



SwissChO

Zentralprüfung SwissChO 2018

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 berücksichtigt werden.
- Diese Prüfung hat 17 Seiten.

Viel Erfolg!
Bonne chance!
Buona fortuna!
Good luck!

KONSTANTEN UND FORMELN

Avogadro-Konstante	$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	Ideale Gasgleichung	$pV = nRT$
Gaskonstante	$R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	Gibbs-Energie	$G = H - TS$
Faraday-Konstante	$F = 96\,485 \text{ C mol}^{-1}$	$\Delta_r G^0 = -RT \cdot \ln(K) = -nFE_{\text{Zelle}}^0$	
Planck-Konstante	$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$	Nernst-Gleichung	$E = E^0 + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln\left(\frac{c_{\text{ox}}}{c_{\text{red}}}\right)$
Lichtgeschwindigkeit	$c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$	Energie eines Photons	$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$
Temperatur	$0^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$	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 $1 \text{ mol dm}^{-3} = 1 \text{ mol L}^{-1}$ 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															9 F 19.00	10 Ne 20.18														
11 Na 22.99	12 Mg 24.30															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 -																				
																		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							
																		97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -							
																		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			
																		93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -			
																		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		
																		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 -		
																		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	
																		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 -	
																		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
																		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 -

AUFGABE 1 - KURZFRAGEN

16 PUNKTE

1.1 Folgende Substanzen sind gegeben:

A. CH₄ B. H₂O C. HBr D. NH₃ E. NO F. NaOH G. SF₆

- Welche dieser Substanzen ergibt mit Wasser eine saure Lösung?
- Welche dieser Substanzen ergibt mit Wasser eine basische Lösung?
- Welche dieser Substanzen ist nicht polar?
- Welche dieser Substanzen verhält sich gegenüber O₂ inert?
- Welche dieser Substanzen ergibt eine leitende wässrige Lösung?
- Welche dieser Substanzen ist bei 25 °C und 1 atm fest?
- Welche dieser Substanzen gehorcht nicht der Oktettregel?

Achtung! Es ist möglich, dass mehrere Substanzen richtig sind. Gebe alle richtigen an.

1.2 Schreiben Sie die chemische Formel von:

- Calciumoxid
- Aluminiumsulfid
- Natriumselenid
- Borfluorid
- Kaliumperchlorat
- Eisen(II)nitrat
- Eisen(II)nitrit
- Magnesiumoxalat

1.3 Zeichnen Sie jeweils die Strukturformel des einfachsten möglichen Moleküls, das zu der angegebenen Verbindungsklasse gehört:

- ein Keton
- ein Alken
- ein Epoxid
- ein Ester
- ein Ether
- eine aromatische Verbindung
- eine Aminosäure
- ein chirales Molekül, das C, H und O enthält

1.4 Wieviel mol Sauerstoffatome sind in 98 mol H₂SO₄ enthalten?

AUFGABE 2 - STÖCHIOMETRIE**5 PUNKTE**

Das Abwasser einer Fabrik enthält 27.0 mg Oxalsäure $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ und 1.20 Millimol Glykol (oder Ethan-1,2-diol, $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$) pro Liter.

- a) Zeichnen Sie die Strukturformeln dieser Substanzen.
- b) Diese Substanzen werden biochemisch mit O_2 zu CO_2 und H_2O abgebaut. Geben Sie die Reaktionsgleichungen für diese Abbaureaktionen an.
- c) Berechnen Sie das Volumen an O_2 bei 10°C und 1 bar, das zum vollständigen Abbau dieser Substanzen führt, die in 1 m^3 Abwasser enthalten sind.

AUFGABE 3 - DOPPELTITRATION**6 PUNKTE**

Man löst unbekannte Mengen von HCl und HNO₃ in Wasser. Die resultierende saure Lösung wird mit S₀ bezeichnet und der Säuregehalt im Folgenden bestimmt.

50 mL von S₀ wird in ein Becherglas überführt und mit Natronlauge tropfenweise gegen Bromthymolblau als Indikator titriert. Nach Zugabe von 32.0 mL 1 M NaOH schlägt die Lösung von gelb nach blau um.

- Wieviel mol NaOH wurden zugegeben?
- Wenn man diese Lösung eindampft, bleibt eine Mischung fester Verbindungen zurück. Geben Sie die Formeln dieser Verbindungen an.
- Wieviel mol H⁺-Ionen (oder H₃O⁺) waren vor der Zugabe von NaOH ursprünglich in der Lösung vorhanden?

In einer neuen 50 mL Probe von S₀ wird jetzt der Gehalt an Cl⁻-Ionen durch Zugabe eines Überschusses an AgNO₃ bestimmt. In Gegenwart von Cl⁻-Ionen fällt mit Ag⁺-Ionen ein weisser Niederschlag von AgCl aus.

Nach Filtration und Trocknen wiegt der Niederschlag 1.720 g.

- Geben Sie die Reaktionsgleichung an, die zur Bildung des Niederschlags führt.
- Wieviel mol Cl⁻ waren in der Lösung vor der Zugabe von AgNO₃ vorhanden?
- Wieviel mol HCl befinden sich in 20 mL S₀ Lösung?
- Wieviel mol HNO₃ befinden sich in 20 mL S₀ Lösung?
- Wie hoch ist die Konzentration an HCl in S₀?
- Wie hoch ist die Konzentration an HNO₃ in S₀?
- Wie hoch ist der pH in S₀?

AUFGABE 4 - ELEKTROCHEMIE

10 PUNKTE

Eine Batterie ist aus zwei Halbzellen aufgebaut, die jede 1 L Lösung enthält. Die eine Halbzelle besteht aus einer Kupferplatte (Cu) in einer Lösung von 0.1 M $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$. Die andere Halbzelle besteht aus einer Bleiplatte (Pb) in einer 0.1 M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ Lösung. Die Standardreduktionspotentiale sind wie folgt angegeben:

$$E^\circ (\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) = -0.13 \text{ V}$$

$$E^\circ (\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0.34 \text{ V}$$

- Zeichnen Sie ein Schema der mit einem Voltmeter verbundenen Zelle.
- Geben Sie die Reaktionsgleichungen in den beiden Halbzellen und die Bruttogleichung der Gesamtreaktion an.
- Wie heisst die in Wasser gelöste Verbindung in der Halbzelle, die die Elektronen liefert?
- Wie gross ist das Potential jeder Halbzelle?
- Welche Konzentration nimmt zu, wenn die Batterie zum Teil entladen ist?
- Wie gross sind die Salzkonzentrationen in den beiden Lösungen, wenn die Batterie komplett entladen ist?
- Wie gross ist die Gewichtsänderung der Kupferlösung während des Entladevorgangs?

AUFGABE 5 - BRENNENDE KERZE**8 PUNKTE**

Eine 50 g Kerze ist aus einem Wachs gemacht, dessen Formel $C_{25}H_{52}$ ist. Die Kerze brennt vom Beginn der Weihnachtsfeier um 20:30 bis zu ihrem Ende um 22:50.

- a) Wie hoch ist die Verbrennungsgeschwindigkeit, ausgedrückt in mol Wachs pro Minute?
- b) Welche Masse an CO_2 wird beim Verbrennen von 1 g Wachs freigesetzt?
- c) Die Verbrennungswärme, die von 1 g Wachs an die Umgebung abgegeben wird, beträgt 34 kJ. Wie gross ist die Wärmeleistung der Kerze ausgedrückt in Watt?
- d) Wie gross ist der Temperaturanstieg der Raumluft beim Abbrennen einer solchen Kerze. Der Raum hat ein Volumen von 40 m^3 und enthält Luft mit einer Dichte von 1.3 g/L und einer geschätzten molaren Masse von 29 g/mol . Die Wärmekapazität von Luft bei konstantem Druck beträgt $5R/2$, wobei R die ideale Gaskonstante ist.

AUFGABE 6 - LÖSLICHKEITSPRODUKT

6 PUNKTE

Ammoniak reagiert in Wasser basisch gemäss der folgenden Gleichung:



Ein Strom gasförmiges H_2S wird in eine wässrige Lösung von NH_3 mit einem pH grösser als 9 eingeleitet. Am Ende haben sich 3.5 g H_2S gelöst und der pH beträgt 9, da ein kleiner Teil des H_2S mit den OH^- -Ionen in der Lösung gemäss der folgenden Gleichung reagiert hat:



Die Lösung enthält damit jetzt S^{2-} - und OH^- -Ionen. Die Konzentration der S^{2-} -Ionen hängt vom pH der Lösung folgendermassen ab:

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{1.1 \cdot 10^{-22} \text{ M}^3}{[\text{H}^+]^2}$$

- Berechnen Sie die Konzentrationen von H_2S , OH^- und S^{2-} in der Lösung.
- Welchen Wert hat die Gleichgewichtskonstante K_2 für die Reaktion (2)?

Man wiederholt den Vorgang, indem man H_2S in Wasser einleitet, das eventuell Spuren von Nickel enthält.

- Wie gross kann die maximale Konzentration an Ni^{2+} im Wasser sein, ohne dass ein Niederschlag ausfällt? Woraus besteht der Niederschlag?

Berücksichtigen Sie die folgenden Konstanten:

$$\begin{aligned} K_S(\text{NiS}) &= 3 \cdot 10^{-21} \text{ M}^2 \\ K_S(\text{Ni(OH)}_2) &= 1.6 \cdot 10^{-16} \text{ M}^3 \\ [\text{H}_2\text{O}] &= 55 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

AUFGABE 7 - REDOXTITRATION**7 PUNKTE**

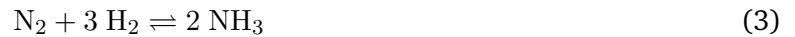
Eine saure Lösung von Zinn(II)chlorid SnCl_2 wird zu einer violetten Lösung von Kaliumpermanganat KMnO_4 dazu gegeben. Die Lösung entfärbt sich aufgrund einer Reaktion, die schlussendlich Sn^{4+} - und Mn^{2+} -Ionen produziert.

- Geben Sie die Formel der Ionen an, die beim Lösen von SnCl_2 und KMnO_4 in Wasser entstehen.
- Geben Sie die beiden Halbreaktionen für die beschriebene Reaktion an.
- Geben Sie die Bruttogleichung der Gesamtreaktion an.
- Berechnen Sie das Volumen an KMnO_4 -Lösung, das mit 100 mL der SnCl_2 -Lösung reagiert, wenn beide Lösungen eine Konzentration von 0.05 M haben.

AUFGABE 8 - THERMODYNAMIK

7 PUNKTE

Das folgende Gleichgewicht soll untersucht werden:



Die Bildungsenthalpie von NH_3 beträgt -46 kJ/mol .

- Um die Menge an produziertem NH_3 zu erhöhen, kann man Druck und Temperatur verändern. Sollte man diese Parameter erhöhen oder verringern? Begründen Sie Ihre Antwort ganz kurz.
- Wie hoch sind die Oxidationszahlen der Atome in den drei Verbindungen?
- Wieviel Kubikmeter H_2 reagieren mit $1 \text{ m}^3 \text{ N}_2$ bei gegebenem Druck und Temperatur?

Wenn man den Wasserstoff mit Luft anstelle von N_2 mischt, könnte die gleiche Reaktion ablaufen. Jedoch ist Luft eine Mischung von 4 N_2 und 1 O_2 . Deshalb muss man genügend H_2 hinzufügen, um den Sauerstoff gemäss der folgenden Reaktion zu binden:



- Wieviel Kubikmeter H_2 werden mit 1 m^3 Luft reagieren?
- Die Entropien von N_2 , H_2 und NH_3 betragen 192 , 131 und $193 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Berechnen Sie die Entropieänderung bei der Synthese von NH_3 .
- Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante für diese Reaktion bei $200 \text{ }^\circ\text{C}$.

AUFGABE 9 - ISOMERE**9 PUNKTE**

- a) Zeichnen Sie 9 Isomere der Formel C_4H_6 .
- b) Zeichnen Sie fünf Isomere der Formel $C_3H_6O_2$.
- c) Zeichnen Sie 4 Cycloalkane, die eine molare Masse von weniger als 60 g/mol haben.

AUFGABE 10 - GLEICHGEWICHT EINES ESTERS**9 PUNKTE**

50 mL Essigsäure ($d=1.05 \text{ g/cm}^3$) wird mit 50 mL Ethanol ($d=0.78 \text{ g/cm}^3$) bei Raumtemperatur in einer geschlossenen Flasche gemischt.

- Zeichnen Sie die Lewisformeln der beiden Substanzen.
- Wieviel mol jeder Substanz befindet sich in der Flasche?
- Eine langsame Reaktion findet in der Flasche statt, bei der ein Ester produziert wird. Geben Sie die Reaktionsgleichung an.

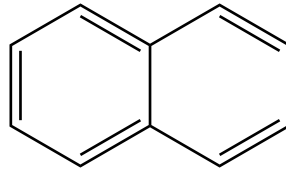
Nach ein, zwei Tagen ist ein Gleichgewicht erreicht. Die Flasche wird geöffnet und die Lösung auf den Gehalt an Säure hin analysiert. Eine 5 mL Portion des Gemisches wird mit einer Pipette entnommen und in ein Becherglas mit 100 mL Wasser transferiert. Die erhaltene Lösung wird mit NaOH titriert.

- Geben Sie die Reaktionsgleichung dafür an.
- Bei der Titration werden 24.5 mL 1 M NaOH benötigt, um die Lösung zu neutralisieren. Wieviel mol Säure waren in dem 5 mL Anteil und wieviel in der gesamten Reaktionslösung?
- Wieviel mol von jeder Verbindung befinden sich in der Reaktionslösung?
- Wie gross ist die Gleichgewichtskonstante K der Reaktion als Funktion der Molenbrüche?
- Warum ist der Zahlenwert von K gleich gross, wenn man mit den Konzentrationen anstelle von Mol rechnet?

AUFGABE 11 - NAPHTHALEN

6 PUNKTE

Die folgende Zeichnung stellt ein Molekül Naphthalen dar: es besteht aus zwei kondensierten Benzeneringen.



- a) Wie lautet die Molekülformel? Wie sind die C-Atome hybridisiert?

In Gegenwart von Schwefelsäure reagiert Salpetersäure HNO_3 mit Naphthalen genauso wie mit Benzen. Jedoch können zwei verschiedene Verbindungen entstehen, wenn ein mol Salpetersäure mit einem mol Naphthalen reagiert.

- b) Geben Sie die Formeln und die Namen dieser beiden Produkte **A** und **B** an.

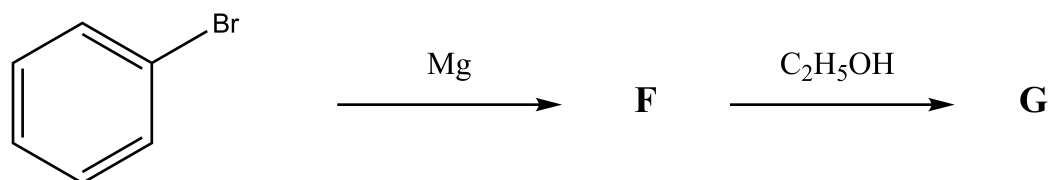
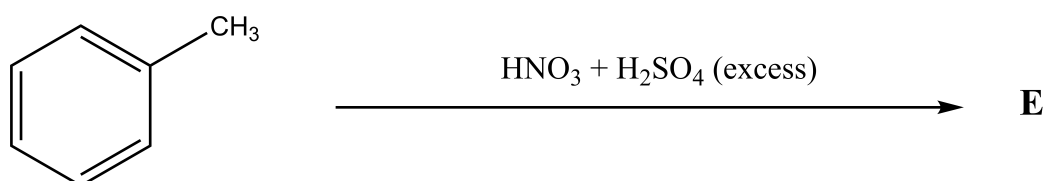
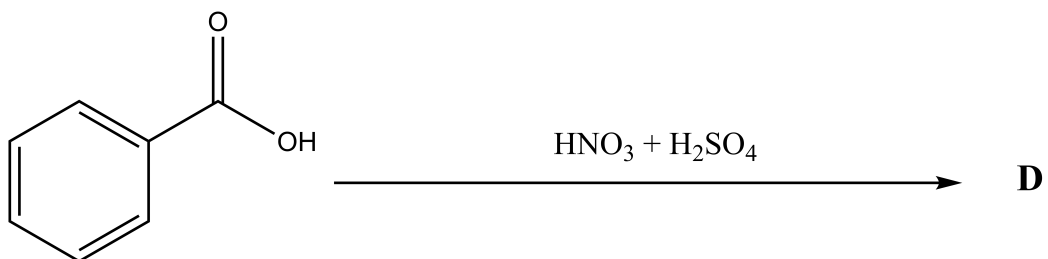
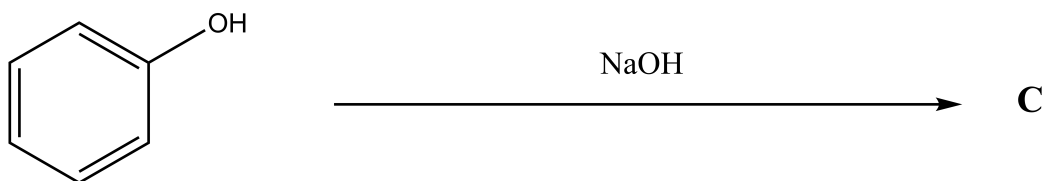
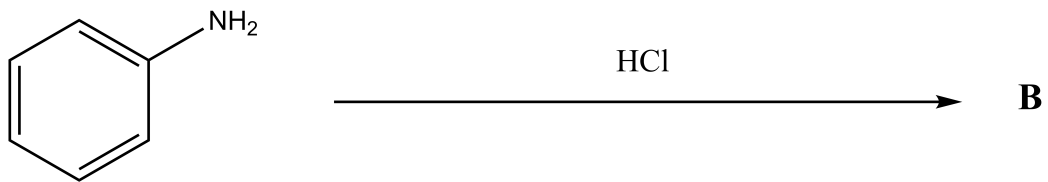
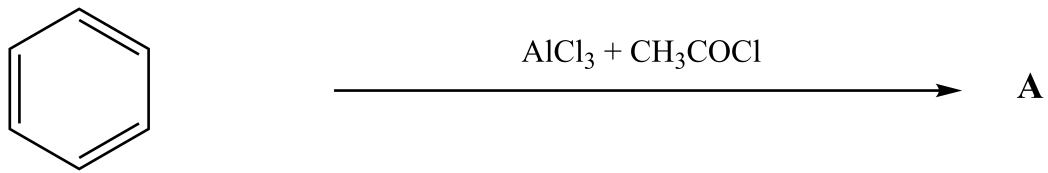
Ein zweites Molekül HNO_3 kann ebenfalls noch mit **A** oder **B** reagieren und zwar so, dass die Zweitsubstitution nicht am gleichen Ring wie die Erstsitution stattfindet, jedoch symmetrisch dazu.

- c) Zeichnen Sie die Strukturformeln der neuen Verbindungen.

AUFGABE 12 - BENZENDERIVATE

7 PUNKTE

Zeichnen Sie die Strukturen der organischen Moleküle, die jeweils bei den angegebenen Reaktionen entstehen.



AUFGABE 13 - KINETIK

5 PUNKTE

Die Menge a einer gelösten Substanz **A** kann durch spektrometrische Methoden in einer gegebenen Lösung zu jedem Zeitpunkt bestimmt werden. Wenn **A** kontinuierlich durch eine chemische Reaktion verbraucht wird, kann man die verbrauchte Menge pro Sekunde oder pro Minute bestimmen.

In einem gegebenen Experiment wird **A** langsam verbraucht; ein Chemiker beobachtet, dass exakt 1 % der jeweils vorhandenen Menge pro Sekunde umgewandelt wird, unabhängig von der Menge a und dem Augenblick der Beobachtung.

- Angenommen a_0 ist die Anzahl Mole von **A** zum Zeitpunkt $t_0 = 0$. Nach 20 s ist die verbliebene Anzahl Mole von **A** gleich a_{20} und kleiner als a_0 , sprich $a_{20} < a_0$. Wie gross ist a_{20} numerisch, ausgedrückt als Funktion von a_0 ?
- Wie lautet die allgemeine Funktion für die Anzahl Mole a zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt $t \geq t_0$?
- Wie gross ist die Menge a nach 2 Minuten, wenn die ursprüngliche Menge von **A** $a_0 = 1$ mol betragen hat?
- Nach welcher Zeit ist die verbliebene Menge auf 1 % des ursprünglichen Wertes gefallen?