden. Welche Summenformel hat die Verbindung?

b) Erklären Sie bei jedem der folgenden Lösungsmittelgemischen welche gut miteinander mischbar sind und weshalb.

   i) Wasser - Heptan

   ii) Heptan - Ethanol

   iii) Aceton - Wasser

c) Betrachten Sie die Verbrennung von Magnesium in Sauerstoff:

$$2\ Mg + O_2 \rightarrow 2\ MgO$$

Welche Menge an Sauerstoffgas wird für 10 g Magnesium benötigt?

d) Zeichnen Sie die dreidimensionale Molekülstruktur von SCl_2, $[IF_4]^+$ und Al_2Cl_6. Geben Sie die Oxidationszahl sowie die Valenz des Zentralatoms an.

e) Zeichnen Sie die Strukturformeln folgende Moleküle:

   i) (*E*)-4-Methylhex-2-en

   ii) Penta-1,4-dien-3-on

   iii) 3-Methylenpenta-1,4-dien

   iv) (*E*)-*N*-Ethyl-4,4-dimethylpent-2-enamid

PROBLEM 3 - SÄUREN UND BASEN 7 PUNKTE

Berechnen Sie die pH-Werte folgender wässriger Lösungen:

a) 1 mmol Natriumhydroxid (NaOH) in 100 ml Wasser.

b) 1 g Pyridin (C_5H_5N, $pK_b = 8.7$) in 100 ml Wasser.

c) 1 g Eisen(II)-chlorid-Tetrahydrat ($FeCl_2 \cdot 4\ H_2O$, $pK_a = 6.7$) in 100 ml Wasser.

d) 1 g Eisen(III)-chlorid-Hexahydrat ($FeCl_3 \cdot 6\ H_2O$, $pK_a = 2.2$) in 100 ml Wasser.

e) Geben Sie mithilfe einer stöchiometrischen Gleichung an, weshalb eine Lösung mit Eisen(III)-chlorid sauer ist.

PROBLEM 4 - VERBRENNUNG VON KOHLENWASSERSTOFFEN 4 PUNKTE

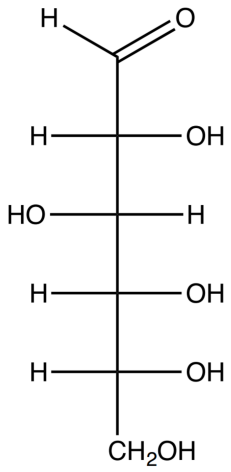
a) Geben Sie die stöchiometrische Gleichung für die Verbrennung von Hexan in Sauerstoff.

b) Die negative Standardverbrennungsenthalpie (auch Brennwert genannt) von Hexan ist $-\Delta_V H^0 = 4163.2\,\mathrm{kJ\,mol^{-1}}$. Berechnen Sie die Energie, die ein Motor mit einem Wirkungsgrad von $\epsilon = 35\%$ aus $1.0\,\mathrm{l}$ Hexan ($\rho = 0.75\,\mathrm{kg\,l^{-1}}$) gewinnen kann.

c) In Modellautos und Dragstern verwendet man meistens ein Gemisch aus Methanol (CH_3OH) und Nitromethan (CH_3NO_2). Geben Sie die vollständige Verbrennungsgleichung in Sauerstoff von Methanol und Nitromethan für ein Molverhältnis von 1:1.

PROBLEM 5 - PROJEKTION 3.5 PUNKTE

Im nachfolgenden Bild ist die Strukturformel von D-Glucose abgebildet.



a) Wie heisst die Darstellung, in der D-Glucose abgebildet ist?

b) Zeichnen Sie D-Glucose in der Skelettformel.

c) Geben Sie für jedes Kohlenstoffatom die Hybridisierung an.

d) Bestimmen Sie alle chiralen Zentren mit der CIP-Konvention (*R/S*).

PROBLEM 6 - TITRATION 5 PUNKTE

Die Oxalsäure $H_2C_2O_4$, oder $(COOH)_2$, kann mit keinem, einem oder mehreren Wassermolekülen als Kristallwasser kristallisieren. Die Menge Kristallwasser soll mit Hilfe einer Titration bestimmt werden. Das Permanganat-Ion oxidiert Oxalsäure in warmer, saurer Lösung zu Kohlendioxid, wobei sich Mn^{2+} bildet.

Es wurde 0.137 g Oxalsäure mit keinem, einem oder mehreren Wassermolekülen als Kristallwasser eingewogen, in einen Erlenmeyerkolben gegeben und in ungefähr 150 ml Wasser aufgelöst. Danach wurde 7 ml konzentrierte Schwefelsäure dazugegeben. Die Mischung wurde erwärmt und mit einer 0.02 M $KMnO_4$-Lösung titriert, bis die rosa-violette Farbe des Permanganats erhalten blieb. Die verbrauchte Menge der $KMnO_4$-Lösung war 25.5 ml.

a) Bestimmen Sie die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Permanganat und Oxalsäure.

b) Berechnen Sie den Anteil Kristallwasser von Oxalsäure.

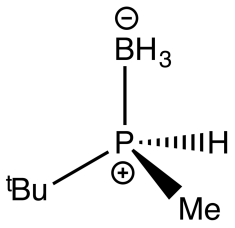
PROBLEM 7 - LÖSLICHKEIT 4 PUNKTE

5.0 mg Aragonit (Calciumcarbonat) wird in 1 l Wasser aufgelöst. Wieviel Magnesiumcarbonat muss mindestens zu dieser Lösung gegeben werden, damit wieder Calciumcarbonat ausfällt? Das Löslichkeitsprodukt von Calciumcarbonat beträgt $6.0 \cdot 10^{-9}$ mol^2 l^{-2}.

Problem 8 - Isomerie 6 Punkte

a) Zeichnen Sie die Strukturformeln aller Isomere ohne (Teil-)Ladung (ohne E-/Z-Isomere) mit der Summenformel C_3NH_7.

b) Zeichnen Sie die Strukturformel des Enantiomeren von dem unten dargestellten Molekül:

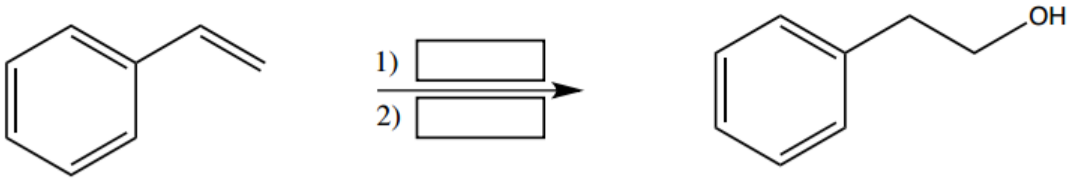


c) Welche Funktion hat Boran bei der Herstellung von funktionalisierten Phosphinen?

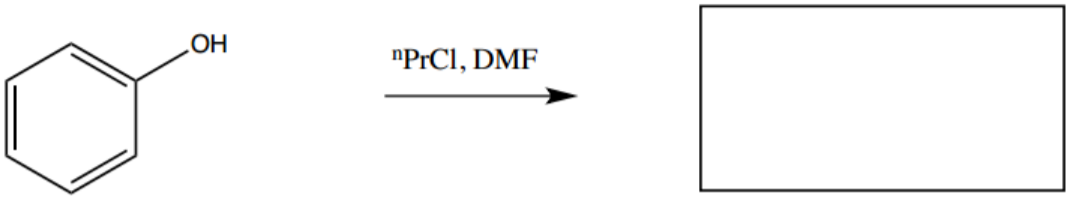
PROBLEM 9 - ORGANISCHE CHEMIE 5 PUNKTE

Ergänzen Sie in den folgenden Reaktionen die Produkte, bzw. die fehlenden Reagenzien (^{n}Pr = *n*-Propyl).

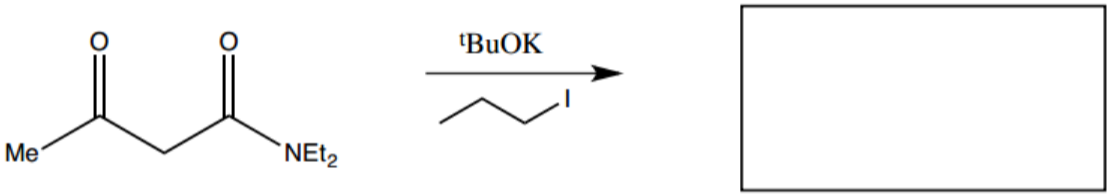
i)



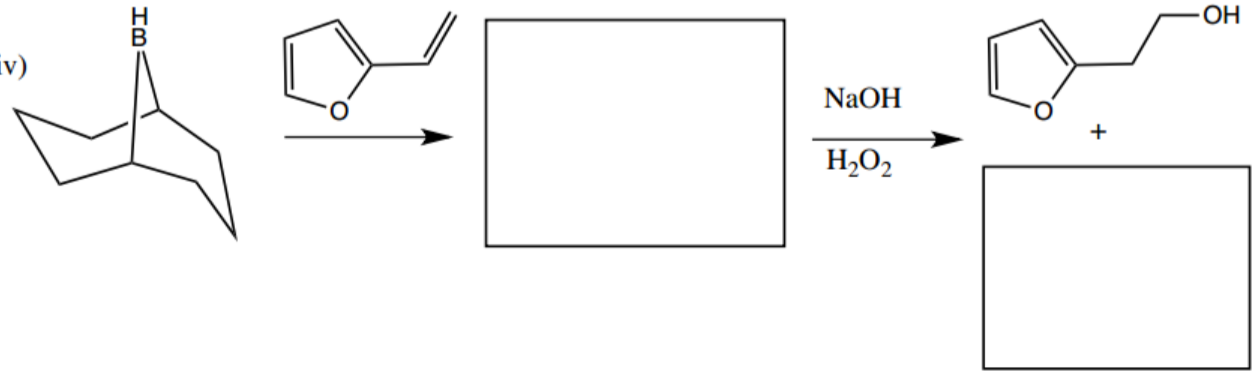
ii)



iii)

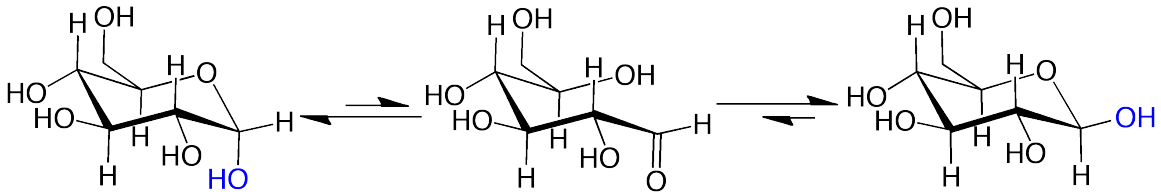


iv)



PROBLEM 10 - DER ANOMERISCHE EFFEKT 4 PUNKTE

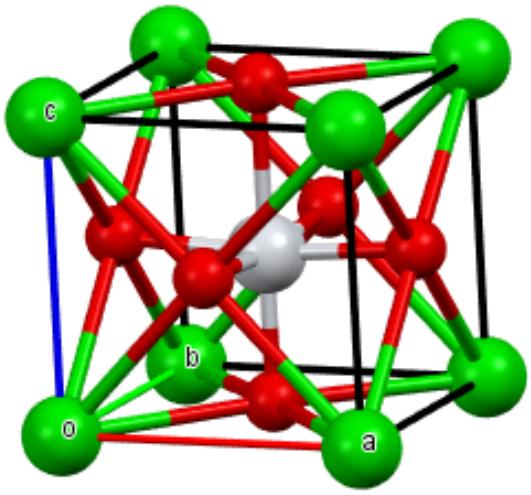
Der anomerische Effekt bezeichnet den Effekt, dass ein Heteroatom wie z.B. Sauerstoff welches an ein in einem Cyclohexanring integrierten Kohlenstoff gebunden ist, die axiale Position gegenüber der sterisch weniger gehinderten äquatorialen Position bevorzugt, wenn im Cyclohexanring ein weiteres Heteroatom neben dem Kohlenstoffatom gebunden ist. Ein Beispiel dafür ist das Gleichgewicht zwischen α-D-Glucose und β-D-Glucose.



Das Verhältnis zwischen α-D-Glucose und β-D-Glucose im Gleichgewicht bei $25\,°$C in wässriger Lösung ist 36:64. Quantenchemische Berechnungen haben ergeben, dass das Verhältnis ohne den anomerischen Effekt bei 11:89 liegen würde.
Berechnen Sie die freie Enthalpie (auch Gibbs-Energie G genannt) bei Standardbedingungen, welche dem anomerischen Effekt entspricht (Runden Sie dabei das Resultat auf 0.1 kJ mol^{-1} genau).

PROBLEM 11 - KRISTALLOGRAFIE 4 PUNKTE

Bariumtitanat ($BaTiO_3$) ist ein Mischoxid von Barium und Titan und kristallisiert in der Perowskit-Struktur. Aufgrund seiner ferroelektrischen, dielektrischen und pyroelektrischen Eigenschaften wird es unter anderem in der Elektronik und Sensorik als Werkstoff verwendet.
Bariumtitanat kann in unterschiedlichen Gittertypen kristallisieren, welche Abwandlungen von der Perowskit-Struktur sind. Die Gitterparameter eines Kristalls von Bariumtitanat würden gemessen als $a = 4.00$ Å, $b = 4.00$ Å, $c = 4.02$ Å, $\alpha = 90°$, $\beta = 90°$ und $\gamma = 90°$. Die Elementarzelle ist unten abgebildet.



a) Welches Kristallsystem und welche Zentrierung hat dieser Kristall?

b) Berechnen Sie die Dichte von Bariumtitanat.

PROBLEM 12 - ANORGANISCHE CHEMIE 4 PUNKTE

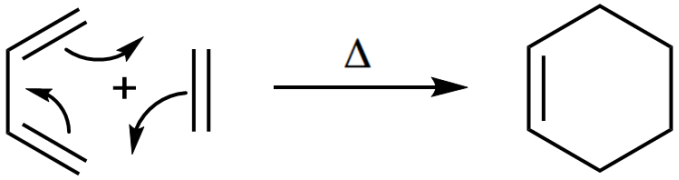
Betrachten Sie die folgenden, stöchiometrisch nicht ausgeglichenen, Reaktionen:

$Ca_3(PO_4)_2$ + C + SiO_2	$\longrightarrow$	**A** + ...
A + O_2 (Unterschuss)	$\longrightarrow$	**B**
A + O_2 (Überschuss)	$\longrightarrow$	P_4O_{10}
B + H_2O	$\longrightarrow$	**C**
P_4O_{10} + H_2O	$\longrightarrow$	**D**
A + H_2O + OH^-	$\longrightarrow$	**E + F**

Formulieren Sie die stöchiometrisch korrekten Reaktionsgleichungen für diese Reaktionen und geben Sie die Summenformeln der Verbindungen **A** - **F**, welche alle Phosphor enthalten sollen. **B** hat einen Massenanteil an Phosphor von 56.3%, **F** einen Massenanteil an Phosphor von 47.7%.

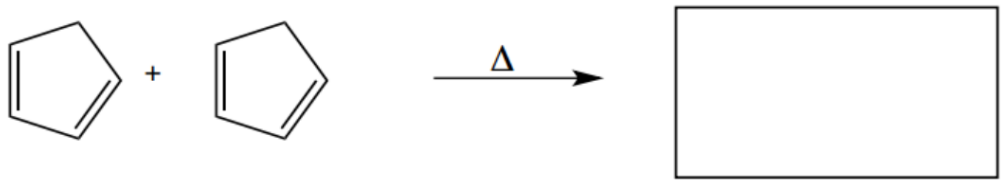
PROBLEM 13 - DIELS-ALDER REAKTION 5 PUNKTE

Die Diels-Alder Reaktion ist die wahrscheinlich am häufigsten angewendeten Cycloadditionsreaktion. Es werden immer zwei Reaktanden eingesetzt, ein Dien und ein Dienophil. Im folgenden Bild ist das prototypische Beispiel einer Diels-Alder Reaktion dargestellt. Links befindet sich das Dien, hier 1,2-Butadien. Rechts ist das Dienophil, hier Ethen. Δ bedeutet erhitzen.

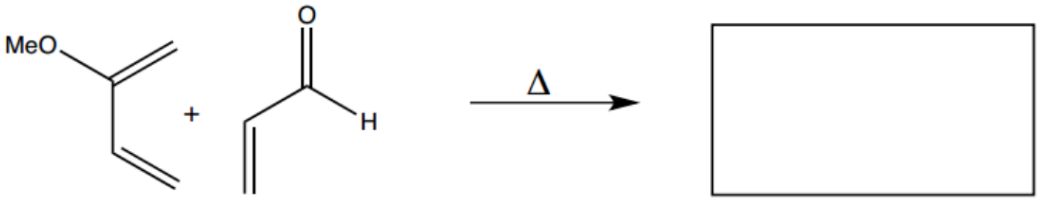


Ergänzen Sie in den folgenden Aufgaben die Edukte und Produkte:

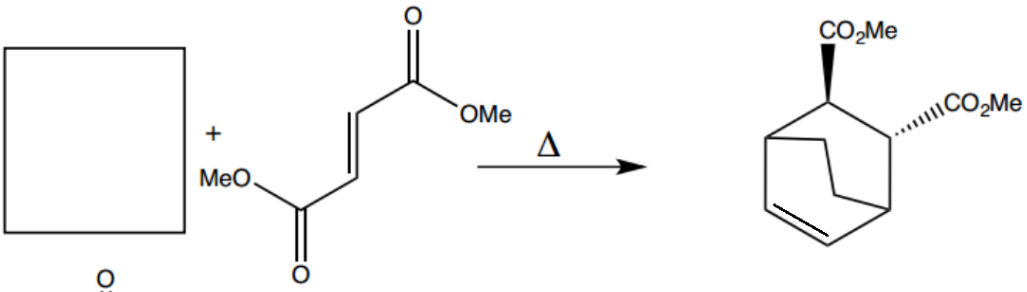
i)



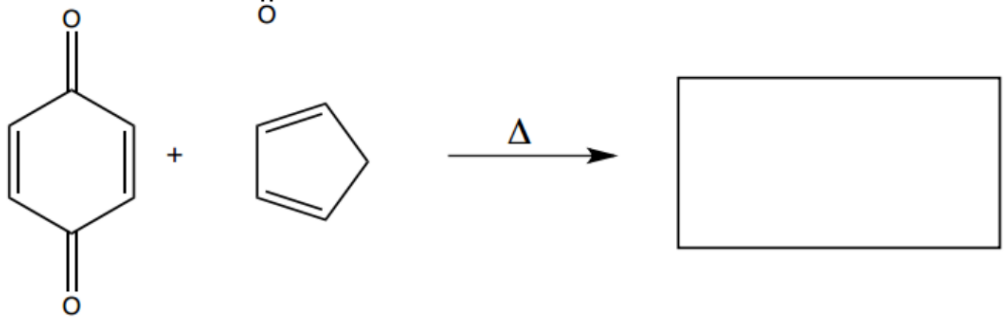
ii)



iii)



iv)



PROBLEM 14 - RADIOAKTIVITÄT UND KRANKHEITSDIAGNOSTIK 9 PUNKTE

a) Vervollständigen Sie die Kernreaktionen, die zur Bildung verschiedener Fluorisotope führen.

i)

$$^{18}\text{O} + {}^{1}_{1}\text{H} \rightarrow {}^{18}\text{F} + \ldots$$

ii)

$$\ldots + {}^{2}_{1}\text{D} \rightarrow {}^{18}\text{F} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

iii)

$$^{19}\text{F} + {}^{2}_{1}\text{D} \rightarrow {}^{20}\text{F} + \ldots$$

iv)

$$^{16}\text{O} + \ldots \rightarrow {}^{18}\text{F} + {}^{1}_{1}\text{H} + n$$

b) Die Art des Zerfalls von instabilen leichten Kernen hängt vom Verhältnis zwischen der Zahl an Neutronen und Protonen im Kern ab. Ist dieses Verhältnis grösser als das für stabile Isotope, findet ein β^--Zerfall statt. Ist es kleiner, erfolgt ein β^+-Zerfall oder ϵ-Elektroneneinfang.
Bestimmen Sie die Zerfallsart der folgenden Kerne: ^{11}C, ^{20}F, ^{17}F, ^{14}C

2-Desoxy-2-(^{18}F)fluor-D-glucose (FDG), ein Glucosederivat, ist das häufigste Radiopharmazeutikum zur Diagnose von Krebs mittels Positronemissionstomographie. Der erste Schritt bei der Herstellung von FDG ist die Gewinnung des Radionuklids Fluor-18 mittels einer Kernreaktion in einem Cyclotron. Der zweite Schritt ist eine radiochemische Synthese: Fluor-18 wird in die D-Glucose durch nucleophile Substitution eingeführt. Injiziert man 2-Desoxy-2-(^{18}F)fluor-D-glucose einem Patienten, so sammelt sich FDG bevorzugt in den Zellen der bösartigen Tumoren. Dieser Vorgang ist begleitet durch Zerfall des Fluor-18. Dieses Radionuklid ist ein β^+-Strahler - der Kern emittiert ein Positron (Anti-Elektron). Die Annihilation eines Positrons mit einem Elektron wird detektiert. Dies erlaubt eine genaue Bestimmung der Grösse und des Typs des Tumors.

c) Geben Sie das differenzielle und integrierte Geschwindigkeitsgesetz einer Reaktion 1. Ordnung und die Beziehung zwischen der Reaktionskonstante k und der Halbwertszeit $t_{1/2}$.

d) Berechnen Sie die Ausbeute an markierter D-Glucose mit Fluor-18 unter der Voraussetzung, dass die anfängliche Radioaktivität einer Fluor-18-Probe 600.0 MBq beträgt und die der erhaltenen 2-Desoxy-2-(^{18}F)fluor-D-glucose 528.2 MBq ist. Die Synthesedauer ist 3.5 Minuten und die Halbwertszeit von ^{18}F ist $t_{1/2}(\text{F}^{18}) = 109.7$ min.

e) Die biologische Halbwertszeit (durch die Ausscheidungsorgane, folgt in guter Näherung einer Konzentrationsabnahme ersten Ordnung) der 2-Desoxy-2-(^{18}F)fluor-D-glucose beträgt 120.0 Minuten.
Wieviel Radioaktivität (in MBq) verbleibt im Patienten zehn Stunden nach der Injektion von FDG, welches die Anfangsradioaktivität von 450.0 MBq hatte? Schreiben Sie dazu zunächst das differentielle Geschwindigkeitsgesetz auf.