IChO-
Übungsaufgaben

Ministerium
für
Volksbildung

Zentrales
Methodisches
Kabinett
für außer-
unterrichtliche
Tätigkeit

HEFT 1

I C h O -
Ü b u n g s a u f g a b e n

Ministerium
für
Volksbildung

Zentrales
Methodisches
Kabinett
für außer-
unterrichtliche
Tätigkeit

Heft 1

Vorwort

Mit der Herausgabe von Übungsaufgaben, die in Vorbereitung und Durchführung von Internationalen Chemie-Olympiaden (IChO) gestellt wurden, wollen wir eine Hilfestellung und Orientierung bei der Förderung begabter und talentierter junger Chemiker geben.

Die Übungsaufgaben sollen in Förderzirkeln, Schülerakademien und in Arbeitsgemeinschaften genutzt werden.

Im vorliegenden Heft 1 sind theoretische und experimentelle Aufgaben enthalten, die bulgarische Wissenschaftler 1973 und 1980 zur Vorbereitung der Internationalen Chemie-Olympiade in Bulgarien an die teilnehmenden Länder versandten. Umfang und Tiefe der Aufgaben zeigen das hohe Anforderungsniveau, das zur Vorbereitung auf einen solchen Wettbewerb notwendig ist. Die Tiefe des notwendigen Wissens liegt über dem in den polytechnischen Oberschulen geforderten Anspruchsniveau. Deshalb werden Lösungen mit angegeben.

Die Beschäftigung mit den Aufgaben unterstützt die Vorbereitung auf das jährlich an der Pädagogischen Hochschule in Halle stattfindende Spezialistentreffen.
FDJ-Studenten der Pädagogischen Hochschule Halle haben sich in Auswertung des X. Parteitages der SED die Aufgabe gestellt, Vorbereitungs- und Wettbewerbsaufgaben Internationaler Chemie-Olympiaden so aufzubereiten, daß sie der Förderung junger Chemiker in unserer Republik dienlich sind. Durch die Sektion Biologie/Chemie wurde ihnen der Auftrag hierzu in Form eines Jugendobjektes übergeben.

Die fachliche Beratung der Studenten unterstützten:
Prof. Dr. Andrä, Dr. Bachmann, Dr. Beier, Dr. sc. nat. Fechtel, Prof. Dr. Kasper, Prof. Dr. Kretschmer und Dipl.-Chem. Mallon.

Die Herausgabe dieser Übungsaufgaben erfolgt in Zusammenarbeit zwischen dem Zentralen Methodischen Kabinett für außerunterrichtliche Tätigkeit und der Pädagogischen Hochschule Halle. Die Auswahl der Aufgaben besorgte Prof. Dr. Kretschmer.

Aufgaben

Aufgabe 1

In sechs Reagenzgläsern befinden sich reine anorganische Stoffe in Lösung. Stellen Sie durch Mischen der Lösungen untereinander und unter Verwendung von Schwefelsäure der Konzentration $c = 1 \text{ mol dm}^{-3}$ als zusätzliches Reagens die Stoffe fest, die sich in den Reagenzgläsern befinden! Stoffe: $AgNO_3$, $Pb(NO_3)_2$, $BaCl_2$, $K_2Cr_2O_7$, K_2SO_4, KOH. Die alkalische Verbindung enthält Kalium.

Aufgabe 2

In fünf Reagenzgläsern befinden sich Lösungen von Na_2SO_4, $AgNO_3$, $BaCl_2$, NaOH und NaCl. Fertigen Sie einen Plan zur Identifizierung der Lösungen an! Dabei dürfen keine anderen Reagenzien benutzt werden. Beschreiben Sie die Vorgänge mit Gleichungen und machen Sie Aussagen zur Farbe der entstehenden Verbindungen! Führen Sie die Experimente selbst durch!

Aufgabe 3

Informieren Sie sich über die Manganometrie und führen Sie eine manganometrische Bestimmung von Wasserstoffperoxid durch! Bestimmungsmethode: Man gibt eine Einwaage von Wasserstoffperoxid ungefähr 1 g (30 %iges) H_2O_2 in einen Maßkolben von 0,1 dm^3, füllt bis zur Eichmarke Wasser auf und durchmischt sorgfältig. Einen bestimmten Teil der Lösung gibt man in einen Kolben für die Titration, säuert mit 0,01 dm^3 Schwefelsäure an (1:5) und titriert mit Kaliumpermanganatlösung der Konzentration 0,2 mol/dm^3 ($c = 0,2$ mol/l). Die genaue Konzentration der $KMnO_4$-Lösung bestimmt man mit Oxalsäure.
Schreiben Sie ein Protokoll des durchgeführten Versuches!
Es soll enthalten: 1. Das Bestimmungsprinzip; Gleichungen der ablaufenden Prozesse. 2. Berechnung des Wasserstoffperoxidgehaltes. 3. Warum muß man bei der Titration der Oxalsäure erhitzen?

Aufgabe 4

Trennen Sie ohne Durchführung der fraktionierten Destillation und der Kristallisation jedes der drei folgenden Gemische in die einzelnen Komponenten!

1. Salicylsäure, Ameisensäure, 2-Hexanon
2. p-Xylol, p-Toluidin, Trimethylamin, m-Nitrophenol
3. o-Kresol, 2,4-Dinitrophenol, Äthylenglykol, Hexanol, Diphenylamin

Sie können folgende Reagenzien verwenden: NaOH (5 %), HCl (5 %), $NaHSO_3$ (gesättigte Lösung), Äther, Wasser. Ihnen steht ein Scheidetrichter zur Verfügung.

Aufgabe 5

Das Gemisch von Oxiden eines zweiwertigen Metalls (A) und eines vierwertigen Metalls (B) wurde mit Wasserstoff reduziert. Im Ergebnis der Reduktion einer Menge x wurde das Oxid des vierwertigen Metalls BO_2 bis zum Metall reduziert, während das Oxid AO unverändert blieb. Die Masse des Gemisches verringerte sich um 0,15 g. Eine andere Probe des Gemisches von gleicher Menge wurde mit Schwefelsäure versetzt, wobei sich das Oxid AO in ein schwerlösliches Sulfat umwandelte. Die Masse des festen Rückstandes (BO_2 + ASO_4) nahm dabei um 0,75 g zu. In welchen Molverhältnissen liegen die beiden Oxide im Gemisch vor?

Aufgabe 6

9 g eines Gemisches von Zink und Eisen(III)-oxid werden in zwei gleiche Teile geteilt. Eine Hälfte wurde in konzentrierter Salpetersäure gelöst und dann mit einem Überschuß von Natronlauge versetzt. Der sich dabei bildende Niederschlag wurde abfiltriert, nach dem Glühen bei 1000 K hatte er eine Masse von 3,17 g. Die andere Hälfte des Gemisches wurde mit Salzsäure umgesetzt, wobei unter Normalbedingungen 0,4 dm^3 Wasserstoff entstanden.
Bestimme die Zusammensetzung des Gemisches! Notiere die Reaktionsgleichungen! Beachte eventuell auftretende Verunreinigungen!

Aufgabe 7

Zur Erzeugung von Sauerstoff werden 0,2 dm^3 Permanganatlösung der Konzentration c = 0,1 mol/dm^3; 0,05 dm^3 25 %ige H_2SO_4 und 5 g einer 1 %igen Wasserstoffperoxidlösung der Dichte $\varrho \approx 1\ kg/dm^3$ verwendet. Im Experiment werden die Lösungen in einer geeigneten Apparatur zusammengegossen und mit Wasser auf 0,5 dm^3 aufgefüllt. Welche Konzentration in Mol je dm^3 hat die Lösung nach der Reaktion ($C(KMnO_4)$)?

Aufgabe 8

25 g eines Gemisches von Schwefelsäure und Salpetersäure werden mit Wasser auf 500 ml verdünnt. In 20 ml dieser Lösung werden die Sulfationen mit Bariumionen gefällt. 0,530 g eines weißen Niederschlags werden gebildet. Zur Neutralisation von 50 ml dieser Lösung benötigt man 31,8 ml Natronlauge der Konzentration $c = 0{,}1\ mol/dm^3$. Man bestimme den prozentualen Stickstoffanteil des Gemisches!

Aufgabe 9

Wieviel kg NaCl, NH_4Cl und $CaCO_3$ sind für die Darstellung von 1 kg Na_2CO_3 nach dem Solvayverfahren notwendig? Welche Masse und welche Zusammensetzung in Prozent hat die Ausgangslösung an NaCl? Die Zusammensetzung der Mutterlösung, aus der sich die $NaHCO_3$-Kristalle abscheiden, besteht aus 5,92 % $NaHCO_3$, 1,46 % NaCl und 21,48 % NH_4Cl.

Aufgabe 10

Man bestimme die Gleichgewichtszusammensetzung (in Mol) folgender Reaktion:

$$H_2 + J_2 = 2\ HJ.$$

Die eingesetzten Stoffmengen betragen $n_{H_2} = 7{,}0$ mol; $n_{J_2} = 5{,}0$ mol. Die Gleichgewichtskonstante K_p beträgt bei 650 K 50,0.

Aufgabe 11

100 dm^3 eines Gasgemisches aus 20 Vol % Selen(IV)-oxid und 80 Vol % Sauerstoff werden in Anwesenheit eines Katalysators auf 900 K erhitzt. Dabei werden 80 % des Ausgangsoxids in Selen(VI)-oxid überführt. Man bestimme die Gleichgewichtskonstante K_p, wenn der Gesamtdruck des Systems im Gleichgewicht $5{,}0 \cdot 10^5$ Pa beträgt!

Aufgabe 12

Die mittlere molare Masse thermisch dissoziierter Jodmoleküle beträgt $\bar{M} = 213{,}5\ g\ mol^{-1}$. Berechnen Sie den Dissoziationsgrad unter den vorliegenden Bedingungen ($M_{J_2} = 253{,}8$ g/mol)!

Aufgabe 13

Wieviel kg Kaliumchlorid werden zu Kaliumchlorat oxidiert, wenn in der Elektrolysezelle mit heißer Kaliumchloridlösung ein konstan-

ter Strom von 3 A genau 12 Stunden hindurchfließt (Faradaykonstante: 26,4 Ah/mol). Die Lösung sei leicht sauer, so daß keine anodische Reaktion der Art ClO^- = ClO + e stattfindet.

Aufgabe 14

Welche Menge Blei(IV)-oxid enthält ein Bleiakkumulator von 12 V Spannung und einer Leistung von 40 Ah, wenn bei der Entladung des Akkus 90 % der aktiven Masse umgesetzt werden?
(M_{PbO_2} = 239,2 g mol^{-1})

Aufgabe 15

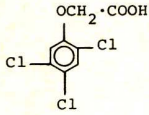
Ein Gemisch von 0,010 kg Methylsalicylat und Methylbenzoat wird mit 0,6 dm^3 Kalilauge der Konzentration c = 0,2 mol dm^{-3} hydrolysiert. Die überschüssige Lauge wurde mit 0,2 dm^3 Salzsäure neutralisiert, deren Konzentration c = 0,1 mol dm^{-3} betrug. Schreiben Sie die ablaufenden Reaktionsgleichungen auf und bestimmen Sie die Zusammensetzung des Estergemisches!

Aufgabe 16

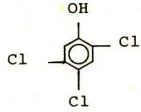
Die Verbindungen C und D sind Produkte von zwei gasförmigen Kohlenwasserstoffen A und B. Durch Lösen von C in D wird eine Mineralsäure gebildet. Die Verbindung D kann man durch Wechselwirkung der Stoffe A und B erhalten. Das Reaktionsprodukt von A und D ist der Stoff E. Die Reaktion zwischen B und D ergibt den Stoff F. Der Stoff E reagiert mit unedlen Metallen unter Entstehung eines farblosen Gases, das in Anwesenheit eines Katalysators mit den Stoffen A und B reagiert, wobei sich ein gasförmiger Kohlenwasserstoff G bildet. G entfärbt Bromwasser nicht. Der Stoff F ergibt beim Erwärmen mit Fehlingscher Lösung einen Niederschlag von Kupfer(I)-oxid. Identifiziere die Stoffe A bis G und schreibe die Gleichungen der ablaufenden chemischen Reaktionen auf!

Aufgabe 17

Die Verbindung A wird in der Landwirtschaft als Pestizid verwendet. A wird aus Benzol in einigen Stufen synthetisiert. Eines der Zwischenprodukte ist die Verbindung B.



(A)



(B)

Schlagen Sie eine Methode der Synthese von B aus Benzol vor! Erklären Sie kurz das vorgeschlagene Syntheseschema! Beschreiben Sie die Prozesse mit chemischen Gleichungen!
Beschreiben Sie mit entsprechenden Gleichungen den Mechanismus der von Ihnen vorgeschlagenen wesentlichen Prozesse der Darstellung von B!
Welches Reagens wird für die Umwandlung von B in A genutzt?

Aufgabe 1

Zur Arbeitsplanung wird folgendes Schema aufgestellt: Der jeweils in der senkrechten Reihe befindliche Stoff wird (in Gedanken) zu den waagerecht angegebenen Stoffen gegeben. Der zu erwartende Effekt wird in das zu beiden Stoffen gehörige Feld eingetragen.

	H_2SO_4	$AgNO_3$	$Pb(NO_3)_2$	$BaCl_2$	$K_2Cr_2O_7$	K_2SO_4	KOH
H_2SO_4	-	-	$PbSO_4$ weißer Nd.	$BaSO_4$ weißer Nd.	-	-	starke Wärme
$AgNO_3$	-	-	-	AgCl weißer Nd.	Ag_2CrO_4 rot-braun. Nd.	-	Ag_2O schwarzer Nd.
$Pb(NO_3)_2$	$PbSO_4$ weißer Nd.	-	-	$PbCl_2$ weißer Nd.	$PbCrO_4$ gelber Nd.	$PbSO_4$ weißer Nd.	schwacher Nd.; löst sich im Überschuß
$BaCl_2$	$BaSO_4$ weißer Nd.	AgCl weißer Nd.	$PbCl_2$ weißer Nd.	-	$BaCrO_4$ gelber Nd.	$BaSO_4$ weißer Nd.	eventuell ein weißer Schleier
$K_2Cr_2O_7$	-	Ag_2CrO_4 rot-braun. Nd.	$PbCrO_4$ gelber Nd.	$BaCrO_4$ gelber Nd.	-	-	orange, Farbumschlag nach gelb
K_2SO_4	-	-	$PbSO_4$ weißer Nd.	$BaSO_4$ weißer Nd.	-	-	-
KOH	starke Wärme	Ag_2O schwarzer Nd.	eventuell weißer Nd., der bei viel KOH verschwindet	eventuell weißer Schleier	Farbumschlag: orange, gelb	-	-

Reaktionsgleichungen:

$$Cr_2O_7^{2-} + H_2O \rightleftharpoons 2\ CrO_4^{2-} + 2H^+ \qquad (1)$$

orange gelb

$$2Ag^+ + CrO_4^{2-} \rightleftharpoons Ag_2CrO_4 \qquad (2)$$

$2Ag^+ + 2OH^- = 2AgOH = Ag_2O + H_2O$ (3)

$Pb^{2+} + SO_4^{2-} = PbSO_4$ (4)

$Ag^+ + Cl^- = AgCl$ (5)

$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4$ (6)

$AgNO_3$: drei Niederschläge unterschiedlicher Färbung

$Pb(NO_3)$: drei weiße und ein gelber Niederschlag

$BaCl_2$: vier weiße und ein gelber Niederschlag

$K_2Cr_2O_7$: zwei gelbe und ein rotbrauner Niederschlag, zusätzlich Farbumschlag

K_2SO_4: zwei weiße Niederschläge

KOH: ein schwarzer Niederschlag und Farbumschlag

Somit sind aus der Zahl und Farbe der Niederschläge alle Substanzen charakterisiert. Zusätzliche Identifizierung Gleichungen 1 bis 6.

Aufgabe 2

Siehe Lösung Aufgabe 1.

Aufgabe 3

zu 1.

1. Stöchiometrie des Umsatzes von $KMnO_4$ mit H_2O_2

$MnO_4^- + 5e + 8H^+ = Mn^{2+} + 4H_2O \quad /\cdot 2$ (1)

$H_2O_2 = O_2 + 2H^+ + 2e \quad /\cdot 5$

$2MnO_4^- + 5H_2O_2 + 6H^+ = 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2$ (2)

oder

$2KMnO_4 + 5H_2O_2 + 3H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2 + K_2SO_4$ (2)

2. Stöchiometrie des Umsatzes von $KMnO_4$ mit $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$

Aus (1) und der Oxidation der Oxalsäure,

$C_2O_4^{2-} = 2CO_2 + 2e$ folgen die Gleichungen (3)

$2MnO_4^- + 16H^+ + 5C_2O_4^{2-} = 2Mn^{2+} + 10CO_2 + 8H_2O$ (3)

$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O = 2MnSO_4 + 10CO_2 + 10H_2O + K_2SO_4$ (3)

zu 2.

1. Konzentration der Permanganatlösungen

Aus der Gleichung (3) folgt:

$$\frac{n(KMnO_4)}{2\ mol} = \frac{n(H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O)}{5\ mol} = \frac{m/M}{5\ mol} \qquad (4)$$

(m;M: Einwaage in g bzw. molare Masse in g/mol der Oxalsäure)

Die abgewogene Oxalsäure wird in Wasser gelöst und mit der $KMnO_4$-Lösung titriert.
Das Volumen der zur Titration verbrauchten $KMnO_4$-Lösung sei:

$$V_1$$

Aus Gleichung (4) und dem obigen Meßwert (V_1) folgt die Konzentration der Kaliumpermanganatlösung zu:

$$C(KMnO_4) = \frac{2}{5} \cdot \frac{m/M}{V_1} \qquad (5)$$

2. Berechnung des H_2O_2-Gehaltes

Eine abgemessene Menge (z. B. 0,020 dm^3) wird titriert.
Aus den Gleichungen (2) folgt, wenn V_2 das gemessene $KMnO_4$-Volumen ist,

$$\frac{n(H_2O_2)}{5\ mol} = \frac{n(KMnO_4)}{2\ mol} = \frac{C(KMnO_4) \cdot V_2}{2\ mol} \qquad (6)$$

Mit Gleichung (5) folgt so

$$n(H_2O_2) = \frac{m/M \cdot V_2}{V_1}. \qquad (7)$$

Aus der Stoffmenge in Mol in dem vorgelegten Volumen kann auf den Gesamtgehalt geschlossen werden.

zu 3.

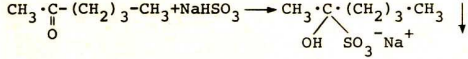
In der Kälte verläuft die Umsetzung langsam. Erst bei Temperaturen oberhalb 340 K ist die Reaktionsgeschwindigkeit für analytische Zwecke ausreichend hoch.

Aufgabe 4

Trennung des Gemisches 1

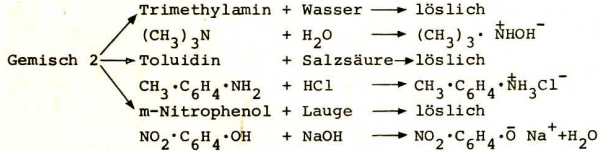
Gemisch 1 →
- Ameisensäure + Wasser → Ameisens. löslich
  ($HCOOH + H_2O \longrightarrow HCOO^- + H_3O^+$)
- Salicylsäure + Äther → löslich
  ($HO \cdot C_6H_4 \cdot COOH$)
- 2-Hexanon + Äther → löslich
  ($CH_3 \cdot \overset{\overset{O}{\|}}{C} - (CH_2)_3 - CH_3$)

Zur Ätherlösung wird $NaHSO_3$ gegeben; Hexanon fällt aus.

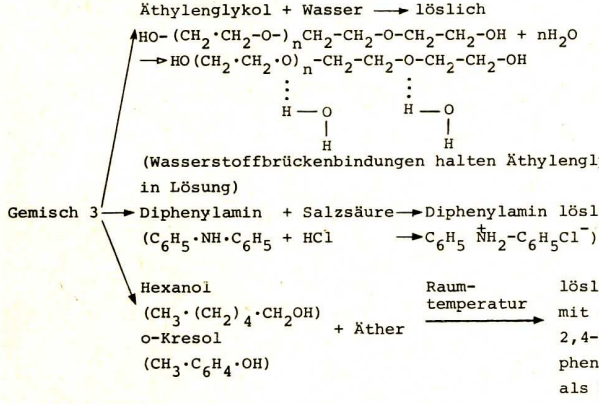


Alle drei Komponenten sind getrennt.

Trennung des Gemisches 2



Alle drei Komponenten sind getrennt, die oben schwimmende unlösliche Phase ist das Xylol.



Zugabe von Natriumhydroxid zur ätherischen Lösung!
o-Kresol fällt aus.

Aufgabe 5

Folgende Reaktionen laufen ab:

1. $\underbrace{AO + BO_2 + 2H_2}_{x} = \underbrace{AO + B + 2\,H_2O}_{(x-0,15g)}$

2. $\underbrace{AO + BO_2 + H_2SO_4}_{x} = \underbrace{ASO_4 + BO_2 + H_2O}_{(x + 0,75g)}$

zu 1:

0,15 g Massenverlust O_2 entsprechen

$$\frac{0,15\ (g)}{2 \cdot 16\ (\frac{g}{mol})} = 0,00468 \text{ mol } O_2 \text{ bzw. } BO_2$$

zu 2:

Pro Mol AO ist eine Massenzunahme von (96-16) g = 80 g zu erwarten, d. h., 0,75 g Massenzunahme entsprechen 0,00937 mol AO.
Es verhalten sich

$$n_{AO} : n_{BO_2} = 2 : 1$$

Aufgabe 6

Umsetzung mit konzentrierter HNO_3

$Fe_2O_3 + 6\ HNO_3 = 2Fe(NO_3)_3 + 3H_2O$
$3Zn + 2\ HNO_3 = 3ZnO + 2NO + H_2O$
$ZnO + 2\ HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + H_2O$

Umsetzung mit NaOH im Überschuß

$Fe(NO_3)_3 + 3\ NaOH = Fe(OH)_3 + 3\ NaNO_3$
$Zn(NO_3)_2 + 2\ NaOH = Zn(OH)_2 + 2\ NaNO_3$
$Zn(OH)_2 + 2\ NaOH = Na_2(Zn(OH)_4)$

Mit einem Natronlaugeüberschuß entsteht das lösliche Zinkat. Der $Fe(OH)_3$-Niederschlag wird abfiltriert, beim Glühen geht er in Fe_2O_3 über. 4,5 g Gemisch enthalten also 3,17 g Fe_2O_3.

Umsetzung mit HCl

$Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$
$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$

Die Wasserstoffmenge resultiert aus der Umsetzung des Zinks mit HCl. 0,40 dm^3 H_2 entsprechen 1,167 g Zink. Das vorliegende Gemisch

besitzt folgende Zusammensetzung: Fe_2O_3 = 70,44 %, Zn = 25,93 %, Verunreinigungen = 3,63 %.

Aufgabe 7

In 0,5 dm^3 Lösung befinden sich

- $n_1 = 0{,}2\ dm^3 \cdot 0{,}1\ mol/dm^3 = 0{,}02\ mol\ (KMnO_4)$
- $n_2 = 5 \cdot 10^{-5}\ (kg) / 0{,}034\ (kg/mol(H_2O_2)) = 0{,}0015\ mol\ (H_2O_2)$

Obige Stoffmengen reagieren entsprechend der Gleichung

$$\underset{y}{2\,MnO_4^-} + 6H^+ + \underset{0{,}0015\ mol}{5\,H_2O_2} = 2\,Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2$$

(2 mol : 5 mol)

quantitativ. Es setzen sich also

$\frac{2\ mol \cdot 0{,}0015\ mol}{5\ mol} = 6 \cdot 10^{-4}$ mol (MnO_4^-) um. In der Endlösung verbleiben demzufolge:

$$y' = (0{,}02 - 0{,}0006)\ mol = 0{,}0194\ mol.$$

Mithin beträgt die Konzentration der Endlösung

$$c = \frac{0{,}0194\ mol}{0{,}5\ dm^3} = 0{,}038\ mol/dm^3.$$

Aufgabe 8

Bestimmung der Schwefelsäuremenge $n(H_2SO_4)$:

$$SO_4^{2-} + Ba^{2+} = BaSO_4$$

Entsprechend dieser Gleichung enthalten

$0{,}530 \cdot 10^{-3}$ kg $BaSO_4 \longleftrightarrow 2{,}271 \cdot 10^{-3}$ mol (H_2SO_4),

die sich in 20 ml der Lösung befinden. In 500 ml sind also 0,05678 mol (H_2SO_4) enthalten.

Bestimmung der neutralisierten Wasserstoffionenmenge

$$H^+ + OH^- = H_2O$$

Zur Neutralisation werden 31,8 ml·0,1 mol/l = 0,0318 mol OH^-Ionen verbraucht. Also sind in $50 \cdot 10^{-6}\ m^3$ der vorliegenden Mischung 0,0318 mol (H^+) vorhanden.

In 50 ml Gemisch befinden sich demzufolge 0,318 mol (H^+).

Bestimmung der Salpetersäure im Gemisch

0,05678 mol(H_2SO_4) ≙ 0,11356 mol H^+. Es verbleiben (0,318 - 0,11356) mol(H^+) = 0,2044 mol(H^+) aus der HNO_3; das entspricht $(1{,}4 \cdot 10^{-2}$ kg(N_2)/mol)·0,2044 mol = 2,862 kg(N_2). Aus den Massen der H_2SO_4 und der HNO_3, die sich aus den Stoffmengen errechnen, ergibt sich:

% N = 11,11 %.

Aufgabe 9

$$CaCO_3 = CaO + CO_2 \quad (1)$$

$$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + 2NH_3 + H_2O \quad (2)$$

$$NaCl + NH_3 + CO_2 + H_2O = NaHCO_3 + NH_4Cl \quad (3)$$

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \quad (4)$$

Wir nennen:

n_o - Stoffmenge NaCl in der Ausgangslösung
n_1 - Stoffmenge NH_4Cl in der Mutterlösung
n_2 - Stoffmenge des nicht umgesetzten NaCl
n_3 - Stoffmenge des Na_2CO_3
n_4 - Stoffmenge des $NaHCO_3$ in der Mutterlösung
n_5 - Stoffmenge des Na^+ in der Mutterlösung

Daraus ergeben sich die folgenden Stoffbilanzgleichungen:

$$n_o = n_1 + n_2 \quad (5)$$

$$n_o = 2n_3 + n_4 + n_2 \quad (6)$$

$$n_5 = n_2 + n_4 \quad (7)$$

Folgerung:

$n_o - (n_2 + n_4) = 2n_3$ - Stoffmenge des auskristallisierten $NaHCO_3$ (8)

1 kg der Mutterlösung enthält demzufolge:

$$n_1 = \frac{0{,}2148 \text{ kg } (NH_4Cl)}{0{,}0535 \ (\frac{kg}{mol})} = 4{,}015 \text{ mol } (NH_4Cl)$$

$$n_2 = \frac{0{,}0146 \text{ kg } (NaCl)}{0{,}05844 \ (\frac{kg}{mol})} = 0{,}250 \text{ mol } (NaCl)$$

$$n_4 = \frac{0{,}0592 \text{ kg } (NaHCO_3)}{0{,}08401 \ (\frac{kg}{mol})} = 0{,}705 \text{ mol } (NaHCO_3).$$

Mit Gleichung (5) ergibt sich:

$n_o = n_1 + n_2$ = 4,266 mol (NaCl) ≙ 0,2493 kg (NaCl)

Mit (7)

$n_5 = n_2 + n_4$ = 0,955 mol (Na^+)

Demzufolge kristallisierten:

$n_o - n_5$ = 3,311 mol ($NaHCO_3$) oder 0,2782 kg $NaHCO_3$, aus welchem man mit (8) n_3 = 1,655 mol (Na_2CO_3) oder 0,1755 kg Na_2CO_3 erhält.

Es folgt also:

n_3 = 1,655 mol (Na_2CO_3).

Bei der Aufstellung der Stoffbilanz ist es notwendig, die sich entsprechend Gleichung (3) ändernde Wassermenge zu berechnen. Sie ergibt sich zu

$$n_{(H_2O)} = (n_o - n_5) + n_4 = 4{,}016 \text{ mol } (H_2O).$$

Die Masse der Ausgangslösung beträgt also: ($m_{(H_2O)}$ Masse in der Mutterlösung)

$$m(\text{Lösung}) = m_{NaCl} + m_{(H_2O)} + n_{(H_2O)} \cdot M_{(H_2O)}$$
$$= (0{,}2493 + 0{,}7114 + 0{,}0723) \text{ kg} = 1{,}033 \text{ kg}.$$

Die Zusammensetzung der NaCl-Lösung in Massenprozent beträgt:

$$\% \text{ NaCl} = \frac{0{,}2493 \text{ kg (NaCl)}}{1{,}033 \text{ kg (NaCl)}} \cdot 100 \% = 24{,}13 \%.$$

Die für die Darstellung von 1 kg Soda benötigten Mengen ergeben sich mit den berechneten Werten zu:

$$m(NaCl) = \frac{0{,}2493 \text{ kg (NaCl)}}{0{,}1755 \text{ kg } (Na_2CO_3)} \cdot 1 \text{ kg } (Na_2CO_3) = 1{,}42 \text{ kg (NaCl)}$$

$m(CaCO_3)$ = 2,91 kg $CaCO_3$

$m(NH_4Cl)$ = 1,224 kg NH_4Cl.

Aufgabe 10

Da die Summe der Stöchiometriekoeffizienten der Endstoffe gleich der Summe der Stöchiometriekoeffizienten der Ausgangsstoffe ist, gilt:

$$K_p = K_c = K_m = K_n.$$

Aus $H_2 + J_2 = 2\,HJ$ folgt $\dfrac{n^2_{HJ}}{n_{H_2} n_{J_2}} = K_n$.

Stoffbilanz im Gleichgewicht: $n_{HJ} = 2x$; n_{H_2} = (7mol - x) und n_{J_2} = (5 mol - x). Daraus:

$\frac{4x^2}{(7\text{mol}-x)(5\text{mol}-x)} = 50$ bzw. $46x^2 - 600\ \text{mol}\ x + 1750\ \text{mol}^2 = 0$

oder $\frac{x^2}{\text{mol}^2} - 13{,}04\ \frac{x}{\text{mol}} + 38{,}04 = 0$. Es ist demzufolge:

$$\frac{x_{1;2}}{\text{mol}} = 6{,}52 \pm \sqrt{42{,}51 - 38{,}04} = 6{,}52 \pm 2{,}11.$$

$x_1 = 8{,}63$ mol und $x_2 = 4{,}41$ mol

Maximal können 10 mol HJ entstehen oder 5 mol J_2 bzw. H_2 umgesetzt werden; demzufolge ist x_1 zwar ein mathematisch richtiger Wert aber physikalisch sinnlos. Im Gleichgewicht stehen die Stoffmengen:

$n_{H_2} = 2{,}59$ mol; $n_{J_2} = (5{,}0 - 4{,}41)$ mol $= 0{,}59$ mol; $n_{HJ} = 8{,}82$ mol.

Aufgabe 11

$2\ SeO_2 + O_2 = 2\ SeO_3$

Gleichgewichtsbilanz:

	Sauerstoff	Selen(IV)-oxid	Selen(VI)-oxid	$\sum V$
Ausgangsgemisch in dm^3	80	20	-	100
Gleichgewicht in dm^3	72	4	16	92

Entsprechend dem Gesetz von Dalton $\frac{V_i}{V} = \frac{p_i}{p}$ erhält man nun:

$p_{O_2} = \frac{72}{92} \cdot 50 \cdot 10^5$ Pa; $p_{SeO_2} = \frac{4}{92} \cdot 50 \cdot 10^5$ Pa; $p_{SeO_3} = \frac{16}{92} \cdot 50 \cdot 10^5$ Pa.

Mit dem MWG ergibt sich: $K_p = \frac{p^2_{SeO_3}}{p_{O_2} p^2_{SeO_2}} = 4{,}089 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Aufgabe 12

Die Stoffmenge errechnet sich zu $m/M = n$ bzw. wenn mehrere Gase gemischt sind und die mittlere Molmasse $\bar{M}$ beträgt, zu

$$\frac{m}{\bar{M}} = \sum n \qquad (1)$$

Die Ausgangsstoffmenge des Jods sei $n_{o_{J_2}}$

Für die thermische Dissoziation gilt dann im Gleichgewicht $J_2 = 2\,J$. Im Gleichgewicht ist dann:

$$n_{J_2} = n_{o_{J_2}} - \alpha\, n_{o_{J_2}} = n_{o_{J_2}} (1 - \alpha) \qquad (2)$$

$$n_J = 2\,\alpha\, n_{o_{J_2}}. \qquad (3)$$

Für die Summe der Stoffmengen von J_2 und J ergibt sich aus (1); (2); (3)

$$\sum n = n_{o_{J_2}} (1-\alpha) + 2\,\alpha\, n_{o_{J_2}} = \frac{m}{\bar{M}}$$

$$\frac{m}{M_{J_2}} (1 - \alpha) + 2\,\alpha \frac{m}{M_{J_2}} = \frac{m}{\bar{M}}$$

$$\alpha = \frac{M_{J_2} - \bar{M}}{\bar{M}} = 0{,}189.$$

Aufgabe 13

Anodenreaktion:

$$6\,Cl^- = 3Cl_2 + 6\,e \qquad (1)$$

Katodenreaktion:

$$6\,H^+ + 6e = 3H_2 \qquad (2)$$

Das an der Anode entstandene Chlor und die an der Katode übrigbleibenden OH^- diffundieren in das Innere der Zelle. Dort finden unter den angegebenen Bedingungen chemische Reaktionen statt:

$$6\,OH^- + 3\,Cl_2 = 3\,ClO^- + 3H_2O + 3\,Cl^- \qquad (3)$$

$$3\,ClO^- \xrightarrow{H^+} ClO_3^- + 2Cl^- \qquad (4)$$

Aus (1); (3) und (4) ergibt sich für den anodischen Prozeß und die Folgereaktionen:

$$Cl^- + 6OH^- = ClO_3^- + 3\,H_2O + 6\,e.$$

Pro Formelumsatz werden 6 Elektronen verbraucht. Mit dem Faradayschen Gesetz ergibt sich:

$$m_{KCl} = \frac{I \cdot t \cdot M_{KCl}}{F \cdot z} = 16{,}68 \cdot 10^{-3}\ kg.$$

Aufgabe 14

Es läuft an den Elektroden folgende Bruttoreaktion ab:

$$\overset{+4}{PbO_2} + \overset{\pm 0}{Pb} + 2\,H_2SO_4 = 2\,PbSO_4 + 2\,H_2O$$

Es findet ein Übergang von 2 Elektronen statt (z = 2).
Mit dem Faradayschen Gesetz ergibt sich

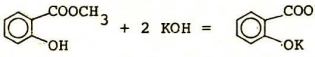
$$m = \frac{M_{PbO_2} \cdot I \cdot t}{z\ F} = \frac{239{,}2 \cdot 40 \cdot 3{,}6 \cdot 10^3}{2 \cdot 9{,}65 \cdot 10^4}\ (g) = 178{,}5\ g$$

Diese Masse entspricht 90 %. Daraus erhält man für die gesamte aktive Masse:

$$m = 178{,}5 \cdot \frac{100}{90} = 198{,}3\ g.$$

Aufgabe 15

Folgende Reaktionen laufen bei der Hydrolyse ab:



(1)

Methylsalicylat



(2)

Insgesamt werden, wie aus der Aufgabe ersichtlich,

$$(0{,}6 \cdot dm^3 \cdot 0{,}2 \cdot \frac{mol}{dm^3} - 0{,}2 \cdot dm^3 \cdot 0{,}1 \cdot \frac{mol}{dm^3}) \qquad (3)$$

= 0,1 mol Kalilauge verbraucht.
Der Anteil von Methylsalicylat in Mol sei x, der von Methylbenzoat sei y.

Mit den Molmassen $M_{MS} = 152 \cdot 10^{-3}\ \frac{kg}{mol}$ und $M_{MB} = 136 \cdot 10^{-3}\ \frac{kg}{mol}$
erhält man unter Beachtung von (1); (2); (3) ein Gleichungssystem.

$0{,}1\ mol = 2x + y$

$0{,}01\ kg = x \cdot 1\ 52 \cdot 10^{-3}\ \frac{kg}{mol} + y \cdot 136 \cdot 10^{-3}\ \frac{kg}{mol}$.

Man erhält die Lösungen:

$x = 0{,}03\ mol \triangleq 0{,}00456\ kg$

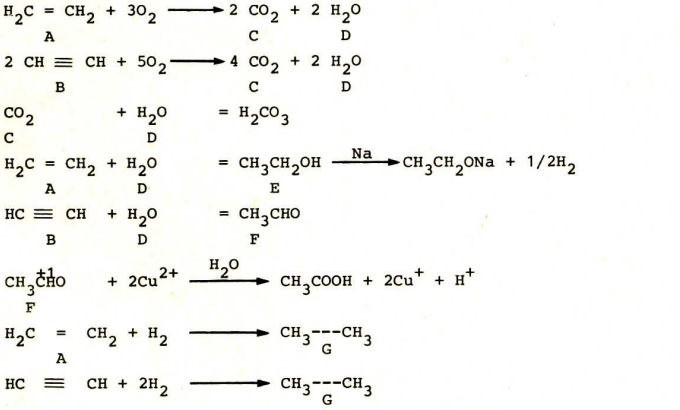
$y = 0{,}04\ mol \triangleq 0{,}00544\ kg.$

Daraus ergibt sich die Zusammensetzung des Gemisches in Massenprozent:

$$m\%_{MS} = \frac{0{,}00456}{0{,}01} \cdot 100\ \% = 45{,}6\ \%$$

$$m\%_{MB} = 54{,}4\ \%.$$

Aufgabe 16

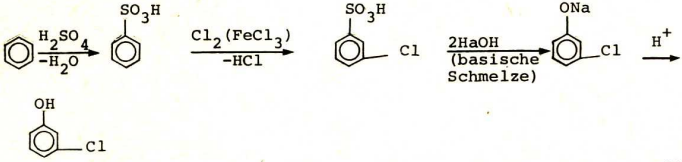


Begründung:

Die entstehende Mineralsäure kann nur H_2CO_3 sein, d. h. für C und D treffen nur CO_2 bzw. H_2O zu. A und B sind ungesättigte Kohlenwasserstoffe unterschiedlichen Sättigungsgrades, die durch Reaktion mit Wasserstoff zu dem gleichen gesättigten Kohlenwasserstoff, G, führen. E muß ein Alkohol sein, da eine ungesättigte Verbindung durch Umsatz mit H_2O nur eine protonenaktive Verbindungsgruppe die Alkohole ergibt. Zwangsläufig ist B die stärker ungesättigte Verbindung. Sie liefert bei Umsatz mit Wasser einen Aldehyd, der Fehlingsche Lösung reduziert.

Aufgabe 17

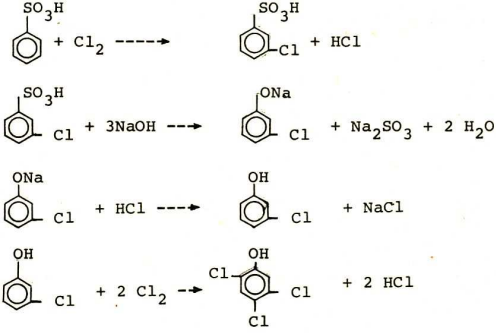
Die Verbindung B enthält Cl und OH in m-Stellung. Diesen Stoff kann man am einfachsten durch eine entsprechende Auswahl der Substituenten herstellen:



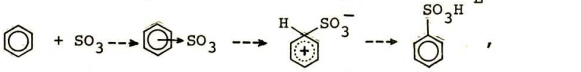
Man erhält 3-Chlorphenol (m-Stellung). Beide Substituenten dirigieren in o- und p-Stellung. Als Ergebnis erhält man bei der Chlorierung von 3-Chlorphenol 2,4,5-Trichlorphenol. (Die Substitution am C-Atom 6 ist räumlich schwer möglich.)

Teilgleichungen des Prozesses

$$C_6H_6 + H_2SO_4 = C_6H_5SO_3H + H_2O$$

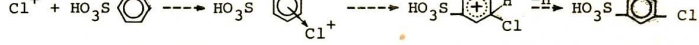


Die Sulfonierung des Benzols erfolgt nach dem S_E-Mechanismus



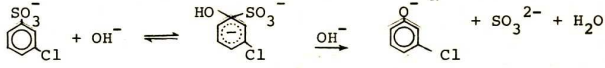
die Chlorierung aromatischer Verbindungen nach dem S_E-Mechanismus

$$Cl\text{---}Cl + FeCl_3 = (Fe(Cl)_4)^- + Cl^+$$



$$(FeCl_4)^- + H^+ = HCl + FeCl_3.$$

Die basische Schmelze verläuft nach einem S_N-Mechanismus



Das Reagens heißt Chloressigsäure CH_2Cl-COOH (Monochloräthansäure).

1. Auflage
Ausgabe 1982
Lizenz Nr. 203/1000/82 (E)
LSV 0600
Printed in the German Democratic Republic
Druck: (52) VOB Nationales Druckhaus Berlin
Verlagstitelnummer 30 08 71-1

IChO-
Übungsaufgaben

Ministerium
für
Volksbildung

Zentrales
Methodisches
Kabinett
für außer-
unterrichtliche
Tätigkeit

HEFT 2

Autorenkollektiv:
Die Teilnehmer des Jugendobjektes
K. Bischof, Wiss. Assistent
A. Neudeck, Student
Th. Wandlowski, Student
K. P. Waniek, Student
und
Prof. Dr. Kretschmer

Wissenschaftliche
Berater der FDJ-
Kollektive:
Prof. Dr. Andrä, Dr. Bachmann, Doz. Dr. sc. nat. Dittrich,
Dr. sc. nat. G. Fechtel, Dr. rer. nat. R. Hoppe. Prof. Dr. Kasper,
Dipl.-Chem. E. Mallon, Dr. rer. nat. W. Schäfer

1. Auflage
Ausgabe 1983
Lizenz Nr. 203/1000/83 (E)
LSV 0600
Printed in the German Democratic Republic
Druck: (52) Nationales Druckhaus Berlin
Verlagstitelnummer 30 09 07-1

I C h O -
Ü b u n g s a u f g a b e n

Ministerium
für
Volksbildung

Zentrales
Methodisches
Kabinett
für außer-
unterrichtliche
Tätigkeit

Heft 2

Vorwort

Wir übergeben das Heft 2 der IChO-Übungsaufgaben. Studenten der Pädagogischen Hochschule Halle bereiteten in Form eines Jugendobjektes Aufgaben, die bulgarische Wissenschaftler (1980) zur Vorbereitung der internationalen Chemieolympiade stellten und Wettkampfaufgaben zur internationalen Chemieolympiade in Schweden (1982) auf. Durch diese Bearbeitung haben sie gewährleistet, daß Terminologie, Symbole und Lösungswege mit der in unseren POS und EOS verwendeten Darstellungen übereinstimmen.

Das Heft 2 der IChO-Übungsaufgaben enthält Aufgaben zur anorganischen (AC), physikalischen (PC), organischen Chemie (OC) und experimentelle Aufgaben (Ex).

Die Aufgaben JO.1 bis JO.3 enthalten keine Lösungen. Junge Chemiker werden aufgerufen, auf einer Postkarte ihre Lösungen unter dem Kennwort "Jugendobjekt der Sektion Bio./Chem." an die

FDJ-Leitung
der Pädagogischen Hochschule "N. K. Krupskaja"
4020 Halle
Kröllwitzer Str. 44

bis Februar 1984 einzusenden.

Aufgaben

Aufgabe 1 (Ex)

In Pufferlösungen stellt sich ein bestimmtes pH ein. Puffersysteme werden durch Mischen schwacher Säuren mit ihren konjugierten Basen hergestellt. Ein Beispiel ist das Phosphatpuffersystem.

a) Schreiben Sie die Gleichungen auf, die in einem Phosphatpuffer zu einem konstanten pH führen!

b) Stellen Sie nach entsprechender Berechnung 100 ml Phosphatpuffer durch Mischen von verdünnter Phosphorsäure mit NaOH-Lösung her! Der hergestellte Puffer soll folgenden Forderungen genügen

1. pH = 7,2,
2. Wenn zu 50 cm^3 des hergestellten Puffers 5 cm^3 HCl der Konzentration c = 0,1 mol/dm^3 gegeben werden, soll sich das pH = 6,8 einstellen.

c) Die Konzentration der vorliegenden verdünnten Phosphorsäure ist durch Titration mit NaOH (c = 0,1 mol/dm^3) zu bestimmen. Als Indikator wird Methylorange (Umschlagsbereich 3,1 bis 4,4) verwendet. Die pK-Werte der Dissoziationsstufen der Phosphorsäure betragen: pK_1 = 1,75, pK_2 = 6,87, pK_3 = 11,5.

Prüfen Sie die hergestellten Lösungen mit Indikatorpapier!

Notwendige Ausrüstung: Verdünnte H_3PO_4-Lösung; NaOH-Lösung (c = 0,1 mol/dm^3), Methylorangelösung, 2 Erlenmeyerkolben, Maßkolben, Bürette, Stativ.

Aufgabe 2 (Ex)

In jedem der acht numerierten Reagenzgläser befindet sich die wäßrige Lösung eines unbekannten Salzes.

Auftretende positive Ionen: Ag^+, Al^{3+}, Cu^{2+}, Na^+, NH_4^+, Zn^{2+}.

Auftretende negative Ionen: Br^-, Cl^-, J^-, NO_3^-, OH^-, $S_2O_3^{2-}$.

Zur Verfügung stehen ferner eine Tüpfelplatte, Reagenzgläser, Tropfpipetten, Indikatorpapier und ein Bunsenbrenner. Bestimmen Sie die unbekannten Lösungen durch gegenseitigen Umsatz! Geben Sie die chemischen Gleichungen für alle beobachteten Reaktionen an! Lösen Sie die Substanzen selber auf und arrangieren Sie es so, daß Sie es nicht mehr wissen, welche Substanzen zu welcher Nummer gehören!

Aufgabe 3 (Ex)
In zwei Reagenzgläsern befindet sich jeweils eine gesättigte farblose Lösung. Es handelt sich um KNO_3 und um NaCl, in beiden Gläsern befindet sich ungelöstes Salz als Bodensatz. Wie können Sie ohne Nutzung von Chemikalien feststellen, in welchem Glas sich das KNO_3 befindet?

Aufgabe 4 (AC)
Die Analyse einer unbekannten Verbindung ergab folgende Werte: Stickstoff 2,9 %, Sauerstoff 66,4 %, Schwefel 13,28 % und Wasserstoff 5,81 %. Zusätzlich wurde noch ein Metall festgestellt. Die Verbindung hat eine molare Masse von 4 82 $g \cdot mol^{-1}$. Die Verbindung bildet in wäßriger Lösung mit $BaCl_2$-Lösung einen weißen, in Säuren unlöslichen Niederschlag. Man bestimme das unbekannte Element und die Formel der Verbindung!

Aufgabe 5 (AC)
Welche Masse NaCl, NH_4Cl und $CaCO_3$ wird für die Darstellung von 1 kg Soda nach dem Solvay-Verfahren benötigt?
Geben Sie die Masse und den prozentualen Anteil an NaCl in der Ausgangslösung an! Die Zusammensetzung der Mutterlauge aus der Natriumhydrogenkarbonat auskristallisiert in Masseprozent beträgt 5,92 % Natriumhydrogenkarbonat, 1,46 % Natriumchlorid und 21,48 % Ammoniumchlorid.

Aufgabe 6 (AC)
9 g eines Gemisches von Zink und Eisen-(III)-oxid werden in gleiche Teile geteilt. Die eine Hälfte wird in konzentrierter Salpetersäure gelöst und dann mit Natronlauge im Überschuß versetzt. Der sich dabei bildende Niederschlag wurde abfiltriert und hatte nach dem Glühen bei 1200 K die Masse von 3,17 g. Die andere Hälfte des Gemisches wurde mit Salzsäure umgesetzt, wobei unter Normalbedingungen $4 \cdot 10^{-4}$ m^3 Wasserstoff entstanden. Bestimmen Sie die Zusammensetzung des Gemisches (unter Berücksichtigung möglicher Verunreinigungen)! Stellen Sie alle Reaktionsgleichungen auf!

Aufgabe 7 (AC)

1,732 3 g Zink werden im Überschuß von konzentrierter Schwefelsäure gelöst, wobei $56 \cdot 10^{-5}$ m^3 eines Gasgemisches (unter Normalbedingungen) entstehen. Dieses Gemisch wird mit schwefelsaurer Kaliumpermanganatlösung behandelt. Es werden 0,03 dm^3 einer 0,2 mol/dm^3 $KMnO_4$ enthaltende Lösung verbraucht. Welche Zusammensetzung hat das Gasgemisch (in Molprozent)? Stellen Sie die Gleichungen aller abgelaufenen Prozesse auf!

Aufgabe 8 (PC)

Wie kann die prozentuale Zusammensetzung einer Mg-Al-Legierung bestimmt werden, wenn Ihnen hierfür nur Schwefelsäure, Glasgeräte, Thermometer und Barometer zur Verfügung stehen? Skizzieren Sie die Apparatur, und geben Sie einen Berechnungsvorschlag an (der Dampfdruck des Wassers kann vernachlässigt werden)!

Aufgabe 9 (PC)

Im Labor ist eine Mischung folgender Zusammensetzung vorhanden: 50 % H_2SO_4, 20 % HNO_3 und 30 % H_2O (alle Angaben in Volumenprozent).

Welche Menge 95 %ige H_2SO_4 und 90 %ige HNO_3 muß man zu der fertigen Mischung hinzugeben, um die Zusammensetzung 60 % H_2SO_4, 30 % HNO_3 und 10 % H_2O zu erhalten?

Das Ergebnis soll als Verhältnis angegeben werden!

In welcher Reihenfolge sollte das Mischen vorgenommen werden?

Aufgabe 10 (PC)

Man bestimme den Wert der Gleichgewichtskonstanten K_1 der Reaktion

(1) $CO_2 + \frac{1}{4} S_2 \rightleftharpoons \frac{1}{2} SO_2 + CO$,

wenn die Gleichgewichtskonstanten der unten angegebenen Reaktionen bei gleicher Temperatur gegeben sind:

(2) $SO_2 \rightleftharpoons \frac{1}{2} S_2 + O_2$; $K_2 = 447 \cdot 10^5$ $Pa^{1/2}$

(3) $CO_2 \rightleftharpoons CO + \frac{1}{2} O_2$; $K_3 = 1{,}37 \cdot 10^3$ $Pa^{1/2}$!

Aufgabe 11 (OC)

Gegeben ist der Stoff A, dessen Struktur und Zusammensetzung unbekannt sind.

Die relative Molekülmasse von A wurde mit 142,5 bestimmt.
Beim Kochen von A mit 5 %iger Natriumcarbonatlösung erhält man eine Lösung, die positive Reaktionen auf Chloridionen zeigt und aus der beim Ansäuern die Verbindung B ausfällt.
Die Verbindung B färbt eine Eisen-(III)-chloridlösung rotviolett. Bei der Reaktion des Stoffes B mit Natrium entstehen 2,8 dm^3 Wasserstoff. Ein anderer Teil des Stoffes B mit gleicher Masse neutralisiert $62,5 \cdot 10^{-3}$ dm^3 einer 2 mol $\cdot$ dm^{-3} enthaltenden Natriumhydroxidlösung. Bei der Oxydation des Stoffes B, wenn diese auch schwierig ist, erhält man die Produkte C und D. Die Verbindung C reagiert mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin und zeigt die Reaktion des Silberspiegels, reagiert aber nicht auf den Nachweis mit Fehlingscher Lösung.
Der Stoff D ist eine sehr gut bekannte Säure mit antiseptischer Wirkung, aus der man bei der Reaktion mit Essigsäureanhydrid eine wichtige, sehr verbreitete Arznei erhält, die bei Erkältung, Kopfschmerzen, Neuralgien und Rheuma angewandt wird.

a) Identifizieren Sie den Stoff A!
b) Drücken Sie schematisch die Prozesse aus, von denen in der Aufgabe gesprochen wurde!

Aufgabe 12 (OC)

Wie kann man 3.3.3-Trifluorpropan-1-ol, 1.1.1-Trifluorpropan-2-ol und 2.2.2-Trifluorethanol aus 3.3.1-Trifluorprop-1-en darstellen?
Man schlage einen Syntheseweg vor!
Ordnen Sie die Alkohole nach ihrer Acidität und begründen Sie die Reihenfolge!

Aufgabe 13 (OC)

Man finde alle bestimmten Strukturen der Verbindung C_4H_6 (A).
Der Stoff A reagiert mit vier Atomen Brom zu $C_4H_6Br_4$.
Beim Umsatz mit Kupfer-(I)-chlorid entsteht ein rotgefärbter Niederschlag. Beim Umsatz mit ammoniakalischer Silbernitratlösung entsteht ein gelblicher Niederschlag. Welche der Strukturen kann dem Stoff A zugeordnet werden?

Aufgabe 14 (OC)

Der Stoff A hat die Zusammensetzung $C_9H_{16}O_4$, ist wasserlöslich und löst sich langsam beim Kochen mit verdünnter Natriumhydroxidlösung auf. Aus der erhaltenen alkalischen Lösung wurde der Stoff B mit der Zusammensetzung C_3H_8O abdestilliert. Die Masse des abdestillierten Stoffes B beträgt ungefähr 64 % der Masse des Ausgangsstoffes A. Der Stoff B reagiert mit Alkalibromiden bei Anwesenheit von Schwefelsäure zu C. Beim Erwärmen von B mit konzentrierter Schwefelsäure bildet sich das brennbare Gas D, welches bei der Reaktion mit Bromwasserstoff den Stoff E ergibt, welcher ein Isomeres von C darstellt.

a) Stellen Sie die Strukturformel der Stoffe A, B, C, D und E auf!
b) Schreiben Sie die Gleichungen der beschriebenen Reaktionen auf!
c) Erörtern Sie den Mechanismus der Prozesse, bei denen die Verbindungen B und D in die Isomeren C und E umgewandelt werden!
d) Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die Identifizierung der Isomeren C und E!
e) Schreiben Sie die Gleichungen der Darstellung von A auf! Wie heißt dieser Prozeß? Unter Verwendung der allgemeinen Formel der Reaktanden ist der Mechanismus nach dem er abläuft, zu beschreiben!

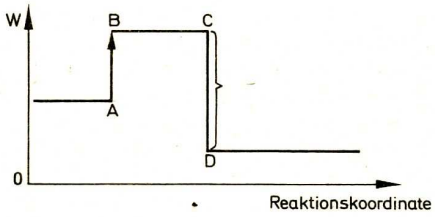
Aufgabe JO.1

Welches von den unten angegebenen Ionen oder Atomen hat die größte räumliche Ausdehnung?

(A) S^{2-}
(B) Cl^-
(C) Ar
(D) K^+
(E) Ca^{2+}

Aufgabe JO.2

Handelt es sich bei dem im Bild 1 dargestellten vereinfachten Energiediagramm um eine exotherme oder endotherme Reaktion? Geben Sie ohne Text die Größe der Aktivierungsenergie durch eine mathematische Gleichung an!



Aufgabe 30.3

Das pH einer Mischlösung, die 0,01 mol dm^{-3} i-Buttersäure und 0,01 mol dm^{-3} Na-Isobutyrat enthält, soll berechnet werden. Die Dissoziationskonstante der Isobuttersäure beträgt $K_c = 1{,}44 \cdot 10^{-5}$ mol dm^{-3}. Das Butyrat ist vollständig dissoziiert.

Aufgabe 1 (Ex)

a) Pufferwirkung: $H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{--}$

$NaHPO_4^- \rightleftharpoons Na^+ + HPO_4^{--}$

b) Das pH ergibt sich aus dem Massenwirkungsgesetz zu

$$pH = pK_2 + \lg \frac{c_{HPO_4^{--}}}{c_{H_2PO_4^-}} = pK_2 + \lg \frac{x}{y}$$

($pH = -\lg c_{H^+}$; $pK_2 = -\lg K_2$; H ...) (Henderson-Hasselbalchsche-Gleichung)

Mit den geforderten Werten der Aufgabe folgt das Gleichungssystem

$$7{,}2 = 6{,}87 + \lg \frac{x}{y}$$

und $6{,}8 = 6{,}87 + \lg \frac{x-z}{y+z}$

(z ≙ zugesetzte H^+-Ionen in mol/dm^3)

$$z = \frac{5 \cdot 10^{-3}\ dm^3 \cdot 0{,}1\ mol}{dm^3\ 55 \cdot 10^{-3} dm^3} = 9{,}09 \cdot 10^{-3}\ \frac{mol}{dm^3}$$

Lösung des Gleichungssystems ergibt über

$$\frac{x}{y} = 2{,}14 \text{ und } \frac{x - 9{,}09 \cdot 10^{-3}}{y + 9{,}09 \cdot 10^{-3}} = 0{,}851$$

$y = 1{,}311 \cdot 10^{-2}\ mol/dm^3$ und $x = 0{,}02805\ mol/dm^3$.

c) Die Neutralisation der Phosphorsäure erfolgt in drei Stufen

1. Stufe $H_3PO_4 + NaOH = NaH_2PO_4 + H_2O$ $pK_1 = 1{,}75$
2. Stufe $NaH_2PO_4 + NaOH = Na_2HPO_4 + H_2O$ $pK_2 = 6{,}87$
3. Stufe $Na_2HPO_4 + NaOH = Na_3PO_4 + H_2O$ $pK_3 = 11{,}5$

Wegen des hohen pK-Wertes ist die 3. Stufe mit einer Lauge nicht titrierbar. Mit Methylorange wird der Äquivalenzpunkt für die 1. Stufe ermittelt. Die Konzentration der Phosphorsäure kann bestimmt werden. Sie betrage $0{,}1\ mol/dm^3$.

Zur Herstellung von einem dm^3 des Puffers sind $x + y = 0{,}04116\ mol/dm^3$ H_3PO_4 notwendig, diese Stoffmenge befindet sich in 41,16 cm^3 der $0{,}1\ mol/dm^3$ H_3PO_4 enthaltenden Säure. Diese sind mit (41,16 + 28,05) cm^3 NaOH zu neutralisieren und

im Maßkolben auf einen dm^3 aufzufüllen. Für 0,1 dm^3 wird entsprechend der zehnte Teil benötigt.

Aufgabe 2 (Ex)

Zur Arbeitsplanung wird unten stehendes Schema gefertigt, nach dem dann die Reaktionen geführt werden. Die jeweils in der senkrechten Reihe befindlichen Substanzen werden zu den waagerecht angeordneten Substanzen gegeben.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		↑ Gas NH_3						
2	↑ Gas NH_3	-	↓ schwarz. Nd	↓ weiß. Nd. verschwindet wieder	↓ weiß gallertig, verschwindet wieder	↓ bläulich erhitzen → schwarz	-	-
3	-	↓ schwarzer Nd.	-	↓ weißer Nd	-	↓ weißer Nd	↓ gelber Nd	-
4	-	↓ weiß verschwindet wieder	↓ weiß	-	-	-	-	-
5	-	↓ weiß, gallertig, verschwindet wieder	-	-	-	-	-	-
6	-	↓ bläulich, erhitzen → schwarz	↓ weißer Nd.	-		-	↓ weiß kochen → violetter Dampf	-
7	-	-	↓ gelber Nd.	-	-	↓ weiß kochen → violetter Dampf	-	-
8			↓ weiß, löst sich wieder					

Nummer der gemischten Lösungen	Chemische Gleichung der beobachteten Reaktion
1 + 2	$NH_4^+ + OH^- \longrightarrow NH_3(g) + H_2O$
2 + 3	$2OH^- + 2Ag^+ \longrightarrow Ag_2O(s) + H_2O$
2 + 3 + 1	$Ag_2O(s) + 4NH_4^+ + 2OH^- \longrightarrow 2Ag(NH_3)_2^+ + 3H_2O$
2 + 4	$Zn^{2+} + 2OH^- \longrightarrow Zn(OH)_2(s) \longrightarrow Zn(OH)_2(s) + 2\,OH^- \longrightarrow Zn(OH_4^{2-}$
2 + 5	$Al^{3+} + 3OH^- \longrightarrow Al(OH)_3(s) \longrightarrow Al(OH)_3(s) + OH^- \longrightarrow Al(OH)_4^-$
Reaktionen, um Zn^{2+} von Al^{3+} zu unterscheiden	
2 + 4 + 1	$Zn(OH)_4^{2-} + 4NH_4^+ \longrightarrow Zn(NH_3)_4^{2+} + 4H_2O$
2 + 5 + 1	$Al(OH)_4^- + NH_4^+ \longrightarrow Al(OH)_3(s) + NH_3 + H_2O$
2 + 6	$Cu^{2+} + 2OH^- \longrightarrow Cu(OH)_2(s)$
2 + 6 + 1	$Cu(OH)_2(s) + 4NH_4^+ + 2OH^- \longrightarrow Cu(NH_3)_4^{2+} + 4H_2O$
3 + 4	$Ag^+ + Cl^- \longrightarrow AgCl(s)$
3 + 6	$Ag^+ + Br^- \longrightarrow AgBr(s)$
3 + 7	$Ag^+ + I^- \longrightarrow AgI(s)$
3 + 8	$2Ag^+ + S_2O_3^{2-} \longrightarrow Ag_2S_2O_3(s) \longrightarrow Ag_2S_2O_3(s) + 3S_2O_3^{2-} \longrightarrow 2Ag(S_2O_3)_2^{3-}$
Reaktionen, um Cl^- von J^- zu unterscheiden	
3 + 4 + 1 + 2	$AgCl(s) + 2NH_4^+ + 2OH^- \longrightarrow Ag(NH_3)_2^+ + Cl^- + H_2O$
3 + 4 + 8	$AgCl(s) + 2\,S_2O_3^{2-} \longrightarrow Ag(S_2O_3)_2^{3-} + Cl^-$
3 + 7 + 8	$AgI(s)$ löst sich nicht
6 + 7	$2Cu^{2+} + 4I^- \longrightarrow 2CuI(s) + I_2$
6 + 7 + 8	$I_2 + 2S_2O_3^{2-} \longrightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$

Ergebnisse:

1. NH_4NO_3
2. NaOH
3. $AgNO_3$
4. $ZnCl_2$
5. $Al(NO_3)_3$
6. $CuCl_2$
7. NaI
8. $Na_2S_2O_3$

Aufgabe 4 (AC)

Das unbekannte Metall M hat in der Verbindung einen Anteil von 11,61 %. Daraus erhält man folgende Verhältnisformel für die molare Zusammensetzung von 100 g der Verbindung:

$$n_O : n_N : n_H : n_S : n_M = \frac{66,4\ g}{15,99\ \frac{g}{mol}} : \frac{2,9\ g}{14,00\ \frac{g}{mol}} : \frac{5,81\ g}{1,008\ \frac{g}{mol}} : \frac{13,28\ g}{32,06\ \frac{g}{mol}} : \frac{11,61\ g}{M_M}$$

$$= 4,15\ mol : 0,207\ mol : 5,764\ mol : 0,414\ mol : \frac{11,61\ g}{M_M}$$

$$= 20,045\ mol : 1\ mol : 27,84\ mol : 2\ mol : \frac{56,076\ g}{M_M}$$

$$\approx 20\ mol : 1\ mol : 28\ mol : 2\ mol : \frac{56,1\ g}{M_M}.$$

Aus der Berechnung der molaren Masse der Verbindung erhält man dann durch Einführung der unbenannten stöchiometrischen Koeffizienten $\nu \triangleq n$

$$M_{ges} - 20 \cdot M_O - M_N - 28 \cdot M_H - 2 \cdot M_S = x \cdot M_M$$

$$(428 - 20 \cdot 15,99 - 14,007 - 28 \cdot 1,008 - 2 \cdot 32,06)\ \frac{g}{mol} = x \cdot M_M$$

$$55,669\ \frac{g}{mol} = x \cdot M_M.$$

Für die molare Masse des Metalls sind in Abhängigkeit von x folgende Werte möglich:

x	M_M / ($g \cdot mol^{-1}$)	vergleichbarer Wert aus dem PSE in $g \cdot mol^{-1}$	Element
1	55,669	55,847	Eisen
2	27,835	28,086	Silizium
3	18,556	18,998	Fluor
4	13,917	14,007	Stickstoff
5	11,134	10,811	Bor

Von den möglichen Elementen ist Eisen das einzige Metall.
Die Summenformel der Verbindung lautet damit: $Fe\ H_{28}\ N_1\ O_{20}\ S_2$.
Die Reaktion der Verbindung in wäßriger Lösung mit Bariumionen läßt den Schluß auf Sulfationen zu. Unter Beachtung möglicher Bindungsverhältnisse wäre folgende Strukturformel denkbar:
$(NH_4)\ Fe(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$ Ammoniumeisenalaun.

Aufgabe 5 (AC)

(1) $CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$

(2) $2\ NH_4Cl + CaO \longrightarrow CaCl_2 + 2\ NH_3 + H_2O$

(3) $NaCl + NH_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$

(4) $2\ NaHCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$

Für die Bezeichnung der Stoffmengen gelte:

n_0 - Stoffmenge NaCl in der Ausgangslösung

n_1 - Stoffmenge NH_4Cl ($M = 53{,}49\ g\ mol^{-1}$)

n_2 - Stoffmenge des nicht ungesetzten NaCl ($M = 58{,}44\ g\ mol^{-1}$) gemäß Gleichung 3

n_3 - Stoffmenge Na_2CO_3

n_4 - Stoffmenge $NaHCO_3$ in der Mutterlauge ($M = 84{,}01\ g\ mol^{-1}$)

n_5 - Stoffmenge Na^+ der Mutterlösung.

Für die Stoffbilanz gelten folgende Gleichungen:

$n_0 = n_1 + n_2$ (siehe Gleichung 3)

$n_0 = 2\ n_3 + n_4 + n_2$

$n_5 = n_2 + n_4$.

Daraus erhält man für die Stoffmenge des auskristallisierten $NaHCO_3$:

$$n_3 = \frac{1}{2}\left[n_0 - (n_2 + n_4)\right].$$

Für 1 kg Mutterlauge erhält man dann:

$$n_4 = \frac{59{,}2\ g}{84{,}09\ g\ mol^{-1}} = 0{,}704\ mol \triangleq 59{,}23\ g$$

$$n_2 = \frac{14{,}6\ g}{58{,}44\ g\ mol^{-1}} = 0{,}250\ mol \triangleq 14{,}61\ g$$

$$n_1 = \frac{214{,}8\ g}{53{,}49\ g\ mol^{-1}} = 4{,}016\ mol \triangleq 214{,}82\ g$$

$n_0 = n_1 + n_2$ = 4266 mol ≙ 249,30 g.

In 1 kg Mutterlauge verbleiben nach der Kristallisation des $NaHCl_3$

$n_5 = n_2 + n_4 = 0{,}955\ mol\ Na^+$.

Folglich entstanden bei der Kristallisation

$n_0 - n_5 = 3{,}311\ mol\ (NaHCO_3) \triangleq 278{,}2\ g\ (NaHCO_3)$,

woraus man $n_3 = 3{,}311 : 2 = 1{,}655\ mol(Na_2CO_3) = 175{,}5\ g(Na_2CO_3)$ erhält.

Es wird vorausgesetzt, daß sich das Wasser in der Ausgangslösung entsprechend Reaktion (3) bindet. Diese Wassermenge ist gleich $n_0 - n_5 + n_4 = 4{,}016$ mol ≙ 73,2 g Wasser.
Die Masse der Ausgangslösung ist gleich der Summe der Massen von NaCl (249,3 g), dem Wasser in einem kg Mutterlauge (711,4 g) und dem Wasser, welches bei Reaktion (3) verbraucht wird (72,3 g).
(249,3 + 711,4 + 72,3) g = 1033 g.
Daraus erhält man die Konzentration an NaCl in der Ausgangslösung $\frac{249{,}3}{1033} \cdot 100\ \% = 24{,}13\ \%$ NaCl.

Für $n_3 = 1{,}655$ mol Na_2CO_3 sind somit 1,033 kg einer Lösung, die 24,13 % NaCl, 4,016 mol ≙ 214,8 g ≙ 20,8 % des NH_4Cl und (3311 + 0,705) mol = 4,016 mol des CO_2, damit erhält man 38,9 % $CaCO_3$.
Für 1 kg Na_2CO_3 werden damit
249,3 g / 0,1755 = 1,420 g NaCl
402 g / 0,1755 = 2 291 g $CaCO_3$
1033 g / 0,1755 = 5 886 g NaCl
214 g / 0,1755 = 1 224 g NH_4Cl benötigt.

Aufgabe 6 (AC)
Folgende Reaktionen laufen ab:

(1) $Fe_2O_3 + 6\ HNO_3 \longrightarrow 2\ Fe(NO_3)_3 + 3\ H_2O$
(2) $3\ Zn + 2\ HNO_3 \longrightarrow 3\ Zn\ O + 2\ NO + H_2O$
(3) $Zn\ O + 2\ HNO_3 \longrightarrow Zn(NO_3)_2 + H_2O$
(3) $Zn(NO_3)_2 + 2\ NaOH \longrightarrow Zn(OH)_2 + 2\ NaNO_3$
(4) $Zn(OH)_2 + 2\ NaOH \longrightarrow Zn(OH)_4^{2-} + 2\ Na^+$
(5) $Zn(OH)_2 + 2\ NaOH \longrightarrow Zn(OH)_4^{2-} + 2\ Na^+$
(6) $Fe(NO_3)_3 + 3\ NaOH \longrightarrow Fe(OH)_3 + 3\ Na\ NO_3$
(7) $Fe(OH)_3 \xrightarrow{1200\ K} Fe_2O_3 + 3\ H_2O$
(8) $Zn + 2\ HCl \longrightarrow Zn\ Cl_2 + H_2.$

Aus den Gleichungen (6) und (7) ist ersichtlich, daß der aus 4,5 g Substanz erhaltene geglühte Rückstand Eisen-(III)-oxid ist. 9 g des Gemisches enthalten somit 6,34 g Fe_2O_3, was einem Anteil von 70,44 % entspricht.
Mittels stöchiometrischer Berechnung erhält man aus Gleichung (8), daß $4 \cdot 10^{-4}\ m^3$ Wasserstoff durch den Umsatz von 1,17 g Zink entstehen. In 9 g Gemisch sind 2,34 g Zink, das entspricht 26 %, enthalten.

Das Gemisch enthält noch 3,56 % Verunreinigungen, d. h., in 9 g sind noch 0,32 g andere Stoffe enthalten. Es wurde angenommen, daß diese Verunreinigungen die Ergebnisse der Bestimmung nicht mit beeinflussen.

Aufgabe 7 (AC)

Bei der Lösung des Zinks reagiert es zu Zink-(II)-ionen. Die Permanganationen werden zu Mangan-(II)-ionen reduziert. Es werden 0,0265 mol Zink umgesetzt, was dem Übergang von 0,053 mol Elektronen entspricht.

Die Reduktion der in $3 \cdot 10^{-5}$ m^3 enthaltenen 0,006 mol Permanganationen entspricht dem Übergang von 0,03 mol Elektronen. Da die Differenz mit 0,023 mol Elektronen von Null verschieden ist, folgt daraus, daß im Gasgemisch auch Gas enthalten ist, das nicht von Permanganationen oxidiert wird.

Dieses Gas ist H_2, was den 0,023 mol Elektronen des umgesetzten Zinks entspricht.

$$Zn + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2$$

$$0{,}023 \text{ mol} \cdot \frac{2\,24}{2} \cdot 10^{-2} \frac{m^3}{mol} = 2{,}576 \cdot 10^{-4} \; m^3$$

Die Differenz der $2{,}576 \cdot 10^{-4}$ m^3 Wasserstoff zum Gesamtgasvolumen beträgt $(5{,}6 - 2{,}576) \cdot 10^{-4}$ $m^3 = 0{,}3024 \cdot 10^{-4}$ m^3.

Dieser Rückstand kann aus H_2S und bzw. oder SO_2 bestehen

$$Zn + 2\,H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + 2\,H_2O + SO_2$$

$$4\,Zn + 5\,H_2SO_4 \longrightarrow 4\,ZnSO_4 + 2\,H_2O + H_2S.$$

Zur Bildung von $3{,}024 \cdot 10^{-3}$ m^3 Wasserstoff werden $0{,}0135 \text{ mol} = 0{,}8825 \cdot 10^{-3}$ kg Zink verbraucht. Somit verbleiben $0{,}015 \text{ mol} \triangleq 8{,}5 \cdot 10^{-3}$ kg Zink für die Bildung von H_2S und bzw. oder SO_2

$$Zn + 2\,H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + 2\,H_2O + SO_2$$

$$4\,Zn + 5\,H_2SO_4 \longrightarrow 4\,ZnSO_4 + 2\,H_2O + H_2S.$$

Wenn das verbleibende Gas nur aus SO_2 bestünde, so hätte es ein Volumen von $\frac{0{,}03}{2}$ mol $\cdot 22{,}4 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{mol} = 0{,}336 \cdot 10^{-3}$ m^3, da dieses Volumen größer ist als das verbleibende Volumen von $0{,}3024 \cdot 10^{-3}$ m^3. Somit ist im Gasgemisch H_2, H_2S und SO_2 enthalten und es finden folgende Redoxreaktionen statt:

$$2\ MnO_4^- + 5\ SO_2 + 6\ H^+ \longrightarrow 2\ Mn^{2+} + 2\ SO_3 + 3\ H_2SO_4$$

$$8\ MnO_4^- + 5\ S^{2-} + 34\ H^+ \longrightarrow 8\ Mn^{2+} + 5\ H_2SO_4 + 12\ H_2O.$$

Es gilt: $n_{H_2S} + n_{SO_2} = \frac{0{,}3024 \cdot 10^{-3}}{22{,}4 \cdot 10^{-3}}$ mol = 0,0135 mol.

Aus den Redoxgleichungen erhält man als molares Verhältnis der eusgetauschten Elektronen den Wert von 1:4 für SO_2 zu H_2S.

Somit ist $n_{SO_2} + 4\ n_{H_2S} = 0{,}015$ mol mit $n_{H_2S} = 0{,}000\ 5$ mol und $n_{SO_2} = 0{,}013$ mol. Das Gasgemisch hat folgende Zusammensetzung:

$n_{H_2} = 0{,}0115$ mol $\hat{=}\ 0{,}257\ 6 \cdot 10^{-3}\ m^3 \hat{=}\ 46$ mol-%

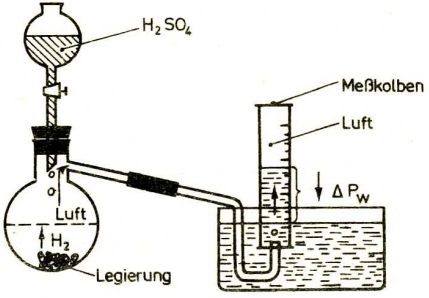
$n_{H_2S} = 0{,}0005$ mol $\hat{=}\ 0{,}011\ 2 \cdot 10^{-3}\ m^3 \hat{=}\ 2$ mol-%

$n_{SO_2} = 0{,}013$ mol $\hat{=}\ 0{,}91\ 2 \cdot 10^{-3}\ m^3 \hat{=}\ 52$ mol-%

$n_{ges} = 0{,}6250$ mol $\hat{=}\ 0{,}56 \cdot 10^{-3}\ m^3 \hat{=}\ 100$ mol-%.

Aufgabe 8 (PC)

In einer entsprechenden Apparatur (Bild 2) wird die Magnesium-Aluminium-Legierung quantitativ mit Schwefelsäure umgesetzt und das Volumen des dabei entstehenden Wasserstoffs bestimmt. Notwendige Meßdaten zur Bestimmung der prozentualen Zusammensetzung sind:



m_L - Masse der umgesetzten Legierung,

V - Volumen des bei quantitativem Umsatz mit Schwefelsäure entstandenen Wasserstoffs,

T - Reaktionstemperatur,

p - Reaktionsdruck.

Die Zusammensetzung der Legierung in Mol sei: Al ≙ x; Mg ≙ y;
Durch die Zustandsgleichung für ideale Gase $p \quad V = n \, R \, T$ ($R = 8{,}3143 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$) kann aus dem Volumen des entstandenen Wasserstoffs die diesem entsprechende Stoffmenge n_{H_2} berechnet werden.

Folgende Reaktionsgleichungen beschreiben die ablaufenden Stoffumwandlungen:

$$2 \text{ Al} + 3 \text{ H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2$$

$$\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Mg SO}_4 + \text{H}_2.$$

Die Stoffmenge des Wasserstoffs ergibt sich somit zu

$$n_{H_2} = y + x \cdot \frac{3}{2}. \qquad (1)$$

Die Masse m_L der umgesetzten Legierung berechnet sich aus den molaren Massen von Aluminium und Magnesium mit Hilfe der Beziehung $m = n \cdot M$ zu:

$$m_L = y \cdot 24 \frac{g}{mol} + x \cdot 27 \frac{g}{mol}. \qquad (2)$$

Lösung des Gleichungssystems (1), (2) liefert für x und y:

$$x = \frac{24 n_{H_2} - m_L}{9}$$

$$y = \frac{18 n_{H_2} + m_L}{6}$$

Für die Massen m_{Al} und m_{Mg}, Aluminium und Magnesium, der eingesetzten Legierung erhält man über

$$m_{Al} = x \, M_{Al} \text{ bzw. } m_{Mg} = y \quad M_{Mg}$$

$$m_{Al} = 72 \, n_{H_2} - 3 \, m_L \text{ und } m_{Mg} = 72 \, n_{H_2} + 4 \, m_L,$$

woraus man die Masseprozente zu

$$M\,\%_{Al} = \frac{72 n_{H_2} - 3 \, m_L}{m_L} \cdot 100 \,\% \text{ und}$$

$$M\,\%_{Mg} = 100 \,\% - M\,\%_{Al}$$

errechnet.

Aufgabe 9 (PC)

Zu einem bestimmten Volumen der Ausgangslösung V_A wird das Volumen $V_{H_2SO_4}$ 96 %iger H_2SO_4 und das Volumen V_{HNO_3} 90 %iger Salpetersäure gegeben. Man erhält folgende Mischungsgleichungen:

Für die Konzentration der H_2SO_4 gilt nach dem Mischen

$$0{,}5 \quad V_A + 0{,}95\, V_{H_2SO_4} = (V_A + V_{H_2SO_4} + V_{HNO_3}) \quad 0{,}6.$$

Für die Konzentration der HNO_3 gilt gleichermaßen:

$$0{,}2 \quad V_A + 0{,}9\, V_{HNO_3} = (V_A + V_{H_2SO_4} + V_{HNO_3}) \quad 0{,}3.$$

Auflösung des Gleichungssystems erbringt folgendes Verhältnis:

$$V_A : V_{H_2SO_4} : V_{HNO_3} = V_A : 4\, V_A : 2{,}17\, V_A.$$

Erst die verdünntere Lösung vorlegen, dann die konzentriertere Säure zugeben.

Aufgabe 10 (PC)

Den Reaktionsgleichungen (1), (2), (3) können die Massenwirkungsgesetze zugeordnet werden:

$$(1)\ K_1 = \frac{p_{SO_2}^{1/2}\, p_{CO}}{p_{CO_2}\, p_{S_2}^{1/4}}$$

$$(2)\ K_2 = \frac{p_{S_2}^{1/2}\, p_{O_2}}{p_{SO_2}}$$

$$(3)\ K_3 = \frac{p_{CO}\, p_{O_2}^{1/2}}{p_{CO_2}}.$$

Für $\frac{K_3}{\sqrt{K_2}}$ gilt folglich

$$\frac{K_3}{\sqrt{K_2}} = \frac{\dfrac{p_{CO}\, p_{O_2}^{1/2}}{p_{CO_2}}}{\dfrac{p_{S_2}^{1/4}\, p_{O_2}^{1/2}}{p_{SO_2}^{1/2}}} = \frac{p_{CO}\, p_{O_2}\, p_{SO_2}^{1/2}}{p_{CO_2}\, p_{S_2}^{1/4}\, p_{O_2}^{1/2}}$$

$$\frac{K_3}{\sqrt{K_2}} = \frac{p_{CO}}{p_{CO_2}} \cdot \frac{p_{SO_2}^{1/2}}{p_{S_2}^{1/2}} \quad (1) \quad = K_1$$

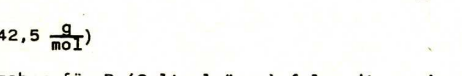
Folglich gilt $K_1 = \frac{K_3}{\sqrt{K_2}} = \frac{1{,}37 \cdot 10^3 \ Pa^{1/2}}{4{,}47 \cdot 10^5 \ Pa^{1/4}}$

d. h. $K_1 = 2{,}05 \ Pa^{1/2}$.

Die Gleichgewichtskonstante der Reaktion beträgt 2,05 $Pa^{1/2}$.

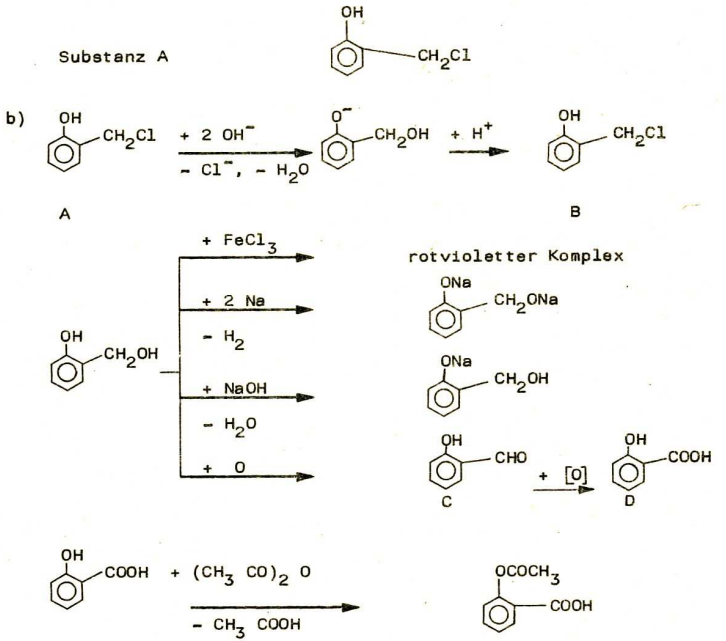
Aufgabe 11 (OC)

Aus der Reaktion des Stoffes A mit Natriumcarbonatlösung, einem Hydrolyseprozeß, wobei Chlor durch Hydroxylgruppen ersetzt wird, kann auf das Vorhandensein von Chlor an gesättigten Kohlenstoffatomen geschlossen werden. Aus der Reaktion des Stoffes B mit Eisen-(III)-chloridlösung folgt, daß B ein Phenol ist.
Stoff A besteht somit weiterhin aus einem aromatischen Ring mit einer phenolischen Hydroxylgruppe. Die Hydrolyse von Chlor, das direkt am aromatischen Ring gebunden ist, erfordert sehr extreme Bedingungen. Unter den genannten Bedingungen läuft sie praktisch nicht ab. Das gelöste Phenolat wandelt sich beim Ansäuern in wenig lösliches Phenol um. Bei der Reaktion von B mit Natrium entstehen $2{,}8 \cdot dm^3/(22{,}4 \cdot dm^3 \ mol^{-1}) = 0{,}125$ mol H_2 und bei der Neutralisation werden $62{,}5 \cdot 10^{-3} \ dm^3 \cdot 2 \ mol \cdot dm^{-3} =$ = 0,125 mol NaOH verbraucht. Somit besitzt Stoff B die gleiche Anzahl von alkoholischen und phenolischen Hydroxylgruppen. Vorschläge für die einfachsten Strukturen von A wären:



$(M = 142{,}5 \ \frac{g}{mol})$

Aus den Aufgaben für D (Salicylsäure) folgt die ortho-Stellung der Substituenten am aromatischen Ring:



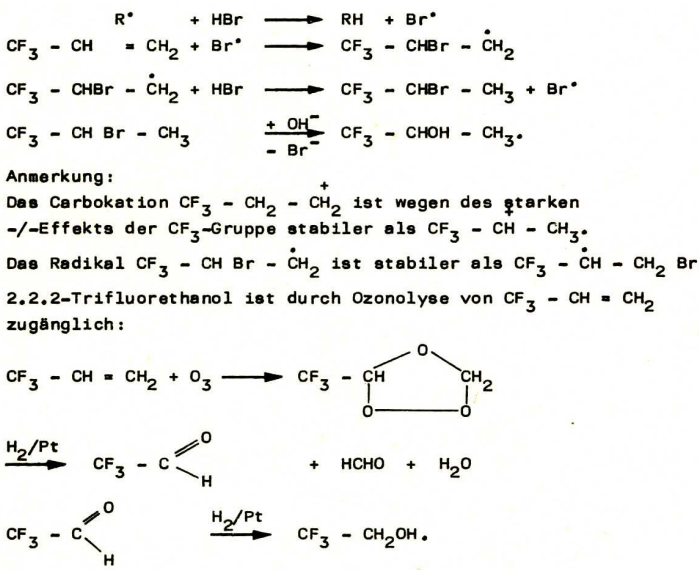
Aufgabe 12 (OC)

3.3.3-Trifluorpropan-1-ol wird durch elektrophile Addition von HBr an 3.3.3-Trifluorprop-1-en und anschließende nucleophile Substitutionen des Broms durch eine Hydroxylgruppe zugänglich:

$$CF_3 - CH = CH_2 \xrightarrow{+\ HBr} \left[CF_3 - CH_2 - \overset{+}{C}H_2\right]\ Br^- \longrightarrow CF_3 - CH_2 - CH_2\ Br$$

$$CF_3 - CH_2 - CH_2\ Br \xrightarrow[-\ Br^-]{+\ OH^-} CF_3 - CH_2 - CH_2\ OH.$$

1.1.1-Trifluorpropan-2-ol ist über eine radikalische Addition von HBr zu erhalten:



Anmerkung:
Das Carbokation $CF_3 - CH_2 - \overset{+}{C}H_2$ ist wegen des starken -/-Effekts der CF_3-Gruppe stabiler als $CF_3 - \overset{+}{C}H - CH_3$.
Das Radikal $CF_3 - CH\,Br - \dot{C}H_2$ ist stabiler als $CF_3 - \dot{C}H - CH_2\,Br$.

2.2.2-Trifluorethanol ist durch Ozonolyse von $CF_3 - CH = CH_2$ zugänglich:

Die Acidität der Alkohole sinkt in der Reihe

$$CF_3 - CH_2OH \;>\; CF_3 - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} - CH_3 \;>\; CF_3 - CH_2 - CH_2OH.$$

(III) (II) (I)

(III) und (II) sind acider als (I), da in (III) und (II) die Hydroxylgruppe näher zur Trifluormethylgruppe, die einen starken -I-Effekt ausübt, steht. (III) ist acider als (II), da in (II) der +I-Effekt der Methylgruppe wirkt.

Aufgabe 13 (OC)
Die Verbindung A ist in der Lage, vier Atome Brom zu addieren, d. h., sie besitzt entweder eine Dreifachbindung oder zwei Doppelbindungen.

Strukturvorschläge

(1) $CH_3 - C \equiv C - CH_3$ But-2-in

(2) $CH \equiv C - CH_2 - CH_3$ But-1-in

(3) $CH_2 = C = CH - CH_3$ Buta-1.2-dien

(4) $CH_2 = CH - CH = CH_2$ Buta-1.3-dien

Der Umsatz mit CuCl und $AgNO_3$-Lösung deutet auf Salzbildung. Stark aktivierte Wasserstoffatome besitzt nur (2).

$$CH \equiv C - CH_2 - CH_3 + Cu^+ \xrightarrow[-H^+]{} Cu\,C \equiv C - CH_2 - CH_3$$

roter Niederschlag

$$CH \equiv C - CH_2 - CH_3 + Ag^+ \xrightarrow[-H^+]{} Ag\,C \equiv C - CH_2 - CH_3$$

gelber Niederschlag

$$CH \equiv C - CH_2 - CH_3 + 2\,Br_2 \longrightarrow CHBr_2 - CBr_2 - CH_2 - CH_3$$

1.1.2.2-Tetrabrombutan

Aufgabe 14 (OC)

a) Die Angaben weisen auf einen Ester (A) hin, welcher in Anwesenheit von Basen hydrolysiert wird. Dabei erhält man eine Säure in Form nichtflüchtiger Salze und den Alkohol B, den man abdestilliert. Der Stoff B (C_3H_3O) kann Propan-1-ol oder Propan-2-ol sein. Er wird durch die hier beschriebenen Umsetzungen identifiziert:

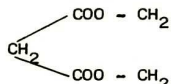
$$C_3H_7OH \xrightarrow[(H^+)]{+\,Br^-} C_3H_7\,Br \quad (C)$$

$$C_3H_7OH \xrightarrow[(H^+)]{-\,H_2O} CH_3 - CH = CH_2 \quad (D)$$

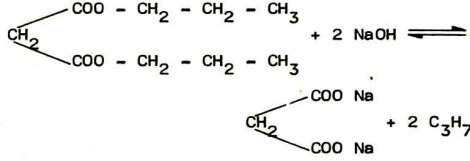
$$CH_3 - CH = CH_2 \xrightarrow{+\,HBr} CH_3 - CHBr - CH_3 \quad (E).$$

Entsprechend dem Sachverhalt der Aufgabe ist C isomer mit E, folglich ist C 1-Brompropan und B Propan-1-ol. Die molare Masse des Alkohols ($M = 60\ \frac{g}{mol}$) entspricht etwa 32 % der

molaren Masse des Esters ($M = 188 \frac{g}{mol}$). Es werden aber 64 % der Masse des Esters abdestilliert. Daraus folgt, daß man aus 1 mol Ester 2 mol Alkohol erhält. Demnach ist A der Ester einer zweibasischen Säure und hat unter Beachtung der gegebenen Summenformel $C_9 H_{16} O_4$ folgende Struktur:



b)



$$CH_3 - CH_2 - CH_2OH \xrightleftharpoons{H^+ \cdot Br^-} CH_3 - CH_2 - CH_2Br + H_2O$$

$$CH_3 - CH_2 - CH_2OH \xrightarrow{\Delta, (H^+)} CH_3 - CH = CH_2 + H_2O$$

$$CH_3 - CH = CH_2 \xrightarrow{+HBr} CH_3 - CHBr - CH_3$$

c) S_N-Mechanismus

$$CH_3 - CH_2 - CH_2OH \xrightleftharpoons{+H^+} CH_3 - CH_2 - \overset{+}{C}H_2OH_2$$

$$\xrightleftharpoons{+Br^-} CH_3 - CH_2 - CH_2Br + H_2O$$

A_E-Mechanismus

$$CH_3 - CH = CH_2 \xrightleftharpoons{+H^+} CH_3 - \overset{+}{C}H - CH_3$$

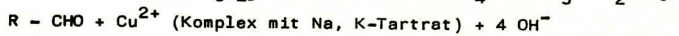
$$\xrightarrow{+Br^-} CH_3 - CHBr - CH_3$$

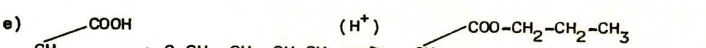
d) $$CH_3 - CH_2 - CH_2OH \xrightarrow{2\,[O]} CH_3 - CH_2 - CHO + H_2O$$

$$CH_3 - CHOH - CH_3 \xrightarrow{2\,[O]} CH_3 - CO - CH_3 + H_2O$$

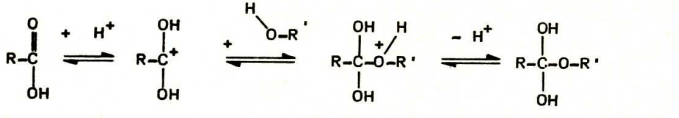
Diese Verbindungen unterscheidet man durch ihr Verhalten zu Silberdiamminhydroxid und Fehlingscher Lösung:







Additions-Eliminierungsmechanismus der Veresterung:



c) Die Reaktion mit Na führt zum Natriumethanat

$$2\ HCOOH + 2\ Na \longrightarrow 2\ HCOONa + H_2 \uparrow .$$

d) Methansäure vermag Brom zu Bromidionen zu reduzieren:

$$HCOOH + Br_2 \longrightarrow 2\ H^+ + 2\ Br^- + CO_2,$$

deshalb wird die Lösung entfärbt.

Es handelt sich also um Methansäure (Ameisensäure).

IChO-
Übungsaufgaben

Ministerium
für
Volksbildung

Zentrales
Methodisches
Kabinett
für außer-
unterrichtliche
Tätigkeit

HEFT 3

I C h O -
Ü b u n g s a u f g a b e n

Ministerium
für
Volksbildung

Zentrales
Methodisches
Kabinett
für außer-
unterrichtliche
Tätigkeit

Heft 3

Autorenkollektiv:
Die Teilnehmer des Jugendobjektes
Th. Wandlowski, Forschungsstudent
K. P. Waniek, Student
St. Bischoff, Wiss. Assistent
D. Köpke, Aspirant
weitere FDJ-Studenten der Sektion Bio./Chem.
sowie Prof. Dr. Kretschmer

Wissenschaftliche
Beratung der FDJ-
Kollektive:
Prof. Dr. Andrä, Dr. rer. nat. Bachmann, Doz. Dr. sc. Dittrich,
Doz. Dr. sc. nat. Fechtel, Dr. rer. nat. Hoppe, Prof. Dr. Kasper,
Dipl.-Chem. E. Mallon, Dr. rer. nat. Schäfer

1. Auflage
Ausgabe 1984
Lizenz Nr. 203/1000/84 (E)
LSV 0600
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: (52) VOB Nationales Druckhaus Berlin
Verlagstitelnummer 30 09 63-1

Vorwort

Im Heft 2 dieser Reihe veröffentlichten wir unter dem Zeichen JO drei Aufgaben. Die richtigen Lösungen sind:

JO.1: r_{Ar} = 0,192 nm; $r_{S^{2-}}$ = 0,184 nm; r_{Cl^-} = 0,181 nm
r_{K^+} = 0,133 nm; $r_{Ca^{++}}$ = 0,099 nm.

JO.2: $E_A = W_B - W_A$; exotherme Reaktion.

JO.3: pH = 4,84

Da zahlreiche Zuschriften aus allen Bezirken der DDR eintrafen, stellen wir den talentierten, an der Chemie interessierten Schülern in diesem Heft erneut drei durch das Zeichen JO gekennzeichnete Aufgaben (JO.4 bis JO.6). Die Lösungen sollen wiederum an die

FDJ-Leitung
der Pädagogischen Hochschule "N. K. Krupskaja"
4020 Halle
Kröllwitzer Str. 44

unter dem Kennwort "Jugendobjekt der Sektion Bio./Chem." bis zum 10. Februar 1985 gesandt werden.

Die besten Lösungen werden mit Bücherschecks der FDJ-Leitung der PH Halle "N. K. Krupskaja" prämiiert.

Aufgaben

Aufgabe 1 (Ex)[1]

In sechs Reagenzgläsern befinden sich wäßrige Lösungen von $FeSO_4$; H_2SO_4; $Mn(NO_3)_2$; H_2O_2; $Pb(NO_3)_2$; NaOH.

a) Identifizieren Sie den Ihnen unbekannten Inhalt der Lösungen, ohne dabei andere Reagenzien zu verwenden als die in den Gläsern vorhandenen!

b) Geben Sie ein Lösungsschema an!

c) Geben Sie neun Reaktionen (Gleichungen) an, die ablaufen, wenn Sie mehrere Proben mischen, und die ebenfalls zur Identifizierung genutzt werden können!

Aufgabe 2 (Ex)

a) In einem Maßkolben befindet sich eine Lösung, die Oxalsäure und Ammoniumoxalat enthält.

b) In einer von drei Flaschen (x,; y; z) befindet sich eine genau eingestellte reduzierende Substanz der Konzentration, $c = 0{,}1\ mol/dm^3$.

c) Des weiteren seien folgende Substanzen verfügbar:
$HCl, c = 0{,}100\ mol/dm^3$; $NaOH\ c \sim 2\ mol/dm^3$;
$KMnO_4, c \sim 0{,}02\ mol/dm^3$; $H_2SO_4 \sim 25\ \%$;
$HNO_3 \sim 2\ mol/dm^3$; $BaCl_2$ 5 %; $AgNO_3$ 5 %
$Hg_2(NO_3)_2$ 5 %; Phenolphthalein und Methylrot.

(1) Welche reduzierende Substanz ist in der Lösung? Schreiben Sie die Gleichungen der Reaktionen, mit denen Sie die Zusammensetzung anhand der zur Verfügung stehenden Chemikalien identifizierten!

(2) Bestimmen Sie die Masse der Oxalsäure und die Masse des Ammoniumoxalates der Lösung im Maßkolben!

(3) Begründen Sie die Auswahl des Indikators (Lassen Sie sich in einer Arbeitsgemeinschaft von einem anderen die Lösungen mischen und tauschen Sie aus!)

---

1 Die Aufgaben 1 bis 3 wurden auf der Internationalen Chemieolympiade 1983 in Timisoara gestellt.

Aufgabe 3 (Ex)

In den Reagenzgläsern A, B, C und D befinden sich vier Benzenderivate, die je eine oder zwei funktionelle Gruppen enthalten. Es sind insgesamt nur drei unterschiedliche funktionelle Gruppen vorhanden.

Zur Identifizierung stehen Ihnen folgende Reagenzien zur Verfügung $H_3\overset{+}{N}-C_6H_4-SO_3^-$; ; $NaNO_2$; $NaHCO_3$; H_2SO_4; NaOH; $FeCl_2$.

Identifizieren Sie die funktionellen Gruppen der vier Substanzen A, B, C und D! Formulieren Sie die Erkennungsreaktionen! Stellen Sie aus den Verbindungen B, C und D vier organische Farbstoffe her, indem Sie mit den genannten Chemikalien arbeiten, formulieren Sie die Gleichungen (Lassen Sie sich von Ihrem Lehrer die Substanzen vorgeben.)!

Aufgabe 4 (AC)

1,0 dm^3 einer 5 %igen NaOH-Lösung (ϱ = 1,054 $kgdm^{-3}$) vermischt man mit 1,0 dm^3 einer 4 %igen HCl-Lösung (ϱ = 1,020 $kgdm^{-3}$). Berechnen Sie den pH-Wert der entstandenen Lösung, deren Dichte ϱ = 1,019 $kgdm^{-3}$ beträgt!

Aufgabe 5 (AC)

Die Formeln der Stoffe KBr, H_2S, $MgCl_2$, CH_2Cl_2, NaOCl, PH_3, $SiCl_4$, NF_3 und CH_3OH sind mit Hilfe der Elektronenschreibweise anzugeben. Ziehen Sie Schlußfolgerungen bezüglich des ionischen oder kovalenten Charakters der Verbindung!

Aufgabe 6 (An.C.)

0,250 g einer Aluminium-Kupfer-Legierung werden im Reagenzglas mit Natriumhydroxidlösung versetzt. Bei Zugabe einer Arsentrichloridlösung entsteht ein Gas, das unter bestimmten Bedingungen 0,299 g Arsen abscheiden kann.

(1) Man formuliere die Gleichungen der ablaufenden Reaktionen!
(2) Man gebe die Zusammensetzung der Legierung in Masseprozent an!

Aufgabe 7 (An.C.)

Wenn man eine Chrom(III)-jodid-Lösung mit Kaliumhydroxid versetzt und das Gas A einleitet, dann ändert sich die Farbe der

Lösung nach gelb. Unter Berücksichtigung der unvollständigen Reaktionsgleichung:

$$CrJ_3 + KOH + A \longrightarrow B + KJO_3 + KCl + H_2O$$

wird verlangt:

(1) Erkläre die Farbänderung der Lösung und nenne die Formel von B!

(2) Bestimme die Dichte von A unter Normalbedingungen (1,013 Pa, 298 K)!

(3) Die vollständige Reaktionsgleichung.

Aufgabe 8 (PC)

Eine Probe, die die schwache einbasische Säure HA enthält, wird mit einer 0,1 mol/dm^3 NaOH enthaltenden Lösung titriert. Nachdem die Hälfte der Säuremenge titriert wurde, beträgt der pH-Wert, pH = 6 ($c_{H^+} = 10^{-6}$ mol/dm^3). Man berechne die Dissoziationskonstante der Säure!

Aufgabe 9 (PC)

Bestimme den pH-Wert einer starken Säure, deren Konzentration im Wasser zu $c_{HA} = 10^{-8}$ mol/dm^3 eingestellt worden ist!

Aufgabe 10 (PC)

0,1 dm^3 einer 0,01 mol/dm^{-3} KOH-Lösung wurde 20 Stunden mit einer Stromstärke von 1 A elektrolysiert.

Wieviel m^3 Wasserstoff unter Normalbedingungen entstehen an der Kathode?

Wieviel m^3 Sauerstoff unter Normalbedingungen entstehen an der Anode?

Wie ändert sich das pH im Verlaufe der Elektrolyse?

Bemerkung: Keine Verdampfung; Dichte der Lösung $\approx$ 1 kg/dm^3.

Aufgabe 11 (PC)

Man berechne die Gleichgewichtskonstante der folgenden Reaktion

$$C_{(fest)} + CO_{2(gasf.)} = 2CO_{(gasf.)} \qquad \text{bei T = 1273 K.}$$

Die Gleichgewichtskonstanten der Reaktionen

$$C_{(fest)} + 2\ H_2O_{(gasf.)} = CO_{2(gasf.)} + 2\ H_{2(gasf.)} \quad Kp = 0{,}39\ M\ Pa$$

$$H_{2(gasf.)} + CO_{2(gasf.)} = H_2O_{(gasf.)} + CO_{(gasf.)} \quad Kp = 0{,}07$$

sind für 1 273 K bekannt.

Aufgabe 12 (PC)

Die Analyse eines Gasgemisches von CO und CO_2 führt zu folgendem Ergebnis:

Masse von Kohlenstoff / Masse von Sauerstoff = 1 / 2.

a) Bestimmen Sie die Zusammensetzung in Masseprozenten!
b) Bestimmen Sie die Zusammensetzung in Volumenprozenten!
c) Für welche Werte des Verhältnisses Masse Kohlenstoff / Masse Sauerstoff wird die gleichzeitige Anwesenheit beider Gase ausgeschlossen?

Aufgabe 13 (PC)

Die großtechnische Darstellung des Stoffes B verläuft in der Gasphase gemäß Gleichung $A \rightleftharpoons B + C$.
Vom technologischen Standpunkt aus verläuft die Reaktion bei 101,00 KPa Druck und bei 280 K.
Die Trennung des Stoffes B erfolgt durch Kondensation, wobei bekannt ist, daß B (flüssig) die Stoffe A und C nicht auflösen kann, die in der Gasphase bleiben.
Unter den gegebenen Bedingungen beträgt die Gleichgewichtskonstante 10,1 KPa.
Nenne die Bedingungen, unter denen die Ausbeute an B flüssig am größten wäre!

Aufgabe 14 (OC)

Die allgemeine Reaktionsgleichung ist gegeben:

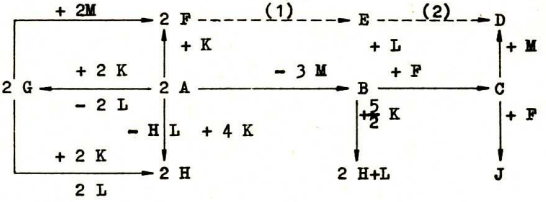
$A + B \rightarrow C$

Man bestimme die Stoffe A, B, C für folgende Fälle:

(1) Gas + Gas → Gas
(2) Gas + Gas → Feststoff
(3) Gas + Flüssigkeit → Feststoff
(4) Feststoff + Feststoff → Flüssigkeit!

Aufgabe 15 (OC)

Gegeben ist folgendes Reaktionsschema:



Aufgabe 16 (OC)

Benennen Sie die sauerstoffhaltige organische Substanz, durch die

a) eine ammoniakalische Silbernitratlösung zu metallischem Silber reduziert wird,
   die
b) mit Ethanol zu $C_3H_6O_2$ reagiert,
c) mit metallischem Natrium unter Wasserstoffentwicklung reagiert und die
d) in der Reaktion mit Bromwasser die Brom-Lösung entfärbt.

Es sind auch die Reaktionsgleichungen anzugeben!

Aufgabe JO.4

Für die Bestimmung der Verbindung $Na_xAl_yF_z$ wird der Aluminium- und Fluorgehalt folgendermaßen gemessen: 3,0 g $Na_xAl_yF_z$ werden in Wasser gelöst und auf 1 dm^3 aufgefüllt. Aus je $50 \cdot 10^{-3}$ dm^3 der Lösung erhält man mit entsprechenden Reagenzien 0,4475 g $Al(C_9H_6ON)_3$ bzw. 0,7908 $LaF_3 \cdot La_2O_3$. Man gebe die Zusammensetzung von $Na_xAl_yF_z$ an!

Aufgabe JO.5[1]

Eine Probe enthält ein Gemisch von Natriumchlorid und Kaliumchlorid. Sie wiegt 25 g. Nach dem Auflösen in Wasser werden 0,840 dm^3 $AgNO_3$-Lösung der Konzentration, c = 0,5 mol/dm^3, zugesetzt. Nach dem Abfiltrieren des Niederschlags, führt man in das Filtrat eine Kupferplatte der Masse, m = 0,100 kg, ein. Nach

1 Wurde den Aufgaben entnommen, die in Timisoara 1983 (Internationale Chemieolympiade) gestellt wurden.

einiger Zeit wiegt die Platte 0,10152 kg. Rechnen Sie die massenprozentuale Zusammensetzung des Gemisches aus!

Aufgabe J0.6[1]

Ein Mol der Substanz A reagiert mit 3 Mol der Substanz B im Beisein des Katalysators (z. B. $Ca(OH)_2$) gemäß

$$A + B \rightarrow C;\ C + B \rightarrow D;\ D + B \rightarrow E.$$

Durch Anlagerung von Wasserstoff an die Substanz E erhält man F ($E + H_2 \rightarrow F$).

F ist von folgender Zusammensetzung: C = 44,18 %; H = 8,82 %; O = 47 %. Molekulargewicht M = 136 g/mol; 13,6 g F reagieren mit 40,8 g Essigsäureanhydrid. Letztere Reaktion ergibt die Substanz G und Essigsäure. Identifizieren Sie die Substanzen A, B, C, D, E, F und G! Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen!

1 Wurde den Aufgaben entnommen, die in Timisoara 1983 (Internationale Chemieolympiade) gestellt wurden.

Lösungen

Aufgabe 1 (Ex)

a)

		1	2	3	4	5	6
		$FeSO_4$	H_2SO_4	$Mn(NO_3)_2$	H_2O_2	$Pb(NO_3)_2$	NaOH
1	$FeSO_4$		-	-	$Fe(OH)SO_4$ gelblich	$PbSO_4\downarrow$ weiß	$Fe(OH)_2\downarrow$ weiß-grün ↓ $Fe(OH)_3\downarrow$ braun-rot
2	H_2SO_4	-		-	-	$PbSO_4\downarrow$ weiß	
3	$Mn(NO_3)_2$	-	-		-	-	$Mn(OH)_2\downarrow$ weiß ↓ $MnMnO_3\downarrow$ braun-schwarz
4	H_2O_2	$Fe(OH)SO_4$ gelblich	-	-		-	-
5	$Pb(NO_3)_2$	$PbSO_4\downarrow$ weiß	$PbSO_4\downarrow$ weiß	-	-		$Pb(OH)_2\downarrow$ weiß ↓ $[Pb(OH)_4]^{2-}$
6	NaOH	$Fe(OH)_2\downarrow$ weiß-grün ↓ $Fe(OH)_3\downarrow$ braun-rot	-	$Mn(OH)_2\downarrow$ weiß ↓ $MnMnO_3\downarrow$ braun-schwarz	-	$Pb(OH)_2\downarrow$ weiß ↓ $[Pb(OH)_4]^{2-}$	

b)		Beobachtungen:
1+4	$2FeSO_4 + H_2O_2 \longrightarrow 2Fe(OH)SO_4$	Farbänderung $\longrightarrow$ gelblich (Fe^{3+})
1+5	$FeSO_4 + Pb(NO_3)_2 \longrightarrow PbSO_4\downarrow + Fe(NO_3)_2$	Bildung eines weißen Niederschlags ($PbSO_4\downarrow$)
1+6	$FeSO_4 + 2NaOH \longrightarrow Fe(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$ $2Fe(OH)_2 + 1/2O_2 + H_2O \longrightarrow 2Fe(OH)_3\downarrow$	Bildung eines weißgrünen Niederschlags ($Fe(OH)_2\downarrow$), der an der Luft zu einem braunroten Niederschlag ($Fe(OH)_3\downarrow$) oxidiert wird
2+5	$H_2SO_4 + Pb(NO_3)_2 \longrightarrow PbSO_4\downarrow + 2HNO_3$	Bildung eines weißen Niederschlags ($PbSO_1\downarrow$)
3+6	$Mn(NO_3)_2 + 2NaOH \longrightarrow Mn(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$ $2Mn(OH)_2 + 1/2O_2 \quad MnMnO_3 + 2H_2O$ $Mn(OH)_2 + 1/2O_2 \quad MnO_2 + H_2O$	Bildung eines weißen Niederschlags ($Mn(OH)_2\downarrow$), der an der Luft zu $MnMnO_3\downarrow$, einem braun-schwarzen Niederschlag oxidiert und mit der Zeit eventuell zu $MnO_2\downarrow$, einem schwarzen Niederschlag
5+6	$Pb(NO_3)_2 + 2NaOH \longrightarrow Pb(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$ $Pb(OH)_2\downarrow + 2NaOH \longrightarrow Na_2[Pb(OH)_4]$	Bildung eines weißen Niederschlags ($Pb(OH)_2\downarrow$), der sich in überschüssigem NaOH auflöst

c)		Beobachtungen:
1+2+4	$2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 \longrightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$	Farbänderung $\longrightarrow$ gelblich (Fe^{3+})
1+4+6	$2FeSO_4 + H_2O_2 + 4NaOH \longrightarrow 2Fe(OH)_3\downarrow + 2Na_2SO_4$	Bildung eines braunroten Niederschlags ($Fe(OH)_3\downarrow$)
3+4+6	$Mn(NO_3)_2 + H_2O_2 + 2NaOH \longrightarrow MnO_2\downarrow + 2H_2O + 2NaNO_3$	Bildung eines schwarzbraunen Niederschlags ($MnO_2\downarrow$)
5+4+6	$Pb(NO_3)_2 + H_2O_2 + 2NaOH \longrightarrow PbO_2\downarrow + 2H_2O + 2NaNO_3$	Bildung eines kaffeebraunen Niederschlags ($PbO_2\downarrow$)

Aufgabe 2 (Ex)

(1) Hinzufügen eines Tropfens H_2SO_4 und eines Tropfens $KMnO_4$ sowie erwärmen zeigt bei Entfärbung die reduzierende Substanz.

$Fe^{++} + 2OH^- \longrightarrow Fe(OH)_2$

$NH_4^+ + OH^- \longrightarrow H_2O + NH_3\uparrow$

$4NH_3 + 2Hg_2(NO_3)_2 + H_2O \longrightarrow O\begin{matrix}Hg\\Hg\end{matrix}NH_2 \cdot NO_3 + 2Hg + 3NH_4NO_3$

$SO_4^{--} + Ba^{++} \longrightarrow BaSO_4$

$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \triangleq x$

==========

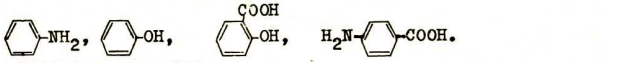
(2)

- 5 cm^3 der etwa 2 mol/dm^3 enthaltenden NaOH-Lösung werden auf 0,1 dm^3 aufgefüllt. Die genaue Konzentration wird durch Titration mit der vorgegebenen HCl bestimmt; (Indikator Phenolphthalein).
- Vcm^3(x) + 10 cm^3(H_2O) + 10 cm^3(H_2SO_4) + erwärmen + titrieren (mit $KMnO_4$) ⟶ Konzentration der $KMnO_4$-Lösung.
- Der Maßkolben wird aufgefüllt; Vcm^3 der Lösung werden mit NaOH titriert (Indikator Methylrot). Es kann der Oxalsäuregehalt im Maßkolben bestimmt werden.
- Vcm^3 Lösung des Maßkolbens werden mit 10cm^3 H_2O, 10cm^3 H_2SO_4 und 10cm^3 H_2O versetzt, erwärmt und mit der "eingestellten" $KMnO_4$ titriert, man erhält den Gesamtgehalt an Oxalat.
- Differenz aus Gesamtgehalt des Oxalates und Oxalsäure ergibt den Gehalt an Ammoniumoxalat.

(3) Zwei basische organische Säuren sind relativ starke Säuren, $H_2C_2O_4$ kann gegen NaOH sowohl mit Methylrot (Umschlagsgebiet pH = 4,4 bis 6,2) als auch mit Phenolphthalein (pH: 8,2 bis 10,0) titriert werden.
Es muß bei der gestellten Aufgabe aber mit Methylrot titriert werden! Im pH-Bereich des Phenolphthaleins ist die Reaktion $NH_4^+ + OH^- = H_2O + NH_3\uparrow$ nicht auszuschließen, die die Werte verfälscht.

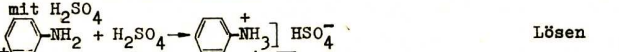
Aufgabe 3 (Ex)

Die vier Substanzen sind:

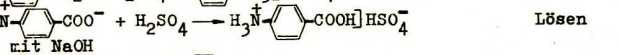


Identifizierungsreaktionen:

a) mit H_2SO_4

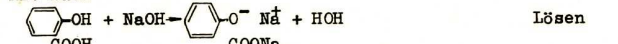


Lösen

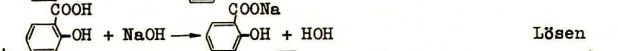


Lösen

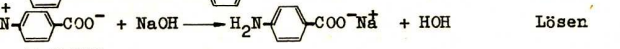
b) mit NaOH



Lösen

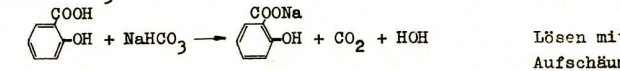


Lösen



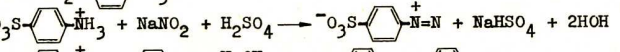
Lösen

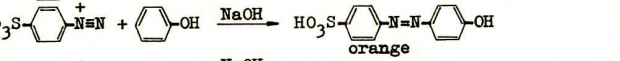
c) mit $NaHCO_3$



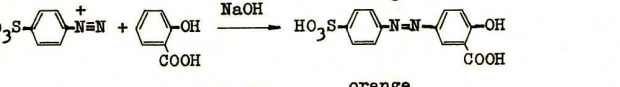
Lösen mit Aufschäumen

d) mit H_2N-

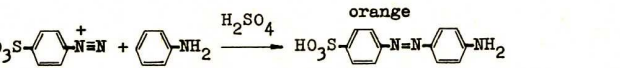




orange

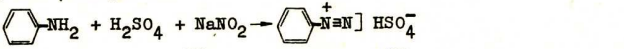


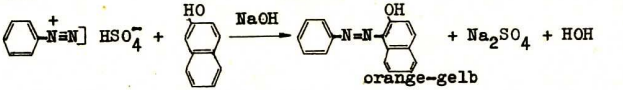
orange



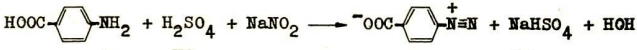
orange

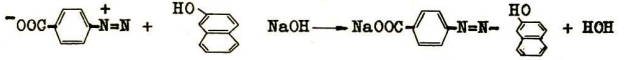
e) mit β-Naphthol





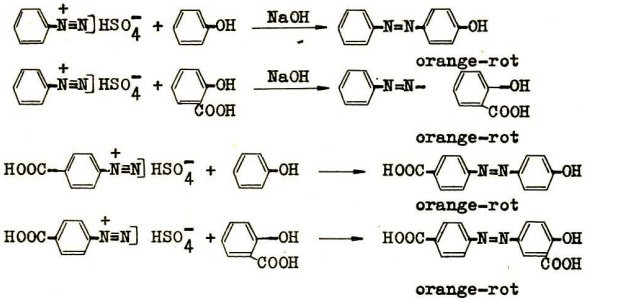
orange-gelb





rot

Folgende Farbstoffe werden hergestellt:



orange-rot

orange-rot

orange-rot

orange-rot

Aufgabe 4 (AC)

Gegeben: 1,0 dm^3 5 %ige NaOH, ϱ = 1,054 $kgdm^{-3}$
1,0 dm^3 4 %ige HCl, ϱ = 1,020 $kgdm^{-3}$
entstandene Lösung, ϱ = 1,019 $kgdm^{-3}$

Gesucht: pH-Wert

Lösung:

$$\varrho_{NaOH\text{-}Lsg} = \frac{m_{NaOH\text{-}Lsg}}{V_{NaOH\text{-}Lsg}}$$

$$m_{NaOH\text{-}Lsg} = 1{,}054\ kgdm^{-3} \cdot 1 \cdot dm^3 = 1{,}054\ kg$$

$$m_{NaOH\text{-}Lsg} : 100\ \% = m_{NaOH} : 5\ \%$$

$$m_{NaOH} = \frac{1{,}054\ kg \cdot 5\ \%}{100\ \%} = \underline{0{,}0527\ kg}$$

0,0527 kg NaOH entsprechen 1,317 mol NaOH

$$\varrho_{HCl\text{-}Lsg} = \frac{m_{HCl\text{-}Lsg}}{V_{HCl\text{-}Lsg}}$$

$$m_{HCl\text{-}Lsg} = 1{,}020\ kgdm^{-3} \cdot 1\ dm^3 = 1{,}020\ kg$$

$m_{HCl\text{-}Lsg} : 100\ \% = m_{HCl} : 45\ \%$

$$m_{HCl} = \frac{1{,}020\ kg \cdot 4\ \%}{100\ \%} = \underline{0{,}0408\ kg}$$

0,0408 kg HCl entsprechen 1,118 mol HCl. Die überschüssige NaOH ergibt sich aus der Differenz von 1,317 mol und 1,118 mol zu 0,199 mol. Das Volumen der entstandenen Lösung ergibt sich zu

$$\varrho_{Lsg} = \frac{m_{NaOH\text{-}Lsg} + m_{HCl\text{-}Lsg}}{v_{Lsg}}$$

$$v_{Lsg} = \frac{2{,}074\ kg\ dm^3}{1{,}019\ kg} = \underline{2{,}035\ dm^3}$$

Die Konzentration der überschüssigen NaOH beträgt
$\frac{0{,}199\ mol}{2{,}035\ dm^3} = 9{,}78 \cdot 10^{-2}\ mol\ dm^{-3}$.
Der pH-Wert berechnet sich gemäß der Definition zu pH = 12,99.

Aufgabe 5 (AC)

Elektronenschreibweise	Differenz der Elektronegativitäten	Charakter der Verbindung
K → Br	2,0	ionisch
H-S-H	0,4	kovalent
Cl ← Mg → Cl	1,8	ionisch
H Cl-C-Cl H	0,5 (C-Cl) 0,4 (C-H)	konvalent
Na → O-Cl	2,6 (Na-O) 0,5 (O-Cl)	ionisch
H H - P - H Cl	0	kovalent
Cl ← Si → Cl Cl	1,2	kovalent
F F - N - F	1,0	kovalent

Elektronenschreibweise	Differenz der Elektronegativitäten	Charakter der Verbindung
H H – C – O – H H	0,5 (C–O) 0,4 (C–H) 1,4 (O–H)	kovalent

Aufgabe 6 (AnC)

(1) $Al + NaOH + 3\ H_2O \longrightarrow Na\ Al(OH)_4 + \frac{3}{2}\ H_2$

$AsCl_3 + \frac{3}{2}\ H_2 \longrightarrow As\ H_3 + 3\ HCl$

$As\ H_3 \longrightarrow As + \frac{3}{2}\ H_2$

(2) Berechnung des Masseprozentgehalts:

Aus (1) ergibt sich

$$n_{Al} = n_{As} = \frac{m_{Al}}{M_{Al}} = \frac{m_{As}}{M_{As}}.$$

Damit gilt:

$$m_{Al} = \frac{m_{As} \cdot M_{Al}}{M_{As}} = \frac{0{,}299\ g \cdot 26{,}981\ g\ mol^{-1}}{74{,}922\ g\ mol^{-1}} = 0{,}108\ g$$

Der Prozentgehalt an Aluminium ergibt sich mit

$$\frac{m_{Al}}{m_{ges}} = \frac{0{,}108\ g}{0{,}250\ g} = 0{,}432 \text{ zu } 43{,}2\ \%.$$

Die Legierung enthält 43,2 % Aluminium und 56,8 % Kupfer.

Aufgabe 7 (AnC)

(1) In alkalischer Lösung erfolgt die Oxydation der Chrom(III)-ionen zu Chromat(VI)-ionen. Aus einer Stoffbilanz kann B als Kaliumchromat K_2CrO_4 ermittelt werden.

(2) Als Gas A wird Cl_2 eingeleitet. Für die Dichte von Cl_2 erhält man $\varrho = \frac{M}{V_M}$, M ... molare Masse von Cl_2;
V_M ... molares Volumen von Cl_2

$$\varrho = \frac{71\ g\ mol}{22{,}4\ mol\ dm^3}$$

$$\varrho = 3{,}17\ g\ dm^{-3}$$

(3) $2\ CrJ_3 + 52KOH + 21Cl_2 \longrightarrow 2K_2CrO_4 + 6KJO_3 + 42KCl + 26H_2O$

Aufgabe 8 (PC)

Ist die Hälfte der Säure neutralisiert, so gilt $c_{A^-} = c_{HA}$; es folgt $c_{A^-}/c_{HA} = 1$. Mit der Henderson-Hasselbalchschen Gleichung,

$pH = pK_A + \lg \frac{c_{A^-}}{c_{HA}}$, folgt somit $pH = pK_A$.

Mit $pH = -\lg c_{H^+}$ ergibt sich $pK_A = 6$ und $K_D = 10^{-6}\ \frac{mol}{dm^3}$.

Aufgabe 9 (PC)

$$pH = -\lg \frac{c_{H^+}}{mol/dm^3} \qquad c_{H^+} = (10^{-7} + 10^{-8})\ mol/dm^3$$

$$pH = -\lg (10^{-7} + 10^{-8})$$

$$pH = -\lg (1{,}10 \cdot 10^{-7})$$

$$pH = 7 - 0{,}04$$

$$pH = 6{,}96$$

Die starke Säure hat in wäßriger Lösung einen pH-Wert von 6,96.

Aufgabe 10 (PC)

(1) Ablaufende Reaktion

$$2\ H_2O \longrightarrow 2\ H_2 + O_2$$

(2) Zur Bildung von 1 mol Wasserstoff sind zwei Elektronen nötig. Durch Anwendung der Faradayschen Gesetze erhält man für die Sauerstoffmenge unter Normalbedingungen:

$$n_{H_2} = \frac{J \cdot t}{F \cdot z}$$

$$n_{H_2} = \frac{RO \cdot 1 \quad A \cdot n\ mol}{26{,}8 \cdot 2\ An}$$

$$n_{H_2} = 0{,}373\ mol \triangleq 8{,}355 \cdot 10^{-3}\ m^3\ (H_2)$$

(3) Wegen (1) gilt $n_{H_2} : n_{O_2} = 2 : 1$. Man erhält für n_{O_2}:

$$n_{O_2} = 0{,}1865\ mol \triangleq 4{,}1775 \cdot 10^{-3}\ m^3\ O_2$$

(4) Zur Bestimmung der pH-Wert-Änderung wird zunächst der pH-Wert der Ausgangslösung bestimmt.

$c_{H^+} \cdot c_{OH^-} = K_W = c_{H^+} \cdot 10^{-2} = 10^{-14}$; $c_{H^+} = 10^{-12}$; $pH = 12$.

(5) Wegen (1) und (2) werden im Verlauf der Elektrolyse 0,373 mol Wasser ≙ 6,72 g Wasser ≙ 6,72 $\cdot 10^{-3}$ dm^3 umgesetzt.

Das Volumen der KOH-Lösung verringert sich auf $(0{,}1 - 6{,}72\ 10^{-3})$ dm^3 = 93,28 10^{-3} dm^3.
Die Stoffmenge der Kalilauge hat sich wegen (1) nicht verändert.
n_{KO_4} = 0 M mol dm^{-3} · 0,1 dm^3 = 0,001 mol » als n_{OH^-} aus der Dissoziation des Wassers.

(6) Der pH-Wert der Endlösung ist bestimmt durch:

$$pH = 14 - p^{(OH^-)} = 14 + \lg c_{OH^-} = 14 + \lg \frac{0{,}001}{93{,}28 \cdot 10^{-3}}$$

$$= 14 + \lg 1{,}072 \cdot 10^{-2}$$

$$= 12{,}03$$

Nach (4) und (6) vergrößert sich der pH-Wert um ΔpH = 0,03.

Aufgabe 11 (PC)

Folgende Gleichgewichte werden bei gleicher Temperatur betrachtet:

(1) $C_{(fest)} + CO_{2(gasf.)} \rightleftharpoons 2CO_{(gasf.)}$

(2) $C_{(fest)} + 2\ H_2O_{(gasf.)} \rightleftharpoons CO_{2(gasf.)} + 2\ H_{2(gasf.)}$

(3) $H_{2(gasf.)} + CO_{2(gasf.)} \rightleftharpoons H_2O_{(gasf.)} + CO_{(gasf.)}$

Die Massenwirkungsgesetze für (1), (2), (3) ergeben sich zu:

$$(\overline{1})\quad Kp_1 = \frac{p_{CO}^2}{p_{CO_2}}$$

$$(\overline{2})\quad Kp_2 = \frac{p_{CO_2} \cdot p_{H_2}^2}{p_{H_2O}^2} = 0{,}39\ \text{M Pa}$$

$$(\overline{3})\quad Kp_3 = \frac{p_{H_2O} \cdot p_{CO}}{p_{H_2} \cdot p_{CO_2}} = 0{,}07.$$

Durch Kombination von (2) und (3), analog $(\overline{2})$ und $(\overline{3})$ erhält man für $(\overline{1})$:

$$(4)\quad Kp_1 = Kp_2 \cdot Kp_3^2 = \frac{p_{H_2O}^2 \cdot p_{CO}^2 \cdot p_{CO_2} \cdot p_{H_2}^2}{p_{H_2}^2 \cdot p_{CO_2}^2 \quad p_{H_2O}^2} = \frac{p_{CO}^2}{p_{CO_2}}.$$

Durch Einsetzen der Zahlenwerte für Kp_2 und Kp_3 wird Kp_1 zu 1,91 KPa ermittelt.

Aufgabe 12 (PC)

Es sei: x = Stoffmenge CO und y = n_{CO_2} in 100 g des Gemisches

$28x + 44y = 100$

$\frac{12(x + y)}{16(x + 2y)} = \frac{1}{2}$

x = 1,389 mol (CO)

y = 1,389 mol (CO_2)

a) $\frac{1,389 \cdot 44}{100} \cdot 100\ \% = 61,11\ \%\ (CO_2)$

$\frac{1,389 \cdot 28}{100} \cdot 100\ \% = 38,89\ \%$ CO

b) x=y; 50 % (CO_2); 50 % (CO) Volumenprozente

c) Beide Gase können nicht gleichzeitig anwesend sein, wenn

$\frac{m\ (\text{von C})}{m\ (\text{von } O_2)} = \frac{12}{16}$ (reines CO) oder

oder $= \frac{12}{32}$ (reines CO_2).

Aufgabe 13 (PC)

$A \rightleftharpoons B + C$; $K_p = \frac{P_B \cdot P_C}{P_A} = 10,10$ kPa

Es entstehen 1 mol B und 1 mol C, d. h. $n_B = n_C$ und $P_B = P_C$;

es folgt 10,10 kPa $= \frac{P_B^2}{P_A}$; 10,10 kPa $\cdot\ P_A = P_B^2$.

Gesamtdruck: $P_{Ges} = P_A + P_B + P_C = P_A + 2\ P_B = 101,0$ kPa

Es ist: $P_A = 101$ kPa $- 2\ P_B$.

Entsprechendes Einsetzen in das MWG ergibt

$10,10\ \text{kPa}\ (101\ \text{kPa} - 2\ P_B) = P_B^2$

$P_B = 23,4$ kPa; $P_C = 23,4$ kPa; $P_A = 54,2$ kPa.

Die Ausbeute steigt mit größerem Druck.
Zur Temperaturabhängigkeit kann wegen fehlender Daten keine Aussage gemacht werden. Durch eine Kondensation von B steigt die Ausbeute.

Aufgabe 14 (OC)

(1) C_2H_2 + 2 H_2 ⟶ C_2H_6

Ethin — Wasserstoff — Ethan

(2) NH_3 + HCl ⟶ NH_4Cl

Ammoniak — Chlorwasserstoff — Ammoniumchlorid

(3) 2 H_2 + $C_{15}H_{27}COOH$ ⟶ $C_{15}H_{31}COOH$

Wasserstoff — Hexydidekansäure — Hexadekansäure

(4) C + 2 S ⟶ CS_2

Kohlenstoff — Schwefel — Kohlendisulfid

Aufgabe 15 (OC)

Der stöchiometrische Faktor $\frac{5}{2}$ deutet auf Sauerstoff hin. Eine sinnvolle Stoffbilanz liefert dann sofort:

H: CO_2

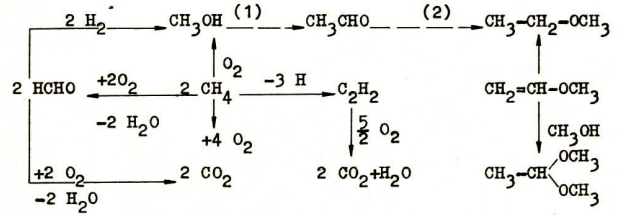
L: H_2O

B: C_2H_2.

Die Bildung von B ist das Ergebnis einer Eliminierungsreaktion. Für M : H_2 gilt A = CH_4.

Da K und L bekannt sind, sind nun G als HCHO, F als CH_3OH und E als CH_3CHO identifizierbar. B reagiert ferner mit F (Methanol) zu einem Vinylether C: $CH_2 = CH - OCH_3$, der mit Wasserstoff zum Methyl-ethylether D hydriert werden kann bzw. in Gegenwart eines weiteren Moles Methanol (F) zum unsymmetrischen Produkt J reagiert:

Man erhält folgendes Reaktionsschema:



Beispiele für die Mehrstufenreaktionen (1) und (2) sind:

(1) $2\ CH_3OH \xrightarrow{-H_2} 2\ HCHO \rightarrow CH_2(OH)-CHO \xrightarrow{+H_2} CH_2(OH)-CH_2(OH) \xrightarrow{-H_2O} CH_3CHO$

(2) $CH_3CHO \xrightarrow{CH_3OH} CH_3CH(OH)-OCH_3 \xrightarrow[+H_2]{-H_2O} CH_3-CH_2-OCH_3$

Aufgabe 16 (OC)

Wegen b) hat die Substanz nur 1 Kohlenstoffatom unter der Voraussetzung, daß in der Reaktion mit Ethanol nur ein kohlenstoffhaltiges Produkt, nämlich $C_3H_6O_2$ entsteht.
In Frage kommen Methanol (1), Methanal (2) und Methansäure (3), da die Verbindung sauerstoffhaltig sein soll.

(1) Methanol kann mit Ethanol nicht zu $C_3H_6O_2$ reagieren, höchstens zum Ether, der aber nur 1 O-Atom enthält.

(2) Methanal reagiert mit Ethanol zum Halbacetal:

$$H-CHO + CH_3CH_2OH \longrightarrow H_2C(OH)(OC_2H_5)$$

das die Summenformel $C_3H_8O_2$ hat.

(3) Für Methansäure sind folgende Reaktionen möglich:

a) $2\ HCOOH + 2\ Ag^+ \longrightarrow 2\ CO_2 + 2\ H^+ + 2\ Ag$,
denn Methansäure enthält die -CHO-Gruppe.

b) In der Reaktion mit Ethanol bildet sich Methansäureethylester ($C_3H_6I_2$)
$HCOOH + CH_3-CH_2OH \longrightarrow HCOOC_2H_5 + H_2O$.

c) Die Reaktion mit Na führt zum Natriumethanat

$$2\ HCOOH + 2\ Na \longrightarrow 2\ HCOONa + H_2 \uparrow .$$

d) Methansäure vermag Brom zu Bromidionen zu reduzieren:

$$HCOOH + Br_2 \longrightarrow 2\ H^+ + 2\ Br^- + CO_2,$$

deshalb wird die Lösung entfärbt.

Es handelt sich also um Methansäure (Ameisensäure).

IChO-
Übungsaufgaben

Ministerium
für
Volksbildung

Zentrales
Methodisches
Kabinett
für außer-
unterrichtliche
Tätigkeit

HEFT 4

Autorenkollektiv:
Die Teilnehmer des Jugendobjektes
Th. Wandlowski, Forschungsstudent
K.-P. Waniek, Forschungsstudent
Dipl.-Lehrer H. Böttger
sowie
Dr. U. Mocker
Dipl.-Lehrer St. Bischoff
Dipl.-Chem. E. Mallon
Prof. Dr. E. Kretschmer

Wissenschaftliche Beratung der FDJ-Kollektive:
Prof. Dr. K. Andrä, Dr. rer. nat. G. Bachmann, Prof. Dr. J. Dittrich, Doz. Dr. sc. nat. G. Fechtel, Dr. rer nat. H. Hoppe, Prof. Dr. F. Kasper, Dr. rer nat. W. Schäfer

1. Auflage
Ausgabe 1985
Lizenz Nr. 203/1000/85 (E)
LSV 0600
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: (52) VOB Nationales Druckhaus
Verlagstitelnummer 30 09 81-1

Vorwort

Im Heft 3 dieser Reihe stellten wir unter dem Zeichen JO drei Aufgaben.

Die richtigen Lösungen sind:

JO.4: $Na_5Al_3F_{14} = Na[AlF_4] \cdot 2\ Na_2[AlF_5]$ (Chiolith)

JO.5: 70 Masse% NaCl, 30 Masse% KCl

JO.6: A: $CH_3-C(=O)-H$ B: $H-C(=O)-H$ C: $HOCH_2-CH_2-C(=O)-H$

D: $HOCH_2-CH(CH_2OH)-C(=O)-H$ E: $HOCH_2-C(CH_2OH)_2-C(=O)-H$

F: $HOCH_2-C(CH_2OH)_2-CH_2OH$ G: $CH_3COOCH_2-C(CH_2OCOCH_3)_2-CH_2OCOCH_3$

In diesem Heft stellen wir erneut drei durch das Zeichen JO gekennzeichnete Aufgaben vor. Die Lösungen sollen wiederum an die FDJ-Leitung der Pädagogischen Hochschule "N. K. Krupskaja", 4020 Halle, Kröllwitzer Str. 44 gesandt werden (bis 10. Februar 1986).

Die besten Einsendungen werden mit Bücherschecks prämiert.

Die Aufgaben des Heftes 4 sind etwas anspruchsvoller als die vorangegangenen, nutzen Sie daher Literatur und diskutieren Sie die gestellten Probleme mit Ihrem Lehrer.

Aufgaben

Aufgabe 1 (Ex)

In 12 numerierten Reagenzgläsern befinden sich in unbekannter Reihenfolge Lösungen folgender Chemikalien: HCl (verd.); HNO_3 (verd.); H_2SO_4 (verd.); NaCl; $BaCl_2$; $Al(NO_3)_3$; NaOH (verd.); Na_2CO_3; NaI; Na_2S; NH_3; $AgNO_3$.

Man gebe eine Möglichkeit zur Identifizierung der Lösungen ohne Verwendung zusätzlicher Chemikalien an! Fertigen Sie ein entsprechendes Schema an! (verd. soll etwa einer Konzentration von 1 bis 2 mol dm^{-3} entsprechen)

Aufgabe 2 (Ex)

1. Bauen Sie ein Daniell-Element auf:
   Zn (Hülse einer verbrauchten Taschenlampenbatterie)/ $ZnSO_4$ (etwa 1 mol dm^{-3}), KCl (Stromschlüssel), $CuSO_4$/ Cu-Blech
   Als Stromschlüssel dient ein mit gesättigter KCl-Lösung gefülltes, an den Enden mit Watte verstopftes U-Rohr.
2. Stellen Sie sich folgende Kupfersulfatlösungen her: (0,1; 0,5; 1) mol dm^{-3}.
3. Messen Sie die Potentialdifferenz zwischen den Elektroden mit einem geeigneten Meßgerät in Abhängigkeit von der Kupferkonzentration. Elektroden gut mit Sandpapier reinigen bzw. in HNO_3. Tragen Sie die Ergebnisse in eine Tabelle ein.
4. Wie ändert sich die Potentialdifferenz mit steigender Kupfersalzkonzentration?
5. Informieren Sie sich über ionensensitive Elektroden (z. B. E. Kretschmer in "Wissenschaft und Fortschritt" 32 (1982) 53). Was sind ionensensitive Elektroden?
6. Informieren Sie sich über elektrochemische Stromquellen (z. B. K. Wiesener in "Wissenschaft und Fortschritt" 26 (1976) 72) und erklären Sie die Wirkungsweise einer Taschenlampenbatterie.

Aufgabe 3 (Ex)

Auf 6 Reagenzgläser sind die Substanzen Acetamid, β-Naphthylamin, o-Kresol, 1,2-Dibromethan, Benzylamin und Chlorbenzen verteilt.

Identifizieren Sie die Verbindungen mit Hilfe der Ihnen zur Verfügung stehenden Reagenzien: NaOH, $NaNO_2$, H_2SO_4, β-Naphthol, HCl, HNO_3, $FeCl_3$ und 2 %ige ethanolische $AgNO_3$-Lösung!

Aufgabe 4 (AC)

Ein Mineral (Karbonat) wurde analysiert (1,000 g dieser Probe enthalten 0,304 g CaO und 0,2173 g MgO). Wird zur gleichen Menge Untersuchungssubstanz Chlorwasserstoffsäure im Überschuß gegeben, so entstehen 0,2676 dm^3 CO_2 bei 294 K und 99,32 kPa. Bestimmen Sie die Formel des untersuchten Minerals und nennen Sie den Namen!

Aufgabe 5 (AC)

Das Halogen X_2 wird mit dem Kaliumhalogenid KY nach folgender Gleichung umgesetzt, $2\ KY + X_2 \rightleftharpoons 2\ KX + Y_2$ (I), in kalter Natriumhydroxidlösung disproportioniert das Halogen X_2 entsprechend $2\ KOH + X_2 \rightleftharpoons KXO + KX + H_2O$ (II). Wird Y_2 mit Kohlenstoffdisulfid versetzt, entsteht eine rotbraune Lösung (III).

Man bestimme die Halogene X_2 und Y_2 und begründe die Entscheidung.

Aufgabe 6 (AC)

Die Wasserstoffverbindungen der Elemente X und Y werden mit Wasser umgesetzt. Die Verbindung XH bildet eine Säure, YH setzt sich unter Wasserstofffreisetzung zu einer basischen Lösung um.

1. Der Wahrheitsgehalt folgender Aussagen bezogen auf XH bzw. YH ist zu prüfen!
   a) Das Element (X bzw. Y) bildet die elektronegativere Komponente der entstehenden Elementwasserstoffverbindung.
   b) Das Element bildet die elektropositive Komponente der entsprechenden Elementwasserstoffverbindung.
   c) Die Wasserstoffverbindung des entsprechenden Elementes ist bei 298 K und Normaldruck eine feste Verbindung.

d) Die Wasserstoffverbindung ist unter den Bedingungen von c) flüssig.

e) Die Wasserstoffverbindung ist unter den Bedingungen von c) ein Gas.

f) Das Element besitzt metallischen Charakter.

g) Das Element besitzt nichtmetallischen Charakter.

2. Können die Wasserstoffverbindungen XH und YH miteinander reagieren? Wenn ja, welche Reaktionsprodukte entstehen?

Aufgabe 7 (AC)

In einer Tabelle befinden sich 12 Verbindungen, die entweder braun, gelb oder weiß sind. Aus jeder Zeile ist eine Formel genau so umzuordnen, daß in jeder Zeile nur noch Formeln von Verbindungen gleicher Farbe stehen!

SnS	PbO_2	ZnS	$Cu_2[Fe(CN)_6]$
AgCl	PbI_2	$BaSO_4$	$CaCO_3$
CuO	CdS	As_2S_3	$BaCrO_4$

Aufgabe 8 (PC)

In einem Druckgefäß mit dem Volumen V = 0,99456 dm^3 befinden sich bei 423 K 0,100 g eines Gasgemisches von Stickstoff und Methan.

Man berechne den Gesamtdruck des Gemisches und die Partialdrücke der einzelnen Komponenten, wenn das Gasgemisch 31,014 Masseprozent Stickstoff enthält.

Aufgabe 9 (PC)

Man bestimme die Kalziumionenkonzentration einer Kalziumoxalatlösung, die über einem Bodensatz steht und 10^{-3} mol dm^{-3} Chlorwasserstoffsäure enthält. Das Löslichkeitsprodukt von Kalziumoxalat beträgt $K_L = 1{,}78 \times 10^{-9}$ mol^2 dm^{-6}, die Dissoziationskonstanten der Oxalsäure sind $K_1 = 3{,}8 \times 10^{-2}$ mol dm^{-3} und $K_2 = 3{,}5 \times 10^{-5}$ mol dm^{-3}.

Aufgabe 10 (PC)

Ein Autoklav mit V = 0,1 dm^3 wird bei einem Luftdruck von $P_1 = 10^5$ Pa und der Temperatur T = 298 K mit Argon gespült und danach mit Diethylether und einem nicht flüchtigen Reaktions-

gemisch gefüllt. Das Volumen und der Partialdruck des Reaktionsgemisches können vernachlässigt werden. Der Autoklav wird nach dem Verschließen auf 573 K erhitzt.
Welche Menge Diethylether kann man maximal in das Reaktionsgefäß einbringen, damit ein Druck von 5 MPa nicht überschritten wird?

Aufgabe 11 (PC)

Gegeben sind die Standardredoxpotentiale einiger Elektrodenreaktionen, mit dem größten beginnend:

$MnO_4^-/Mn^{2+} > Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+} > MnO_2/Mn^{2+} > Br_2/Br^- >$

$Hg^{2+}/Hg_2^{2+} > Ag^+/Ag > Fe^{3+}/Fe^{2+} > I_2/I^- > Sn^{4+}/Sn^{2+}$

$> S/H_2S > H^+/H_2 > Cr^{3+}/Cr^{2+} > Zn^{2+}/Zn.$

Man bestimme die Richtung der folgenden Redoxprozesse und vervollständige die Reaktionsgleichungen!

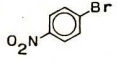
a) $Fe_2(SO_4)_3 + MnSO_4 + 2H_2O$ ——— $MnO_2 + FeSO_4 + H_2SO_4$
b) $HgCl_2 + SnCl_2$ ——— $SnCl_4 + Hg_2Cl_2$
c) $KMnO_4 + KI + H_2SO_4$ ——— $MnSO_4 + I_2 + K_2SO_4$
d) $Cr_2(SO_4)_3 + Br_2 + K_2SO_4$ ——— $K_2Cr_2O_7 + KBr + H_2SO_4$
e) $Cr_2(SO_4)_3 + HI$ ——— $Cr\,SO_4 + H_2SO_4 + I_2$
f) $Br_2 + H_2S$ ——— $HBr + S$
g) $H_2 + ZnCl_2$ ——— $HCl + Zn$
h) $AgNO_3 + Zn$ ——— $Zn(NO_3)_2 + Ag$
i) $FeBr_3$ ——— $FeBr_2 + Br_2$
j) FeI_3 ——— $FeI_2 + I_2$

Aufgabe 12 (OC)

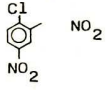
Eine flüchtige Verbindung A, bestehend aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Chlor wurde analysiert. Durch Oxydation von 0,2200 g dieser Verbindung mit Luft entstehen 0,1950 g CO_2 und 0,0804 g H_2O. Bei der quantitativen Chlorbestimmung wurden aus 0,1320 g A mit Silbernitrat 0,3822 g Silberchlorid erhalten. 0,1089 g der Substanz A nehmen bei einer Temperatur von 408,15 K und einem Druck von 102,2 kPa ein Volumen von $37{,}15 \times 10^{-3}$ dm^3 ein.
Man bestimme die Formel der gesuchten Verbindung!

Aufgabe 13 (OC)

Machen Sie Vorschläge zur Darstellung folgender Verbindungen aus Benzen:

1. 

2. 

3. 

Aufgabe 14 (OC)

Wie verhalten sich folgende Verbindungen bei Normaltemperatur gegenüber Wasser:

1. Acetylchlorid
2. Propionsäureamid
3. Essigsäure-iso-butylester
4. Acetanhydrid?

Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen und begründen Sie die Angaben!

Aufgabe 15 (OC)

Ein Kohlenwasserstoff A reagiert mit Wasser unter Bildung von B. B wird zu C oxydiert. Das Reaktionsprodukt von C mit B entsteht unter Abspaltung von Wasser und sei D. Die Elementaranalyse von D ergibt 54,54 % C und 9,10% H (Stoff D enthält nur C,H,O).

Geben Sie für A, B, C und D Namen und Strukturformel an!

Aufgabe J0.7

60 mg eines NaCl-KCl-Gemisches verbrauchen bei der argentometrischen Cl^--Bestimmung 9,5 ml einer $AgNO_3$-Lösung, die 0,1 mol dm^{-3} enthält.

Ermitteln Sie die prozentuale Zusammensetzung!

Aufgabe J0.8

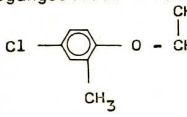
Einer neutral reagierenden $BaCl_2$-Lösung wird ein Kationenaustauscher zugesetzt. Die Suspension wird bis zur Einstellung des Gleichgewichtes gerührt.

Angaben: Kationenaustauscher in der H-Form, AH, 1 g in 0,1 dm^3, Austauschkapazität 5 mmol g^{-1}; Konzentration des Elektrolyten 0,05 mol dm^{-3} ($BaCl_2$).

1. Formulieren Sie das sich in der Lösung einstellende Gleichgewicht!
2. Wieviel Masse-% der Bariumionen sind an den Austauscher gebunden, wenn nach dem Abfiltrieren des Austauschers im Filtrat pH = 1,7 gemessen wird (es soll angenommen werden, daß keine H^+-Ionen am Austauscher adsorbiert werden).
   (Über Ionenaustauscher können Sie sich im Lehrwerk Chemie, Lehrbuch 5 "Elektrolytgleichgewichte und Elektrochemie", S. 262 ff. informieren.)

Aufgabe JO.9

Schlagen Sie einen Syntheseweg für das Herbizid Mecoprob (s. u.) unter Verwendung von Phenol und 2-Hydroxypropansäure als zu nutzende Ausgangsstoffe vor!



Mecoprob

Aufgabe 1 (Ex)

Jede Lösung wird mit einer der elf anderen umgesetzt. Aus dem Vergleich der auftretenden Gasentwicklung, Farbänderung und aus den Niederschlägen erfolgt die Identifizierung (siehe Schema auf Seite 9).

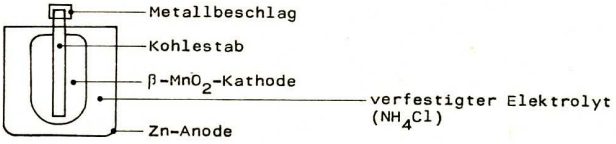
Es ergibt sich: Reagenzglas 1: (waagerecht) 2x Gasentwicklung, 1x Niederschlag, es kann entsprechend dem Schema nur HCl sein; ... bzw. Reagenzglas 8: 3x Gas, 2x Niederschlag, 1x Niederschlag im Überschuß löslich, es ist Na_2CO_3.
Zu den Reaktionen gehören die folgenden Ionengleichungen:

I	$2H^+ + CO_3^{2-} \rightleftharpoons H_2O + CO_2$		
II	$2H^+ + S^{2-} \rightleftharpoons H_2S$		charakteristischer Geruch
III	$Ag^+ + Cl^- \rightleftharpoons AgCl$		weißer Niederschlag
IV	$Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightleftharpoons BaSO_4$		weißer Niederschlag
V	$2Ag^+ + SO_4^{2-} \rightleftharpoons Ag_2SO_4$		in hohen Konzentrationen Trübung
VI	$Ba^{2+} + CO_3^{2-} \rightleftharpoons BaCO_3$		weißer Niederschlag
VII	$Al^{3+} + 3OH^- \rightleftharpoons Al(OH)_3$		weißer Niederschlag
VIII	$Al(OH)_3 + OH^- \rightleftharpoons [Al(OH)_4]^-$		farblose Lösung
IX	$2Ag^+ + 2OH^- \rightleftharpoons Ag_2O + H_2O$		brauner Niederschlag
X	$2\,Ag^+ + CO_3^{2-} \rightleftharpoons Ag_2CO_3$		gelber Niederschlag
XI	$Ag^+ + I^- \rightleftharpoons AgI$		gelber Niederschlag
XII	$2\,Ag^+ + S^{--} \rightleftharpoons Ag_2S$		schwarzer Niederschlag
XIII	$Ag_2O + 4NH_3 + H_2O \rightleftharpoons 2[Ag(NH_3)_2]^+ + 2OH^-$		farblose Lösung
XIV	$NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_3 + H_2O$		NH_3-Geruch

	1. HCl	2. HNO_3	3. H_2SO_4	4. NaCl	5. $BaCl_2$	6. $Al(NO_3)_3$	7. NaOH	8. Na_2CO_3	9. NaI	10. Na_2S	11. NH_3	12. $AgNO_3$
1. HCl								I		II		III
2. HNO_3								I		II		
3. H_2SO_4					IV			I		II		V
4. NaCl												III
5. $BaCl_2$			IV					VI				III
6. $Al(NO_3)_3$							VII; VIII	VII		VII	VII	
7. NaOH						VII; VIII						IX
8. Na_2CO_3	I	I	I		VI	VII						X
9. NaI												XI
10. Na_2S	II	II	II			VII						XII
11. NH_3						VII						XIII
12. $AgNO_3$	III		V	III	III		IX	X	XI	XII	IX; XIII	
Gasentwicklung	2x	2x	2x					3x		3x		
Niederschlag	1x		2x	1x	3x	4x	1x	2x	1x	2x	2x	9x
Niederschlag im Überschuß löslich						1x	1x	1x				1x

Aufgabe 2 (Ex)

4. Die Potentialdifferenz wächst mit steigender Kupfersalzkonzentration.
5. Ionensensitive Elektroden gestatten es, aus Potentialdifferenzen Konzentrationen bestimmter Ionen zu ermitteln.
6.



Der Mechanismus ist kompliziert und kann wie folgt formuliert werden:

$Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e$ (Anode schickt positive Ladungen in Lösung, lädt sich negativ auf)

$Zn + 2NH_4Cl \rightleftharpoons Zn(NH_3)_2Cl_2 + 2H^+$ (Chemische Reaktion in der Braunsteinschicht)

$2\beta\text{-}MnO_2 + 2e + 2H^+ \rightleftharpoons 2\ MnOOH$

$Zn + 2NH_4Cl + 2\beta\text{-}MnO_2 \rightleftharpoons Zn(NH_3)_2Cl_2 + 2\ MnOOH$

Aufgabe 3 (OC)

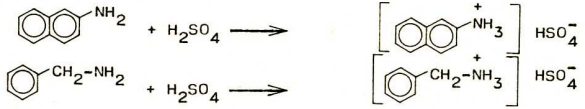
In 5 %iger Natronlauge sind Acetamid und o-Kresol gut löslich. Tritt beim Erhitzen der Lösung Ammoniakgeruch auf oder verfärbt sich in das Reagenzglas gehaltenes feuchtes Unitestpapier blau, so liegt Acetamid vor.



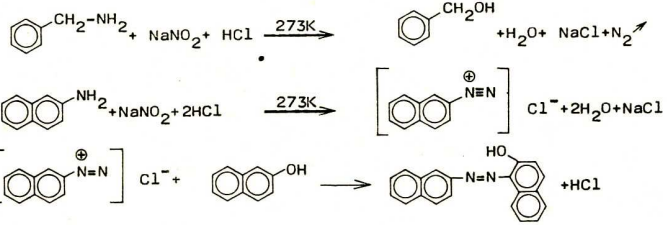
$CH_3\text{-}CONH_2 + NaOH \longrightarrow CH_3\text{-}COONa + NH_3$

o-Kresol ergibt mit wäßriger $FeCl_3$-Lösung eine Blaufärbung.

In konzentrierter Schwefelsäure lösen sich β-Naphthylamin und Benzylamin.



Zu ihrer Unterscheidung wird die Reaktion mit salpetriger Säure bei 273 K (0 °C) herangezogen. Bei Benzylamin tritt eine starke Gasentwicklung auf, aus β-Naphthylamin läßt sich über das Diazoniumsalz mit Hilfe von β-Naphthol ein orangeroter Farbstoff herstellen.



1,2-Dibromethan und Chlorbenzen sind auch in konzentrierter Schwefelsäure nicht löslich. Jeweils eine Probe beider Substanzen wird mit etwas Wasser und 2 %iger ethanolischer $AgNO_3$-Lösung versetzt und eventuell erhitzt. Fällt Silberhalogenid aus, welches sich nach Zugabe von HNO_3 nicht löst, so liegt hydrolysierbares Halogen, also 1,2-Dibromethan vor.

$$Br\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}Br + H_2O \longrightarrow Br\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}OH + H^+ + Br^-$$

$$Ag^+ + Br^- \longrightarrow AgBr$$

Aufgabe 4 (AC)

Bestimmung der Zusammensetzung des Minerals:

Ca: 1,0000 g Probe ≙ 0,2174 g Ca ≙ 21,74 %

Mg: 1,0000 g Probe ≙ 0,1310 g Mg ≙ 13,10 %

C: Volumen CO_2 unter Normalbedingungen vermöge

$$V_o = \frac{p\ V\ T_o}{T\ p_o} \qquad (1)$$

$= 0{,}2435\ dm^3$, das sind 0,4783 g CO_2.

Daraus folgt

1,0000 g Probe ≙ 0,1304 g C ≙ 13,04 %.

Sauerstoff ergibt sich aus dem Differenzbetrag zu 100 % mit 52,12 %.

Ermittlung der Summenformel:
Ca: 21,74/40,08 = 0,54; Mg: 13,10/24,31 = 0,54;
C: 13,04/12,01 = 1,08; O: 52,12/16,00 = 3,26.
Es folgt das Atomverhältnis im Mineral zu:
Ca : Mg : C : O = 1 : 1 : 2 : 6
Chemische Formel: $CaMg(CO_3)_2$ - Dolomit

Aufgabe 5 (AC)

X_2 Chlor; Y_2 Brom. Wegen (1) kann Y_2 nur Brom oder Iod sein. Da sich Iod mit violetter Farbe in CS_2 löst, scheidet dieses Halogen aus. Da Fluor nicht disproportioniert, muß X_2 Chlor sein.

Aufgabe 6 (AC)

+ bedeutet wahr, - falsch

1. Aussage

	X	Y
a	+	-
b	-	+
c	-	+
d	-	-
e	+	-
f	-	+
g	+	-

2. Die Elementwasserstoffverbindungen können unter Bildung des Salzes $Y_m X_n$ und gasförmigen Wasserstoffes miteinander reagieren.

Aufgabe 7 (AC)

Braun	SnS	PbO_2	CuO	$Cu_2[Fe(CN)_6]$
Weiß	AgCl	ZnS	$BaSO_4$	$CaCO_3$
Gelb	PbI_2	CdS	As_2S_3	$BaCrO_4$

Aufgabe 8 (PC)

$$\sum p_i = P;\ p_i = n_i \frac{RT}{V};\ P = \frac{RT}{V} \sum n_i;\ \frac{p_i}{p} = \frac{n_i}{n}$$

$$n_{N_2} = \frac{31{,}04 \times 10^{-3}\ kg}{28 \times 10^{-3}\ kg/mol} = 1{,}107\ mol \triangleq 3{,}916\ MPa$$

$$n_{CH_4} = 4{,}312\ mol \qquad \triangleq 15{,}25\ MPa$$

$$p_{total} = \frac{423(K) \cdot 8{,}314(J/mol\ K)}{0{,}99456 \cdot 10^{-3}\ m^3} (1{,}107 + 4{,}312)\ mol = 19{,}16\ MPa$$

Aufgabe 9 (PC)

Stoffbilanz in der Lösung:

$n_{Ca} = n_{Ca^{2+}} + n_{CaOx}$ (1); $n_{Ox} = n_{Ox^{2-}} + n_{HOx^-} + n_{H_2Ox} + n_{CaOx}$ (2);

$n_{Ca} = n_{Ox}$ (3); $c_{Ca^{2+}} = c_{Ox^{2-}} + c_{HOx^-} + c_{H_2Ox}$ (4).

Ferner gelten folgende Gleichgewichte (Annahme $c_{H^+} \approx c_{HCl}$

$$c_{Ox^{2-}} = K_L / c_{Ca^{2+}} \qquad (5)$$

$$c_{HOx^-} = c_{Ox^{2-}} \cdot \frac{c_{H^+}}{K_2} = \frac{K_L \cdot c_{H^+}}{c_{Ca^{2+}} \cdot K_2} \qquad (6)$$

$$c_{H_2Ox} = c_{Ox^{2-}} \cdot \frac{c_{H^+}^2}{K_1 \cdot K_2} = \frac{K_L \cdot c_{H^+}^2}{K_1 K_2 \cdot c_{Ca^{2+}}} \qquad (7)$$

Aus (4), (5), (6) und (7) folgt:

$$c_{Ca^{2+}} = (K_L / c_{Ca^{2+}}) \left(1 + \frac{c_{H^+}}{K_2} + \frac{c_{H^+}^2}{K_1 \cdot K_2}\right) \qquad (8)$$

$$c_{Ca^{2+}} = \sqrt{K_L \left(1 + c_{H^+}/K_2 + c_{H^+}^2 / K_1 \cdot K_2\right)} \qquad (9)$$

$$= \sqrt{1{,}78 \times 10^{-9} \frac{mol^2}{dm^6} \left(1 + \frac{10^{-3} mol\ dm^3}{3{,}5\ mol\ dm^3} + \frac{10^{-6}\ mol^2\ dm^3\ dm^3}{dm^6\ 3{,}5 \times 10^{-5} mol \cdot 3{,}8 mol}\right)}$$

$$= \underline{2{,}32 \times 10^{-4}\ mol\ dm^{-3}}$$

Aufgabe 10 (PC)

Die Zustandsgrößen im Ausgangszustand seien mit dem Index 1 gekennzeichnet, diejenigen nach dem Erhitzen mit 2.

$T_1 = 288\ K;\ T_2 = 573\ K;\ p_1 = 10^5\ Pa;\ p_2 = 5 \times 10^6\ Pa$

$p_{total} = p_{2_{Ar}} + p_{2_{Ether}} = 5 \times 10^6\ Pa$

$$p_{2_{Ar}} = \frac{p_{1_{Ar}} \cdot T_2}{T_1},\quad p_{2_{Ether}} = \frac{m}{M}\frac{RT_2}{V}$$

$$p_{total} = \frac{10^5 N \cdot 573\ K}{m^2 288\ K} + \frac{m \cdot 10^3\ mol \cdot 8{,}314\ J\ 573\ K}{74\ kg \cdot mol \cdot K \cdot 10^{-4} m^3} \leq 5 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$m \leq 7{,}46 \times 10^{-3}\ kg$$

Aufgabe 11 (PC)

a) $Fe_2(SO_4)_3 + MnSO_4 + 2\ H_2O \longleftarrow MnO_2 + 2\ FeSO_4 + 2H_2SO_4$

b) $2HgCl_2 + SnCl_2 \longrightarrow SnCl_4 + Hg_2Cl_2$

c) $2KMnO_4 + 10KI + 8\ H_2SO_4 \longrightarrow 2MnSO_4 + 5I_2 + 6\ K_2SO_4 + 8H_2O$

d) $Cr_2(SO_4)_3 + 3\ Br_2 + 4K_2SO_4 + 7H_2O \longleftarrow K_2Cr_2O_7 + 6KBr + 7\ H_2SO_4$

e) $Cr_2(SO_4)_3 + 2\ HI \longleftarrow 2\ CrSO_4 + H_2SO_4 + I_2$

f) $Br_2 + H_2S \longrightarrow 2\ HBr + S$

g) $H_2 + ZnCl_2 \longleftarrow 2\ HCl + Zn$

h) $2\ AgNO_3 \cdot Zn \longrightarrow Zn(NO_3)_2 + 2\ Ag$

i) $2\ FeBr_3 \longleftarrow 2\ FeBr_2 + Br_2$

j) $2\ FeI_3 \longrightarrow 2\ FeI_2 + I_2$

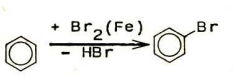
Aufgabe 12 (OC)

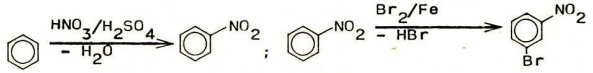
Die Verbindung sei $C_xH_yCl_z$. Dann gilt: 1 mol A ≙ x mol CO_2;
1 mol A ≙ y/2 mol H_2O; 1 mol A ≙ z mol $AgNO_3$.
0,2200 g A ≙ 0,0532 g C ≙ 24 %; 0,2200 g A ≙ 0,0089 g H ≙ 4 %;
und 0,1320 g A ≙ 0,0946 g Cl ≙ 71,6 %. Die Differenz zu 100 %
ist auf Analysenfehler zurückzuführen.
Bestimmung der Verhältnisformel von A:
C : H : Cl = 24/12 : 4/1 : 71,6/35,5 = 2 : 4 : 2,02
Es folgt: $(C\ H_2Cl)_n$
Bestimmung der Molmasse von A:

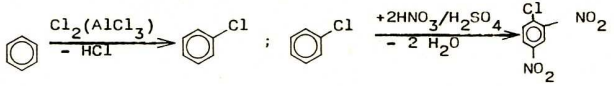
$$M = \frac{m\ R\ T}{p\ V} = 97{,}3\ kg/kmol$$

Ein Vergleich mit der Verhältnisformel von A ergibt n = 2. $C_2H_4Cl_2$, ein Dichlorethan ist die gesuchte Verbindung.

Aufgabe 13 (OC)

1. 

2. 

3- 

Begründung: Br bzw. Cl als Substituenten 1. Ordnung dirigieren in o- oder p-Stellung.
NO_2 als Substituent 2. Ordnung dirigiert in m-Stellung.

Aufgabe 14 (OC)

1. und 4. reagieren aufgrund hoher Carbonylaktivität.

$CH_3COCl + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + HCl$

$(CH_3CO)_2O + H_2O \rightleftharpoons 2\ CH_3COOH$

2. und 3.

$C_2H_5CONH_2 + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5COO^-NH_4^+$, es erfolgt keine Hydrolyse aufgrund geringer Carbonylaktivität.



Es erfolgt keine Hydrolyse aufgrund einer Abschirmung der Carbonylgruppe durch die sperrige i-Butylgruppe.

Aufgabe 15 (OC)

a) Aus der Elementaranalyse folgt: 36,36 % O

b) 54,54/12 : 9,10/1 : 36,36/16 = 4,55 : 9,1 : 2,3 = 2 : 4 : 1
Verhältnisformel von D $(C_2H_4O_1)_m$.

c) Fall 1 : A ≙ Alkan steht im Widerspruch mit Angaben der Aufgabe, A $\xrightarrow{H_2O}$ B.

Fall 2: A ≙ Alkin steht im Widerspruch mit Angaben der Aufgabe, denn im Falle des Äthins bildet sich Acetaldehyd, der weder nach B $\xrightarrow[-H_2O]{O_2}$ C, noch nach B + C $\xrightarrow{-H_2O}$ D reagieren kann. In allen anderen Fällen bildet sich bei der Reaktion mit Wasser ein Keton, da bei der möglichen Keto-Enol-Tautomerie das Gleichgewicht praktisch vollständig auf der Seite des Ketons liegt.

Fall 3: A ≙ Alken. Es folgt entsprechend der Aufgabe:

$C_nH_{2n} + H_2O \longrightarrow C_nH_{2n+2}O$ (B = Alkanol)

$C_nH_{2n+2}O + O_2 \longrightarrow C_nH_{2n}O_2 + H_2O$

und

$C_nH_{2n}O_2 + C_nH_{2n+2}O \longrightarrow C_{2n}H_{4n}O_2 + H_2O.$

Stoff A:	C_2H_4	Ethen
Stoff B:	C_2H_6O	Ethanol
Stoff C:	$C_2H_4O_2$,	Ethansäure
Stoff D:	$C_4H_8O_2$	Ethansäureethylester

IChO-
Übungsaufgaben

Ministerium
für
Volksbildung

Zentrales
Methodisches
Kabinett
für außer-
unterrichtliche
Tätigkeit

HEFT 5

IChO-
Übungsaufgaben

Ministerium
für
Volksbildung

Zentrales
Methodisches
Kabinett
für außer-
unterrichtliche
Tätigkeit

Heft 5

Autorenkollektiv:
Die Teilnehmer des Jugendobjektes der Sektion Biologie/Chemie
an der Pädagogischen Hochschule Halle "N. K. Krupskaja"
P. Bögelsack Studentin
P. Heiduschka Forschungsstudent
T. Wandlowski Forschungsstudent
K.-P. Waniek Forschungsstudent
O. Wittek Studentin
sowie
Dipl. Lehrer St. Bischoff; Doz. Dr. sc. nat. G. Fechtel;
Prof. Dr. sc. nat. E. Kretschmer; Dipl. Chem. E. Mallon;
Dr. rer nat. P. Meyer; Dr. G. Weber

Wissenschaftliche Beratung der FDJ-Kollektive:
Prof. Dr. K. Andrä; Prof. Dr. J. Dittrich; Doz. Dr. sc. nat.
G. Fechtel; Prof. Dr. F. Kasper; Prof. Dr. E. Kretschmer

Endredaktion: Prof. Dr. Kretschmer.

1. Auflage
Ausgabe 1986
Lizenz Nr. 203/1000/86 (E)
LSV 0600
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: (52) VOB Nationales Druckhaus Berlin
Verlagstitelnummer 30 10 12-1

Vorwort

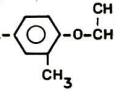
Im Heft 4 dieser Reihe stellten wir unter dem Zeichen JO drei Aufgaben. Die richtigen Lösungen sind:

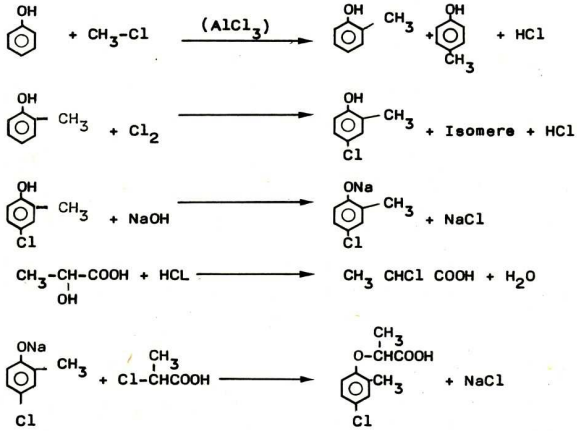
JO 7: 34,5 % KCl; 65,5 % NaCl

JO 8: 1. $2AH + Ba^{2+} \rightleftharpoons A_2Ba + 2H^+$

2. pH = 1,7; $C_{H^+} = 0{,}02\ mol/dm^{-3}$; $C_{Ba^{2+}}$ (gebunden) = $= 0{,}01\ mol$

$$W = \frac{C_{Ba^{2+}}\ (gebunden)}{C_{o_{Ba^{2+}}}} \cdot 100\ \% = 20\ \%$$

JO 9: Syntheseweg von Mecoprob: Cl-



In diesem Heft stellen wir erneut durch das Zeichen JO gekennzeichnete Aufgaben vor. Die Lösungen sollen wiederum an die FDJ-Leitung der Pädagogischen Hochschule Halle "N. K. Krupskaja", 4020 Halle, Kröllwitzer Str. 44, gesandt werden (bis 10. Februar 1987). Bitte geben Sie die Adresse Ihrer Schule an. Die besten Einsendungen werden mit Bücherschecks prämiiert. Nutzen Sie zur Lösung der Aufgaben Literatur, und diskutieren Sie mit Ihrem Lehrer oder Zirkelleiter! Die mit (Ex) gekennzeichneten Aufgaben sollen zum experimentellen Arbeiten in Zirkeln und in außerunterrichtlichen Arbeitsgemeinschaften anregen.

Aufgaben

Aufgabe 1 (Ex)

LANDOLDT[1] untersuchte u. a. die nach ihm benannte Zeitreaktion. Iodat wird durch Sulfitionen reduziert. Dabei entstehen Iodidionen, die im sauren Milieu sehr rasch mit noch vorhandenem Iodat reagieren.

$$IO_3^- + 3SO_3^{2-} \longrightarrow I^- + 3SO_4^{2-} \qquad \text{langsam} \qquad (1)$$

$$IO_3^- + 5I^- + 6H^+ \longrightarrow 3I_2 + 3H_2O \qquad \text{schnell} \qquad (2).$$

Iod wird von SO_3^{2-} sehr schnell zu Iodid reduziert. Nach Gleichung (2) entstandenes I_2 kann nur dann mit Stärke sichtbar gemacht werden, wenn nach (1) alles SO_3^{--} verbraucht ist, die Reaktion

$$I_2 + SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow 2I^- + 6H^+ + 3SO_4^{2-} \qquad (3)$$

also nicht mehr abläuft. Stellen Sie mit Ihrem Zirkelleiter bzw. Lehrer folgende Stammlösungen S her:

---

1 HANS HEINRICH LANDOLT (1831 bis 1910) war von 1891 bis 1904 Institutsdirektor an der Berliner Universität, der heutigen HUMBOLDT-UNIVERSITÄT zu Berlin. Unter seiner Leitung erschienen 122 Veröffentlichungen, vor allem zur Untersuchung optisch aktiver Substanzen und zum Gesetz von der Erhaltung der Masse.

S 1. 4 g KIO_3 werden mit dest. Wasser auf 100 ml im Maßkolben aufgefüllt (4%ige Lösung).

S 2. Eine 0,05%ige schweflige Säure (bei Verwendung einer im Handel erhältlichen Säure 1 ml auf 100 ml auffüllen).

S 3. 0,5 g lösliche Stärke auf 100 ml auffüllen. Aus diesen Lösungen bereiten Sie sich die Reaktionslösungen R_I und R_{II} in zwei Reagenzgläsern.

Reaktionslösung I (R_I): 2,5 ml H_2O (dest.) + 1 ml S_3 + 0,5 ml S_2

Reaktionslösung II (R_{II}): 1 ml S_1

a) S_2 darf nicht gar zu lange mit der Luft in Berührung stehen, und auch nicht allzulange aufgehoben werden; warum? Gießen Sie R_I und R_{II} in einem Becherglas zusammen, und stoppen Sie die Zeit, bis die Blaufärbung einsetzt (wie entsteht die blaue Farbe?).

b) Geben Sie zu R_I mit einer Pipette 1 dann 2, 3 ... usw. Tropfen HCl, und messen Sie nach dem Zusammengießen von R_I und R_{II} mit einem geeigneten Indikatorpapier jeweils das pH und die Zeit bis zur Blaufärbung! Fertigen Sie eine Tabelle als Versuchsprotokoll, und stellen Sie das Ergebnis graphisch dar, in dem die Zeit t gegen pH bzw. t gegen Tropfen der Säure aufgetragen wird!

c) Wiederholen Sie den Versuch b, tropfen Sie aber Ethansäure zu! Diskutieren Sie die unter b) und c) erhaltenen experimentellen Ergebnisse.

d) Tragen Sie die Reaktionszeit über dem Logarithmus der Tropfenzahl auf!

e) Erwärmen Sie beide Reaktionslösungen in einem Wasserbad auf 313 K und 333 K! Welche Resultate erhalten Sie nach dem Zusammengießen bei höheren Temperaturen? Der Versuch kann auch mit Bromat, Bromid und H_2SO_3 durchgeführt werden. Zur Endpunktbestimmung ist dann Methylrot geeignet, das durch entstehendes Br_2 entfärbt wird.

Aufgabe 2 (Ex)

Stellen Sie sich eine zur Maßanalyse geeignete Permanganatlösung her! MnO_4^- hat folgende Standardpotentiale,

MnO_4^- + $8H^+$ + 5e $\rightleftharpoons$ Mn^{2+} + $4H_2O$ $\quad E_1 = +1{,}52$ V (1)

und

MnO_2 + $4H^+$ + 3e $\rightleftharpoons$ MnO_2 + $2H_2O$ $\quad E_2 = +1{,}67$ V (2)

1. Welche Bedingungen begünstigen die Reduktion zum zweiwertigen Mangan?
2. Wieviel g $KMnO_4$ sind theoretisch in 1 dm^3 Wasser zu lösen, damit die Lösung $^1/_{10}$ mol Elektronen aufnehmen kann, wenn die Reduktion des MnO_4^- bis zum Mn^{2+} erfolgt?
3. Bestimmen Sie die Konzentration der gemäß 2. hergestellten Lösung sofort und nachdem diese eine Stunde auf 80 °C (Wasserbad) erwärmt worden ist oder längere Zeit (8 bis 14 Tage) gestanden hat!
   Zu diesem Zweck wägen Sie (100 bis 150) mg $Na_2C_2O_4$ ab, indem Sie die auf einem Wägeglas abgewogene Menge in einen Erlenmeyerkolben (weiter Hals) geben und das Wägegläschen - ohne auf Spuren von $Na_2C_2O_4$ auf dem Glas zu achten - zurückwiegen (Differenzwägung). Das Oxalat wird in 100 bis 150 cm^3 H_2O gelöst, und es werden 10 cm^3 H_2SO_4 (konz.) zugesetzt. Nach dem Erwärmen (80 °C) titrieren Sie die Oxalatlösung. Erklären Sie die unterschiedlichen Resultate bei sofortiger Titration und bei der Titration nach dem Erwärmen!
4. Schreiben Sie das Redoxgleichungspaar und die Gesamtreaktion auf, die auf 1 mol Elektronen bezogen sind (Ionengleichungen)!
5. Geben Sie die Konzentration (in mol/dm^3) der hergestellten $KMnO_4$-Lösung (sofort nach dem Einwiegen) an!
6. Welche Ionen und Substanzen können manganometrisch bestimmt werden? (Nennen Sie die Formeln von zehn Ionen oder Substanzen!)
7. Wie können Sie in einer Lösung von $Na_2C_2O_4$ und $H_2C_2O_4$ (Säurekonstanten der Oxalsäure $K_1 = 10^{-1,2}$ mol dm^{-3} und $K_2 = 10^{-4,2}$ mol dm^{-3}) den Salz- und den Säuregehalt bestimmen, wenn nur maßanalytisch gearbeitet werden soll? Geben Sie die Reaktionsgleichungen an!
8. Stellen Sie sich eine unter 7. genannte Mischung her, und bestätigen Sie durch eine entsprechende Titration die Richtigkeit Ihrer Einwaage!

Aufgabe 3 (Ex)

Trennen Sie ohne Durchführung der fraktionierten Destillation und der Kristallisation das folgende Gemisch in die einzelnen Komponenten!

p-Nitrobenzoesäure, Ethansäure, Cyclohexanon

Aufgabe 4 (AC)

Das Element Bor kommt in der Natur u. a. im Borax ($Na_2B_4O_7 \times 10H_2O$) vor. Die Borsäure (H_3BO_3) wird daraus durch Behandeln mit Salzsäure oder Schwefelsäure gewonnen:

4.1. Von wieviel g Borax muß man ausgehen, um 30 g Borsäure zu erzeugen?
Geben Sie auch die Reaktionsgleichung mit an!

4.2. Wieviel cm^3 25%ige Salzsäure (ρ = 1,12 g cm^{-3}) muß man zusetzen, um die Umsetzung entsprechend 4.1. zu ermöglichen (bei theoretischen Umsetzungen)?

4.3. Geben Sie einen Strukturvorschlag für Borax an! (die Koordinationszahlen des Bors sind 3 und 4)

Aufgabe 5 (AC)

Im Jahre 1905 veröffentlichte Alfred Werner die erste umfassende Theorie der Komplexchemie, die es ermöglichte, Probleme wie das folgende zu klären:

Durch eine wäßrige Lösung von Cobalt II-chlorid, Ammoniumchlorid und Ammoniak wird bei Raumtemperatur einige Stunden Luft gesaugt. Es bildet sich eine kristalline Verbindung A, deren Strukturformel anhand folgender Informationen ermittelt werden soll:

a) A enthält w (Co) = 0,2203 Cobalt, w (H) = 0,0678 Wasserstoff, w (Cl) = 0,3976 Chlor und w (N) = 0,3143 Stickstoff.

b) Mit verdünnter wäßriger Natronlauge reagiert A bei Raumtemperatur nicht, erst beim Kochen mit konzentrierter Natronlauge wird Ammoniak freigesetzt.

c) Mit einer wäßrigen Silbernitratlösung ergibt A Silberchlorid sowie eine einkernige chloridfreie Cobalt-Verbindung.

d) In wäßriger Lösung dissoziiert 1 mol A in 4 mol Ionen; die elektrische Leitfähigkeit der Lösung entspricht der eines Elektrolyten vom Typ $K^{3+}/3\ X^-$ (K = Kationen; X = Anion).

5.1 Ermitteln Sie anhand der Befunde a) bis d) die Summenformel von A!

5.2 Erklären Sie kurz (in einem Satz) die Aussagen der Reaktion b)!
5.3 Welche Aussage folgt aus c)?
5.4 Welche Aussage folgt aus d)?

Aufgabe 6 (AC)

Aus 5 ml etherischer Lösung eines Lithiummethoxyaluminiumhydrids $LiAlH_x(OCH_3)_{4-x}$ entwickeln sich bei der Hydrolyse bei 298 K und 0,0978 MPa 32,6 ml Wasserstoff. Die Titration des bei der Hydrolyse entstandenen Lithiumhydroxids ergibt einen Verbrauch von 6,5 ml Salzsäure der Konzentration c = 0,1 mol dm^{-3}.

6.1. Welche Konzentration hatte die ursprüngliche Lösung des komplexen Hydrids in mol dm^{-3}?
6.2. Welche Summenformel hat das komplexe Hydrid?
6.3. Wie lautet die Reaktionsgleichung der vollständigen Hydrolyse?
6.4. Welche Strukturformel hat $LiAlH_4$?
6.5. Erklären Sie kurz, warum $LiAlH_4$ mit Wasser reagiert!

Aufgabe 7 (AC)

1 g Calciumphosphid reagiert mit einem Überschuß an Säure. Das getrocknete Gas wird unter Ausschluß von O_2 auf 673 K erhitzt und zerfällt so in die Elemente, deren Zustand gasförmig ist. Das Volumen der Zersetzungsprodukte ist V = 1,06 dm^3 bei dem Druck P = 0,1030 Pa.

1. Schreiben Sie die Reaktionsgleichung der ersten Reaktion auf!
2. Berechnen Sie die molekulare Formel für Phosphor unter den gegebenen Bedingungen der Zersetzungsreaktion!

Aufgabe 8 (AC)

Für welche Menge eines Gemisches, das 40 Massen-% NaOH und 60 Massen-% CaO enthält, werden bei der Titration 20 ml Salzsäure der Konzentration c = 0,1 mol dm^{-3} verbraucht?

Aufgabe 9 (PC)

1. Essigsäure hat die Dissoziationskonstante $K(HAc) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ mol/dm^3. Geben Sie an, welcher Dissoziationsgrad der HAc richtig ist, wenn die Einwaage der HAc in der Lösung den Wert c(HAc) = 0,25 mol/dm^3 hat!
   a) 0,021 % b) 0,21 % c) 0,85 % d) 1,3 % e) 8,4 %. Nennen Sie den Buchstaben und das richtige Ergebnis!

2. Eine Lösung des Volumens V = 1,00 dm^3 wird mit Bleiiodid gesättigt. Die Konzentration des Iodids ist $c(I^-)$ = 2,7 m mol/dm^3.

Bezeichnen Sie den Buchstaben, der den richtigen Zahlenwert für das Löslichkeitsprodukt angibt

a) $3{,}6 \cdot 10^{-6}$ $(mol/dm^3)^2$ b) $2{,}0 \cdot 10^{-8}$ $(mol/dm^3)^3$

c) $9{,}8 \cdot 10^{-9}$ $(mol/dm^3)^3$ d) $2{,}5 \cdot 10^{-9}$ (mol/dm^3)!

3. Es sind folgende Bildungsthalpien gegeben

Substanz	$\Delta_B H^\ominus$
Essigsäure	- 0,50 MJ/mol
CO_2	- 0,40 MJ/mol
H_2O	- 0,30 MJ/mol

$\Delta_c H^\ominus$, die Verbrennungswärme der Essigsäure, ist zu berechnen. Geben Sie den Energiewert ebenfalls in MJ an!

4. In einem leeren Kessel wird $COCl_2$ (g) eingeführt. Der Druck, unter dem der Kessel nach dem Einfüllen steht, ist p. Das Produkt dissoziiert bei einer konstanten Temperatur, und es stellt sich ein Gleichgewicht

$$2COCl_2(g) \rightleftharpoons C\ (s) + CO_2(g) + 2\ Cl_2\ (g)$$ ein:

x_{CO_2} sei der Partialdruck des Kohlendioxids im Gleichgewicht.

Geben Sie den richtigen Gleichgewichtsausdruck an, der sich aus obiger Gleichung ergibt!

a) $\frac{4x^3}{(p-2x)^2} = Kp$; b) $\frac{2x^4}{(p-2x)^2} = Kp$

c) $\frac{2x^3}{(p-x)^2} = Kp$; d) $\frac{4x^3}{(p-x)^2} = Kp$

e) $\frac{x^3}{(p-3x)^2} = Kp$.

5. Für ein Metall sind folgende Redoxpotentiale bekannt:

$M^{2+}(aq) + e^- \longrightarrow M^+\ aq$ $E_1^o = -0{,}60$ V

$M^{4+}(aq) + 2e^- \longrightarrow M^{2+}aq$ $E^o_2 = +0{,}40$ V.

Geben Sie das richtige Standardpotential der Reaktion

$M^{4+}(aq) + 3e^- \longrightarrow M^+(aq)$ an!

E/V: a) -0,20 b) -1,00 c) 1,00 d) 0,07 e) -0,07

Aufgabe 10 (PC)

Iod löst sich in Wasser. Besser ist die Löslichkeit bei Anwesenheit von Iodidionen.

Durch Untersuchung der Gesamtlöslichkeit von Iod können die Gleichgewichtskonstanten der folgenden Reaktionen bestimmt werden.

$$I_2\,(s) = I_2(aq.) \;:\; K_1 \qquad (1)$$
$$I_2(s.) + I^-(aq.) = I_3^-(aq.) \;:\; K_2 \qquad (2)$$
$$I_2(aq.) + I^-(aq.) = I_3^-(aq.) \;:\; K_3 \qquad (3)$$

(aq. = aqua (lat. Wasser); s = solidus (lat. fest))
Alle Gleichungen beziehen sich auf mit I_2 gesättigte Lösungen (Bodensatz bleibt).

1. Formulieren Sie das Massenwirkungsgesetz für alle drei Reaktionen! Geben Sie Zusammenhänge zwischen den einzelnen Gleichgewichtskonstanten an!
   Nach der Bestimmung der Iodidionen $[I^-]_{tot}$ wird durch Titration mit einer Thiosulfatlösung die Gesamtlöslichkeit von I_2 bestimmt $[I_2]_{tot}$.
   Es resultiert folgender Wertevorrat:

$[I^-]_{tot}$ / m mol dm^{-3}	10,00	20,00	30,00	40,00	50,00
$[I_2]_{tot}$ / m mol dm^{-3}	5,85	10,53	15,11	19,96	24,82

2. Konstruieren Sie in einem Diagramm
   $[I_2]_{tot}$ vs. $[I^-]_{tot}$!
   Achten Sie auf eine richtige Benennung der Achsen!
3. Geben Sie einen Ausdruck für den funktionalen Zusammenhang zwischen der Totalkonzentration von Iod $[I_2]_{tot}$ und der Totalkonzeneration von Iodidionen $[I^-]_{tot}$ unter Berücksichtigung der Gleichungen 1 bis 3 an!
4. Bestimmen Sie aus dem Graphen mit der unter 3. berechneten Funktion die Gleichgewichtskonstanten K_1; K_2 und K_3 (achten Sie dabei auf die richtigen Maßeinheiten)!

Aufgabe 11 (PC)

Bei sehr hohen Temperaturen dissoziiert H_2.
Bei 3000 K ist Kp = 2,51 · 10^3 Pa. Es sei der Gesamtdruck P = 10^5 Pa und T = 3000 K.

1. Berechnen Sie den Partialdruck von atomarem Wasserstoff im Gleichgewicht!
2. Wie groß ist die Gasdichte (in kg · m^{-3}) des eingestellten Gleichgewichtes?

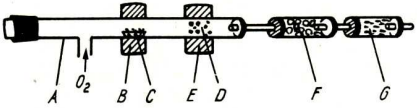
Aufgabe 12 (PC)

Zwei Gefäße gleichen Volumens sind durch ein Rohr verbunden. Das Volumen des Rohres ist gegenüber dem der Gefäße klein und kann vernachlässigt werden.

Beide Gefäße haben die Temperatur T_1 = 295 K und enthalten zusammen 0,10 mol H_2. Der Druck ist p = 0,05 MPa. Danach wird eines der Gefäße auf eine Temperatur T_2 = 388 K gebracht. Das andere Gefäß wird bei 295 K gehalten.

1. Welche Stoffmenge befindet sich dann jeweils in beiden Gefäßen?
2. Welcher Druck stellt sich ein?

Aufgabe 13 (OC)



schematische Skizze

1831 entwickelte Justus von Liebig eine Apparatur zur Bestimmung von Wasserstoff und Kohlenstoff (Skizze) in organischen Substanzen. Eine sorgfältig abgewogene Probe der organischen Substanz C wird in das Verbrennungsrohr A gebracht und durch den Ofen B verdampft. Die Dämpfe werden durch einen Sauerstoffstrom über erhitztes Kupferoxid (D) geleitet (E ≙ Ofen). Durch das Kupferoxid und den Sauerstoff erfolgt eine quantitative Oxydation des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs zu CO_2 und H_2O.

Der Wasserdampf wird im Rohr F absorbiert, das $Mg(ClO_4)_2$ enthält, das CO_2 in einem anderen abgewogenen Röhrchen G, das NaOH enthält.

Daten: Einwaage der flüssigen Substanz C (sie enthält nur C; H und O)

in einem Platinschiff:	0,61227 g
Masse des Platinschiffchens:	0,57148 g
Röhrchen F nach der Absorption:	6,50359 g
Röhrchen F vor der Verbrennung:	6,47002 g

Röhrchen G nach der Verbrennung: 5,54466 g
Röhrchen G vor der Verbrennung: 5,46311 g

a) Berechnen Sie die Zusammensetzung der Verbindung!
b) Geben Sie eine empirische Summenformel an!

Zur Bestimmung der molaren Masse wurden 1,0045 g der Substanz C verdampft. Bei 350 K und 35,0 kPa entstand ein Volumen von $V = 0{,}95\ dm^3$.

c) Geben Sie die Summenformel an!
d) Geben Sie die molare Masse an!
e) Geben Sie anhand der Summenformel mögliche Strukturformeln an, wenn keine Stereoisomeren, keine cyclischen Verbindungen, keine Peroxide und keine C = C-Doppelbindungen vorhanden sind.

Es sind 18 Möglichkeiten denkbar. Nennen Sie zehn mögliche Verbindungen!

Beim Erhitzen mit NaOH entstehen zwei Produkte. Durch fraktionierte Destillation kann eine dieser Substanzen erhalten werden. Die andere Substanz kann nach dem Ansäuern durch Destillation erhalten werden.

f) Welche Strukturen kommen nun für C in Frage?

0,1005 g der Säure werden in H_2O gelöst und mit einer Lösung von NaOH ($c(NaOH) = 0{,}100\ mol/dm^3$) titriert. Der Indikator zeigt den Äquivalenzpunkt nach einer Zugabe von 16,75 dm^3 an.

g) Welche Struktur hat die Substanz C?

Aufgabe 14 (OC)

Vervollständige die Gleichungen:

$$a + H_2SO_4 \longrightarrow b + H_2O$$
$$b + NaOH \longrightarrow c + H_2O$$
$$c + d \longrightarrow e + NaCl + POCl_3$$
$$e + f \longrightarrow g + h!$$

1. Die Substanz enthält Kohlenstoff und Wasserstoff im Verhältnis 1 : 1 und hat die molare Masse $M_a = 78\ g/mol$;
g ist ein sehr bekanntes Arzneimittel,
das gegen Infektionskrankheiten wirkt. Schreiben Sie die Substanzen a bis h entsprechend der IUPAC-Nomenklatur, und geben Sie die Reaktionsgleichungen an!

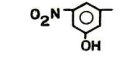
2. Berechnen Sie die Ausbeute von g (in Gramm), wenn 50 % von 7,8 kg a zu g umgesetzt werden und der Rest zu c reagiert!
3. Aus *a* entsteht e, das zu dem Monomeren einer bekannten Faser umgesetzt werden kann.
   Schreiben Sie die Reaktionsgleichungen, die zur synthetischen Faser führen, auf!
   Geben Sie die kleinste Struktureinheit des Dederons an!

Aufgabe 15 (OC)

Geben Sie an, auf welchem Wege (Reaktionsgleichungen) C_6H_5Cl in C_6H_5F umgewandelt werden kann!

Aufgabe 16 (OC)

Informieren Sie sich in einem Lehrbuch der organischen Chemie über Diazoverbindungen, den Ersatz der Diazogruppe durch andere Reste, die Friedel-Craftssche Reaktion, Nitroverbindungen, Säureamide und Säurechloride! Lösen Sie dann die Aufgabe (durch Angabe von Formeln), aus Benzen die Verbindung



zu synthetisieren!

JO.10

Wieviel ml einer Salzsäure $c = 4 \cdot 10^{-1}$ mol dm^{-3} und einer Natronlauge $c = 2 \cdot 10^{-1}$ mol dm^{-3} ergeben beim Mischen 100 ml einer Lösung mit der Hydroniumionenkonzentration $c_{H^+} = 10^{-1,3}$ mol dm^{-3}?

JO.11

Die Reaktion von Permanganationen in saurer Lösung mit H_2O_2 führt zu Mn^{2+}, und es entsteht Sauerstoff.

$2MnO_4^- + H_2O_2 + 6\,H^+ = 2\,Mn^{2+} + 3\,O_2 + 4\,H_2O$

$2MnO_4^- + 3\,H_2O_2 + 6\,H^+ = 2\,Mn^{2+} + 4\,O_2 + 6\,H_2O$

$2MnO_4^- + 5\,H_2O_2 + 6\,H^+ = 2\,Mn^{2+} + 5\,O_2 + 8\,H_2O$

$2MnO_4^- + 7\,H_2O_2 + 6\,H^+ = 2\,Mn^{2+} + 6\,O_2 + 10\,H_2O$

1. Welche Gleichung ist richtig? Erklären Sie Ihre Entscheidung durch die Redoxgleichungen!
2. Welcher Stoff ist das Oxidationsmittel, welcher das Reduktionsmittel?

3. Wieviel $KMnO_4$ (in Gramm) wird benötigt, um 112 cm^3 O_2 unter Nb. herzustellen?

JO.12

Geben Sie einen Syntheseweg für die Darstellung von Cyclohexa-1,3-dien () aus Phenol an!
Ein Syntheseschritt läuft unter Verwendung von Brom.

Lösungen

Aufgabe 1 (Ex)

a) $SO_3^{--} + \frac{1}{2}O_2 \xrightarrow[\text{langsam}]{H_2O} SO_4^{--}$

b)

Tropfen HCL in der Lösung	pH	Zeit t/s		
0	2,5	29,4	29,4	29,5
1	2,3	17,8	17,6	17,9
2	2,1	9,5	-	-
3	2,0	6,9	6,5	6,8
4	1,8	5,8	5,5	5,9

c) Das pH verändert sich nicht. Die Zeit bis zum Ausfall des I_2 bleibt annähernd konstant. Ethansäure dissoziiert kaum. Wasserstoffionen beeinflussen die Reaktionsgeschwindigkeit.

d) Es ergibt eine Gerade.

e) Die Reaktionszeit verkürzt sich um etwa die Hälfte, wenn die Temperatur um etwa 10 K steigt. Die Reaktionsgeschwindigkeit $\frac{dc}{dt} = v \cdot \frac{\Delta c}{\Delta t}$ wird mit zunehmender Temperatur größer.

Aufgabe 2 (Ex)

1. Saurer Bereich begünstigt die Reduktion zum Mn^{2+}.
2. 3,1605 g $KMnO_4$
3. Organische Substanzen, Staubteilchen, werden auf Kosten des $KMnO_4$-Gehaltes oxidiert. Nach dem Erwärmen ist $c(KMnO_4)$ kleiner.
4. $\frac{1}{5}\ MnO_4^- + \frac{8}{5}\ H^+ + e = \frac{1}{5}\ Mn^{2+} + \frac{4}{5}\ H_2O$

   $\frac{1}{2}\ C_2O_4^{2-} = CO_2 + e$

   $\frac{1}{5}\ MnO_4^- + \frac{8}{5}\ H^+ + \frac{1}{2}\ C_2O_4^{2-} = \frac{1}{5}\ Mn^{2+} + \frac{4}{5}\ H_2O + CO_2$

5. Wir nehmen an, daß Sie folgenden Wertevorrat haben:

No x_n	Einwaage (Oxatat) m/g	Verbrauch $KMnO_4$ V_n/cm^3
x_1	0,1527	22,34
x_2	0,1261	18,43
x_3	0,1395	20,41

67,007 g ($Na_2C_2O_4$) ≙ 31,605 g $KMnO_4$ in V_n

0,1527g ($Na_2C_2O_4$) ≙ x_1 g $KMnO_4$ in V_n

x_1 = 0,0720 g; x_2 = 0,0595 g; x_3 = 0,0658 g

Es folgt: $q = \frac{x_n}{M(KMnO_4) \cdot V_n} = 0{,}0204$ mol/dm^3

6. Fe^{2+}; Fe^{3+}; Ca^{2+}; Mn^{2+}; UO_2^{2+};
$S_2O_8^{2-}$; NO_2^-; $C_2O_4^{2-}$; PO_4^{3-} und NH_2OH

7. Gesamtoxalatgehalt manganometrisch; Bestimmung der Säure azidimetrisch;
(Gesamtgehalt - Säure) = Salz

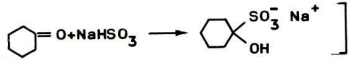
8. $\frac{1}{5}\ MnO_4^- + \frac{8}{5}\ H^+ + \frac{1}{2}\ C_2O_4^{2-} = \frac{1}{5}\ Mn^{2+} + \frac{4}{5}\ H_2O + CO_2$

$\frac{1}{2}\ H_2C_2O_4 + NaOH = \frac{1}{2}\ Na_2C_2O_4 + H_2O$

Aufgabe 3 (Ex)

Gemisch

- Ethansäure + Wasser --- Ethansäure löslich
  $[CH_3\text{-}COOH + H_2O \longrightarrow H_3C\text{-}COO^- + H_3O^+]$
- pNitrobenzoesäure + NaOH(5%) ⟶ löslich
  $[O_2N\text{-}C_6H_4\text{-}COOH + NaOH \longrightarrow O_2N\text{-}C_6H_4\text{-}COO^- + Na^+]$
- Zur Ether-Lösung wird $NaHSO_3$ gegeben, Cyclohexanon fällt aus



Alle Komponenten sind getrennt.

Aufgabe 4 (AC)

4.1. $Na_2B_4O_7 + 10\ H_2O + 2\ H^+ \longrightarrow 4\ H_3BO_3 + 2\ Na^+ + 5\ H_2O$

Aus der Reaktionsgleichung folgt:

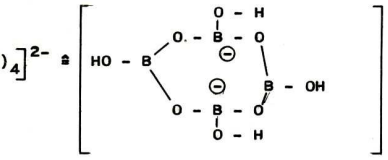
Borax ≙ $\frac{0{,}4839\ mol}{4}$ x 382 g mol^{-1} = 46,21 g

4.2. 100 g 25%ige Salzsäure ≙ 25,0 g HCl

xg 25%ige Salzsäure ≙ 8,59 g HCl

x = 31,54 cm^3

4.3. $Na_2B_4O_7 \cdot 10\ H_2O$ ≙ $[Na(H_2O)_4]_2\ [B_4O_5(OH)_4]$

$[B_4O_5(OH)_4]^{2-}$ ≙ 

Aufgabe 5 (AC)

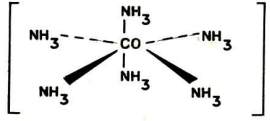
5.1. Die Elementaranalyse ergibt die Summenformel der Verbindung A zu

$$Cl_3CON_6H_{18}.$$

5.2. Die Freisetzung von NH_3 unter dem Einfluß konzentrierter NaOH ist typisch für komplexgebundenen NH_3.

5.3. Die Reaktion von A mit $AgNO_3$ zeigt, daß Cl^- nicht koordinativ gebunden ist.

5.4. Die Bildung von 4 mol Ionen bei der Dissoziation bedeutet: 1 mol dreiwertige und 3 mol einwertige Ionen liegen vor.



$3\ Cl^-$

Aufgabe 6 (AC)

6.1. $c = \frac{0{,}65 \cdot 10^{-3}\ mol}{5 \cdot 10^{-3}\ dm^3} = 0{,}13\ mol/dm^3$

6.2. $n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0{,}0978 \cdot 10^6\ (Nm^{-2}) \cdot 32{,}6 \cdot 10^{-6}\ (m^3)}{8{,}314\ (Nm\ mol^{-1}K^{-1}) \cdot 295\ (K)}$

$= 1{,}30 \cdot 10^{-3}\ mol\ (H_2)$

Aus F 1 mol $LiAlH_x(OCH_3)_{4-x}$ entstehen x mol H_2

Aus $0{,}65 \cdot 10^{-3}$ mol $LiAlH_x(OCH_3)_{4-x}$ entstehen $x \cdot 0{,}65 \cdot 10^{-3}$ mol H_2

$x \cdot 0{,}65 \cdot 10^{-3} = n = 1{,}30 \cdot 10^{-3}$

$x = 2$

Summenformel: $LiAlH_2(OCH_3)_2$

6.3. $LiAlH_2(OCH_3)_2 + 4\ H_2O \longrightarrow LiOH + Al(OH)_3 + 2\ CH_3OH + 2H_2$

6.4. Zentralatom ist tetraedrich von vier Hydridionen umgeben.

6.5. Der Wasserstoff ist negativ geladen.

Aus H^- und H^+ (aus dem Wasser) ergibt sich H_2.

Aufgabe 7 (AC)

1. $Ca_3P_2 + 6\ H^+ \longrightarrow 3\ Ca^{2+} + 2\ PH_3\ (g)$ (1)

2. $PH_3 \longrightarrow \frac{3}{2}\ H_2 + \frac{1}{x} \cdot P_x$

$n_{ges.} = n(H_2) + n(P_x) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = 1{,}92 \cdot 10^{-2}$ mol, (2)

mit

$n(H_2) = \frac{3}{2} \cdot n(PH_3)$; $n(P_x) = \frac{1}{x} \cdot n(PH_3)$

folgt

$n_{ges.} = (\frac{3}{2} + \frac{1}{x}) \cdot n(PH_3)$ (3)

Aus (1) folgt $n(PH_3) = 2\ n(Ca_3P_2)$

$= 1{,}098 \cdot 10^{-2}$ mol. (4)

Aus (2); (3) und (4) folgt:

$\frac{1}{x} = \frac{n_{ges.}}{n(PH_3)} - \frac{3}{2} = 0{,}249$; $x = 4$;

unter den gegebenen Bedingungen liegt P_4 vor.

Aufgabe 8 (AC)

40 g NaOH ≙ 1 mol ≙ 10 dm^3 HCl ($c = 0{,}1$ mol/dm^3)

60 g CaO ≙ 1,07 mol ≙ 21,4 dm^3 HCl ($c = 0{,}1$ mol/dm^3)

---

100 g Gemisch ≙ 31,4 dm^3 HCl ($c = 0{,}1$ mol/dm^3)

100 g : 31,4 dm^3 = x : 0,02 dm^3

x = 0,06369 g Gemisch

m(NaOH) : 40 % = 63,69 mg : 100 %

m(NaOH) = 25,476 mg (NaOH)

m(CaO) = 38,214 mg (CaO)

==========

Aufgabe 9 (PC)

1. c ist richtig; $\alpha = 0{,}85$ %
2. c ist richtig; $K_L = 98 \cdot 10^{-9}$ $(mol/dm^3)^3$
3. $\Delta_c H^{\ominus} = -0{,}90$ MJ/mol
4. a ist richtig; $\frac{4x^3}{(p-2x)^2} = Kp$
5. d ist richtig; $E^{\ominus} = 0{,}07$ V

$E^{\ominus}$, die Standardpotentiale, sind auf 1 mol Elektronen bezogen. Die Energie einer Reaktion kann durch

$\Delta_R G = -z \cdot F \cdot E$ (F = 96 487 As/mol; z = Zahl d. Elektronen) aus-

gedrückt werden. Das negative Vorzeichen macht Aussagen über die Richtung und wurde "per definitionem" eingeführt. Es folgt mit $E_1 = -0{,}6$ V u. $E_2 = 0{,}4$ V:

$$M^{2+}(aq.) + e^- \longrightarrow M^{+}(aq.) \qquad \Delta_R G_1 = 1 \cdot F \cdot 0{,}6 \text{ V}$$
$$+\left[M^{4+}(aq.) + 2e^- \longrightarrow M^{2+}(aq.) \qquad \Delta_R G_2 = -2 \cdot F \cdot 0{,}4 \text{ V}\right]$$

$$M^{4+}(aq.) + 3e^- \longrightarrow M^{+}(aq.) \qquad \Delta_R G = -3 \cdot F \cdot E_x$$

$$-3 \cdot E_x = 1 \cdot 0{,}6 - 2 \cdot 0{,}4$$

$$E_x = \frac{(1 \cdot 0{,}6 - 2 \cdot 0{,}4)\ \text{V}}{-3} = 0{,}07\ \text{V}.$$

Aufgabe 10 (PC)

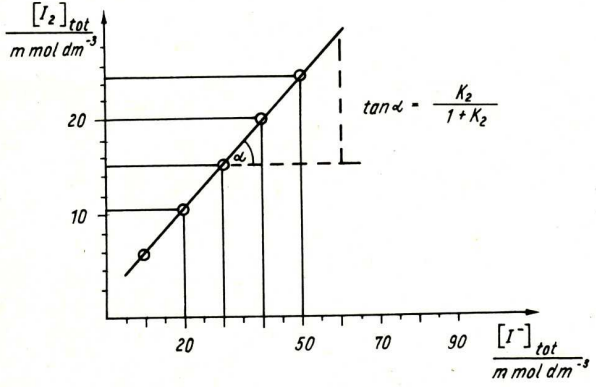
1. $[I_2] = K_1$ (1)

$$\frac{[I_3^-]}{[I^-]} = K_2 \quad (2)$$

$$\frac{[I_3^-]}{[I_2] \times [I^-]} = K_3 \quad (3)$$

$$K_3 = \frac{K_2}{K_1}$$

2.



3. $\left[I_2\right]_{tot} = K_1 + \frac{K_2}{1 + K_2} \left[I^-\right]_{tot}$ (4)

Ableitung der Gleichung (4):

Gesamtiod in der Lösung:

$\left[I_2\right]_{total} = \left[I_2\right]_{Wasser} + \left[I_3^-\right]$ (I)

$= K_1 + \left[I_3^-\right]$

Gesamtiodid der Lösung (beachte (1); (2); (3))

$\left[I^-\right]_{total} = \frac{\left[I_3^-\right]}{K_2} + \left[I_3^-\right] = \left[I_3^-\right] \frac{1 + K_2}{K_2}$ (II)

$\left[I_3^-\right] = \frac{\left[I^-\right]_{tot} \cdot K_2}{1 + K_2}$ (III)

Einsetzen von (III) in (I) ergibt Gl. (4)

$\left[I_2\right]_{tot} = K_1 + \frac{K_2}{1+K_2} \cdot \left[I^-\right]_{tot}$

4. Auswertung des Graphen und von Gleichung (4) ergibt:

$K_1 = 1{,}04 \cdot 10^{-3}\,mol\,dm^{-3}$; $K_2 = 0{,}90$; $K_3 = 8{,}6 \cdot 10^{2}\,mol^{-1}\,dm^{3}$

Aufgabe 11 (PC)

1. $p(H) + p(H_2) = 10^5$ Pa (I)

$\frac{p^2(H)}{p(H_2)} = 2{,}51 \cdot 10^3$ Pa (II)

Aus dem Gleichungssystem folgt:

$p^2(H) = (2{,}51 \cdot 10^8 - 2{,}51 \cdot 10^3 \cdot \frac{p(H)}{Pa})\ Pa^2$.

Die Lösung der quadratischen Gleichung gibt

$p(H) = 0{,}146 \cdot 10^5$ Pa; $p(H_2) = 0{,}854 \cdot 10^5$ Pa.

2. $pV = n \cdot R \cdot T \cdot = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$

$p \cdot M = \frac{m}{V} \cdot R \cdot T = \varrho \cdot R \cdot T$.

$\frac{p \cdot M}{R \cdot T} = \varrho = \frac{(0{,}146 \cdot 1{,}008 + 0{,}854 \cdot 2{,}016) \cdot 10^2 Pa \cdot kg}{8{,}314\ J\ mol^{-1}K^{-1} \cdot 3000\ K\ mol}$

$= 7{,}49 \cdot 10^{-3}\ kg\ m^{-3}$

Aufgabe 12 (PC)

1. $\frac{P \cdot V}{n \cdot T} = R$

   T_1 = Temperatur vor - -; T_2 = Temperatur nach dem Aufheizen

   wegen $p_1 = p_2$ und $V_1 = V_2$ gilt:

   $$\frac{1}{n_{T_1} \cdot T_1} = \frac{1}{n_{T_2} \cdot T_2} \qquad (I)$$

   $$n_{T_1} + n_{T_2} = 0{,}1 \text{ mol} \qquad (II)$$

2. Aus dem Gleichungssystem folgt:

   $n_{T_1} = 5{,}7 \cdot 10^{-2}$ mol; $n_{T_2} = 4{,}3 \cdot 10^{-2}$ mol.

Aufgabe 13 (OC)

a) %C = 54,56;
   %H = 9,21;
   %O = 36,23.

b) $(C_2H_4O)_x$

c) M = 88 g/mol

d) $C_4H_8O_2$

e)
1. $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$
2. $CH_3-CH(CH_3)-COOH$
3. $CH_3-O-CO-CH_2-CH_3$
4. $CH_3-CH_2-O-CO-CH_3$
5. $CH_3-CH_2-CH_2-O-CO-H$
6. $CH_3-CH(CH_3)-O-CO-H$
7. $CH_3-CH_2-CH(OH)-CHO$
8. $CH_3-CH(OH)-CH_2-CHO$
9. $CH_2(OH)-CH_2-CH_2-CHO$
10. $CH_3-C(OH)(CH_3)-CHO$
11. $CH_2(OH)-CH(CH_3)-CHO$
12. $CH_3-O-CH_2-CH_2-CHO$
13. $CH_3-CH_2-O-CH_2CHO$
14. $CH_3-O-CH(CH_3)-CHO$
15. $CH_3-CH_2-CO-CH_2OH$
16. $CH_3-CH(OH)-CO-CH_3$
17. $CH_2(OH)-CH_2-CO-CH_3$
18. $CH_3-O-CH_2-CO-CH_3$

f) Die möglichen Strukturen: 3; 4; 5; 6.

g) C hat die Struktur $CH_3-CH_2-O-CO-CH_3$

Aufgabe 14 (OC)

1. C : H = 1 : 1 a ist $(CH)_n$

$n = \frac{78}{13} = 6$

C_6H_6 (Benzen)

$C_6H_6 - HO - SO_3H \longrightarrow C_6H_5 - SO_3H + H_2O$

$C_6H_5 - SO_3H + NaOH \longrightarrow C_6H_5 - SO_3Na + H_2O$



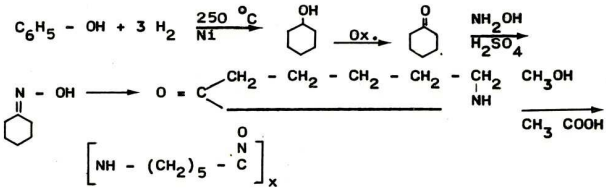


$C_6H_5\,SO_2\,NH_2 + NH_4Cl$

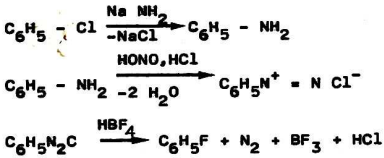
a = C_6H_6	Benzen
b = $C_6H_5 - SO_3H$	Benzensulfonsäure
c = $C_6H_5 - SO_3\,Na$	Na-Benzensulfonat
d = PCl_5	Phosphorpentachlorid
e = $C_6H_5 - SO_2\,Cl$	Benzensulfochlorid
f = NH_3	Ammoniak
g = $C_6H_5\,SO_2\,NH_2$	Benzensulfonamid
h = $NH_4\,Cl$	Ammoniumchlorid

2. $m_g = \frac{157 \times 7{,}8}{78} = 15{,}7$ g (Sulfonamid)

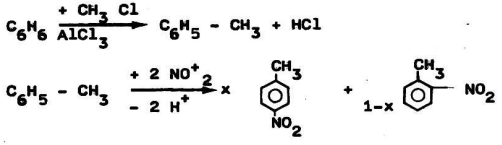
3. $C_6H_5 - SO_3\,Na + NaOH \longrightarrow C_6H_5 - ONa + Na_2\,SO_3 + H_2O$

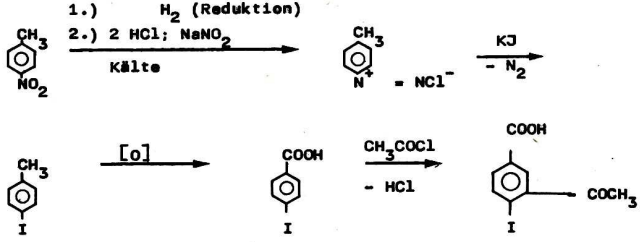


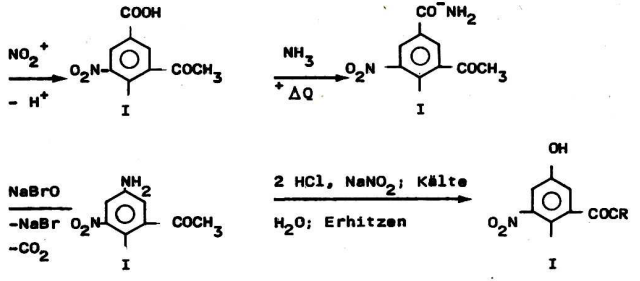
Aufgabe 15 (OC)



Aufgabe 16 (OC)







IChO-Übungsaufgaben

Ministerium
für
Volksbildung

Zentrales
Methodisches
Kabinett
für außer-
unterrichtliche
Tätigkeit

HEFT 6

Autorenkollektiv: E. Kretschmer, G. Fechtel, P. Meyer
und die Studenten eines Jugendobjekts
B. Hüttenrauch, M. Frenzel, A. Teuber,
K. Herbst u.a. Studenten der P. H. Halle
"N.K. Krupskaja"

Wissenschaftliche Beratung der FDJ-Studenten:
Prof. Dr. Andrä, Prof. Dr. Deutscher, Prof. Dr. Dittrich
Doz. Dr. Fechtel, Dr. R. Hoppe, Dr. W. Schäfer

An diesem Jugendobjekt zur Förderung talentierter Schüler und Studenten beteiligten sich erstmalig Kollegen unseres Moskauer Partnerinstituts, des Pädagogischen Gebietsinstituts "N.K. Krupskaja". Für die Übersendung von Aufgaben und Diskussionen bedanken wir uns bei V.P. Barannik.

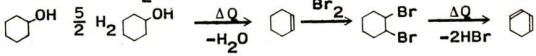
1. Auflage
Ausgabe 1987
Lizenz Nr. 203/1000/87 (E)
LSV 0600
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: (52) VOB Nationales Druckhaus Berlin
Verlagstitelnummer 30 10 42-1

Vorwort

Im Heft 5 dieser Reihe stellten wir unter dem Zeichen JO drei Aufgaben ohne Lösungen. Die richtigen Lösungen sind:

JO 10: 41,66 ml HCl $\quad c = 0{,}4 \text{ mol dm}^{-3}$
58,33 ml NaOH $\quad c = 0{,}2 \text{ mol dm}^{-3}$

JO 11: $2\ MnO_4^- + 5H_2O_2 + 6H^+ = 2\ Mn^{2+} + 5\ O_2 + 8H_2O$
Oxydationsmittel: $KMnO_4$; Reduktionsmittel: H_2O_2
Für 112 cm^3 O_2 (unter Nb.) benötigt man 0,316 g ($KMnO_4$).

JO 12: 

Auch in diesem Heft stellen wir wieder drei durch das Zeichen JO gekennzeichnete Aufgaben vor. Die Lösungen sollen wiederum an die FDJ-Leitung der Pädagogischen Hochschule Halle, Kröllwitzer Str. 46, Halle 4050 unter dem Stichwort "Jugendobjekt Bio-Chemie" gesandt werden. Bitte geben Sie auf den Einsendungen Ihren Namen und den Namen sowie die Anschrift Ihrer Schule an. Die besten Einsendungen werden mit Bücherschecks prämiiert.

Aufgabe 1 (Ex)

(Diese Aufgabe wurde auf der Internationalen Chemieolympiade 1986 in Leiden/Holland gestellt.)

Die Aufgabe besteht aus der Synthese und der sich anschließenden Bestimmung der Summenformel eines Nickelammin-chlorides

Synthese der Verbindung $NiCl_x (NH_3)_y$

Führen Sie alle Arbeiten unter einem Abzug durch! Tragen Sie eine Schutzbrille und beim Hantieren mit Salpetersäure Gummihandschuhe!

a) Schneiden Sie von einem Nickelspatel ca. 1,5 g Ni ab, und wägen Sie das gewonnene Stück genau! Übergießen Sie es in einem 100 ml Erlenmeyerkolben mit konzentrierter Salpetersäure (65 %), und setzen Sie einen Luftkühler mit Schliff (ohne Wasserkühlung) auf den Schliffkolben! Erwärmen Sie den Inhalt auf einer Kochplatte oder einem Sandbad, bis eine heftige Reaktion auftritt, erwärmen Sie weiter vorsichtig, bis sich das Metall vollständig gelöst hat! Kühlen Sie die grüngefärbte Lösung in einer Eis/Wasser-Mischung!
   Geben Sie die Gleichung der ablaufenden Reaktion an!

b) Geben Sie unter fortwährender Kühlung zu der eiskalten Lösung 25 ml Ammoniaklösung (25 %) in kleinen Portionen hinzu! Nach etwa 15 ml Zusatz beginnt die Abscheidung von Salzkristallen. Formulieren Sie die Gleichung! (Durch einen zu großen Zusatz von NH_4OH löst sich der Niederschlag wieder.) Saugen Sie die kalte Kristallmasse über eine Glasfritte mit einer Wasserstrahlpumpe ab, und waschen Sie dreimal mit kalter Ammoniaklösung (25 %) nach! Saugen Sie möglichst viel Flüssigkeit ab!
   Berechnen Sie die 1,5 g Ni entsprechende Menge von $NiCl_2 \cdot 6\ H_2O$! Verwenden Sie die entsprechende Lösung des Salzes für die weiteren Operationen, wenn kein metallisches Nickel vorhanden sein sollte!

c) Lösen Sie die feuchte Kristallmasse (das $NiCl_2 \cdot 6\ H_2O$) in 10 ml Salzsäure (18 %) - falls erforderlich wenig mehr -

bzw. verwenden Sie das Nickelchlorid (wenn kein metallisches Nickel vorhanden war)!
Kühlen Sie die blaugefärbte Lösung in Eiswasser, und geben Sie anschließend langsam 30 ml einer Lösung von 30 g Ammoniumchlorid in 100 ml Ammoniaklösung (25 %) zu! Dies ergibt eine blau-violettfarbene Kristallmasse. Kühlen Sie die Mischung ab, und saugen Sie sie auf die gleiche Weise wie in b) beschrieben ab! Waschen Sie mit 25 %iger Ammoniaklösung, anschließend mit Ethanol und zum Schluß mit Diethylether nach! Lassen Sie die Kristallmasse an der Luft liegen, bis sie trocken ist!

Analyse des Nickelsalzes (Bestimmung der Summenformel)

Für die Analyse des Salzes wird nur eine Probelösung hergestellt. Für die Bestimmung des NH_3, des Ni bzw. des Cl werden jeweils 25 ml verwendet.

A. Probelösung

Pipettieren Sie 25 ml 1,6 mol/dm^3 HNO_3 enthaltende Salpetersäure in einen 250 ml fassenden Maßkolben!
Messen Sie so genau wie möglich etwa 1,2 g des Amminnickelsalzes ab, und geben Sie das abgewogene Präparat ebenfalls in den Maßkolben! Reste spülen Sie mit destilliertem Wasser in den Kolben! Danach verdünnen Sie diese Lösung auf 250 ml bis zum Eichstrich des Maßkolbens!

d) Bestimmung des Ammoniakgehalts

Titrieren Sie 25 ml der Probelösung mit NaOH (0,1 mol dm^{-3})! Titrieren Sie die gleiche Lösung ohne Salz gegen die NaOH!
Indikator: Methylrot, 1 %ige Lösung in Ethanol.
Berechnen Sie den Ammoniakgehalt (% im Salz)!

e) Bestimmung des Nickelgehalts

Geben Sie zu 25 ml der Probelösung etwa 100 ml Wasser, 2 ml Ammoniak (25 %) und 5 Tropfen Murexid! Die Lösung muß eine gelbe Farbe haben. Titrieren Sie die Lösung mit einer eingestellten EDTA-Lösung (0,025 mol dm^{-3}), bis ein scharfer Umschlag von gelb nach violett auftritt!
Berechnen Sie den Nickelgehalt! Erklären Sie die Funktion des Murexids! Was ist EDTA?

f) Bestimmung des Chlorgehalts

Führen Sie die Titrationen so schnell wie möglich nach Zugabe des Reagenzes durch!

Geben Sie zu jeder zu titrierenden Lösung 25 ml 0,1 mol dm^{-3} $AgNO_3$-Lösung und etwa 5 ml (Toluol) Methylbenzen! Geben Sie 1 ml einer gesättigten Eisen(III)-Salzlösung zu, und titrieren Sie mit der eingestellten Ammoniumthiocyanatlösung (Rhodanid etwa 0,05 mol dm^{-3}), bis Sie eine bleibende Rotfärbung beobachten!

Berechnen Sie den Chlorgehalt (Prozentsatz des Salzes)!

Erklären Sie die Wirkungsweise des Indikators!

g) Berechnen Sie, auf 2 Dezimalstellen genau, aus den erhaltenen Ergebnissen das Molverhältnis der Komponenten!

Geben Sie es folgendermaßen an: $Ni:Cl:NH_3 = 1:x:y$. Welche Formel hat die Verbindung?

Aufgabe 2 (Ex)

Trennen Sie ohne Durchführung der fraktionierten Destillation und der Kristallisation das folgende Gemisch in die einzelnen Komponenten!

Gemisch: Glycerol (Glycerin), p-Anisidin, p-Nitranilin, p-Nitrophenol, Ethylmethylketon

Sie können folgende Reagenzien und Lösungsmittel verwenden: NaOH (5 % und 20 %), HCl (5 % und 18 %), Ether, Benzen, Wasser. Ihnen steht ein Scheidetrichter zur Verfügung.

Aufgabe 3 (Ex)

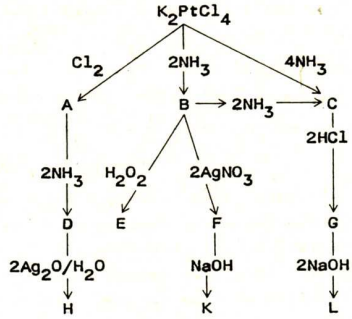
Trennen Sie aus 7.10^{-2} kg eines Gemisches aus Anilin, Phenol und Benzen die einzelnen Stoffe, und bestimmen Sie den prozentualen Gehalt jeder Komponente im Gemisch!

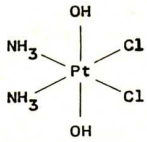
Mischen Sie die angegebenen Komponenten zu Ihrer Probe!

Schreiben Sie einen Trennungsgang auf, der eine quantitative Bestimmung erlaubt und führen Sie diesen durch!

Aufgabe 4 (AC)

Aus der Verbindung K_2PtCl_4 kann man viele Platinkoordinationsverbindungen herstellen. Das folgende Schema zeigt Reaktionen, die in Lösung ablaufen.





E =

Geben Sie die Strukturformeln der Produkte A bis einschließlich L an, wenn bekannt ist, daß A, D, E und H Platin-IV enthalten und G Trans-$PtCl_2(NH_3)_2$ ist.

Aufgabe 5 (AC)

Das 2-Amino-1-ethanol-Molekül, $HO-CH_2-CH_2-NH_2$ bindet sich gewöhnlich über N und O an Metallionen. Beispiele von Verbindungen sind: $Cu(ae)_2Cl_2$, $Zn(ae)Cl_2$. In $Cu(ae)_2Cl_2$ ist die Grundumgebung für das Cu^{2+}-Ion ein Oktaeder ((ae)= 2-Amino-1-ethanol).

a) Wieviel und welche Isomere gibt es von $Cu(ae)_2Cl_2$ und von $Cu(ae)_2BrCl$? Zeichnen Sie diese!
   Wird eines der H-Atome eines CH_2 durch CH_3 ersetzt, bekommt

man z. B. 2-Amino-1-propanol (abgekürzt ap), wodurch das Molekül ein asymmetrisches C-Atom bekommt.

b) Wieviel verschiedene Isomere gibt es vom Trans-$Cu(ap)_2Cl_2$?

c) Welche dieser Isomere können in wäßriger Lösung (bei der die Cu-Cl und C-O Bindungen zeitweilig zerbrechen können) ineinander übergehen? Setzen Sie voraus, daß die Cu-N-Bindungen während der Isomerisierung erhalten bleiben!

Aufgabe 6 (AC)

Aus Sand und NaOH kann man unter bestimmten Umständen (hohe Temperaturen und Druck) Silikate herstellen. Es stellt sich heraus, daß die gebildeten Produkte stark abhängig von der Syntheseführung sind. Bekannt sind u. a.:
Na_4SiO_4, $Na_6Si_2O_7$, $Na_3Si_3O_9$, Na_2SiO_3, $Na_8Si_3O_{10}$, $Na_8Si_4O_{12}$.
In allen diesen Verbindungen kommen einzelne Natriumionen neben $Si_xO_y^{z-}$ vor, die miteinander durch O-Atome verbunden sind, wobei das Si stets als Si^{4+} anwesend ist.

a) Leiten Sie Strukturen für die oben genannten Silikationen her!

b) Denken Sie sich selbst noch einige andere Silikatstrukturen aus, die nicht mehr als 6 Si-Atome enthalten dürfen!

Aufgabe 7 (AC)

Man kann Ionen (sowohl positive als auch negative) stabilisieren und fällen mit Ionen gleicher, entgegengesetzter Ladung und möglichst etwa gleicher Größe.

a) In der Reihe $MgSO_4$ größer als $CaSO_4$ größer als $SrSO_4$ größer als $BaSO_4$ größer als $RaSO_4$ nimmt die Löslichkeit ab. Erklären Sie das anhand der Ionenradien!

b) Seltene Erdmetalle kommen oft in der Oxydationsstufe 3+ vor. Von einigen Metallen gibt es auch andere stabile Oxydationsstufen, namentlich Ce^{4+} und Eu^{2+}. Der Ionenradius von Eu^{2+} ist nahezu gleich dem von Ba^{2+}.
Wie könnte man Europium von anderen seltenen Erdmetallen (abgekürzt Ln) trennen?

Aufgabe 8 (AC)

Die Titrationen von Metallionen mit EDTA gründen sich auf die Bildung komplexierter Ionen, entsprechend der Gleichung

$$Ca^{2+} + EDTA^{4-} = CaEDTA^{2-} \quad (K_{Ca} = 5 \times 10^{10}\ mol^{-1} dm^3). \qquad (1)$$

Man kürzt das Anion von H_4EDTA, $EDTA^{4-}$, bisweilen als Y^{4-} ab. Die wirksame (komplexierende) Konzentration des Y^{4-} ist stark abhängig vom Säuregrad (pH) der Lösung, und bei der Bestimmung der Titrationskurven ist es also wichtig, den pH-Wert zu kennen. In diesem Zusammenhang hat man die Größe α_4 eingeführt, die zu $\alpha_4 = c_{Y4-} / C_t$ definiert ist, C_t = Gesamtkonzentration an EDTA, protolysiert und unprotolysiert, also:

$$C_t = Y^{4-} + HY^{3-} + H_2Y^{2-} + H_3Y^{-} + H_4Y$$

a) Zeigen Sie, daß der Zusammenhang zwischen α_4 und H^+ durch

$$\alpha_4 = \frac{K_1 K_2 K_3 K_4}{K_1 K_2 K_3 K_4 + K_1 K_2 K_3 c_{H^+} + K_1 K_2 c_{H^+}^2 + K_1 c_{H^+}^3 + c_{H^+}^4}$$

gegeben ist! (K_1; K_2; K_3 und K_4 sind die Dissoziationskonstanten von H_4Y)

b) Berechnen Sie α_4 bei einem pH-Wert von 9, wenn gegeben ist: pK_1=2,0; pK_2=2,67; pK_3=6,16; pK_4=10,26!

c) Man titriert 50 ml 0,01 mol (Ca^{2+}) dm^{-3} mit 0,01 mol (EDTA) dm^{-3} bei verschiedenen pH-Werten. Berechnen Sie bei pH 9 die Konzentration der nicht an EDTA gebundenen Menge Calcium nach Zusatz von 25 ml, 50 ml (Äquivalenzpunkt) und 75 ml EDTA!

d) Skizzieren Sie die Titrationskurven bei pH = 7; 9 und 11, kennzeichnen Sie dabei die Ca^{2+}-Konzentration als pCa-Wert auf der Ordinate, und tragen Sie die zugesetzte Menge auf der Abszisse ab!

e) Wie ändert sich dieser Graph, wenn ein schwächer bindendes Metall benutzt wird, z. B. Mg^{2+} mit $K_{Mg} = 5 \times 10^8\ dm^3\ mol^{-1}$?

Aufgabe 9 (PC)

Elektrolytlösungen leiten den Strom. Es gilt das Ohmsche Gesetz. Zur Messung des Widerstandes R in V/A wird Wechselstrom verwendet, um Konzentrationsänderungen durch Abscheidung von Ionen zu vermeiden.

Es ist $\frac{1}{R} = K$ in $A/V \triangleq S$ (Siemens) die Leitfähigkeit eines Elektrolyten in einer Zelle.

Der berühmte schwedische Chemiker Svante Arrhenius leitete die Beziehung

$$K = G \cdot \alpha \cdot c \, (L_+ + L_-) \qquad (1)$$

theoretisch ab (L_+ ; L_- ist die voneinander unabhängige molare Leitfähigkeit des Kations, bzw. des Anions in

$\frac{A}{V \text{ mol/m}^2} = \frac{S}{\text{mol/m}^2}$; c die Konzentration; G ist eine Konstante, die sich aus der Zellkonstruktion ergibt. Für die hier verwendete Zelle ist G = 0,0126 m. Die folgenden Meßwerte wurden alle in derselben Zelle bei einer konstanten Temperatur erhalten.

Konzentration $\frac{c}{\text{mol/dm}^3}$	HCl $\frac{\text{Ohm}}{R}$	NaCl $\frac{\text{Ohm}}{R}$	CH_3COOH $\frac{\text{Ohm}}{R}$	CH_3COONa $\frac{\text{Ohm}}{R}$
0,025	0,0135	0,004	0,0004	0,0027
0,0125	0,007	0,002	0,0003	0,0014
0,00625	0,0033	0,001	0,0002	0,0007
0,00312	0,0018	0,0005	0,0001	0,0004

a) Zeichnen Sie die K-c-Graphen, achten Sie auf die Beschriftung und einen vernünftigen Maßstab!

b) Eine der Substanzen weist ein auffällig abweichendes Verhalten auf. Erklären Sie diesen Unterschied zu den anderen Substanzen, in dem das Verhältnis von Konzentration c zur Ionenkonzentration durch Gleichungen oder Ungleichungen beschrieben wird!

c) Bestimmen Sie α für die NaCl-Lösung der Konzentration $c = 0{,}01 \text{ mol/dm}^3$! Die molare Leitfähigkeit einer 0,01 molaren NaCl Lösung beträgt

$$L = L_+ + L_- = 126{,}5 \cdot 10^{-4} \text{ S} \cdot \text{m}^2/\text{mol}.$$

d) Aus der gegebenen Gleichung (1) und auch aus dem Resultat von c) ist die physikalisch-chemische Bedeutung von α erkennbar.
Um welche physikalisch-chemische Größe handelt es sich?

Erklären Sie mit der Größe α das unterschiedliche Verhalten der untersuchten Substanzen!

e) Wie groß ist α für Essigsäure der Konzentration 0,01 mol/dm^3?
L kann aus Tabellen entnommen werden.
Es ist L_{CH_3COOH} (c = 0,01 mol/dm^3) = 390,7 x 10^{-4} S m^{2}mol^{-1}.

Aufgabe 10 (PC)

Ethansäure wird in Wasser gelöst.

1. Schreiben Sie die Dissoziationsgleichung auf!
2. Formulieren Sie das Massenwirkungsgesetz für die Dissoziationsreaktion so, daß im Massenwirkungsquotienten der Dissoziationsgrad und das Volumen, in dem 1 mol CH_3COOH gelöst ist, vorkommen!
3. Zeigen Sie, daß für kleine Dissoziationsgrade α der Quadratwurzel aus dem Volumen proportional ist, das in 2. definiert worden ist!
4. Die Ionenbeweglichkeiten der Azetat- und Wasserstoffionen betragen 3,2x10^{-3} und 3,5x10^{-4} cm^{2}V^{-1} s^{-1}. Warum ist die Beweglichkeit des Wasserstoffions um eine Zehnerpotenz größer als die des Azetations?
5. Berechnen Sie das pH einer 0,01 mol dm^{-3} enthaltenden Ethansäure, wenn die Dissoziationskonstante den Wert K_D = 1,8x10^{-5} mol dm^{-3} besitzt!

Aufgabe 11 (PC)

Für viele Säuren, Basen und Salze ist Wasser ein gutes Lösungsmittel.

1. Welche Energien spielen bei der Lösung eines Salzes in Wasser eine Rolle?
2. Warum nimmt bei höheren Temperaturen die Löslichkeit im Allgemeinen zu?
3. Die relative Dielektrizitätskonstante des Wassers beträgt 80 (bei Zimmertemperatur). Worauf ist dieser hohe Wert zurückführbar?

Aufgabe 12 (PC)

Permanganationen reduzieren sich in saurer Lösung zu Mn-II-Ionen. Wenn in die Lösung ein Metall eintaucht, das die Elektronen aufnehmen kann, selbst mit der Lösung nicht reagiert, bezeichnet man dieses Metall als inerte Elektrode. Gegen eine geeignete Bezugselektrode kann ein Potential stromlos gemessen werden, das die NERNSTsche Gleichung befolgt. Das Standardpotential der Permanganat/Manganat-Elektrode gegen die Normalwasserstoffelektrode ist $E^0 = 1{,}51$ V. (NERNSTgleichung:

$$E = E^0 + \frac{RT}{zF} \ln \frac{c_{MnO_4}^{-} \cdot c_{H^+}^{8}}{c_{Mn^{2+}}}).$$

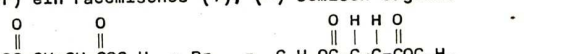
1. Berechnen Sie das Potential einer inerten Elektrode, die eine Lösung mit $c_{MnO_4^-} = c_{Mn^{2+}}$ eintaucht bei pH = 4!
2. Geben Sie E als Funktion des pH-Wertes an!

Aufgabe 13 (OC)

Es steht fest, daß man im Ergebnis der Anlagerung des reinen Bromwasserstoffs an Isobuten in der Dunkelheit bei Zimmertemperatur hauptsächlich ein Monobromsubstitutionsprodukt erhält. Wenn jedoch die Reaktion bei Licht durchgeführt wird, wobei Bromwasserstoff genutzt wird, der mit dem gleichen Luftvolumen vermischt wurde, so erhält man ein Gemisch von zwei isomeren Monobromprodukten.
Notieren Sie die Reaktionsgleichungen, und schlagen Sie ein Schema des Reaktionsmechanismus vor, der die beschriebene Erscheinung erklärt!

Aufgabe 14 (OC)

Addition von Brom (20°C, im Dunkeln) an Trans-Ethylendicarbonsäurediethylester (Fumarsäurediethylester) führt zu einem optisch inaktiven (meso) Addukt, während die analoge Reaktion von cis-Ethylendicarbonsäurediethylester (Maleinsäurediethylester) ein racemisches (+), (-) Gemisch ergibt:



Wenn die Reaktion von Maleinsäurediethylester mit einer äquivalenten Menge Brom bei 20°C im Licht durchgeführt wird, dann findet man ein Gemisch, das sowohl das optisch inaktive Addukt als auch die (+)- und (-)-Addukte enthält.

a) Geben Sie einen Reaktionsmechanismus an, der die Stereospezifität der im dunklen durchgeführten Bromaddition erklärt!
b) Wie kann man erklären, daß bei der Reaktion im Licht die Stereospezifität verlorengeht?
c) Vom nicht optisch aktiven (meso) Additionsprodukt wird eine der Estergruppen mit Natronlauge zu einer Carbonsäure hydrolysiert. Ist das reversible Hydrolyseprodukt optisch aktiv? Erläutern Sie diese Antwort!

Aufgabe 15 (OC)

Eine Verbindung A mit der Zusammensetzung $C_4H_{10}O_2$ reagiert ohne Wärmezufuhr mit metallischem Natrium, indem nur ein Stoff B der Zusammensetzung $C_4H_9O_2Na$ gebildet wird. Bei der Einwirkung von Wasser auf B bildet sich die Ausgangsverbindung A. Beim Kochen von A mit konzentrierter Bromwasserstoffsäure bildet sich ein Gemisch zweier bromhaltiger Verbindungen, welches bei der Einwirkung einer Natriumalkoholatlösung zwei gasförmige Kohlenwasserstoffe bildet. Wird das Gasgemisch durch eine ammoniakalische Cu-I-chlorid-Lösung geleitet, bildet sich ein Niederschlag und das ebenfalls entstehende Gas C entfärbt Bromwasser. Welche Struktur besitzt A? Wie kann A aus C synthetisiert werden?

JO (13)

In eine wäßrige Kupfer(II)-nitratlösung werden einige Stückchen metallischen Calciums gegeben. Welche chemischen Reaktionen können dabei ablaufen? Schreiben Sie alle möglichen Reaktionen auf!

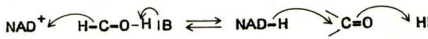
JO (14)

Das Element Aluminium besitzt ein Standardelektrodenpotential (gegen die Normalwasserstoffelektrode) von $E^0(Al/Al^{3+}) = -1{,}662$ V.

1. Warum wird es trotz des negativen Standardpotentials nicht von Wasser angegriffen?
2. Warum darf NaOH nicht in Aluminiumfässern gelagert werden?
3. Warum wird bei der Al-Herstellung Bauxit nicht mit Kohle reduziert?
4. Warum wird Cu trotz des positiven Standardpotentials von E^{o} = 0,17 V von Salpetersäure aufgelöst? Welche Reaktionen (Gleichungen) laufen ab?

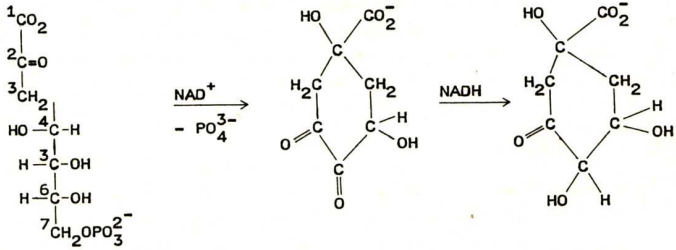
JO (15)

Bei einer Anzahl von Reaktionen in der lebendigen Zelle spielt das Coenzym Nikotinamidadenindinucleotid (NAD^+) eine wichtige Rolle. Dieses Enzym kann (s. u.) über die Aufnahme eines Hydridions (H^-) in die reduzierte Form NADH umgesetzt werden. Auf diese Weise sind biologische Redoxreaktionen des folgenden Typs möglich:



Diese Reaktion spielt eine Rolle bei der Umsetzung

A ⟶ B ⟶ C.



A ⟶ B ⟶ C

a) An welches Kohlenstoffatom (siehe Numerierung der C-Atome in A) wird in der ersten Stufe die Oxydation $CH(OH) \longrightarrow C{=}O$ stattfinden? Geben Sie die Strukturformel des gebildeten Produktes an!

b) Die nächste Reaktionsstufe ist eine basekatalysierte Eliminierung von PO_4^{3-}. Geben Sie die Strukturformel des gebildeten Produktes an!

c) Geben Sie den Mechanismus der Ringschlußreaktion an, die am Ende zur Bildung von B führt!

d) Reduktion von B mit NADH ergibt C unter Erhaltung der absoluten Konfiguration an C-Atom Nr. 4. Wenn diese Umsetzung nicht stereospezifisch abliefe, wieviel Stereoisomeren könnten dann gebildet werden?

Aufgabe 1 (Ex)

a) $2\ HNO_3 + Ni = NiO + H_2O + 2NO_2$
$NiO + 2HNO_3 = Ni(NO_3)_2 + H_2O$
$4HNO_3 + Ni = Ni(NO_3)_2 + 2H_2O + 2\ NO_2$

Bei Verwendung konzentrierter Säuren!
Werden halbkonzentrierte Säuren verwendet, entsteht NO!

b) $Ni^{2+} + 2OH^- = Ni(OH)_2$

c) 1,5 g Ni ≙ 6,07 g $NiCl_2.6H_2O$

d) Titration der Probe führt infolge der Reaktion
$Ni(NH_3)_x)^{2+} + xH^+ = x\ NH_4^+ + Ni^{2+}$
zu einem geringeren Verbrauch an NaOH als die Titration desselben Säurevolumens ohne Salz (Blindtitration).
Die Differenz aus Blindtitration und Titration der Probe führt zur Masse NH_3 bzw. %NH_3.

e) Murexid wirkt als Indikator (Murexid ≙ Ind)
Die Komplexstabilitätskonstante des Murexid-Ni-Komplexes ist kleiner als die des entsprechenden EDTA-Komplexes. Das Indikatorgleichgewicht verschiebt sich nach links.

Ind-Ni	=	Ind^{2-}	+	Ni^{2+}
gelb		violett		

$EDTA^{2-} + Ni^{2+} = EDTA\text{-}Ni$

EDTA: $NaOOC\text{-}CH_2$ \ $N\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}N$ < CH_2COONa, $HOOC\text{-}CH_2$, CH_2COOH

(Komplexon III; Handelsnamen in der DDR ChelaplexIII)

f) $Fe^{3+} + 3\ SCN^- = Fe(SCN)_3$ (rot)
$Ag^+ + SCN^- = AgSCN$
Die Dissoziationskonstante von AgSCN ist kleiner als die von $Fe(SCN)_3$

g) %Ni:%Cl:%NH_3 = 1:2:6; Es handelt sich um $(Ni(NH_3)_6)Cl_2$.

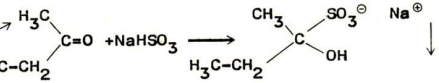
Aufgabe 2 (Ex)

Trennung des Gemisches:

Glycerol + Wasser ⟶ löslich

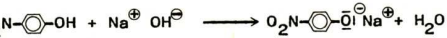
Ethylmethylketon + Wasser ⟶ löslich

Zugabe von $NaHSO_3$ ⟶ Keton fällt aus

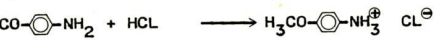


Gemisch

p-Nitrophenol + NaOH ⟶ löslich



p-Anisidin + HCl ⟶ löslich



p-Nitroanilin + HCl ⟶ nicht löslich (zu geringe Basizität)

Alle fünf Komponenten sind getrennt.

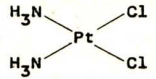
Aufgabe 3 (Ex)

1. In einem Wasserbad destilliert man Benzen (Kp.353K) und bestimmt die Masse, indem der Verlust bei der Destillation registriert wird.
2. Durch die gegebenen Komponenten wird trockener Chlorwasserstoff geleitet. Dann trennt man den ausgefallenen Niederschlag von $C_6H_5NH_2HCl$ ab, trocknet ihn und wiegt denselben. Es ist die Masse des Anilins zu berechnen und danach wird zum Niederschlag eine alkalische Lösung bis zur neutralen Reaktion hinzugegeben. Im Scheidetrichter ist das Anilin abzutrennen (Kontrollwägung).
3. Der Phenolgehalt wird durch den Massenunterschied bestimmt. Möglich sind auch andere Varianten, insbesondere die Bestimmung der Masse der Flüssigkeit durch das Volumen und die Dichte.

Aufgabe 4 (AC)

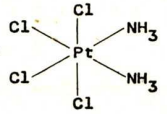
A = $K_2(PtCl_6)$

B =

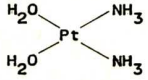


C = $/Pt^{3}(NH_3)_4/^{2}\ Cl_2$

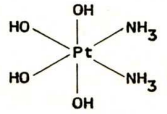
D =



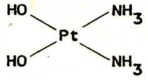
F =



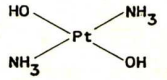
H =



K =



L =

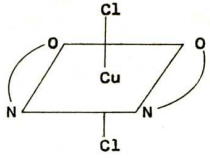


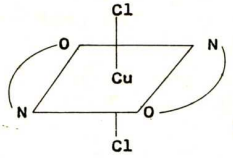
Aufgabe 5 (AC)

Das CH_2-CH_2-OH wird symbolisiert durch:



Damit ergeben sich folgende Isomere:





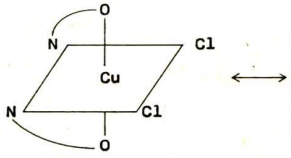
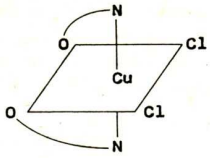
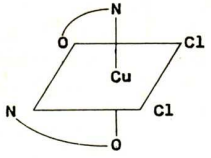


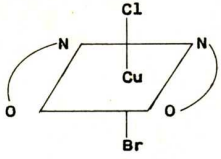
Bild ⟷ Spiegelbild

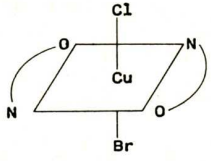


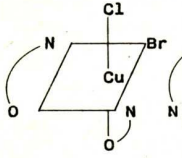
und Spiegelbild



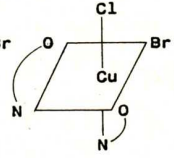
und Spiegelbild



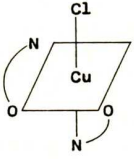




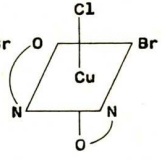
und Spiegelbild



und Spiegelbild

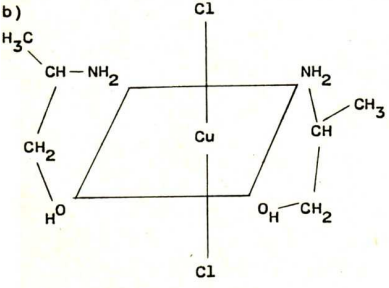


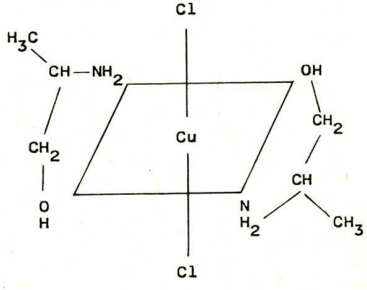
und Spiegelbild



und Spiegelbild

b)



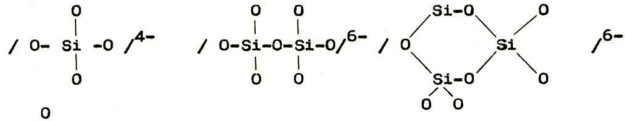


ergibt sechs Isomere durch unterschiedliche Anordnung der CH_3-Gruppen.

Isomerisierungen
- RR bleibt RR
- SS bleibt SS
- RS kann nach SR
- RR links kann nach RR rechts
- SS links kann nach SS rechts
- RS links kann nach RS rechts
- SR links kann nach SR rechts

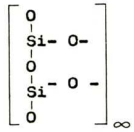
Aufgabe 6 (AC)

a) Silikate



b) andere

$Si_5O_{15}^{10-}$; $Si_5O_{16}^{12-}$; $Si_2O_5^{2-}$.



Aufgabe 7 (AC)

a) Der Ionenradius nimmt in der Reihe Mg-Ca-Sr-Ba-Ra (zweimal) positiv zu und nähert sich immer mehr dem des SO_4^{2-}. Also geben Ba und Ra sehr schlecht lösliche Sulfate.

b) Im reduzierenden Medium bekommt man Ln^{3+} und Eu^{2+}. Hieraus kann man Eu^{2+} als $EuSO_4$ fällen.

Aufgabe 8 (AC)

a) $K_1 = \frac{[H^+][H_3Y^-]}{[H_4Y]} \Rightarrow [H_3Y^-] = \frac{[H_4Y]}{[H^+]} K_1$

$K_2 = \frac{[H^+][H_2Y^{2-}]}{[H_3Y^-]} \Rightarrow [H_2Y^{2-}] = \frac{[H_4Y]}{[H^+]^2} K_1 x K_2$

$K_3 = \frac{[H^+][HY^{3-}]}{[H_2Y^{2-}]} \Rightarrow [HY^{3-}] = \frac{[H_4Y]}{[H^+]^3} K_1 x K_2 x K_3$

$\Rightarrow [Y^{4-}] = \frac{[H_4Y]}{[H^+]^4} K_1 x K_2 x K_3 x K_4$

Mit den rechts stehenden Ausdrücken ergibt sich

$$c_t = [H_4Y]\left(\frac{K_1 x K_2 x K_3 x K_4}{[H^+]^4} + \frac{K_1 x K_2 x K_3}{[H^+]^3} + \frac{K_1 x K_2}{[H^+]^2} + \frac{K_1}{[H^+]} + 1\right)$$

Per definitionem ist nun:

$$\alpha_4 = \frac{[Y^{4-}]}{c_t} = \frac{[H_4Y] x K_1 x K_2 x K_3 x K_4}{[H^+]^4} \times \frac{1}{c_t}$$

Einsetzen von c_t obiger Ausdruck ergibt

$$\alpha_4 = \frac{K_1 x K_2 x K_3 x K_4}{K_1 x K_2 x K_3 x K_4 + K_1 x K_2 x K_3 x [H^+] + K_1 x K_2 x [H^+]^2 + K_1 x [H^+]^3 + H^{+4}}$$

b) $\alpha_4 = \frac{10^{-21,09}}{10^{-21,09} + 10^{-19,83} + 10^{-22,67} + 10^{-29} + 10^{-36}} = 0,05$

c) Nach der Titration ist das Volumen V=75 ml. Die $[Ca^{2+}]$-Konzentration (c_D ≙ Konzentration aus der Dissoziation des Komplexes).

$(c_{Ca^{2+}} + c_D) = \frac{1}{75}(50x0,01 - 25x0,01)$ mol dm^{-3}

Es ist: $c_{Ca^{2+}} = 0,33x10^{-2}$ mol dm^{-3} ; pCa = 2,48

c_2) Am Äquivalenzpunkt liegen 100 ml Lösung vor. Gemäß

$$Ca^{2+} + y^{4-} = CaY^{2-}$$

sind am Äquivalenzpunkt, dem Gleichgewicht entsprechend, Kalziumionen vorhanden. Es ist $[CaY^{2-}] = 0,005$ mol dm^{-3} (Gl.4).

Gleichgewichtsbilanz:

$$\frac{[CaY^{2-}]}{[Ca^{2+}][Y^{4-}]} = K_{Ca} = 5\times10^{10}\ \text{mol}^{-1}\ \text{dm}^3 \qquad (1)$$

$[Ca^{2+}] = c_t \ \hat{=}$ Gesamtkonzentration an EDTA (2)

$$[Y^{4-}] = \alpha_4 c_t \qquad (3)$$

$$[CaY^{2-}] = \frac{50\text{x}0{,}001}{100}\ \text{mol dm}^{-3} = 0{,}005\ \text{mol dm}^{-3} \qquad (4)$$

$$\frac{0{,}005\ \text{mol dm}^{-3} - c_t}{[Ca^{2+}]\ \alpha_4\ c_t} = K$$

Einsetzen von (2), (3) und (4) in (1) ergibt, wenn bedacht wird, daß c_t sehr klein ist und im Zähler daher vernachlässigt wird.

$$\frac{0{,}005\ \text{mol dm}^{-3}}{[Ca^{2+}]^2} = 5\times10^{10}\ \alpha_4 = 0{,}25\times10^{10}$$

$Ca^{2+} = 1{,}41 \cdot 10^{-6}$ p Ca = 5,85

c_3) Bei einer Zugabe von 25 ml EDTA über den Äquivalenzpunkt hinaus ist:

- Die Konzentration an EDTA = $c_t = \frac{25\text{x}0{,}01\ \text{mol}}{125\ \text{dm}^3} + [Ca^{2+}]$

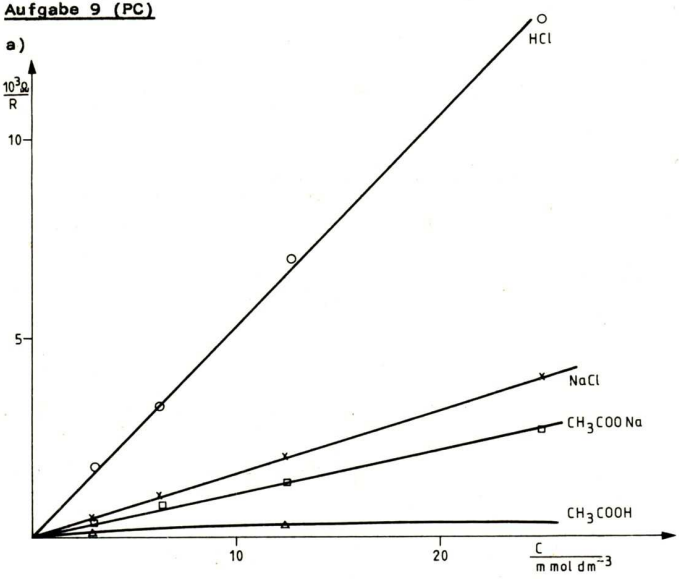
  (Ca^{2+} ist die EDTA-Konzentration aus der Dissoziation)
  Da die aus der Dissoziation stammende Konzentration sehr klein ist, gilt $c_t = 2\times10^{-3}$ mol dm^{-3}
- Die Konzentration $[CaY^{2-}] = \frac{50\text{x}0{,}01\ \text{mol}}{125\ \text{dm}^3} = 4\times10^{-3}$ mol dm^{-3}

  Es folgt: $K_{CaY^{2-}} = \frac{[CaY^{2-}]}{[Ca^{2+}]\,c_t} \Longrightarrow$

  $[Ca^{2+}] = 8\times10^{-10}\ \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$; pCa = 9,1

Aufgabe 9 (PC)

a)



CH_3COOH ergibt keine Gerade

b) HCl; NaCl; NaAc : $(KA \longrightarrow K^+ + A^-)$

$[K^+] = [A^-] = C$

HAc : $HAc \rightleftharpoons H^+ + Ac^-$

$[H^+] = [Ac^-] < C$

c) Aus dem Graphen folgt für $C_{NaCl} = 0{,}01 \frac{mol}{dm^3}$

$\frac{1}{R} = K = 1{,}6 \cdot 10^{-3}$ S

Aus (1)

$$\alpha = \frac{K}{G \cdot C \cdot L}$$

$$\alpha = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-3}\ S}{0{,}0126\ m} \quad \frac{m^3}{0{,}01 \cdot 10^3\ mol} \quad \frac{mol}{126{,}5 \cdot 10^{-4}\ S\ m^2}$$

$\alpha = 1{,}0$

d) α ist der Dissoziationsgrad, der Dissoziationsgrad schwacher Säuren ist konzentrationsabhängig.
Starke Elektrolyte dissoziieren vollständig.

e) Aus der Zeichnung

$$K = 2{,}7 \cdot 10^{-4}\ S$$

Es folgt

$$\alpha = \frac{2{,}7 \cdot 10^{-4}\ S\,m^3}{0{,}01 \cdot 10^{+3}\ mol \cdot 0{,}0126\ m \cdot 390{,}7 \cdot 10^{-4}\ S\,m^2 \cdot mol}$$

$$\alpha = 0{,}055$$

Aufgabe 10 (PC)

1. $CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$

2. $K = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha}[CH_3COOH] = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)}V$

V ist das für 1 mol zur Verfügung stehende Volumen, das molare Volumen.

3. $\frac{\alpha^2}{(1-\alpha)}$; α ist klein, $1-\alpha$ ist konstant, $\alpha \approx \sqrt{KV}$

4. Das Wasserstoffion wird entsprechend

$$H_3O^+ + H_2O \longrightarrow H_2O + H_3O^+$$

weitergegeben. Deswegen ist es schnell, hat eine große Beweglichkeit. CH_3COO^- wandert ausschließlich im elektrischen Feld.

5. $0{,}01\ mol\ dm^{-3}$; $V_m = 100\ dm^3$; $\alpha = \sqrt{KV} = \sqrt{1{,}8 \times 10^{-5} \times 100}$
$= 0{,}042$

pH = 3,37

Aufgabe 11 (PC)

1. Gitterenergie des Salzes, Hydratationsenergie der Ionen
2. In einer idealen Flüssigkeit bewegen sich die gelösten Ionen unabhängig voneinander. Sinkt nun die Temperatur, so kommen die Wechselwirkungskräfte (bei Ionen die Coulombschen Kräfte) der Teilchen untereinander immer mehr zur Geltung. Es bildet sich eine bestimmte Ordnung heraus, die mit sinkender Temperatur zunimmt, und die dazu führt, daß der Elektrolyt ausfällt.

Die Energie der Lösung reicht nicht mehr aus, die Gitterenergie des festen Stoffes aufzubringen.

3. Auf die Tatsache, daß Wasser ein starker Dipol ist, der sich im elektrischen Felde ausrichten kann.

Aufgabe 12 (PC)

$$MnO_4^- + 8\,H^+ + 5\,e = Mn^{2+} + 4\,H_2O$$

1. $E = E^0 + 0{,}059V/5 \lg \frac{c_{H^+}}{mol\ dm^{-3}} = 1{,}51V + 0{,}012\ V \lg 10^{-4}$

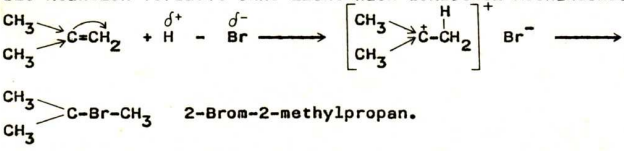
$E = 1{,}46\ V$

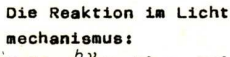
2. $-E = -E^0 - 0{,}012V \lg c_{H^+}$

$$pH = \frac{E^0 - E}{0{,}012\ V}$$

Aufgabe 13 (OC)

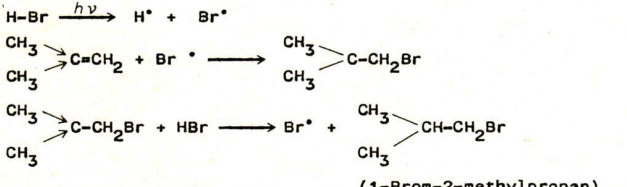
1. Die Reaktion verläuft ohne Licht nach ionischem Mechanismus:





2-Brom-2-methylpropan.

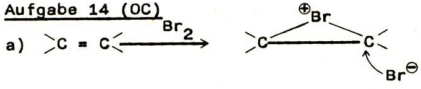
2. Die Reaktion im Licht verläuft häufig nach dem Radikalkettenmechanismus:



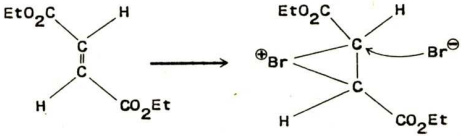
(1-Brom-2-methylpropan).

Folglich bilden sich im zweiten Fall im Ergebnis einer Prallelreaktion zwei Stoffe.

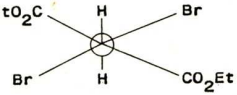
Aufgabe 14 (OC)

a) 

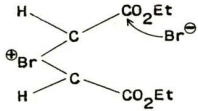
trans (antarafaciale) Addition



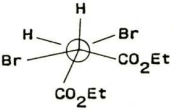
⟶ meso Addukt



Analog



⟶ (+), (-)-Gemisch



b) Licht: $Br_2 \xrightarrow{h\nu} {}^2 Br^{\bullet}$; 

Intermediäre Rotation möglich, Verlust der Stereospezifität.

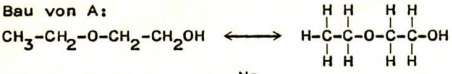
c) Optisch inaktiv

Aufgabe 15 (OC)

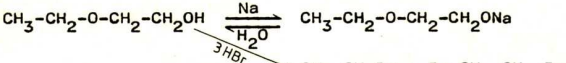
1. A gehört zu einer Reihe von abgeleiteten höheren Kohlenwasserstoffen, hat eine OH-Gruppe (darauf beruht die Reaktion mit Na und die Hydrolyse) und eine einfache Ethergruppierung ($R\text{-}O\text{-}R^+\text{-}OH$).
2. Die Reaktion des Gemisches der aus den Halogenprodukten erhaltenen Kohlenwasserstoffe ($C_aH_b + C_xH_y$) mit $Cu(NH_3)_2^+$ zeigt die Anwesenheit von Alkinen ($a \geq 2$) an, und die Re-

aktion des Rückstandes mit Brom zeigt den Sättigungsgrad an, und deshalb ist a+x=4, damit a=2 (C_2H_2) und x=2 (C_2H_4).

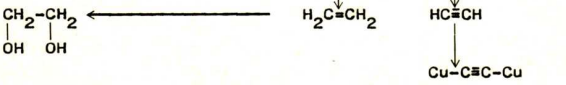
3. Bau von A:



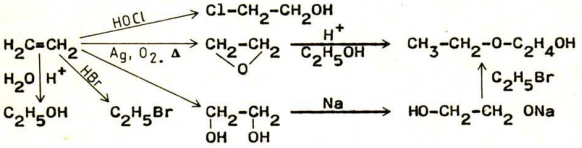
4.



5.



6. Synthese von A aus Ethen



IChO-
Übungsaufgaben

Ministerium
für
Volksbildung

Pionierpalast
„Ernst Thälmann"

HEFT 7

I C h O -
Ü b u n g s a u f g a b e n

Ministerium
für
Volksbildung

Pionierpalast
"Ernst Thälmann"

Heft 7

Autorenkollektiv: R. Hoppe, W. Schäfer
und die Studenten eines Jugendobjekts
M. Frenzel, B. Hüttenrauch, K. Herbst,
S. Hoffmann u. a.

Wissenschaftliche Beratung der FDJ-Studenten:
Prof. Dr. J. Dittrich, Doz. Dr. G. Fechtel, Dr. R. Frach,
Dr. P. Meyer, Dipl.-Chem. E. Mallon

Herausgeber: E. Kretschmer in Zusammenarbeit mit dem
Zentralen Methodischen Kabinett für
außerunterrichtliche Tätigkeit (Hefte 1 - 6)
und Heft 7 mit dem Pionierpalast "Ernst Thälmann"

Alle Rechte verbleiben beim Herausgeber.

1. Auflage
Ausgabe 1988
Lizenz Nr. 20 3/1000/88 (E)
LSV 0600
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: (52) VOB Nationales Druckhaus Berlin
Verlagstitelnummer 30 10 67-1

Im Heft 6 wurden unter dem Zeichen JO drei Aufgaben ohne Lösungen veröffentlicht. Die richtigen Lösungen lauten:

JO 13:

Folgende Reaktionen wären denkbar:

$Ca + Cu^{2+} \longrightarrow Cu + Ca^{2+}$

$Ca + 2\ H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$

$Cu^{2+} + 2\ H \longrightarrow Cu + 2\ H^+$

$2\ NO_3^- + 5\ Ca + 6\ H_2O \longrightarrow N_2 + 5\ Ca^{2+} + 12\ OH^-$

$8\ Ca + 2\ NO_3^- + 12\ OH^- \longrightarrow 2\ NH_3 + 8\ Ca^{2+} + 18\ OH^-$

$Cu^{2+} + 2\ OH^- \longrightarrow Cu(OH)_2\downarrow$

$Cu(OH)_2 \longrightarrow CuO + H_2O$

$CuO + 2\ H \longrightarrow Cu + H_2O$

$2\ NO_3^- + 4\ Ca + 5\ H_2O \longrightarrow N_2O + 4\ Ca^{2+} + 10\ OH^-$

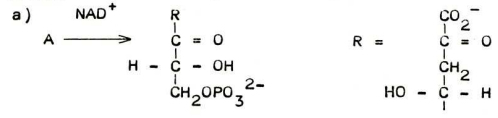
$2\ NO_3^- + 3\ Ca + 4\ H_2O \longrightarrow 2\ NO + 3\ Ca^{2+} + 8\ OH^-$

JO 14:

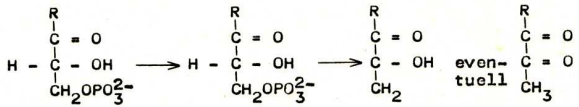
1. Aluminium ist passiviert.
2. $NaOH + Al(OH)_3 \longrightarrow Na\ Al(OH)_4$
   Da im basischen Milieu immer ein Teil der passivierenden Oxidschicht als Hydroxid vorliegt, führt obige Reaktion zur Zersetzung des Materials.
3. Weil sich bei den erforderlichen Temperaturen Carbide bilden würden.
4. Bruttogleichung: $3\ Cu + 8\ HNO_3 \longrightarrow 3\ Cu(NO_3)_2 + 2\ NO_2 + 4\ H_2O$

JO 15:

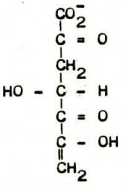
a)



b)



c)



d) $1 \cdot 2^2 = 4$

Auch in diesem Heft werden wieder unter der Bezeichnung JO drei Aufgaben gestellt, zu denen keine Lösung mit angegeben ist. Lösungsvorschläge sollen wieder gesandt werden an

FDJ-Leitung der PH Halle "N. K. Krupskaja"
Kennwort JO der Sektion B/C
Kröllwitzer Str. 44
Halle
4050

Termin ist der 10. Februar 1989.

Aufgaben

Der Inhalt der Aufgaben des vorliegenden Heftes 7 der Reihe IChO-Übungsaufgaben wurde den Aufgaben entnommen, die 1987 in Veszprem und 1972 in Moskau auf der Internationalen Chemie-Olympiade gestellt wurden.

Aufgabe 1 (PC)

Der Energiegehalt von Nahrungsmitteln kann durch Messung der Wärme bestimmt werden, die bei Verbrennung einer abgewogenen Probe des Nahrungsmittels unter konstanten Volumenbedingungen in einer kalorimetrischen (Mahlerschen) Bombe erzeugt wird. Die Wärmemenge, die unter diesen Bedingungen bei der vollständigen Verbrennung von 1 g Hühnerfett gefunden wurde, betrug 40000 J bei 37 °C.

Berechne den Energiegehalt dieses Hühnerfetts bei 37 °C unter konstantem Druck, d. h. die Standardenthalpie der Verbrennung! Die Reaktion sei gegeben durch die Gleichung

$$C_{20}H_{32}O_2\ (s) + 27\ O_2\ (g) \longrightarrow 20\ CO_2\ (g) + 16\ H_2O\ (l)$$

Aufgabe 2 (PC)

In welchem Grade ist es möglich, Ni aus einer wäßrigen Lösung (enthält 0,1 mol H_2SO_4 und 0,1 mol $NiSO_4$ je dm^3 Lösung) bei 25 °C zu entfernen, wenn eine a) Platin- und b) Nickel-Katode und eine inerte Anode verwendet werden? Die Überspannung des Wasserstoffs beträgt

a) -0,07 V b) -1,05 V.

Das Standardelektrodenpotential von Nickel beträgt -0,23 V. Die Nickelabscheidung benötigt keine Überspannung.

Aufgabe 3 (PC)

Berechne den Anteil des ^{15}N einer untersuchten bekannten Menge einer organischen Verbindung! Nach Umwandlung allen Stickstoffs in N_2 wurde folgendes Massenspektrum erhalten:

m/e	28	29	30
Höhen	978,5	360,6	52,5

Aufgabe 4 (PC)

Mengen von 50 g einer 4 %igen Natriumhydroxidlösung und 50 g einer 1,825 %igen Salzsäurelösung wurden in einem Dewargefäß bei 20 °C gemischt. Die Temperatur der erhaltenen Lösung erhöhte sich dabei auf 23,4 °C. Später wurden 70 g einer 3,5 %igen Schwefelsäure von einer Temperatur von 20 °C zugegeben.

a) Berechne die Endtemperatur der resultierenden Lösung!

b) Bestimme die Menge des trockenen Rückstandes nach Eindampfen der Lösung!

Die Wärmekapazität sei c = 4,19 J/g·K.

Aufgabe 5 (AC)

Wir haben folgende unvollständige Gleichungen

1. A $\longrightarrow$ B + C + D
2. A $\xrightarrow{Kat}$ B + D
3. C $\longrightarrow$ B + D
4. A + Zn + H_2SO_4 $\longrightarrow$ B + $ZnSO_4$ + H_2O
5. C + Zn + H_2SO_4 $\xrightarrow{Kat}$ B + $ZnSO_4$ + H_2O
6. A + B + H_2SO_4 $\longrightarrow$ E + $NaHSO_4$ + H_2O
7. E + NaOH $\longrightarrow$ B + F + H_2O
8. F $\longrightarrow$ A + B.

D und E sind Gase bei Raumtemperatur. Der Natriumanteil von A beträgt 21,6 %, der an Sauerstoff beträgt 18,78 %. Identifiziere die Substanzen A bis F!

Aufgabe 6 (AC)

Identifiziere die Substanzen A bis F!

1. A + NaOH $\longrightarrow$ B + C + H_2O
2. B + D $\xrightarrow{0C}$ E + NaCl + H_2O
3. E + H_2 $\xrightarrow{Kat.}$ F
4. E + O_2 $\rightleftharpoons$ A
5. F + O_2 $\xrightarrow{Kat}$ A + H_2O
6. F + O_2 $\longrightarrow$ E + H_2O
7. F + Cl_2 $\longrightarrow$ D + E
8. F + HCl $\longrightarrow$ D.

Aufgabe 7 (AC)

Ein Eisenoxid enthält 24,12 % Eisen der Wertigkeit (II) und 48,24 % Eisen der Wertigkeit (III). Wie lautet die Formel?

Aufgabe 8 (AC)

1843 bestimmte Berzelius das Atomgewicht von Kalzium durch Überführen von reinem Kalziumoxid in Kalziumsulfat mit Hilfe von Schwefelsäure, wobei der Überschuß an H_2SO_4 durch starkes Erhitzen entfernt wurde. In einem Beispiel ergaben 2,5040 g CaO 6.0750 g $CaSO_4$. A_S = 32,06 und A_O = 16,00 vorausgesetzt, berechne das Atomgewicht von Ca!

Aufgabe 9 (AC)

0,5986 g eines Gemisches von NaCl und KCl ergaben 0,7072 g wasserfreies Na_2SO_4 und K_2SO_4 nach Umsetzung mit Schwefelsäure. Berechne die Prozentanteile von NaCl und KCl!

Aufgabe 10 (AC)

Infolge von mäßigem Erhitzen zerfällt $KClO_3$ in folgender Weise:

$2\ KClO_3 \longrightarrow KCl + KClO_4 + O_2$.

Ein Gemisch von KCl und $KClO_3$ wird erhitzt, wobei der $KClO_3$-Anteil komplett zersetzt wird. Der KCl-Anteil (in Masseprozent) erreicht dabei das Doppelte seines Ausgangsbetrages.

a) Berechne die Ausgangszusammensetzung des Gemisches!

b) Berechne die Menge Gemisch, die zur Herstellung von 1,2 dm^3 O_2 im Normalzustand benötigt wird!

Aufgabe 11 (AC)

4,2 g eines Gemisches von Zn und $ZnCO_3$ wird in verdünnter Schwefelsäure gelöst, wobei 1,25 dm^3 Gas unter Normalbedingungen entstehen.

a) Berechne die Zusammensetzung des Gemisches in Masseprozent!

b) Berechne die Zusammensetzung des Gases in Volumenprozent!

Aufgabe 12 (AC)

1 kg kristallines ($CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$) soll gereinigt werden. Es ist verunreinigt durch 2 % wasserlösliche und wasserunlösliche Zusätze. Das verunreinigte Kupfersulfat wird in heißem Wasser gelöst, die erhaltene Lösung wird bei erhöhter Temperatur filtriert, dann auf Raumtemperatur abgekühlt. Die ausgefallenen Kristalle werden letztlich durch Filtration abgetrennt.

a) Berechne die Menge heißen Wassers, die zum vollständigen Lösen des Kupfersalzes benötigt wird! Im Verlauf der Filtration kommt es zu keiner Ausscheidung von $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$ im Trichter. Eine optimale Rekristallisation sei erreicht, nachdem die Lösung auf 20 °C abgekühlt ist. Man nehme an, daß die Temperatur der Lösung während des Filtrierens nicht unter 80 °C sinkt.

b) Berechne, wieviel Prozent des Ausgangsmaterial aus der Lösung bei 20 °C erhalten werden! Die Konzentrationen gesättigter $CuSO_4$-Lösungen bei verschiedenen Temperaturen sind gegeben durch:

T/°C	20	80	100
m/m %	16,9	35,9	43,5.

Aufgabe 13 (AC)

Geben Sie Ihre Tips mit 1, x oder 2 als Antwort!

	1	x	2
max. Elektronegativität	O	B	Cl
min. Größe	Ar	Cl^-	K^+
schwerstes Gas	Neon	Ethin	Ethen
max. Ionisationsenergie	He	Ne	Li
Form des SO_3-Moleküls	planar	räumlich	linear
π-Bindungen enthalten	H_2O_2	C_3H_8	O_2
delokalisierte π-Bindungen	N_2H_4	NO_2	N_2
Elektronenpaardonor	C_2H_4	B_2H_6	N_2H_4
Elektronenpaarakzeptor	NH_3	Cl^-	BF_3
reguläres Tetraeder	XeF_4	SiF_4	SF_4
reguläres Dreieck	XeO_3	BF_3	PH_3
unpolares Molekül	PCl_3	PCl_5	IF_5
höchster Schmelzpunkt *	$BaCl_2$	KCl	Alkohol
kleinster Schmelzpunkt	NaCl	$CaCl_2$	ClF
kleinster pH *	CsCl	NH_4Cl	HCl
leichteste Reduzierbarkeit	N_2	NO_2	NH_3
stärkstes Oxydationsmittel	HClO	$HClO_4$	$HClO_3$
stärkste Säure *	HCl	HF	HI
größtes positives ε_0	Ag/Ag^+	Sn/Sn^{2+}	Fe/Fe^{2+}
oxydiert meistes Iodid/mol	Fe^{3+}	IO_3^-	NO_2^-
reduziert meistes Iod/mol	SO_2	$S_2O_3^{2-}$	SO_4^{2-}

	1	x	2
minimales Standardvolumen	1 g O_2	1 g H_2	1 g CO_2
paramagnetischer Komplex	$[Ni(CN)_4]^{2-}$	$[Fe(CN)_6]^{3-}$	$[Co(CN)_6]^{3-}$
Hybridisierung des Cl im ClF_5	sp^3	sp^3d^2	sp^3d
Hybridisierung des Xe im XeF_2	sp^3d	sp	sp^3

x = äquimolare Lösungen

Aufgabe 14 (OC)

a) Wie kann man But-1-en in But-2-en überführen?

b) Wie könnte man Hex-1-in und Hex-2-in durch chemische Methoden unterscheiden?

Aufgabe 15 (OC)

Die Summenformel einer organischen Substanz sei C_6H_{12}. Die Verbindung reagiert mit Brom unter Bildung von $C_6H_{12}Br_2$ und reagiert mit Wasserstoff unter Bildung von 2-Methylpentan. Die Oxydation der Verbindung C_6H_{12} führt zur Bildung von Essigsäure und 2-Methylpropansäure.
Welche Verbindung liegt vor?

JO 16)

Eine Feststoffprobe enthält NaOH, Na_2CO_3 und einiges Inertmaterial. Eine Probe von 0,1 g dieses Materials benötigt 12,16 cm^3 einer 0,1017 mol/cm^3 HCl, um den Methylorangeumschlagspunkt zu erreichen. Eine andere Probe gleicher Größe erfordert 10,82 cm^3 derselben Säure, um den Phenolphthaleinumschlagspunkt zu erreichen. Berechne die Anteile von NaOH und Na_2CO_3!

JO 17)

Schreibe die Produkte der folgenden Reaktionen auf!

a) Acetaldehyd reagiert mit

1. Ammoniak
2. Hydroxylamin
3. Blausäure
4. Natriumhydroxid
5. Selendioxid

b) Benzaldehyd reagiert mit

1. Ammoniak
2. Hydroxylamin
3. Blausäure
4. konz. Kalilauge
5. Kaliumcyanid in katalyt. Mengen, in siedendem Alkohol

JO 18)

Um den Glycerolanteil ($C_3H_8O_3$) eines Glycerol-Wasser-Gemisches zu bestimmen, werden 4,381 g des Gemisches mit Wasser zu 500 cm^3 gelöst. 10 cm^3 dieser verdünnten Lösung werden mit 20 cm^3 einer 0,12 mol/dm^3 Kaliumdichromatlösung gemischt und konz. Schwefelsäure wird zugegeben. Die Lösung wird eine Weile erwärmt. Dabei findet folgende Reaktion (ausgleichen!) statt:

$C_3H_8O_3 + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \longrightarrow CO_2 + Cr^{3+} + H_2O.$

Nach einer gewissen Zeit wird die Lösung mit Wasser zu 100 cm^3 gelöst. 20 cm^3 werden entnommen und gegen $FeSO_4$-Lösung titriert. Die verbrauchte Menge $FeSO_4$-Lösung sei 10,96 cm^3.

20 cm^3 einer 0,12 mol/dm^3 $K_2Cr_2O_7$-Lösung werden auf 100 cm^3 verdünnt, 10 cm^3 davon mit H_2SO_4 angesäuert und mit derselben $FeSO_4$-Lösung titriert. Die benötigte Menge beträgt nun 15,65 cm^3.

Bei der Titration findet folgende Reaktion statt (ausgleichen!):

$Cr_2O_7^{2-} + Fe^{2+} + H^+ \longrightarrow Cr^{3+} + Fe^{3+} + H_2O.$

Wie groß ist der Massenanteil des Glycerols im Originalgemisch?

JO 19)

Gegeben seien sechs gelbe Feststoffe in sechs unetikettierten Flaschen:

PbO S AgI K_2CrO_4 $FeCl_3 \cdot 6\ H_2O$ CdS.

Identifiziere die Substanzen auf möglichst einfachem Wege, verwende dazu nicht mehr als 5 g Substanz!

Lösungen

Aufgabe 1

Die Koeffizientenänderung beträgt $\Delta\nu = -7$.

$\Delta_R U = -40000\ J/g \cdot 304{,}16\ g/mol = -12166{,}4\ kJ/mol$

$\Delta_R H = \Delta_R U + \Delta\nu \cdot R \cdot T = -(-12166{,}4 - 18{,}1)\ kJ/mol = 12184{,}5\ kJ/mol.$

Aufgabe 2

a) Das Elektrodenpotential der Wasserstoffelektrode beträgt

$\varepsilon = (0 + 0{,}0591 \cdot \lg 0{,}1)V = -0{,}0591\ V.$

Die Abscheidungspotentiale betragen von

Wasserstoff: $-0{,}07\ V - 0{,}0591\ V = -0{,}1291\ V$

Nickel: $-0{,}23\ V + 0{,}5\ (0{,}0591 \cdot \lg 0{,}1)\ V = -0{,}2596\ V.$

Es wird Wasserstoff entwickelt.

b) Abscheidungspotentiale:

Wasserstoff: $-0{,}0591\ V - 1{,}05\ V = -1{,}1091\ V$

Nickel: $-0{,}2596\ V.$

Es wird Nickel abgeschieden. Die Ni^{2+}-Konzentration nimmt ab, bis das Elektrodenpotential des Nickels das des Wasserstoffs erreicht. Nur formal:

$-1{,}1091\ V = -0{,}23\ V + 0{,}5 \cdot 0{,}0591\ V \cdot \lg c\ (Ni)$

$c(Ni) = 7 \cdot 10^{-30}\ mol/dm^3,$

d. h. Nickel-Ionen können an der Nickelelektrode praktisch quantitativ abgeschieden werden.

Aufgabe 3

a) in Atomteilen:

$$\frac{(2 \cdot 52{,}5 + 360{,}6) \cdot 100}{2\ (978{,}5 + 360{,}6 + 52{,}5)} = 16{,}73\ \%$$

b) in Masseprozent

$$\frac{2 \cdot 52{,}5 \cdot 15 + 360{,}6 \cdot 15}{2 \cdot 978{,}5 + 360{,}6 \cdot 29 + 2 \cdot 52{,}5 \cdot 15} = 17{,}71\ \%$$

Aufgabe 4

a) $NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$

$$n(NaOH) = \frac{50\ g \cdot 0{,}04}{40\ g/mol} = 0{,}05\ mol$$

$$n(HCl) = \frac{50\ g \cdot 0{,}01825}{36{,}5\ g/mol} = 0{,}025\ mol$$

nichtneutralisierte NaOH: 0,025 mol.

Bei Bildung eines mols beträgt die Neutralisationswärme

$$\Delta H_{neutr.} = \frac{-m \cdot c \cdot \Delta T}{n(H_2O)} = \frac{100\ g \cdot 4{,}19\ J/g \cdot K \cdot 3{,}4\ K}{0{,}025\ mol} = -57000\ J/mol.$$

$NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow NaHSO_4 + H_2O$

Die Temperatur der resultierenden Lösung wird berechnet gemäß

$$T = \frac{m_1 \cdot T_1 + m_2 \cdot T_2}{m} = \frac{(100 \cdot 296{,}15 + 70 \cdot 293{,}15)\ ^oK}{170} = 22\ ^oC$$

Die Temperatur erhöht sich während der Reaktion mit H_2SO_4 gemäß $\Delta T = \frac{n(H_2O) \cdot \Delta H_{neutr.}}{m \cdot c} = 2\ K$, d. h., die Temperatur beträgt 24 °C.

b) Wegen der Reaktion $NaCl + NaHSO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + HCl$ ist der trockene Rückstand Na_2SO_4.
$m(Na_2SO_4) = 0{,}025\ mol \cdot 142\ g/mol = 3{,}55\ g$

Aufgabe 5

Aus den Gleichungen 6,7 und 8 kann geschlossen werden, daß F ein Na-haltiges Gemisch ist. Wenn F Na enthält, dann müssen auch A, B und C Na enthalten.
Aus den Gleichungen 4,5 und 7 erkennt man, daß A, C und F Sauerstoff enthalten. Wenn $D = O_2$ ist, dann sind A und C Salze. Wenn E ein Gas ist, dann folgt aus 6 und 7, daß $E = Cl_2$.
Aus diesen Überlegungen erhält man folgende Formeln:

A = $NaClO_3$
B = $NaCl$
C = $NaClO_4$
D = O_2
E = Cl_2
F = $NaOCl$

Aufgabe 6

Aus den Gleichungen 1 und 4 erkennt man, daß A ein Oxid ist und ein Anhydrid einer Säure. B und C sind Natriumsalze. Aus den Gleichungen 2 und 8 folgt, daß die Substanz D Chloridionen enthält. Somit ist F eine Base und enthält Wasserstoff (Gleichung 3). Als basische Hydride kommen nur NH_3 und PH_3 in Frage. Daraus folgt, F = NH_3.

Somit ergibt sich:

E =	N_2	(Gleichungen 3 und 6),
A =	NO_2	(Gleichungen 4 und 5),
B =	$NaNO_2$	(Gleichungen 1 und 2),
C =	$NaNO_3$	(Gleichung 1) und
D =	NH_4Cl	(Gleichungen 2, 7 und 8).

Aufgabe 7

$$\frac{Fe(III)}{Fe(II)} = \frac{48,24}{24,12} = 2$$

Die Formel lautet $FeO \cdot Fe_2O_3$ oder Fe_3O_4 (Magnetit).

Aufgabe 8

$\frac{A + 96,06}{A + 16} = \frac{6,075}{2,504}$, daher ist A = 40,14 g/mol.

Aufgabe 9

Wenn 1 mol des Gemisches x mol KCl und (1-x) mol NaCl enthält, gilt: $x(A_K - A_{Na}) + M_{NaCl} = 16,12\ x + 58,44$

und für die Masse des hergestellten Sulfatgemisches gilt:

$0,5\ x\ (2\ A_K - 2\ A_{Na}) + 0,5\ M_{Na_2SO_4} = 16,12\ x + 71,02$,

so daß für das Massenverhältnis gilt:

$$\frac{m_{SO_4^{2-}}}{m_{Cl}} = \frac{0,7072}{0,5986} = \frac{16,12x + 71,02}{16,12x + 58,44} \qquad x = 0,676$$

Der KCl-Anteil beträgt somit 67,6 Molprozent, d. h. 72,7 Masseprozent.

Aufgabe 10

a) Legen wir für die Berechnung ein mol des Gemisches zugrunde, dann beträgt der KCl-Anteil x mol, der $KClO_3$-Anteil (x-1) mol.

Nach Erhitzen:

$KCl \longrightarrow (x + 0{,}5 \cdot (1-x))$ mol = 0,5 (1+x) mol

$KClO_4 \longrightarrow$ 0,5 (1-x) mol.

Da sich der KCl-Anteil nach Erhitzen verdoppelt, gilt:

$$\frac{2 \cdot 74{,}55\ x}{74{,}55\ x + (1-x) \cdot 122{,}5} = \frac{(1+x) \cdot 74{,}55}{(1+x) \cdot 74{,}55 + (1-x) \cdot 138{,}55}$$

Nach Vereinfachung und Umordnung folgt:

$80\ x^2 - 351{,}65\ x + 122{,}5 = 0$, d. h.,

x = 0,382 mol KCl sind in 1 mol Gemisch enthalten.

Die Anteile betragen somit 27,30 % KCl und 72,70 % $KClO_3$.

b) 1 mol $KClO_3$ entwickelt 11,205 dm^3 O_2 unter Normalbedingungen.

Daher sind $\frac{122{,}55 \cdot 1{,}2\ g}{0{,}727 \cdot 11{,}205}$ = 18,05 g Gemisch notwendig, um 1,2 dm^3 O_2 zu produzieren.

Aufgabe 11

a) Es sind x mol Zn und y mol $ZnCO_3$ im Gemisch.

65,37 x + 125,37 y = 4,2

21,41 (x + y) = 1,25

Die Lösung dieses linearen Gleichungssystemes lautet:

$x = 4{,}655 \cdot 10^{-2}$ mol Zn (83,47 Molprozent)

$y = 9{,}230 \cdot 10^{-3}$ mol $ZnCO_3$ (16,53 Molprozent) $\longrightarrow$ die Massenanteile 72,45 % Zn, 27,55 % $ZnCO_3$

b) Das Gasgemisch in Volumenprozent stimmt mit dem Molprozent einer Probe von 83,47 % H_2 und 16,53 % CO_2 überein.

Aufgabe 12

a) 980 g $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$ enthalten $\frac{980 \cdot 159,6}{249,7}$ g $CuSO_4$ und

$\frac{980 \cdot 90,1}{249,7}$ g H_2O.

$\frac{35,9}{64,1} = \frac{159,6 \cdot 980}{249,6 \cdot (\frac{980 \cdot 50}{249,6} + x)}$, daher ist x = 765 g H_2O.

b) 16,9 g $CuSO_4$ sind in 100 g Lösung bei 20 °C gelöst, d. h., 26,4 g $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$. Die Masse des Niederschlages beträgt y g $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$, dann bleiben (980-y) g $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$ in (980 + 765 - y) g Lösung zurück.

$\frac{980 - y}{1745 - y} = \frac{26,4}{100}$, y = 705,6 g $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$.

Aufgabe 13

1	2	2	1	1	2	x	2	2	x	x	x	
2	2	2	x	1	2	1	x	1	2	x	x	1

Aufgabe 14

a) (1) $CH_2 = CH - CH_2 - CH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow CH_3 - \underset{\backslash OSO_3H}{CH} - CH_2 - CH_3 \rightarrow$

$\xrightarrow[-\ H_2SO_4]{} CH_3 - CH = CH - CH_3$

(2) $CH_2 = CH - CH_2 - CH_3 + HCl \longrightarrow CH_3 - \underset{|\ Cl}{CH} - CH_2 - CH_3 \rightarrow$

$\xrightarrow[-\ HCl]{\text{Base}} CH_3 - CH = CH - CH_3$

b) Nur der terminale Methinwasserstoff reagiert mit

(1) Grignard-Reagenz

$HC \equiv C - C_4H_9 + CH_3 - Mg - I \longrightarrow CH_4 + IMg - C \equiv C - C_4H_9$

(2) Alkalimetall

$HC \equiv C - C_4H_9 + Na \xrightarrow[\text{liq. } NH_3]{} Na^+ + {}^-C \equiv C - C_4H_9$

Aufgabe 15

Wegen seiner Formel C_nH_{2n} kann die Verbindung ein Alken oder Cycloalkan sein. Da sie ein mol Brom addiert, muß sie eine Doppelbindung enthalten (Alken). Ihr Reduktionsprodukt ist 2-Methylpentan, somit ist das C-Gerüst bekannt, es fehlt noch die Position der Doppelbindung. Diese kann bestimmt werden aus den Strukturen der Oxydationsprodukte:



IChO-
Übungsaufgaben

Ministerium
für
Volksbildung

Pionierpalast
„Ernst Thälmann"

HEFT 8

I C h O -
Ü b u n g s a u f g a b e n

Ministerium
für
Volksbildung

Pionierpalast
"Ernst Thälmann"

Heft 8

Autorenkollektiv: C.-R. Kramer
und die Studenten eines Jugendobjektes
S. Hoffmann, K. Herbst, A. Täuber, H. Schikor,
A. Pickrahn und K. Pirk

Herausgeber: C.-R. Kramer in Zusammenarbeit mit dem Pionierpalast "Ernst Thälmann"

Alle Rechte verbleiben beim Herausgeber.

1. Auflage
Ausgabe 1989
Lizenz Nr. 203/1000/89 (E)
LSV 0600
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: (52) VOB Nationales Druckhaus Berlin
Verlagstitelnummer 30 11 23-1

Im Heft 7 wurden unter dem Zeichen JO vier Aufgaben ohne Lösungen veröffentlicht. Die richtigen Lösungen lauten:

JO 16:

a) $n_{HCL(1)} = n_{NaOH} + 2\ n_{Na_2CO_3}$

b) $n_{HCL(2)} = n_{NaOH} + n_{Na_2CO_3}$

$n_{Na_2CO_3} = (12{,}16-10{,}82)\cdot 0{,}101\ mmol = 0{,}1363\ mmol$

$= 14{,}44\ mg/100mg$

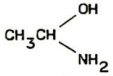
$n_{NaOH} = 10{,}82\cdot 0{,}1017 mmol - 0{,}1363\ mmol = 0{,}9641\ mmol$

$= 38{,}55\ mg/100mg$

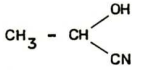
Masseanteil von NaOH: 38,55 %; Masseanteil von Na_2CO_3: 14,44 %

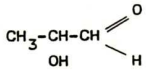
JO 17:

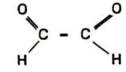
Acetaldehyd

1. 

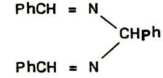
2. $CH_3- CH = N - OH$

3. 

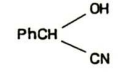
4. 

5. 

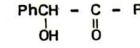
Benzaldehyd

1. 

2. $PhCH = N - OH$

3. 

4. $PhCOOK + PhCH_2OH$

5. 

JO 18:

Die Reaktionsgleichung der Titration in Ionenschreibweise lautet:

(1.) $Cr_2O_7^{2-} + 6\ Fe^{2+} + 14\ H^+ \longrightarrow 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O + 6\ Fe^{3+}$

(2.) $3\ C_3H_8O_3 + 7\ Cr_2O_7^{2-} + 56\ H^+ \longrightarrow 9\ CO_2 + 14\ Cr^{3+} + 40\ H_2O$

15,65 ml $FeSO_4$-Lösung reduzieren $2{,}4 \cdot 10^{-4}$ mol $Cr_2O_7^{2-}$,

10,96 ml $FeSO_4$-Lösung reduzieren $1{,}681 \cdot 10^{-4}$ mol $Cr_2O_7^{2-}$.

Zu Beginn waren $20 \cdot 0{,}12 \cdot 10^{-3}$ mol $Cr_2O_7^{2-}$-Ionen vorhanden.

Zurück bleiben letztlich $5 \cdot 1{,}681 \cdot 10^{-4}$ mol.

$20 \cdot 0{,}12 \cdot 10^{-3}$ mol - $5 \cdot 1{,}681 \cdot 10^{-4}$ mol = $1{,}56 \cdot 10^{-3}$ mol Dichromat reagieren mit dem Glycerol.

Übereinstimmend mit Gleichung (2) gilt:

$1{,}56 \cdot 10^{-3}$ mol Dichromat oxidieren $\frac{3 \cdot 1{,}56 \cdot 10^{-3}}{7}$ mol

$= 6{,}684 \cdot 10^{-4}$ mol Glycerol.

4,381 g Glycerol-Wasser-Gemisch enthalten

$6{,}684 \cdot 10^{-4} \cdot 50 \cdot 92$ g Glycerol.

100 g Gemisch enthalten 70,181 g Glycerol.

JO 19:

1. Verhalten gegen H_2O:

a) PbO (-) keine Lösung;
b) S (-) keine Lösung (schwimmt);
c) AgI (-) keine Lösung;
d) K_2CrO_4 (+) gelbe Lösung
e) $FeCl_3 \cdot 6\,H_2O$ (+) orangegelbe bis rotbraune Lösung;
f) CdS (-) keine Lösung

2. Prüfung der erhaltenen wäßrigen Lösungen aus d) und e):

- + $Pb(NO_3)_2$-Lösung ⟶ gelber Nd.↓, $PbCrO_4$; K_2CrO_4 (+);
- + $BaCl_2$ - Lösung ⟶ gelber Nd.↓, $BaCrO_4$; K_2CrO_4 (+);
- + H_2SO_4 - Lösung ⟶ orange Färbung, $Cr_2O_7^{2-}$; K_2CrO_4 (+);
- + KSCN - Lösung ⟶ blutrote Färbung, $Fe(SCN)_3$; $FeCl_3$ (+);
- + $K_4[Fe(CN)_6]$-Lösung ⟶ Berliner Blau, $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$; $FeCl_3$ (+).

3. Versetzen der in H_2O nicht lösbaren Substanzen mit einem Gemisch HNO_3/H_2O im Volumenverhältnis 1:2:

a) $PbO + 2\,HNO_3 \longrightarrow Pb^{2+} + 2\,NO_3^- + H_2O$ (Auflösung);
b) keine Auflösung;
c) keine Auflösung;

f) $CdS + 2\ HNO_3 \longrightarrow Cd^{2+} + 2\ NO_3^- + H_2S$ (Auflösung);
Geruch nach H_2S, feuchtes Bleiacetatpapier wird schwarz; CdS (+)

4. Salpetersaure Lösung aus 3.:

a) + NH_3-Lösung + K_2CrO_4-Lösung ⟶ gelber Nd.↓, $PbCrO_4$; PbO (+)

oder

a) + H_2S-Wasser ⟶ schwarzer Nd.↓, PbS; PbO (+)

oder

a) + H_2SO_4-Lösung ⟶ weißer kristall. Nd.↓, $PbSO_4$; PbO (+)

d) mit H_2O verdünnen + NH_3-Lösung bei schwach saurer Reaktion + H_2S-Wasser ⟶ gelber Nd.↓, CdS; CdS (+)

oder

+ NH_3-Lösung (tropfenweise) ⟶ weißer Nd.↓, $Cd(OH)_2$, löslich bei Überschuß NH_3, CdS (+)

5. Weder im H_2O noch im Gemisch HNO_3/H_2O löslich bleiben b) und c):

- mit konz. H_2SO_4 erhitzen ⟶ violette I_2-Dämpfe, AgI (+)
- mit Zn-Granalie + H_2SO_4 kochen ⟶ schwarzes Ag, AgI (+)
- versetzen mit KCN-Lösung ⟶ Auflösung, $[Ag(CN)_2]$ AgI (+)
- an Luft verbrennen ⟶ blaue Flamme, stechender SO_2-Geruch, feuchtes Indikatorpapier färbt sich rot; S (+)
- mit CS_2 schütteln ⟶ Auflösung; S (+)

Auch in diesem Heft werden wieder drei durch das Zeichen JO gekennzeichnete Aufgaben gestellt, zu denen keine Lösungen mit angegeben sind.

Lösungsvorschläge senden Sie bitte an die FDJ-Leitung der Pädagogischen Hochschule "N.K. Krupskaja" Halle-Köthen, PSF 763, Halle (Saale) - 4002 unter dem Kennwort "JO der Sektion B/C".

Bitte geben Sie auf den Einsendungen Ihren Namen und die Anschrift Ihrer Schule an. Die besten Einsendungen werden mit Bücherschecks prämiert.

Termin ist der 10. Februar 1990.

Aufgaben

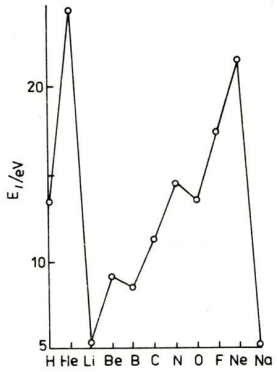
Im vorliegenden Heft 8 sind theoretische Aufgaben enthalten, die finnische Wissenschaftler 1988 zur Vorbereitung auf die XX. Internationale Chemie-Olympiade in Espoo/Finnland an die teilnehmenden Länder versandten. Umfang und Tiefe der Aufgaben liegen über dem geforderten Anspruchsniveau der Schullehrpläne, deshalb werden Lösungen mit angegeben.

Aufgabe 1 (PC)

Die Ionisierungsenergie E_I eines Elements wird als die erforderliche Energie, die zur Abtrennung eines Elektrons aus einem Atom im gasförmigen Zustand benötigt wird, definiert. Der Ionisierungsprozeß kann durch folgende Gleichung beschrieben werden:

$$A(g) \longrightarrow A^+(g) + e^-$$

Die Ionisierungsenergie unterscheidet sich von einem Element zum anderen und hängt von den elektronischen Strukturen und chemischen Eigenschaften der Elemente ab. In dem folgenden Bild werden die Ionisierungsenergien für die elf ersten Elemente des PSE dargestellt:



a) Warum nimmt die Ionisierungsenergie innerhalb einer Periode von links nach rechts zu?
b) Warum gibt es einen großen Unterschied zwischen Neon und Natrium?
c) Warum ist die Ionisierungsenergie des Bors kleiner als die vom Beryllium?
d) Warum ist die Ionisierungsenergie des Sauerstoffs kleiner als die des Stickstoffs?

Aufgabe 2 (PC)

Für die thermodynamische Säurekonstante einer monoprotischen Säure HA^{3-} beträgt pK_a^0 4,25.

a) Berechnen Sie die stöchiometrische Säurekonstante pK_a für diese Säure bei der Ionenstärke von 0,05!
b) Rechnen Sie die Stoffmengenkonzentrationen von H^+ und HA^{3-} dieser Säure aus!

Aufgabe 3 (PC)

Kupfer und Cobalt bilden einen Komplex ML mit einem Liganden L, wenn der pH-Wert über 8 ist. Das Maximum der Absorption für den Kupferkomplex liegt bei 450 nm, während es für den Cobaltkomplex bei 300 nm liegt.

Berechnen Sie die Gehalte an Kupfer und Cobalt in der Probelösung (x und y), wenn folgende Meßwerte bekannt sind:

Lösung	Cu-Masseanteil/ppm	Co-Masseanteil/ppm	A(300)	A(450)
1	2,0	0,0	0,125	0,730
2	0,0	2,0	0,640	0,681
Probe	x	y	0,681	1,026

A = Absorbanz (Extinktion)

Aufgabe 4 (PC)

Gasförmiger Iodwasserstoff wurde in einen entleerten Behälter bei 25 °C bis zum Totaldruck von 50 kPa eingefüllt. Die Temperatur wurde auf 400 °C erhöht. Nach Neueinstellung des Gleichgewichts hat sich ein Volumenanteil von 21,5 % des Iodwasserstoffs zersetzt.

a) Schreiben Sie die Gleichung der Gleichgewichtsreaktion auf!
b) Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante K_p!

Aufgabe 5 (AC)

Beim Erhitzen der Verbindung A werden die Verbindung B und Natriumchlorid gebildet. Bei der Elektrolyse der wasserlöslichen Verbindung B werden die Verbindung C und gasförmiger Wasserstoff gebildet. Die gasförmige Verbindung D (KP-11 °C) ist ein starkes Oxidationsmittel und reagiert mit Natriumhydroxidlösung unter Bildung von A, B und Wasser.

a) Identifizieren Sie die Verbindungen A - E und schreiben Sie ihre Lewisformeln auf!

b) Schreiben Sie alle Reaktionsgleichungen auf!

Aufgabe 6 (AC)

Die Elementaranalyse eines getrockneten Torfs ergab folgende Masseanteile: 55,0 % C, 5,5 % H_2, 0,2 % S, 32,6 % O_2, 1,7 % N_2 und 5,0 % Asche. Frisch abgebauter Torf enthält 30 % Wasser. Solcher Torf wurde in Luft mit 20 Volumenanteilen Überschuß verbrannt.

a) Rechnen Sie das Volumen der Luft aus, die für die Verbrennung von 1000 kg frischen Torfs gebraucht wird! Der Luftdruck war 101,325 kPa und die Temperatur 25 °C. Es wird angenommen, daß die Luft 21 Volumenanteile O_2 und 79 Volumenanteile N_2 enthält.

b) Wie groß ist das Volumen des gebildeten Rauchgases, wenn seine Temperatur 180 °C und der Druck 100 kPa waren?

c) Welche Volumenanteile von CO_2 und O_2 sind im Rauchgas vorhanden?

Aufgabe 7 (AC)

Stickstoffmonoxid wird durch die Oxidation von Ammoniak mit der Luft nach folgender Reaktion gebildet:

(1) $4\ NH_3(g) + 5\ O_2(g) \longrightarrow 4\ NO\ (g) + 6\ H_2O\ (g)$.

Es wird folgende Nebenreaktion beobachtet:

(2) $4\ NH_3 + 3\ O_2(g) \longrightarrow 2\ N_2\ (g) + 6\ H_2O\ (g)$.

Die gebildeten gasförmigen Produkte werden zur Absorptionsanlage geführt, in der das ganze Wasser und 85 % des NO absorbiert werden. Die Zusammensetzung des von der Absorptionsanlage kommenden Gases ist folgende: 2,2 % O_2, 2,4 % NO und 95,4 % N_2 Volumenanteile.

Wie groß ist die prozentuale Ausbeute an NO?

Aufgabe 8 (AC)

Die Stabilität zahlreicher metallorganischer Verbindungen kann mit Hilfe der 18-Elektronen-Regel betrachtet werden. Nach dieser Regel wird eine Verbindung stabilisiert, wenn sich 18 Valenzelektronen um ein Metallatom bzw. Metallion befinden. Die Zahl der Ligandelektronen variiert gemäß der Koordinationsart und der Koordinationsweise der Liganden. Zum Beispiel:

CO, PR_3, SR_2, Cl^-: Der Ligand kann 2 Elektronen abgeben.

C_4H_4 : Der Ligand kann 4 Elektronen abgeben.

$C_5H_5^- = C_P$: Der Ligand kann 5 Elektronen abgeben.

Zählen Sie die Zahl der Valenzelektronen in folgenden Metallkomplexen und diskutieren Sie ihre Stabilität!

a) $[Cr(CO)_6]$, $[Mn(CO)_5]$, $[Fe(CO)_5]$, $[Co(CO)_4]$, $[Cu(CO)_4]$

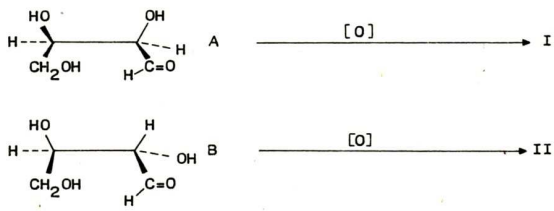
b) $[Fe(CO)_3(PR_3)_2]$

c) $[Fe(Cp)_2]$

d) Welches Element bildet einen stabilen Komplex der Zusammensetzung $[M(C_4H_4)\ (CO)_3]$?

Aufgabe 9 (OC)

D-Erythrose (A) und D-Threose (B) sind leicht zu Dicarbonsäuren I und II zu oxidieren.



a) Schreiben Sie die Strukturformel für I und II auf!

b) Wie können Sie feststellen, ob eine Probe I oder II enthält?

Aufgabe 10 (OC)

Zeigen Sie, wie die folgenden Verbindungen aus den gegebenen Ausgangsstoffen synthetisiert werden können. Sie können annehmen, daß die üblichen Laborchemikalien und Lösungsmittel zur Verfügung stehen.

a) 4-Methyl-2-pentanon aus 2-Propanon
b) 2-Phenyl-2-deuteropropan aus 2-Phenyl-2-chlorpropan und Deuteriumoxid

Aufgabe 11 (OC)

Eine aliphatische Verbindung A ist ein nützliches Lösungsmittel und eine industriell verwendete Substanz. Sie enthält 66,4 % C, 11,1 % H und 22,2 % O. Bei der Reduktion von A wird ein sekundärer Alkohol B gebildet, der 64,9 % C, 13,5 % H und 21,6 % O enthält. Die Verbindung C wird aus Ethylbromid und Magnesium in absolutem Ether hergestellt. Nach Hydrolyse des Produktes aus A und C bildet sich die Verbindung D, die 70,6 % C, 13,7 % H und 15,7 % O enthält.

a) Geben Sie die empirischen Summenformeln von A, B und C an!
b) Leiten Sie die Strukturformeln für A bis D ab. Geben Sie ihre Beweisführung an. Wie können Sie ihre Ableitung bestätigen?

Aufgabe 12 (OC)

Wie können Sie die folgenden Präparate herstellen?
Geben Sie alle Reaktionsstufen an!

a) cis-1-Phenylpropen aus trans-1-Phenylpropen
b) 2-Buten aus 1-Butanol
c) (-)-α-Hydroxypropanal aus (+)-α-Hydroxy-propanol

Aufgabe 13 (Analyt. C.)

Wie groß ist die Löslichkeit von Calciumoxalat in einer Puffer-Lösung vom pH-Wert 3,50? Das Löslichkeitsprodukt von Calciumoxalat ist $2{,}0 \cdot 10^{-9}$ $mol^2 dm^{-6}$ und die Säurekonstanten der Oxalsäure sind $K_{a_2} = 6{,}0 \cdot 10^{-2}$ $mol \cdot dm^{-3}$ und $K_{a_2} = 6{,}0 \cdot 10^{-5}$ $mol \cdot dm^{-3}$.

Aufgabe 14 (Analyt. C)

Kupfer kann Cu^+- und Cu^{2+}-Ionen bilden. In wäßrigen Lösungen wird das Cu^+-Ion nach folgender Reaktion disproportioniert:

$$2\ Cu^+ \rightleftharpoons Cu + Cu^{2+}$$

a) Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante für diese Reaktion!

b) 0,008 mol Cu^+ ist in 1 l Wasser gelöst. Berechnen Sie die c_{Cu^+} und $c_{Cu^{2+}}$, wenn sich das Gleichgewicht eingestellt hat!

Die folgenden Normalpotentiale sind bekannt:

$E^o_{Cu^{2+}/Cu^+} = 0{,}153$ V; $\quad E^o_{Cu^{2+}/Cu} = 0{,}337$ V

Aufgabe 15 (Analyt. C)

750 mg unreines Eisen sind in verdünnter Schwefelsäure gelöst und auf 100 ml verdünnt worden. Drei Proben von 25 ml werden von dieser Lösung entnommen und mit Kaliumdichromatlösung titriert, die durch Lösen von 10 g $K_2Cr_2O_7$ in kleinen Mengen Wasser und durch Verdünnen dieser Lösung bis zu einem Liter hergestellt wird. Der Verbrauch an Dichromatlösung für die drei Titrationen war 16,25 cm^3, 16,30 cm^3 und 16,30 cm^3.

a) Schreiben Sie alle Reaktionsgleichungen auf!

b) Rechnen Sie den Masseanteil des Eisens in der ursprünglichen Probe aus!

JO 20

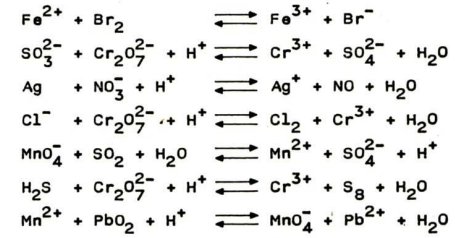
Eine gasförmige Verbindung enthält Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und hat eine Dichte von 1,80 $g \cdot dm^{-3}$. Zu 20 cm^3 der Verbindung werden 80 cm^3 Sauerstoff gegeben. Danach wurde die Mischung entzündet. Das sich bildende Gasgemisch wurde abgekühlt. Sein Volumen betrug 70 cm^3. Nach dem Schütteln des Gasgemisches mit Kaliumhydroxidlösung wurde ein Restvolumen des Gases von 30 cm^3 gemessen.

Schreiben Sie die Molekülformel der Verbindung auf!

Alle Messungen wurden bei einem Druck von 101,325 kPa und bei 25 ^oC durchgeführt.

JO 21

a) Vervollständigen Sie die folgenden Redoxgleichungen! Betrachten Sie die Oxidation und Reduktion unabhängig voneinander!



$Fe^{2+} + Br_2 \rightleftharpoons Fe^{3+} + Br^-$

$SO_3^{2-} + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \rightleftharpoons Cr^{3+} + SO_4^{2-} + H_2O$

$Ag + NO_3^- + H^+ \rightleftharpoons Ag^+ + NO + H_2O$

$Cl^- + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \rightleftharpoons Cl_2 + Cr^{3+} + H_2O$

$MnO_4^- + SO_2 + H_2O \rightleftharpoons Mn^{2+} + SO_4^{2-} + H^+$

$H_2S + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \rightleftharpoons Cr^{3+} + S_8 + H_2O$

$Mn^{2+} + PbO_2 + H^+ \rightleftharpoons MnO_4^- + Pb^{2+} + H_2O$

b) Welchen Einfluß hat der pH-Wert auf die Gleichgewichte der Reaktionen?

JO 22

Bei Normaldruck und Normaltemperatur liegen die Elementsubstanzen entweder im gasförmigen, flüssigen oder festen Zustand vor.

a) Warum ist der feste Zustand bei niedrigen Temperaturen am stabilsten?

b) Warum ist der gasförmige Zustand bei hohen Temperaturen am stabilsten?

c) Erklären Sie qualitativ die allgemeinen Zusammenhänge zwischen Aggregatzustand und Periodensystem!

Lösungen

Aufgabe 1

a) Die Kernladung vergrößert sich fortlaufend mit zunehmender Ordnungszahl innerhalb einer Periode. Der Effekt der Anziehungskraft zwischen dem Kern und den äußersten Elektronen wird zunehmend größer und ist größer als die zurückstoßende Kraft zwischen den Elektronen.

b) Neon hat 10 Elektronen mit der Konfiguration $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ und Natrium 11 mit der Konfiguration $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$. Das zusätzliche Elektron im Natrium besetzt ein Orbital, welches weiter vom Kern als die äußersten Elektronen im Neon entfernt ist. Folglich ist die Wechselwirkung mit dem Kern viel schwächer.

c) Das äußerste Elektron im Bor besetzt ein 2p-Orbital, während das im Beryllium ein 2s-Orbital besetzt. Das 2p-Orbital breitet sich mehr aus (der durchschnittliche Radius des Elektrons vom Kern aus ist größer) als das 2s-Orbital und das Elektron ist folglich mehr abgeschirmt vom Kern durch die Elektronen, die näher zu ihm liegen.

d) Stickstoff hat eine Elektronenkonfiguration von $1s^2\ 2s^2\ 2p_x\ 2p_y\ 2p_z$, während die von Sauerstoff $1s^2\ 2s^2\ 2p_x^2\ 2p_y\ 2p_z$. Im Fall des Sauerstoffs sind zwei Elektronen im gleichen p-Orbital gepaart. Das ist die Ursache der größeren Elektron-Elektron-Abstoßung als im Fall des Stickstoffs, wo sich alle p-Elektronen in verschiedenen p-Orbitalen befinden.

Aufgabe 2

$pK_a^o = 4{,}25$

a) $$-\log f_{H^+} = \frac{0{,}509 \cdot 1^2 \cdot (0{,}05)^{\frac{1}{2}}}{1 + (0{,}05)^{\frac{1}{2}}} = 0{,}035$$

$$-\log f_{HA^{3-}} = \frac{0{,}509 \cdot 3^2 \cdot (0{,}05)^{\frac{1}{2}}}{1 + (0{,}05)^{\frac{1}{2}}} = 0{,}082$$

$$-\log f_{A^{4-}} = \frac{0{,}509 \cdot 4^2 \cdot (0{,}05)^{\frac{1}{2}}}{1 + (0{,}05)^{\frac{1}{2}}} = 1{,}488$$

$$K_a^o = \frac{f_{A^{4-}} \cdot f_{H^+}}{f_{HA^{3-}}} \cdot K_a$$

$$pK_a^o = pK_a + pf_{A^{4-}} + pf_{H^+} - pf_{HA^{3-}}$$

$$pK_a = 4{,}25 - 1{,}488 - 0{,}035 + 0{,}082 = 2{,}81$$

b) $HA^{3-} + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^{4-}$

Anfangskonzentration (mol·dm^{-3})	0,001	0	0
Im Gleichgewicht mol·dm^{-3}	0,001 - x	x	x

$$Ka = \frac{c_{A^{4-}} \cdot c_{H^+}}{c_{HA^{3-}}} = \frac{x^2}{0{,}001 - x} \qquad pK_a^o = 5{,}62 \cdot 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$x^2 + 5{,}62 \cdot 10^{-5} x - 5{,}62 \cdot 10^{-8} = 0$$

$$x = c_{H_3O^+} = 2{,}11 \cdot 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$c_{HA^{3-}} = 0{,}001 - x = 7{,}89 \cdot 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Aufgabe 3

A = d (LAMBERT-BEER'sches-Gesetz)

A = Extinktion; $a = \frac{\varepsilon}{M}$ = Extinktionskoeffizient in g·cm·dm^{-3}

d = Schichtdicke in cm

c = Konzentration in g·dm^{-3}

Cu: $a_{300} = \frac{0{,}125}{1\ \text{cm} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{g} \cdot \text{dm}^{-3}} = 62{,}5\ \text{dm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

$a_{450} = \frac{0{,}730}{1\ \text{cm} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{g} \cdot \text{dm}^{-3}} = 365\ \text{dm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

Co: $a_{300} = \frac{0{,}640}{1\ \text{cm} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{g} \cdot \text{dm}^{-3}} = 320\ \text{dm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

$a_{450} = \frac{0{,}050}{1\ \text{cm} \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{g} \cdot \text{dm}^{-3}} = 25\ \text{dm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

(die Probe enthält x ppm Cu und y ppm Co) darum folgt:

$A_{300} = a_{Cu(300)}\,bx + a_{Co(300)}\,by$

$A_{450} = a_{Cu(450)}\,bx + a_{Co(450)}\,by$

$0{,}681 = 62{,}5x + 320y$

$1{,}026 = 365x + 25y$

Lösung dieses Gleichungssystems mit zwei Unbekannten:

Cu: x = 2,7 ppm; Co: y = 1,6 ppm

Aufgabe 4

a) $HI\,(g) \rightleftarrows \frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}I_2(g)$

b) Ausgangszustand n_o

im Gleichgewicht $n_o - x \qquad \frac{1}{2}x \qquad \frac{1}{2}x$

$x = 0{,}215\ n_o$

$$p_{H_2} = p_{I_2} = \frac{0{,}1075\ n_o \cdot p}{n_o} = 0{,}1075\ p$$

$$p_{HI} = \frac{0{,}785\ n_o \cdot p}{n_o} = 0{,}785\ p$$

$$K_p = \frac{(p_{H_2})^{\frac{1}{2}} \cdot (p_{I_2})^{\frac{1}{2}}}{p_{HI}} = \frac{(0{,}1075p)^{\frac{1}{2}} \cdot (0{,}1075p)^{\frac{1}{2}}}{0{,}785p} = 0{,}137$$

Aufgabe 5

a) und b)

$$\underset{A}{3\ NaClO_2} \longrightarrow \underset{B}{2\ NaClO_3} + NaCl$$

$$ClO_3^-\,(aq) + H_2O \longrightarrow \underset{C}{ClO_4^-}\,(aq) + H_2\,(g)$$

$$\underset{D}{2\ ClO_2\,(g)} + 2\ OH^-\,(aq) \longrightarrow \underset{A}{ClO_2^-}\,(aq) + \underset{B}{ClO_3^-}\,(aq) + H_2O$$

$$\underset{D}{2\ ClO_2\,(g)} + 2\ O_3\,(g) \longrightarrow \underset{E}{Cl_2O_6}\,(g) + 2\ O_2\,(g)$$

$$\underset{E}{Cl_2O_6\,(g)} + 2\ OH^-\,(aq) \longrightarrow \underset{B}{ClO_3^-}\,(aq) + \underset{C}{ClO_4^-}\,(aq) + H_2O$$

Aufgabe 6

Gegeben sind 1000 kg Torf. Er enthält 300 kg Feuchtigkeit. Die Masse des trockenen Materials ist 700 kg.

Komponenten			theoret. Luft		Essegas					Reaktion
			O_2	N_2	CO_2	H_2O	N_2	SO_2	O_2	
	m / kg	n / kmol	n / kmol	n / kmol	n / kmol	n / kmol	n / kmol	n / kmol	n / kmol	
C	385,0	32,08	32,08	120,68	32,08	-	120,68	-	-	$C+O_2 \rightarrow CO_2$
H_2	38,5	19,25	9,63	36,21	-	19,25	36,21	-	-	$H_2+\frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$
S	1,4	0,04	0,04	0,15	-	-	0,15	0,04	-	$S+O_2 \rightarrow SO_2$
O_2	228,2	7,13	-7,13	-26,82	-	-	-26,82	-	-	
N_2	11,9	0,43	-	-	-	-	0,43	-	-	
Asche	35,0									
H_2O	300,0	16,67			-	16,67	-	-	-	
Zusammen:			34,62	130,22	32,08	35,92	130,65	0,04	-	
Überschußluft: (20 %)			6,92	26,04	-	-	26,04	-	6,04	
Zusammen:			41,54	156,26	32,08	35,92	156,69	0,04	6,92	

a) $n_{Luft} = n_{O_2} + n_{N_2} = 41{,}54\ kmol + 156{,}26\ kmol = 197{,}80\ kmol$

$V_{Luft} = 197800\ mol \cdot 8{,}314\ J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1} \cdot 298\ K\ /\ 101325\ N \cdot m^{-2}$

$= 4840\ m^3$

b) $n_{Essegas} = n_{CO_2} + n_{H_2O} + n_{SO_2} + n_{O_2} + n_{N_2}$

$= (32{,}08+35{,}92+156{,}69+0{,}04+6{,}92)kmol = 231{,}65\ kmol$

$$V_{Essegas} = \frac{231650\ mol \cdot 8314\ J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1} \cdot 453\ K}{100000\ N \cdot m^{-2}} = 8720\ m^3$$

c) Die Menge des trockenen Essegases ist:

$n_t = n_{CO_2} + n_{N_2} + n_{SO_2} + n_{O_2} = (32{,}08+156{,}69+0{,}04+6{,}92)\ kmol$

$= 195{,}73\ kmol$

$$\text{Volumenanteil an } CO_2 = \frac{100\ \% \cdot 32{,}08\ kmol}{195{,}73\ kmol} = 16{,}4\ \%$$

$$\text{Volumenanteil an } O_2 = \frac{100\ \% \cdot 6{,}92\ kmol}{195{,}73\ kmol} = 3{,}5\ \%$$

Aufgabe 7

1. $4\ NH_3\ (g) + 5\ O_2\ (g) \longrightarrow 4\ NO\ (g) + 6\ H_2O\ (g)$

2. $4\ NH_3\ (g) + 3\ O_2\ (g) \longrightarrow 2\ N_2\ (g) + 6\ H_2O\ (g)$

Gegeben seien 100 mol des Gases, das die absorbierende Einheit verläßt: $n_{O_2} = 2{,}2$ mol

$n_{NO} = 2{,}4$ mol

$n_{N_2} = 95{,}4$ mol

85 % des NO wurden absorbiert. Somit beträgt die Stoffmenge an NO, die in der Reaktion (1.) entsteht $n_{NO} = \frac{2{,}4}{0{,}15} = 16$ mol.

Die Stoffmenge an NH_3, die in der Reaktion (1.) reagierten, beträgt auch 16 mol.

Die Stoffmenge an NH_3 in (2.) wird x gesetzt.

Stoffmenge an NH_3	Stoffmenge der Luft in mol		Stoffmenge des produzierten Gases in mol			
	O_2	N_2	NO	N_2	H_2O	O_2
1. 16 mol	20	75,2	16	75,2	24	-
2. x mol	0,75 x	2,82 x	-	3,32 x	1,5 x	-
Überschußluft	y	3,76 y	-	3,76 y		

Der überschüssige Sauerstoff, der die absorbierende Einheit verläßt, ist unverändert. Somit ist y = 2,2 mol

Die N_2-Bilanz ist: $75{,}2 + 3{,}32x + 3{,}76 \cdot 2{,}2 = 95{,}4$ mol

$x = 3{,}6$ mol

Damit beträgt die gesamte Stoffmenge an N_2 bei der Reaktion $(16 + 3{,}6)$mol = 19,6 mol. Wenn der ganze Stickstoff reagieren würde, um NO herzustellen (Reaktion 1), dann würde die Stoffmenge des produzierten NO $n_T = 19{,}6$ mol sein.

Damit beträgt die Ausbeute an NO: $\frac{100\% \cdot 16\ mol}{19{,}6\ mol} = 81{,}6\ \%$

Aufgabe 8

a) $[Cr(CO)_6]$ nach der Zahl der Elektronen: 6+6·2=18 stabil

$[Mn(CO)_5]$ nach der Zahl der Elektronen: 7+5·2=17 instabil, dimerisiert zu $Mn_2(CO)_{10}$

$[Fe(CO)_5]$ nach der Zahl der Elektronen: 8+5·2=18 stabil

$[Co(CO)_4]$ nach der Zahl der Elektronen: 9+4·2=17 instabil, dimerisiert zu $Co_2(CO)_8$

$[Cu(CO)_4]$ nach der Zahl der Elektronen: 11+4·2=19 instabil

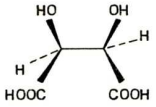
b) $[Fe(CO)_3(PR_3)_2]$ nach der Zahl der Elektronen: 8+3·2+2·2=18 stabil

c) $[Fe(Cp)_2]$ nach der Zahl der Elektronen: 8+2·5=18 stabil

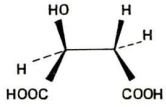
d) $[M(C_4H_4)(CO)_3]$ nach den Elektronen: x+4+3·2=18
x = 8, folglich M = Fe

Aufgabe 9

a)



I

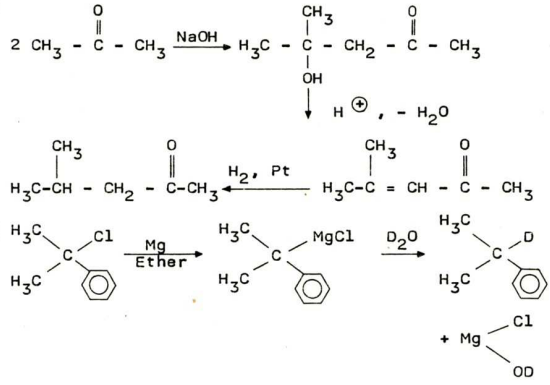


II

b) I ist optisch inaktiv, II aber ist aktiv. Das kann mit einem einfachen Polarimeter beobachtet werden.

Aufgabe 10

a)



b)

Aufgabe 11

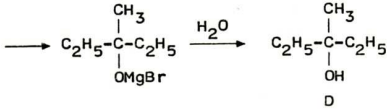
a) Empirische Formel von A: $(C_4H_8O)_n$

Empirische Formel von B: $(C_4H_{10}O)_n$

Empirische Formel von D: $(C_6H_{14}O)_n$

b) $CH_3\text{-}CH_2\text{-}Br + Mg \xrightarrow[\text{Ether}]{\text{trockener}} CH_3\text{-}CH_2\text{-}Mg\text{-}Br$

$C_2H_5\text{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{-}CH_3 + CH_3\text{-}CH_2\text{-}MgBr$ C



Strukturformel: A: $C_2H_5\text{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{-}CH_3$

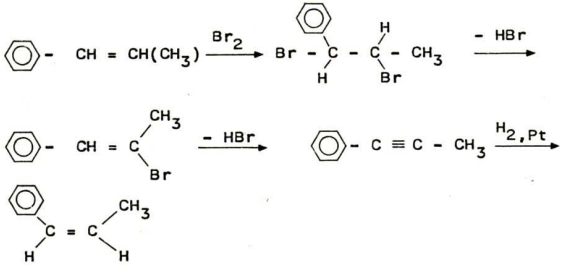
B: $C_2H_5\text{-}\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}\text{-}CH_3$

C: $C_2H_5\text{-}MgBr$

D: $C_2H_5\text{-}\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}\text{-}C_2H_5$

Aufgabe 12

a)



Die katalytische Hydrierung hat die cis-Addition zur Folge.

b) $H_3C - CH_2 - CH_2 - CH_2OH \xrightarrow{H^{\oplus}} CH_3-CH_2 - CH_2 - \overset{\oplus}{C}H_2 + H_2O$

$CH_3 - CH = CH - CH_3 \xleftarrow{-H^{\oplus}} CH_3 - CH_2 - \overset{\oplus}{C}H - CH_3$

c) Die α-Wasserstoff-Eliminierung findet in der Enol-Form bei Reaktion von α-Hydroxypropanol im basischen Milieu statt. Deshalb racemiert Hydroxypropanol zu einer 1:1 Mischung von Enantiomeren. Optische Isomere können mittels chromatographischer Methoden, wobei eine optisch aktive Säule (Kolonne) genutzt wird, getrennt werden.

Aufgabe 13

$CaC_2O_4\ (s) \rightleftharpoons Ca^{2+}\ (aq) + Ca_2O_4^{2-}\ (aq)$

$H_2C_2O_4\ (aq) + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HC_2O_4^-\ (aq)$

$HC_2O_4^-\ (aq) + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + C_2O_4^{2-}\ (aq)$

$K_L = c_{Ca^{2+}} \cdot c_{C_2O_4^{2-}} = 2{,}09 \cdot 10^{-9}\ mol^2 \cdot dm^{-6}$

$$K_{a_1} = \frac{c_{HC_2O_4^-} \cdot c_{H_3O^+}}{c_{H_2C_2O_4}} = 6{,}0 \cdot 10^{-2}\ mol \cdot dm^{-3}$$

$$K_{a_2} = \frac{c_{C_2O_4^{2-}} \cdot c_{H_3O^+}}{c_{HC_2O_4^-}} = 6{,}0 \cdot 10^{-5}\ mol \cdot dm^{-3}$$

Wird die Löslichkeit von CaC_2O_4 als s in $mol \cdot dm^{-3}$ festgelegt, so folgt: $c_{Ca^{2+}} = s$

$$c_{C_2O_4^{2-}} + c_{HC_2O_4^-} + c_{H_2C_2O_4} = s$$

$$s = c_{C_2O_4^{2-}} + \frac{c_{C_2O_4^{2-}} \cdot c_{H_3O^+}}{K_{a_2}} + \frac{c_{C_2O_4^{2-}} \cdot c^2_{H_3O^+}}{K_{a_1} \cdot K_{a_2}}$$

$$\text{bzw.: } s = c_{C_2O_4^{2-}} \left(1 + \frac{c_{H_3O^+}}{K_{a_2}} + \frac{c^2_{H_3O^+}}{K_{a_1} \cdot K_{a_2}}\right)$$

Wird die Lösung auf einen pH-Wert von 3,5 gepuffert $c_{H_3O^+} = 3{,}16 \cdot 10^{-4}$ mol·dm^{-3}, so ergibt sich für s:

$$s = c_{C_2O_4^{2-}} (1 + 5{,}267 + 0{,}028) = 6{,}295\ c_{C_2O_4^{2-}}$$

Die Löslichkeit s kann nun mit Hilfe des Löslichkeitsproduktes von CaC_2O_4 bestimmt werden.

$$K_s = c_{Ca^{2+}} \cdot c_{C_2O_4^{2-}} = s\ (s/6{,}295) = 2{,}0 \cdot 10^{-9}\ \text{mol}^2 \cdot \text{dm}^{-6}$$

$$s = 1{,}12 \cdot 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Aufgabe 14

$$2\ Cu^+ \rightleftharpoons Cu^{2+} + Cu$$

$$K = \frac{c_{Cu^{2+}}}{c_{Cu^+}^2}$$

$$Cu^{2+} + e^- \rightleftharpoons Cu^+$$

$$E_{Cu^+/Cu^{2+}} = E^o_{Cu^+/Cu^{2+}} + 0{,}059 \lg \frac{c_{Cu^+}}{c_{Cu^{2+}}}$$

$$= 0{,}153 + 0{,}059 \lg (c_{Cu^{2+}}/c_{Cu^+})$$

$$Cu^{2+} + 2\ e^- \rightleftharpoons Cu$$

$$E_{Cu/Cu^{2+}} = E^o_{Cu/Cu^{2+}} - \frac{0{,}059}{2} \lg \frac{1}{Cu^{2+}}$$

$$= 0{,}337 + (\frac{0{,}059}{2}) \lg c_{Cu^{2+}}$$

a) Wenn das Gleichgewicht erreicht ist, $E_{Cu^+/Cu^{2+}} = E_{Cu/Cu^{2+}}$

$$\lg K = \lg \frac{c_{Cu^{2+}}}{c_{Cu^+}^2} = \frac{2 \cdot (0{,}337 - 0{,}153)}{0{,}059} = 6{,}24$$

$$K = \frac{c_{Cu^+}}{c_{Cu^{2+}}} = 1{,}72 \cdot 10^6\ (\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3})^2$$

b) Aus der Gleichgewichtskonstanten K kann man erkennen, daß das Gleichgewicht hauptsächlich auf der rechten Seite der Gleichung liegt. Nun kann c_{Cu^+} berechnet werden:

$$c_{Cu^+} = \left(\frac{c_{Cu^{2+}}}{K}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{0{,}004}{1{,}72 \cdot 10^6}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 4{,}82 \cdot 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Aufgabe 15

a) $Fe\ (s.) \xrightarrow{H_2SO_4} Fe^{2+}\ (aq)$

Titrationsreaktion:

$$Cr_2O_7^{2-} + 14\ H^+ + 6\ e^- \longrightarrow 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O \qquad |\cdot 1$$

$$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^- \qquad |\cdot 6$$

$$6\ Fe^{2+} + Cr_2O_3^{2-} + 14\ H^+ \longrightarrow 6\ Fe^{3+} + 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O$$

Konzentration von $Cr_2O_7^{2-}$:

$$c_{Cr_2O_7^{2-}} = \frac{m_{K_2Cr_2O_7}}{M_{K_2Cr_2O_7} \cdot v}$$

mit $m_{K_2Cr_2O_7} = 10{,}0\ g$; $M_{K_2Cr_2O_7} = 294{,}2\ g \cdot mol^{-1}$ $v = 1\ dm^3$

ergibt sich:

$$c_{Cr_2O_7^{2-}} = \frac{10{,}0\ g \cdot dm^{-3}}{294{,}2\ g \cdot mol^{-1}} = 0{,}034\ mol \cdot dm^{-3}$$

Die Masse des Eisens in der Probe von 25,0 cm^3:

$$v_{Cr_2O_7^{2-}} = \frac{(16{,}25 + 16{,}30 + 16{,}30)\ cm^3}{3} = 16{,}28\ cm^3$$

$$\frac{n_{Cr_2O_7^{2-}}}{n_{Fe}} = \frac{Cr_2O_7^{2-} \cdot v_{Cr_2O_7^{2-}}}{\frac{m_{Fe}}{M_{Fe}}}$$

$$m_{Fe} = 6 \cdot c_{Cr_2O_7^{2-}} \cdot v_{Cr_2O_7^{2-}} \cdot M_{Fe}$$

$$= 0{,}1855\ g$$

Der Eisengehalt im unreinen Material:

Die Masse des Eisens in 100 cm^3 Lösung ist $4 \cdot 0{,}1855 = 0{,}7420$ g.

Demgemäß ist der Masseanteil des Materials an Eisen:

$$w_{Fe} = \frac{100\% \cdot 0{,}742\ g}{0{,}750\ g} = 98{,}9\ \%$$

Aufgabe 16 (Experiment)

Herstellung und Charakterisierung von Eisen(II)-oxalat

Herstellung:

1. Stellen Sie eine Lösung, die 25 cm^3 Wasser und 1 cm^3 2M Schwefelsäure enthält, her! Lösen Sie 8 g Ammoniumeisen(II)-sulfat in dieser Lösung!
2. Lösen Sie 5 g Oxalsäure in 30 cm^3 Wasser! Geben Sie diese Lösung in die unter 1. hergestellte Lösung! Erhitzen Sie diese Lösung bis zum Sieden!
3. Filtrieren Sie den gebildeten gelben Niederschlag! Waschen Sie das Filtrat mit heißem Wasser und Aceton! Lassen Sie den Niederschlag an der Luft trocknen.
4. Bestimmen Sie die Ausbeute!

Charakterisierung:

1. Wägen Sie 1,0 g des Reaktionsproduktes ein, und lösen Sie dieses in einer kleinen Menge 2 M Schwefelsäure! Verdünnen Sie die Lösung danach mit destilliertem Wasser bis zu 100 cm^3 in dem Meßkolben!
2. Nehmen Sie drei Proben von 20 cm^3, und titrieren Sie jede Probe mit einer 0,02 M Standardlösung von Kaliumpermanganat! Wenn die Farbe des Permanganats heller wird, erhitzen Sie jede Lösung bis zu 60 ^{o}C, und titrieren bis zum Endpunkt.
3. Geben Sie etwa 2 g Zinkpulver in jede Lösung, und kochen Sie die Lösungen etwa 30 Minuten! Überprüfen Sie den quantitativen Verlauf der Reaktion durch Zugabe eines Tropfen einer Kaliumthiocyanatlösung! Wenn die Lösung farblos bleibt oder nur schwach rosa ist, folgt die Charakterisierung nach 4) und 5). Wenn eine klare, rosa Farbe entsteht, kochen Sie weiter 10 Minuten, und prüfen Sie nochmals mit der Kaliumthiocyanatlösung.
4. Filtrieren Sie jede Lösung! Der gebliebene Zinkrest und die Kolben werden mit verschiedenen kleinen Mengen 2 M Schwefelsäure, die zu dem Filtrat gegeben wurde, gewaschen.
5. Die erhaltenen drei Lösungen werden mit 0,02 M Kaliumpermanganatlösung titriert.
6. Aus diesen Titrationen berechnen Sie den Masseanteil von Eisen, Oxalat und Wasser in dem Reaktionsprodukt. Leiten Sie eine empirische Formel ab!

Fragen:

1. Schreiben Sie die Gleichung auf, und berechnen Sie den Mittelwert der Ausbeute!
2. Schreiben Sie alle Reaktionen der Charakterisierung des Produktes auf!
3. Warum müssen die Lösungen bis 60 ^{o}C bei der ersten Titration mit der Permanganatlösung erhitzt werden?
4. Was ist die Ursache für die Bildung der rosa Farbe, wenn die Lösungen mit den Kaliumthiocyanatlösungen geprüft werden?

IChO-Übungsaufgaben

HEFT 9

Autorenkollektiv: C.-R. Kramer
und die Studenten eines Jugendobjektes
unter Leitung von S. Hoffmann

Herausgeber: C.-R. Kramer in Zusammenarbeit mit dem Freizeit- und Erholungszentrum Wuhlheide - Sektor Zentrale Olympiaden

Alle Rechte verbleiben beim Herausgeber.

1. Auflage
Ausgabe 1990
Lizenz Nr. 203/1000/90 (E)
LSV 0600
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: (52) Nationales Druckhaus Berlin
Verlagstitelnummer 30 11 98-1

Im Heft 8 wurden unter dem Zeichen JO drei Aufgaben ohne Lösungen veröffentlicht. Die richtigen Lösungen lauten:

JO 20:

$$C_xH_yO_z + O_2 \longrightarrow \begin{cases} CO_2 \xrightarrow{OH^-} O_2 \\ O_2 \end{cases}$$

Volumen (cm^3)	20	80	70	30 (101,325 kPa, 298 K)
Mol-Verhältnis	1	4	3,5	1,5

Aus dem Gasgemisch wird CO_2 von der Hydroxidlösung absorbiert.
So ist $n_{CO_2} = x = (3,5 - 1,5)\ mol = 2\ mol$.

Die komplette Reaktion für die Umsetzung ist:

$$C_xH_yO_z + (x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2})\ O_2 \longrightarrow x\ CO_2 + \frac{y}{2}\ H_2O$$

Die Menge von Sauerstoff, die für die Umsetzung gebraucht wurde, ist:

$$x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2} = n_i - n_f = (4-1,5)mol = 2,5\ mol$$

$$\frac{y}{4} - \frac{z}{2} = (2,5-x)mol = (2,5-2)mol = 0,5\ mol$$

$$y - 2z = 2\ mol$$

Die relative Molekülmasse kann aus der gemessenen Dichte des Gases berechnet werden:

$$M = \frac{d \cdot RT}{p} = \frac{1800\ g \cdot m^{-3} \cdot 8,314\ J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1} \cdot 298\ K}{101\ 325\ N \cdot m^{-2}}$$

$$M = 44,0\ g \cdot mol^{-1}$$

Aber:

$$M = 12x + 1y + 16z = 44,0\ g \cdot mol^{-1}$$
$$y + 16z = 44,0 - 24 = 20$$
$$y - 2z = 2$$

Die Werte von y und z ergeben sich aus der Lösung des Gleichungssystems: $y = 4$, $z = 1$
1 mol $C_xH_yO_z$ enthält 2 mol C, 4 mol H und 1 mol O. Die Molekülformel ist so: C_2H_4O (CH_3CHO).

JO 21

a) (1) Oxidation: $Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-$ 2x

Reduktion: $Br_2 + 2e^- \longrightarrow 2Br^-$ 1x

Redoxgleichung: $2Fe^{2+} + Br_2 \rightleftharpoons 2Fe^{3+} + 2Br^-$

(2) Oxidation: $SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^-$ 3x

Reduktion: $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ 1x

Redoxgleichung: $3SO_3^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ \rightleftharpoons 3SO_4^{2-} + 2Cr^{3+} + 4H_2O$

(3) Oxidation: $Ag \longrightarrow Ag^+ + e^-$ 3x

Reduktion: $NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \longrightarrow NO + 2H_2O$ 1x

Redoxgleichung: $3Ag + NO_3^- + 4H^+ \rightleftharpoons 3Ag^+ + NO + 2H_2O$

(4) Oxidation: $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$ 3x

Reduktion: $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ 1x

Redoxgleichung: $6Cl^- + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightleftharpoons 3Cl_2 + 2Cr^{3+} + 7H_2O$

(5) Oxidation: $SO_2 + 2H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-$ 5x

Reduktion: $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ 2x

Redoxgleichung: $2MnO_4^- + 5SO_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 2Mn^{2+} + 5SO_4^{2-} + 4H^+$

(6) Oxidation: $H_2S \longrightarrow \frac{1}{8}S_8 + 2H^+ + 2e^-$ 3x

Reduktion: $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ 1x

Redoxgleichung: $3H_2S + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ \rightleftharpoons \frac{3}{8}S_8 + 2Cr^{3+} + 7H_2O$

(7) Oxidation: $Mn^{2+} + 4H_2O \longrightarrow MnO_4^- + 8H^+ + 5e^-$ 2x

Reduktion: $PbO_2 + 4H^+ + 2e^- \longrightarrow Pb^{2+} + 2H_2O$ 5x

Redoxgleichung: $5PbO_2 + 4H^+ + 2Mn^{2+} \rightleftharpoons 5Pb^{2+} + 2MnO_4^- + 2H_2O$

b) Der pH-Wert hat keinen Einfluß auf die erste Reaktion. Gemäß dem Prinzip von Le Chatelier tritt eine Vergrößerung des pH-Wertes (Verringerung von c_{H^+}) ein bei Verlagerung des Gleichgewichts auf die Seite, welche H^+ als Reaktant enthält. Das Gleichgewicht ist in Gleichung 5 auf die Seite der Reaktionsprodukte und in allen anderen Gleichgewichten auf die Seite der Ausgangsstoffe verschoben.

JO 22:

a) Bei niedrigen Temperaturen überschreitet die Wärmeenergie nicht die zwischenmolekulare oder zwischenatomare Energie, die die Atome oder Moleküle zusammen im festen Zustand haben.
b) Bei hohen Temperaturen reicht die thermische Anregung aus, die zwischenatomaren oder zwischenmolekularen anziehenden Wechselwirkungen zu brechen, und die Atome oder Moleküle können sich frei bewegen.
c) Die niedrigen Schmelz- und Siedepunkte sind begünstigt, wenn (1) das Element monoatomare Gase (inerte Gase) bildet oder (2) wenn das Element diatomare Moleküle mit niedriger relativer Molekülmasse bildet. Andererseits, wenn die Elemente Makromoleküle (z. B. Bor, Kohlenstoff, Silicium) bilden oder ausgedehnte Gitter (z. B. Metalle) formen, sind hohe Schmelz- und Siedepunkte zu erwarten. Die Schmelz- und Siedepunkte werden höher, je weiter links und je weiter unten die Elemente im Periodensystem stehen.

Auch in diesem Heft werden wieder fünf durch das Zeichen JO gekennzeichnete Aufgaben gestellt, zu denen keine Lösungen mit angegeben sind.

Lösungsvorschläge sollen bitte gesandt werden an:

Prof. Dr. C.-R. Kramer
Sektion Biologie/Chemie
Pädagogische Hochschule
"N. K. Krupskaja" Halle-Köthen
PSF 763
Halle/Saale
DDR - 4002

Bitte geben Sie auf den Einsendungen Ihren Namen und die Anschrift Ihrer Schule an. Die besten Einsendungen werden mit Bücherschecks prämiert.

Termin ist der 10. Februar 1991.

Aufgaben

Die Problemstellungen des vorliegenden Heftes 9 der Reihe IChO-Übungsaufgaben wurden den Aufgaben der theoretischen Wettbewerbe der XX. und XXI. Internationalen Chemieolympiaden in Espoo (Finnland) 1988 bzw. Halle/Saale (DDR) 1989 sowie den Vorbereitungsaufgaben auf die XX. IChO entnommen.

Aufgabe 1 (AC)

Zur Bestimmung des Löslichkeitsproduktes von Kupfer(II)-iodat ($Cu(IO_3)_2$) durch iodometrische Titration in saurer Lösung wurde bei 25 °C für 20 ml gesättigter wäßriger Lösung ein Verbrauch von 30 ml 0,10 molarer Natriumthiosulfatlösung festgestellt.

a) Stellen Sie die Gleichungen der ablaufenden chemischen Reaktionen auf!

b) Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration der Cu^{2+}-Ionen in der gesättigten Ausgangslösung!

c) Ermitteln Sie das Löslichkeitsprodukt K_L von Kupfer(II)-iodat! Verwenden Sie keine Aktivitätskoeffizienten!

Aufgabe 2 (AC)

Die Konzentration von Chlorid-Ionen in einer Lösung kann durch quantitative Fällung mit Silbernitrat-Lösung bestimmt werden. Allerdings wird ein Teil des Niederschlags mit Licht zu elementarem Silber und Chlor zersetzt. Nehmen Sie weiter an, daß danach eine Disproportionierung des Chlors zu Chlorat(V)- und Chlorid-Ionen stattfindet. Durch den Überschuß von Silber-Ionen werden auch die Chlorid-Ionen, die so gebildet werden, ausgefällt. Chlorat(V)-Ionen werden von Silber-Ionen nicht gefällt.

a) Schreiben Sie die vollständigen Reaktionsgleichungen der oben genannten Reaktionen auf!

b) Die gravimetrische Bestimmung des Chlorids wird mit einem Überschuß an Silber-Ionen durchgeführt.
12 Masseprozent des gebildeten Niederschlages werden durch Licht zersetzt. Bestimmen Sie den relativen Fehler, der durch den oben genannten Zersetzungsprozeß verursacht wird!
Geben Sie auch an, ob durch den Fehler eine Massezunahme oder -abnahme erfolgt.

Aufgabe 3 (AC)

Betrachten Sie eine Lösung, die die zwei schwachen Säuren HA und HL enthält. Die Konzentrationen von HA und HL sind 0,020 bzw. 0,010 mol $\cdot$ l^{-1}. Die Säurekonstanten sind $1{,}0 \cdot 10^{-4}$ für HA und $1{,}0 \cdot 10^{-7}$ für HL.

a) Bestimmen Sie mit Hilfe eines logarithmischen Diagramms $\log c = f(-\log_{c_{H^+}})$ graphisch den pH-Wert der Lösung!

b) Berechnen Sie den pH-Wert der Lösung!

Aufgabe 4 (AC)

Das Metallion M bildet mit der Säure H_2L einen Komplex ML. Die Komplexbildungskonstante dieses Komplexes ist K_1.

$$M + L \rightleftharpoons ML$$

$$K_1 = \frac{c_{ML}}{c_M \cdot c_L}$$

Zusätzlich soll dann die Lösung ein anderes Metallion N enthalten, das mit der Säure H_2L einen Komplex NHL bildet.

Bestimmen Sie die resultierende Gleichgewichtskonstante

$K_1' = \frac{c_{ML}}{c_{M'} \cdot c_{L'}}$ für den Komplex ML als Funktion von c_{H^+} und den K-Werten! Dabei gilt: $c_{M'}$ = Gesamtkonzentration von M, die nicht komplex in ML gebunden ist,

$c_{L'}$ = Gesamtkonzentration von L, die nicht komplex in ML gebunden ist.

Zusätzlich zur Komplexbildungskonstante von ML sind gegeben: Die Säurekonstanten K_{s_1} und K_{s_2} von H_2L und die Komplexbildungskonstante K_{NHL} für den Komplex NHL.

$$N + L + H^+ \rightleftharpoons NHL$$

$$K_{NHL} = \frac{c_{NHL}}{c_N \cdot c_L \cdot c_{H^+}}$$

Weiter ist anzunehmen:
Die Gleichgewichtskonzentration von $[H^+]$ ist bekannt,
die Gleichgewichtskonzentration von $[N]$ ist bekannt,
(der Einfachheit halber wurde bei allen Komplexgleichgewichten nur die Ladung der Wasserstoff-Ionen berücksichtigt).

Aufgabe 5 (OC)

Eine umfangreiche und biologisch bedeutsame Klasse organischer Verbindungen sind die Carbonsäuren.

a) Schreiben Sie die Konstitutionsformeln aller Konstitutionsisomeren Cyclobutandicarbonsäuren auf, und geben Sie die systematischen Namen dieser Verbindungen an!

b) Von der Cyclobutan-1,2-dicarbonsäure existieren drei Stereoisomere I, II, III. Schreiben Sie perspektivische Formeln oder Stereoformeln von I, II und III auf, aus denen der räumliche Bau (die Konfiguration) der Moleküle hervorgeht, und bezeichnen Sie die relative Konfiguration!

c) Bei welchen der Stereoisomeren I, II und III handelt es sich um Diastereomere und bei welchen um Enantiomere?

Aufgabe 6 (OC)

Eine gebräuchliche Verbindung A wird aus Phenol hergestellt und kann zu Verbindung B oxidiert werden. Verbindung A kann mit H_2SO_4 zu einer Verbindung C dehydratisiert werden. Verbindung A reagiert mit PBr_3 zu einer Verbindung D.

Im Massenspektrum von D liegen zwei Molekülionenpeaks vor. Die Verbindung D kann in eine magnesiumorganische Verbindung E umgewandelt werden. Die Reaktion von E mit einer Carbonylverbindung F in absolutem Ether ergibt nach Hydrolyse das Produkt G. G ist ein sekundärer Alkohol mit der Summenformel $C_8H_{16}O$.

a) Skizzieren Sie alle Reaktionsschritte der Synthese von G und zeichnen Sie die Strukturformeln der Verbindungen A bis G!

b) Welche der Produkte A bis G bestehen aus Konfigurationsstereoisomeren Paaren?

Aufgabe 7 (OC)

In der chemischen Industrie wird durch Umsetzung von Alkanen mit Wasserdampf und Sauerstoff ein vorwiegend aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff bestehendes Gasgemisch erzeugt, das für die Herstellung von Methanol genutzt wird.

Mit Methan als Alkankomponente laufen dabei folgende Hauptreaktionen ab:

(1) $CH_4 + 0{,}5\ O_2 \longrightarrow CO + 2\ H_2$ $\qquad \Delta_R H = -36\ kJ \cdot mol^{-1}$

(2) $CH_4 + H_2O \longrightarrow CO + 3\ H_2$ $\qquad \Delta_R H = +216\ kJ \cdot mol^{-1}$

a) Formulieren Sie, ausgehend von Gleichung (1) und (2) eine Gleichung (3) für die Gesamtreaktion von Methan mit Sauerstoff und Wasserdampf unter der Bedingung, daß die Netto-Enthalpieänderung Null ergibt!

b) Die Synthese von Methanol aus Kohlendioxid und Wasserstoff wird bei einem Druck von 6,00 MPa durchgeführt. Die Kompression wird auf zwei Arten durchgeführt:
   - entweder in zwei Stufen, indem das der Gleichung (3) entsprechende Einsatzgemisch von $0{,}100 \cdot 10^6$ Pa auf $3{,}00 \cdot 10^6$ Pa und anschließend das Produktgemisch von $3{,}00 \cdot 10^6$ Pa auf $6{,}00 \cdot 10^6$ Pa komprimiert wird,
   - oder in einer Stufe, indem die Reaktion nach Gleichung (3) durchgeführt wird und dann das Produktionsgemisch von $0{,}100 \cdot 10^6$ Pa auf $6{,}00 \cdot 10^6$ Pa verdichtet wird.

   1. Berechnen Sie für 100 mol Einsatzgemisch die bei der zweistufigen Druckerhöhung insgesamt erforderliche Kompressionsarbeit W_2!

      $$W = n \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{p_{Ende}}{p_{Anfang}}$$

   2. Berechnen Sie für 100 mol Einsatzgemisch die Differenz an erforderlicher Kompressionsarbeit zwischen einstufiger und zweistufiger Druckerhöhung ($\Delta W = W_1 - W_2$). Gehen Sie bei den Berechnungen davon aus, daß die chemische Umsetzung entsprechend Gleichung (3) vollständig und isobar abläuft, die Kompressionen jeweils isotherm bei 500 K durchgeführt werden, die beteiligten Gase sich ideal verhalten und der Wert für die Gaskonstante $R = 8{,}31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1}$ beträgt.

Aufgabe 8 (PC)

Kohlenmonoxid ist ein durch Autos verursachtes Umweltgift. Deshalb wird intensiv nach Katalysatoren gesucht, die das CO der Abgase in CO_2 umwandeln. Ein Familienauto habe vier Zylinder mit einem Hubraum von 1600 cm^3 und einen Benzinverbrauch von 7 dm^3 pro 100 km. In einer Sekunde verbraucht ein Zylinder 0,400 g Benzin. Dies erfolgt in 25 Einzelverbrennungen. Nehmen Sie als Benzin 2,2,4-Trimethylpentan C_8H_{18} an. Das Kompressionsverhältnis des Zylinders ist 1:8 (dies ist das Verhältnis zwischen dem

kleinsten und dem größten Volumen im Zylinder während der Bewegung des Kolbens).

a) Das gasförmige Benzin und die Luft werden in den Zylinder geleitet, wenn dessen Volumen am größten ist, bis der Druck im Zylinder 101,0 kPa ist. Nehmen Sie an, daß die Temperatur des eintretenden Benzin-Luft-Gemisches 100,0 °C ist.
Berechnen Sie die Menge der Luft, die vom gesamten Motor angesaugt wird (m^3/s)!
Zusammensetzung der Luft: 21 Volumenprozent O_2 und 79 Volumenprozent N_2.
Es verbrennen 10 % des Kohlenstoffs zu CO, während der Stickstoff unverändert bleibt.

b) Das gasförmige Benzin und die Luft werden nach dem Einleiten komprimiert und zwar so lange, bis das Volumen im Zylinder am kleinsten ist. Dann wird das Gemisch gezündet.
Berechnen Sie die Zusammensetzung (in Vol.%) und die Temperatur (in K) der Abgase gleich nach der Verbrennung (die Abgase haben sich noch nicht ausgedehnt)! Sie können annehmen, daß folgende Bildungsenthalpien und molare Wärmekapazitäten unabhängig von der Temperatur sind.

Verbindung	ΔH_f ($kJ \cdot mol^{-1}$)	c_p ($J \cdot mol^{-1} K^{-1}$)
O_2 (g)	0,0	29,36
N_2 (g)	0,0	29,13
CO (g)	-110,53	29,14
CO_2 (g)	-395,51	37,11
H_2O (g)	-241,82	33,58
2,2,4-Trimethylpentan	-187,82	

c) Der Gasaustritt erfolgt, wenn maximales Volumen im Zylinder herrscht. Das Gasgemisch verhält sich wie ein ideales Gas.
Der Enddruck beträgt 200,0 kPa.
Berechnen Sie die Endtemperatur des Abgases, wenn es den Zylinder verläßt!

d) Zur Umwandlung von CO (g) in CO_2 (g) werden die Abgase durch einen Katalysator geschickt. Der Katalysator hat die folgende Arbeitsfunktion:

$$\left(\frac{n(CO)}{n(CO_2)}\right) = \frac{1}{4} \cdot k \left(\frac{n(CO)}{n(CO_2)}\right)_i \cdot v \cdot e^{-\left(\frac{T}{T_0}\right)}$$

Dabei ist $\left(\frac{n(CO)}{n(CO_2)}\right)$ das molare Verhältnis von CO zu CO_2 im Gas beim Verlassen des Katalysators, $\left(\frac{n(CO)}{n(CO_2)}\right)_i$ das molare Verhältnis vor der Katalyse. Der Massenstrom der Abgase ist v in $mol \cdot s^{-1}$, T ist die Temperatur der Abgase beim Eintritt in den Katalysator (gleich der Endtemperatur der Gase, die den Zylinder verlassen), T_o die Referenztemperatur (373 K) und k eine Konstante 3,141 g $\cdot$ mol^{-1}.
Berechnen Sie die Zusammensetzung der Abgase (in Vol.%), die den Katalysator verlassen!

Aufgabe 9 (PC)

Das Periodensystem der Elemente basiert auf den vier Quantenzahlen des Elektrons n = 1,2,3,..; l = 0,1,...,(n-1); m_l = 0, ± 1, ± 2, ..., $\pm l$ und $m_s = \pm \frac{1}{2}$.
Wir stellen uns nun eine zweidimensionale Welt vor, in der das Periodensystem der Elemente auf nur drei Quantenzahlen des Elektrons n = 1,2,3,...; m = ± 0, ± 1,..., $\pm(n-1)$; und $m_s = \pm \frac{1}{2}$ basiert.
Die Quantenzahl m übernimmt die Rolle von l und m_l unserer dreidimensionalen Welt (Beispiel: s,p,d-Niveaus werden durch m bestimmt).
Die folgenden Aufgaben beziehen sich auf diese zweidimensionale Welt, indem die physikalischen und chemischen Erfahrungen und Grundgesetze unserer dreidimensionalen Welt gelten.

a) Zeichnen Sie die ersten vier Perioden des Periodensystems der Elemente in dieser zweidimensionalen Welt. Numerieren Sie die Elemente entsprechend ihrer Kernladungszahl und benutzen Sie dabei die Atomnummer (Z) als Symbol für die Elemente. Geben Sie die Elektronenkonfiguration für diese Elemente an! Welche Regeln in der zweidimensionalen Welt entsprechen der Oktett-Regel und der 18-Elektronen-Regel in der dreidimensionalen Welt?

b) Betrachten Sie die Elemente für $n \leq 3$. Schlagen Sie für jedes Element in der zweidimensionalen Welt ein analoges Element aus unserer dreidimensionalen Welt (Symbol) vor! Stellen Sie aufgrund dieser Analogie fest, welche Elemente der zweidimensionalen Welt bei Normalbedingungen fest, flüssig oder gasförmig sind!

c) Geben Sie die Trends der ersten Ionisierungsenergien der Elemente der zweidimensionalen Welt für $n = 2$ in einer graphischen Darstellung an! Stellen Sie graphisch dar, wie die Elektronegativitäten der Elemente im zweidimensionalen Periodensystem zunehmen!

d) Zeichnen Sie die Energiediagramme der Molekülorbitale von neutralen, homonuklearen zweiatomigen Molekülen der Elemente mit $n = 2$. Welche von diesen Molekülen sind in der zweidimensionalen Welt stabil?

e) Betrachten Sie einfache binäre Verbindungen der Elemente mit $n = 2$ mit dem leichtesten Element ($Z=1$). Zeichnen Sie die jeweiligen Lewis-Formeln, beschreiben Sie ihre Geometrie und geben Sie jeweils eine für sie analoge Verbindung in der dreidimensionalen Welt an!

f) Zeichnen Sie die Hybridorbitale für $n = 2$. Von welchem Element leitet sich die organische Chemie in der zweidimensionalen Welt ab? Finden Sie die Analoga für Ethan, Ethen und Cyclohexan (verwenden Sie die Atomnummern als Symbole) in der zweidimensionalen Welt. Welche Art aromatischer Ringverbindungen sind in der zweidimensionalen Welt möglich?

Aufgabe 10 (PC)

Ein Element A ist mit Flour im molaren Verhältnis von 1:9 bei Raumtemperatur gemischt worden. Der Druck des Gemisches liegt bei ca. 1 MPa. Beim Erhitzen auf 900 °C werden drei Verbindungen B, C und D gebildet. Alle drei Produkte sind fest und kristallin und schmelzen unterhalb von 150 °C. Der Gehalt an Flour in Verbindung C liegt bei 36,7 Masseprozent und für D bei 46,5 Masseprozent.

Wenn B mit wasserfreiem $HOSO_2F$ bei -75 °C reagiert, wird die Verbindung E gebildet:

$B + HOSO_2F \longrightarrow E + HF$

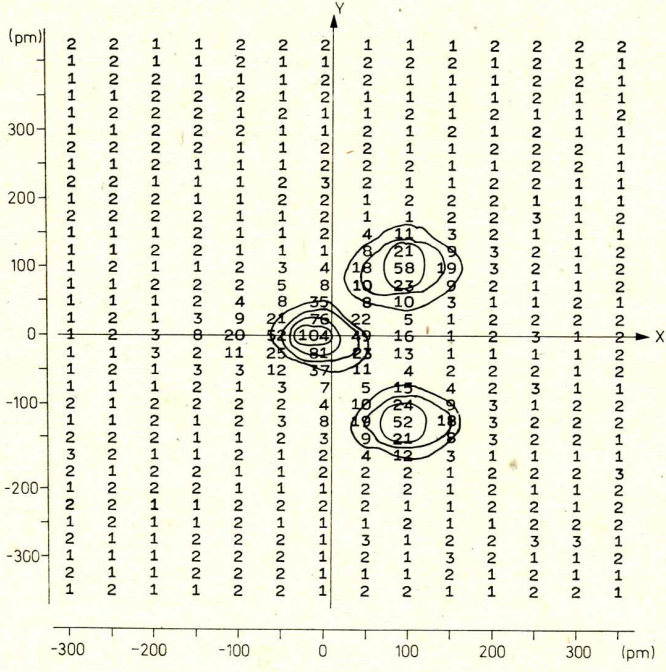
E ist ein kristalliner Feststoff, der bei 0 °C wochenlang stabil ist, aber bei Raumtemperatur innerhalb einiger Tage zersetzt wird.

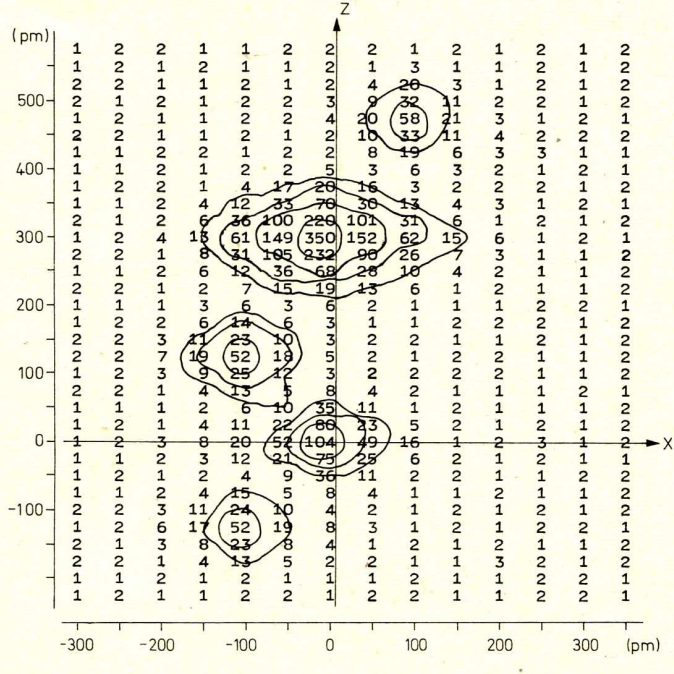
Die Elektronendichteverteilung von E (the electron elensity map of E), die man durch Röntgendiffraktometrie erhält, ist durch zwei sich kreuzende, senkrecht aufeinander stehende Ebenen gekennzeichnet (siehe Abb.). Diese Ebenen werden als x/y- und x/z-Ebe-

nen bezeichnet. Die Zahlen auf diesen graphischen Darstellungen zeigen die Elektronendichteverteilung in der Umgebung der Atome im Molekül E als eine Funktion der Raumkoordinaten an. Das jeweilige Maximum der Elektronendichte wird in diesen graphischen Darstellungen als Sitz der Atome gekennzeichnet.

Die Werte der Maxima sind ungefähr proportional der Zahl der Elektronen im jeweiligen Atom. Das Koordinatensystem hat in beiden Darstellungen den gleichen Maßstab.

Alle signifikanten Elektronendichten sind in diesen Darstellungen enthalten.





a) Die relative Atommasse von A wird auf folgende Weise bestimmt: 450,0 mg von C wird mit einem Überschuß von Quecksilber umgesetzt, wobei 53,25 cm^3 des Produktes A bei einem Druck von 101,0 kPa und einer Temperatur von 25 ^oC frei werden. Berechnen Sie die relative Atommasse von A!

b) Identifizieren Sie A, B, C, D und E!

c) Schlagen Sie mit Hilfe des Elektronenabstoßungsmodells (VSEPR-Modell) die Geometrien (Formeln mit allen Elektronenpaaren) für B und C vor.
Mit Hilfe der zwei graphischen Darstellungen sollen Sie die molekulare Geometrie von E bestimmen!

Das ursprüngliche Gemisch von B, C und D wird in Wasser hydrolysiert. Bei der Hydrolyse von B werden A und Sauerstoff O_2 frei. Zusätzlich bildet sie eine wäßrige Lösung von Fluorwasserstoff. Bei der Hydrolyse von C entstehen A und Sauerstoff O_2 in einem molaren Verhältnis von 4:3. Zusätzlich bildet sich eine wäßrige Lösung von AO_3 und Fluorwasserstoff. Bei der Hydrolyse von D bildet sich eine wäßrige Lösung von AO_3 und Fluorwasserstoff.

d) Schreiben Sie die Reaktionsgleichungen für die drei Hydrolysereaktionen auf!

e) Die Zusammensetzung der Mischung von B, C und D wurde bestimmt, indem die Hydrolyse quantitativ durchgeführt wurde. Nach der Behandlung einer Probe mit Wasser werden 60,2 cm^3 Gas aufgefangen (gemessen bei 290 K und 100 kPa). Der Sauerstoffgehalt dieses Gases beträgt 40,0 Volumenprozent.
Die Menge von AO_3, die in Wasser gelöst wurde, wird durch Titration mit einer wäßrigen $FeSO_4$-Lösung (c = 0, 100 $mol \cdot dm^{-3}$) bestimmt. Bei der Titration wird 36,0 cm^3 der Eisensulfat-Lösung verbraucht. Während der Titration wird Fe^{2+} zu Fe^{3+} oxidiert und AO_3 zu A reduziert.
Berechnen Sie die Zusammensetzung (in Molprozent) in der ursprünglichen Mischung von B, C und D!

Aufgabe 11 (Experimentelle Aufgabe)

Stellen Sie 2-Acetoxybenzoesäure (Acetylsalicylsäure) durch Acetylierung von o-Hydroxybenzoesäure (Salicylsäure) mit Acetanhydrid her!

1. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung dieser Umsetzung!
2. Berechnen Sie die Ausbeute!

Hinweis: Relative Atommassen: C: 12,011
O: 15,999
H: 1,008

Durchführung:

Reagenzien: Salicylsäure: F_p 158 °C
Acetanhydrid: K_p 140 °C
Phosphorsäure: $w_{H_3PO_4}$ = 85 %
Ethanol
destilliertes Wasser

In einen 100 ml Erlenmeyerkolben gibt man 2,76 g Salicylsäure, 5,10 g Acetanhydrid und dann 5 bis 7 Tropfen Phosphorsäure. Der Kolben wird langsam geschüttelt, damit sich die Reagenzien vermischen, dann in einem Wasserbad auf 70 bis 80 °C erwärmt und 15 min bei dieser Temperatur stehengelassen. Der Kolben wird vom Wasserbad entfernt und den noch warmen Inhalt versetzt man vorsichtig und tropfenweise mit 1 cm^3 (ml) kaltem Wasser unter Schütteln des Kolbens. Danach werden noch 20 ml destilliertes Wasser schnell zugegeben, und der Kolben wird in einem Eisbad abgekühlt. Wenn die Substanz dabei nicht auskristallisiert oder sich als Öl abscheidet, reibt man die Innenflächen des Kolbens mit einem Glasstab, wobei der Kolben im Eisbad verbleibt. Die auskristallisierte Substanz saugt man mit Hilfe eines Büchner-Trichters ab und spült den Kolben zweimal mit einer kleinen Menge destilliertem Wasser aus. Die abgesaugten Kristalle werden in einem 100 ml Erlenmeyerkolben aus Wasser/Ethanol umkristallisiert. Sollte keine Kristallisation eintreten, reibt man wieder die Innenseite des Kolbens mit einem Glasstab oder setzt einige Kristalle zu. Man saugt die Kristalle mit Hilfe eines Büchner-Trichters ab und wäscht sie mit wenig destilliertem Wasser nach. Das kristallisierte Produkt wird auf einer Tonplatte an der Luft getrocknet und in ein Wägegläschen gefüllt, das für 30 min in einen Trockenschrank (80 °C) gestellt wird. Danach wird das getrocknete Produkt gewogen und die Ausbeute berechnet (in Prozent der Theorie).

JO 23

Schwefeldioxid kann aus Rauchgasen von Kohlekraftwerken durch Wäsche mit wäßrigen Suspensionen von Calciumcarbonat oder Calciumhydroxid entfernt werden. Häufig wird dabei die Gewinnung von Gips ($CaSO_4 \cdot 2\ H_2O$) angestrebt.

a) Geben Sie dafür die Reaktionsgleichung an!

b) Wieviel Kilogramm Calciumcarbonat werden täglich benötigt, um eine Rauchgasmenge von 10 000 $m^3 \cdot h^{-1}$ (berechnet auf 0 °C und Normaldruck) mit einem Volumenanteil an Schwefeldioxid φ_{SO_2} = 0,15 % zu 95 % zu entschwefeln?

c) Wieviel Kilogramm Gips werden in dem unter b) geschilderten Prozeß täglich gewonnen?

d) Es soll angenommen werden, daß das stündlich mit dem unbehandelten Rauchgas emittierte Schwefeldioxid in einer atmosphärischen flüssigen Wassermenge von 5000 m^3 gleichmäßig verteilt und vollständig als Regen zur Erde zurückgeführt wird. Welcher pH-Wert ist dann für das Niederschlagswasser zu erwarten?

e) Wenn zur Absorption eine wäßrige Natriumsulfit-Lösung eingesetzt wird, kann das absorbierte Schwefeldioxid danach in reiner Form zurückgewonnen werden. Geben Sie die Reaktionsgleichung für das Absorptionsgleichgewicht an und nennen Sie zwei Möglichkeiten, um möglichst viel Schwefeldioxid aus der Waschflüssigkeit zurückzuerhalten!

Hinweise: Die Protolyse des Schwefeldioxids in wäßriger Lösung wird durch das Gleichgewicht

$$SO_{2(aq)} + 2\ H_2O \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HSO^-_{3(aq)}$$

beschrieben. Die Säurekonstante hat den Wert $K_S = 10^{-2,15}\ mol \cdot l^{-1}$.
Molares Gasvolumen bei 0 °C und Normaldruck: $V = 22,41\ l \cdot mol^{-1}$.
Molare Massen: $M_{CaCO_3} = 100\ g \cdot mol^{-1}$; $M_{CaSO_4 \cdot 2\ H_2O} = 172\ g \cdot mol^{-1}$.

JO 24

Wie können Sie die folgenden Präparate herstellen?
Skizzieren Sie die Konversionen für jede Verbindung!

a) cis-1-Phenylpropen aus trans-1-Phenylpropen

b) 2-Buten aus 1-Butanol

c) (-)-α-Hydroxylpropanal aus (+)-α-Hydroxylpropanal

JO 25

Geben Sie mit Hilfe des VSEPR-Modells die geometrischen Anordnungen für die folgenden Moleküle an!

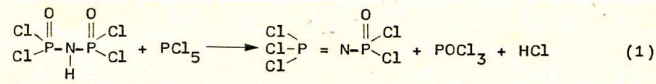
a) PCl_3

b) SF_4

c) IF_4^-

JO 26

Der Verlauf chemischer Reaktionen kann durch markierte Verbindungen aufgeklärt werden. Durch Anwendung von ^{32}P-markiertem Phosphorpentachlorid (Halbwertzeit $\tau_{1/2} = 14,3$ d) soll festgestellt werden, ob die Reaktion (1)



I II III IV

durch elektrophilen Angriff eines PCl_4^+-Kations am Stickstoff oder am Sauerstoff erfolgt. Dazu werden die beiden Partner in Tetrachlormethan zur Reaktion gebracht. Anschließend wird das Lösungsmittel zusammen mit dem Phosphorylchlorid abdestilliert.
Jeweils eine Probe

- des im Destillationssumpf zurückbleibenden N-Dichlorphosphoryltrichlorphosphazens III,
- des radioaktiv markierten PCl_5 II (Ausgangsstoff)

hydrolysiert man durch Erhitzen mit verdünnter Natriumhydroxidlösung. Die entstehenden Phosphat-Ionen werden als Ammoniummagnesiumphosphat gefällt, die Fällungen umkristallisiert und getrocknet. Genaue Einwaagen der erhaltenen Niederschläge löst man auf und füllt die Lösung zu einem definierten Volumen auf. Anschließend wird die Radioaktivität der Lösungen bestimmt und die spezifische Radioaktivität der Phosphate berechnet.

a) Durch welche Reaktion kann man aus im Reaktor bestrahltem roten Phosphor das PCl_5 herstellen (Reaktionsgleichung)?
b) Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen der vollständigen Hydrolyse der Verbindungen II und III mit Alkalihydroxidlösung!
c) Wieviel Tage (ganze Zahl) muß man die radioaktiven Proben aufbewahren, damit ihre Radioaktivität auf mindestens das 10^{-3}fache des Ausgangswertes abgeklungen ist?
d) Formulieren Sie die beiden möglichen Reaktionsmechanismen für die Reaktion des radioaktiv markierten PCl_4^+ mit dem Anion von I!

JO 27

Ein festes Gemisch von 2,000 g enthält $PbCl_2$, $CuCl_2$ und KCl. Es wird mit 100 ml Wasser gelöst. 50 ml von dieser Lösung werden mit Natriumpiperidindithiocarbomat $Na(C_5H_5NCS_2)$ behandelt und es wurde 0,7268 g Bleipiperidindithiocarbomat ausgefällt. Eine andere Probe von 25 ml wird mit Iodwasserstoffsäure behandelt und dabei entsteht ein Niederschlag mit der Masse von 0,8388 g.

a) Schreiben Sie die Reaktionsgleichungen für die Reaktion der Probe mit der Iodwasserstoffsäure auf!

b) Berechnen Sie die Zusammensetzung (in Masse-Prozent) des ursprünglichen festen Gemisches!

Lösungen

Aufgabe 1 (AC)

a) $Cu^{2+} + 2\ IO_3^- + 12\ I^- + 12\ H^+ \longrightarrow CuI + \frac{13}{2}\ I_2 + 6\ H_2O$

$\frac{13}{2}\ I_2 + 13\ S_2O_3^{2-} \longrightarrow 13\ I^- + \frac{13}{2}\ S_4O_6^{2-}$

b) $c_{Cu^{2+}} = \frac{30\ ml \cdot 0{,}1\ mol \cdot l^{-1}}{13 \cdot 20\ ml}$

$c_{Cu^{2+}} = 1{,}15 \cdot 10^{-2}\ mol \cdot l^{-1}$

c) 1 mol Iodat-Ionen entspricht 2 mol Cu^{2+}-Ionen.

$c_{IO_3^-} = 2\ c_{Cu^{2+}}$

somit gilt: $K_L = c_{Cu^{2+}} \cdot c^2_{IO_3^-}$

$K_L = c_{Cu^{2+}} \cdot (2\ c_{Cu^{2+}})^2$

$K_L = 4\ c^3_{Cu^{2+}}$

$K_L = 4(1{,}15 \cdot 10^{-2}\ mol \cdot l^{-1})^3$

$K_L = 6{,}08 \cdot 10^{-6}\ mol^3 \cdot l^{-3}$

Aufgabe 2 (AC)

a) $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \longrightarrow AgCl(s)$

$2\ AgCl(s) \xrightarrow{h \cdot \nu} 2\ Ag(s) + Cl_2(g)$

$3\ Cl_2(g) + 3\ H_2O \longrightarrow ClO_3^-(aq) + 5\ Cl^-(aq) + 6\ H^+(aq)$

$3\ Cl_2(g) + 5Ag^+ + 3H_2O \longrightarrow ClO_3^-(aq) + 5AgCl(s) + 6H^+(aq)$

b) Man geht von 100 g AgCl-Niederschlag aus.
12 % zerfallen bedeutet: 12 g AgCl zerfallen, 88 g bleiben übrig

12 g AgCl: $M_{AgCl} = \frac{12\ g}{143{,}3\ g \cdot mol^{-1}} = 0{,}0837\ mol$

Die Menge von Ag im Niederschlag:

$m_{Ag} = 0{,}0837\ mol \cdot 107{,}9\ g \cdot mol^{-1} = 9{,}03\ g$

Die Menge von $Cl_2(g)$, die freigesetzt wird:

$n_{CL_2} = \frac{1}{2}\ n_{Ag} = 0{,}0419\ mol$

$3Cl_2(g) + 5Ag^+(aq) + 3H_2O \longrightarrow ClO_3^-(aq) + 5AgCl(s) + 6H^+(aq)$

Die Masse des AgCl-Niederschlages setzt sich wie folgt zusammen:

$m_{AgCl} = \frac{5}{3} \cdot n_{Cl_2} \cdot M_{AgCl} = \frac{5}{3} \cdot 0{,}0419\ mol \cdot 143{,}4\ g \cdot mol^{-1}$

$\underline{m_{AgCl} = 10{,}01\ g}$

Die Gesamtmasse des Niederschlages beträgt:

$m_{Ges} = m_{AgCl}(88\ \%) + m_{Ag} + m_{AgCl} = 88{,}00\ g + 9{,}03\ g + 10{,}01\ g$

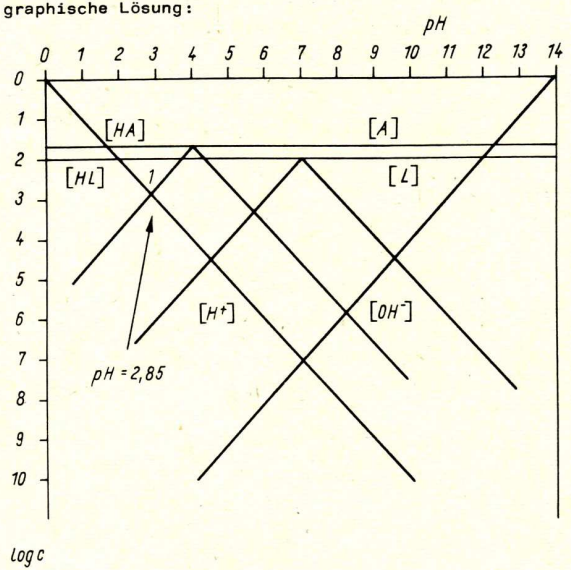
$\underline{m_{Ges} = 107{,}03\ g}$

Der relative Fehler lautet:

$\frac{100 \cdot (107{,}03 - 100)}{100\ \%} = \underline{7{,}03\ \%}$

Aufgabe 3 (AC)

a) graphische Lösung:



HA: $c_{HA} = 0{,}02 \text{ mol} \cdot l^{-1} \longrightarrow \log c_{HA} = -1{,}70$

$K_s(HA) = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot l^{-1} \Longrightarrow pK_s(HA) = 4{,}0$

HL: $c_{HL} = 0{,}01 \text{ mol} \cdot l^{-1} \Longrightarrow \log c_{HL} = -2{,}0$

$K_s(HL) = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot l^{-1} \Longrightarrow pK_s(HL) = 7{,}0$

$c_{H^+} = c_{A^-} + c_{L^-} + c_{OH^-}$

$HA \longrightarrow A^-$; $HL \longrightarrow L^-$

$H_3O^+ \longleftarrow H_2O \longrightarrow OH^-$

Punkt 1 im Diagramm:

$c_{H^+} = c_{A^-}$

$c_{H^+}, \; c_{A^-} \gg c_{L^-} \cdot c_{OH^-} \Longrightarrow pH = 2{,}85$

b) $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

$$K_s(HA) = \frac{c_{H^+} \cdot c_{A^-}}{c_{HA}} = 10^{-4} \text{ mol} \cdot l^{-1}$$

$HL \rightleftharpoons H^+ + L^-$

$$K_s(HL) = \frac{c_{H^+} \cdot c_{L^-}}{c_{HL}} = 10^{-7} \text{ mol} \cdot l^{-1}$$

$K_s(HA) \gg K_s(HL) \Longrightarrow$ HA allein bestimmt den pH-Wert.

$\Longrightarrow \quad HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

Im Gleichgewicht $c - x \quad x \quad x$

$$K_s(HA) = \frac{x^2}{c - x} = 10^{-4} \text{ mol} \cdot l^{-1}$$

$\Longrightarrow \; x^2 + K_s(HA) \cdot x - K_s(HA) \cdot c = 0$

$\Longrightarrow \; x = 1{,}365 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot l^{-1} \Longrightarrow pH = 2{,}86$

Aufgabe 4 (AC)

$M + L \rightleftharpoons ML$

$$K_1 = \frac{c_{HL}}{c_M \cdot c_L}$$

$$K_1' = \frac{c_{ML}}{c_{M'} \cdot c_{L'}}$$

$$\alpha_M = \frac{c_{M'}}{c_M}$$

$N + H^+ + L \rightleftharpoons NHL$

$$K_{NHL} = \frac{c_{NHL}}{c_N \cdot c_{H^+} \cdot c_L} \Longrightarrow c_{NHL} = K_{NHL} \cdot c_N \cdot c_{H^+} \cdot c_L$$

$H_2L \rightleftharpoons H^+ + HL \rightleftharpoons 2\,H^+ + L$

$$K_{s1} = \frac{c_{H^+} \cdot c_{HL}}{c_{H_2L}} \Longrightarrow c_{H_2L} = \frac{c_{H^+} \cdot c_{HL}}{K_{s1}} = \frac{c_{H^+}^2 \cdot c_L}{K_{s1} \cdot K_{s2}}$$

$$\alpha_L = \frac{c_{L'}}{c_L} \qquad HL \rightleftharpoons H^+ + L$$

$$K_1' = \frac{K_1}{\alpha_M \cdot \alpha_L} \qquad K_{s_2} = \frac{c_{H^+} \cdot c_L}{c_{HL}} \Longrightarrow c_{HL} = \frac{c_{H^+} \cdot c_L}{K_{s_2}}$$

$$\Longrightarrow c_{M'} = c_M \Longrightarrow \underline{\underline{\alpha_M = 1}}$$

$$c_{L'} = c_L + c_{HL} + c_{H_2L} + c_{NHL}$$

$$= c_L + \frac{c_L \cdot c_{H^+}}{K_{s_2}} + \frac{c_L \cdot c_{H^+}^2}{K_{s_2} \cdot K_{s_1}} + K_{NHL}\, c_N \cdot c_{H^+} \cdot c_L$$

$$= c_L \left(1 + \frac{c_{H^+}}{K_{s_2}} + \frac{c_{H^+}^2}{K_{s_1} \cdot K_{s_2}} + K_{NHL} \cdot c_N \cdot c_{H^+}\right)$$

$$\Longrightarrow \alpha_L = 1 + \frac{c_{H^+}}{K_{s_2}} + \frac{c_{H^+}^2}{K_{s_1} \cdot K_{s_2}} + K_{NHL} \cdot c_N \cdot c_{H^+}$$

$$\Longrightarrow K_1' = \frac{K_1}{1 + \frac{c_{H^+}}{K_{s_2}} + \frac{c_{H^+}^2}{K_{s_1} \cdot K_{s_2}} + K_{NHL} \cdot c_N \cdot c_{H^+}}$$

Aufgabe 5 (OC)

a) Konstitutionsformel — Name



Cyclobutan-1,1-dicarbonsäure

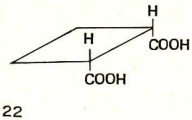


Cyclobutan-1,2-dicarbonsäure

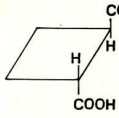


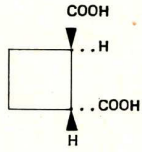
Cyclobutan-1,3-dicarbonsäure

b) Stereoisomer — relative Konfiguration

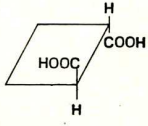


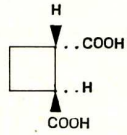
cis

II 

oder 

trans

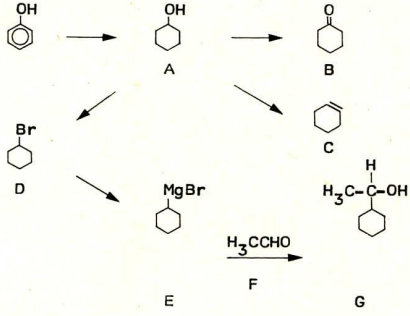
III 

oder 

trans

c) Diastereomere sind I, II I, III
Enantiomere sind II, III

Aufgabe 6 (OC)

a) 

b) G hat zwei optische Isomere.

Aufgabe 7 (OC)

a) (1) $6CH_4 + 3O_2 \longrightarrow 6CO + 12H_2$; $\Delta_R H = -216\ kJ \cdot mol^{-1}$

(2) $CH_4 + H_2O \longrightarrow CO + 3H_2$; $\Delta_R H = +216\ kJ \cdot mol^{-1}$

(3) $7CH_4 + 3O_2 + H_2O \longrightarrow 7CO + 15H_2$; $\Delta_R H = \pm 0\ kJ \cdot mol^{-1}$

b) 1. Für die zweistufige Druckerhöhung gilt unter den gegebenen Bedingungen für die Kompressionsarbeit

$$W_2 = n_1 \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_o} + n_2 \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{p_2}{p_1} \qquad (1)$$

Mit $n_2 = 2\ n_1$ erhält man nach Umformung von (1)

$$W_2 = n_1 \cdot R \cdot T \left(\ln \frac{p_1}{p_o} + 2 \ln \frac{p_2}{p_1}\right) \qquad (2)$$

Mit den gegebenen Größen folgt aus (2)

$$W_2 = 100\text{mol} \cdot 8{,}31\text{J} \cdot \text{K}^{-1}\text{mol}^{-1} \cdot 500\text{K} \left(\ln \frac{3{,}00\text{MPa}}{0{,}10\text{MPa}} + 2 \ln \frac{6{,}00\text{MPa}}{3{,}00\text{MPa}}\right)$$

$$W_2 = 1{,}99 \cdot 10^6\ \text{J}$$

2. Für die einstufige Druckerhöhung gilt unter den gegebenen Bedingungen

$$W_1 = n_2 \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{p_2}{p_o} \qquad (3)$$

Aus (3) erhält man nach Einsetzen der gegebenen Werte

$$W_1 = 200\text{mol} \cdot 8{,}31\ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 500\text{K} \cdot \ln \frac{6{,}00\text{MPa}}{0{,}10\text{MPa}}$$

$$W_1 = 3{,}4 \cdot 10^6\ \text{J}$$

$$\Delta W = W_1 - W_2$$

$$\Delta W = 3{,}4 \cdot 10^6\ \text{J} - 1{,}99 \cdot 10^6\ \text{J}$$

$$\Delta W = 1{,}41 \cdot 10^6\ \text{J}$$

Aufgabe 8 (PC)

a) $M_f(C_8H_{18}) = 114{,}0$

Betrachtung eines Zylinders:

Während jeder Zündung eine Umdrehung: $m_f = \frac{0{,}400}{25}\ \text{g} = 0{,}0160\ \text{g}$

$$n_f = 1{,}404 \cdot 10^{-4}\ \text{mol}$$

Zylindervolumen: $V_o = 4{,}00 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^3$

Druck: $p_o = 101{,}0\ \text{kPa} = 101000\ \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$

Temperatur: $T_o = 373\ \text{K}$

$$n_G = n_f + n_A = \frac{p_o V_o}{R\ T_o} = \frac{101000\ \text{N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^3}{8{,}314\ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1}\ \text{K}^{-1} \cdot 373\ \text{K}}$$

$$= 0{,}0130\ \text{mol}$$

$\Longrightarrow n_A$ = Anzahl der Mole der Luft

$n_A = n_G - n_f = 0{,}0130 \text{ mol} - 1{,}404 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

$= 0{,}0129 \text{ mol}$

$\Longrightarrow$ Lufteintritt ($m^3 \cdot s^{-1}$) (ein Zylinder, 25 Umdrehungen/Zündung):

$$V_A^1 = \frac{25 n_A \cdot R \cdot T_o}{p_o} = \frac{25 s^{-1} \; 0{,}0129 \text{mol} \cdot 8{,}314 \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} K^{-1} \cdot 373 \text{K}}{101000 \text{ N} \cdot m^{-2}}$$

$$= 9{,}902 \cdot 10^{-3} m^3 \cdot s^{-1}$$

$\Longrightarrow$ Lufteintritt (gesamte Maschine; $m^3 \cdot s^{-1}$):

$$V_A = 4 \cdot 9{,}902 \cdot 10^{-3} \; m^3 \cdot s^{-1} = 0{,}0396 \; m^3 \cdot s^1$$

b) (1) Zusammensetzung der Abgase (Betrachten eines Zylinders und eine Umdrehung/Zündung):

vor der Verbrennung: $n_{O_2} = 0{,}21 \; n_A = 2{,}709 \cdot 10^{-3}$ mol

$n_{N_2} = 0{,}79 \; n_A = 10{,}191 \cdot 10^{-3}$ mol

$0{,}1x \; C_8H_{18} + 8\frac{1}{2} \; O_2 \longrightarrow 8 \; CO + 9 \; H_2O$ (10 % C)

$0{,}9x \; C_8H_{18} + 12\frac{1}{2} \; O_2 \longrightarrow 8 \; CO_2 + 9 \; H_2O$ (90 % C)

$C_8H_{18} + 12{,}1 \; O_2 \longrightarrow 0{,}8 \; CO + 7{,}2 \; CO_2 + 9 \; H_2O$

vor der Verbrennung:

$1{,}404 \cdot 10^{-4}$ $2{,}709 \cdot 10^{-3}$ 0 0 0

nach der Verbrennung:

0 $10{,}10 \cdot 10^{-4}$ $1{,}123 \cdot 10^{-4}$ $10{,}11 \cdot 10^{-4}$ $12{,}63 \cdot 10^{-4}$

N_2 nach der Verbrennung = $101{,}91 \cdot 10^{-4}$ mol = n_{N_2}

Die Zusammensetzung des Gases nach der Verbrennung:

Komponente	mol $\cdot 10^{-4}$	%
N_2	101,91	75,0
O_2	10,10	7,4
CO	1,12	0,8
CO_2	10,11	7,5
H_2O	12,63	9,3
n_G	135,87	100,0

(2) Temperatur des Gases unmittelbar nach der Verbrennung

$$\Delta H = n_f \left[0{,}8 \cdot \Delta H_f(CO) + 7{,}2 \cdot \Delta H_f(CO_2) + 9 \cdot \Delta H_f(H_2O) - \Delta H_f(C_8H_{18})\right]$$

$$\Longrightarrow \Delta H = -\,0{,}6914 \text{ kJ}$$

$$-\Delta H = \int_{373}^{T_1} \left[n_{CO} c_p(CO) + n_{CO_2} \cdot c_p(CO_2) + n_{H_2O} \cdot c_p(H_2O) + n_{N_2} c_p(N_2) + n_{O_2} \cdot c_p(O_2)\right]$$

$$= \left[1{,}12 \cdot 29{,}14 + 10{,}11 \cdot 37{,}11 + 12{,}63 \cdot 33{,}58 + 101{,}91 \cdot 29{,}13 + 10{,}10 \cdot 29{,}36\right] \cdot 10^{-4} \cdot (T_1 - 373)\,\text{J} = 691{,}4 \text{ J}$$

$$\Longrightarrow T_1 = 2060 \text{ K}$$

c) Temperatur des Abgases, wenn es den Zylinder verläßt

$p_2 = 200{,}0$ kPa

$V_o = 4{,}00 \cdot 10^{-4}\ m^3$

n_G = Abgasmolmenge in einem Zylinder = 0,01359 mol

$$T_2 = \frac{p_2 V_o}{n_G R} = \frac{200000\ N \cdot m^{-2} \cdot 4{,}00 \cdot 10^{-4}\ m^3}{0{,}01359\ mol \cdot 8{,}314\ J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}} = 708\ K$$

d) Zusammensetzung des Abgases nach der Katalyse

Massenstrom des Abgases aus den 4 Zylindern:

$$v = 4 \cdot 0{,}01359\ mol \cdot 25\ s^{-1} = 1{,}359\ mol\ s^{-1}$$

$$\left(\frac{n(CO)}{n(CO_2)}\right) = \frac{1}{4} k \left(\frac{n(CO)}{n(CO_2)}\right)_1 \cdot v \cdot e^{-\frac{T}{T_o}}$$

$$= \frac{1}{4} 3{,}141 \frac{s}{mol} \cdot \left(\frac{1{,}12 \cdot 10^{-4}}{10{,}11 \cdot 10^{-4}}\right) \cdot 1{,}359 \frac{mol}{s} \cdot e^{-\left(\frac{708}{373}\right)}$$

$$= 0{,}0177$$

Das molare Verhältnis $\left(\frac{n(CO)}{n(CO_2)}\right)$ kann berechnet werden, indem man die Werte der Abgaskomponenten von einer Umdrehung/Zündung betrachtet.

Katalytische Reaktion: $CO + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow CO_2$

	mol · 10^{-4} (aus 4 Zylindern)		
Anfangsmenge	4,48	40,40	40,44
Endmenge	4,48 - x	40,40 - $\frac{1}{2}$x	40,44 + x

$$\left(\frac{n(CO)}{n(CO_2)}\right) = 0{,}0177 = \frac{4{,}48 - x}{40{,}44 + x} \Longrightarrow x = 3{,}70$$

Die Zusammensetzung des Gases nach der Katalyse (eine Umdrehung):

	mol · 10^{-4}		%
N_2	407,64	= 407,64	75,26
O_2	40,40 - $\frac{1}{2}$x	= 38,55	7,12
CO	4,48 - x	= 0,78	0,15
CO_2	40,44 + x	= 44,14	8,14
H_2O	50,52	= 50,52	9,33
total		541,63	100,00

Aufgabe 9 (PC)

a) Das Periodensystem der zweidimensionalen Welt:

1 $1s^1$									2 $1s^2$
3 $[]2s^1$	4 $[]2s^2$					5 $[]2s^2 2p^1$	6 $[]2s^2 2p^2$	7 $[]2s^2 2p^3$	8 $[]2s^2 2p^4$
9 $[]3s^1$	10 $[]3s^2$					11 $[]3s^2 3p^1$	12 $[]3s^2 3p^2$	13 $[]3s^2 3p^3$	14 $[]3s^2 3p^4$
15 $[]4s^1$	16 $[]4s^2$	17 $[]4s^2 3d^1$	18 $[]4s^2 3d^2$	19 $[]4s^2 3d^3$	20 $[]4s^2 3d^4$	21 $[]4s^2 3d^4 4p^1$	22 $[]4s^2 3d^4 4p^2$	23 $[]4s^2 3d^4 4p^3$	24 $[]4s^2 3d^4 4p^4$

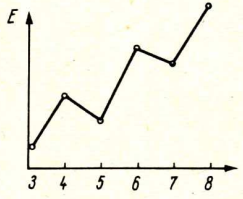
In der zweidimensionalen Welt gelten die Sextett-Regel und die 10-Elektronen-Regel.

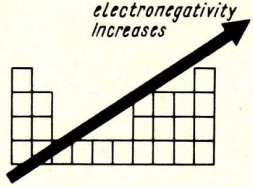
b) Die analogen Elemente der dreidimensionalen Welt und die Aggregatzustände der Elemente der zweidimensionalen Welt:

H					He
Li	Be	B/C	N/O	F	Ne
Na	Mg	Al/Si	P/S	Cl	Ar

g					g
s	s	s	g	g	g
s	s	s	s	g	g

c) Die Ionisierungsenergien und die graphische Darstellung der Elektronegativitäten:



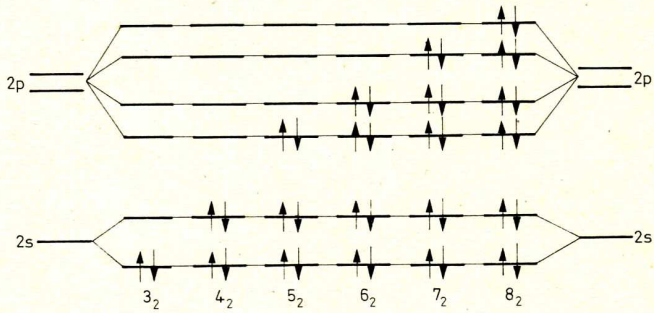


d) Das Molekülorbitaldiagramm der homonuklearen Moleküle X_2:

Die Energien der Atomorbitale von freien Atomen

Die Energien der Molekülorbitale von homonuklearen zweiatomigen Molekülen

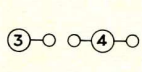
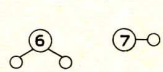
Die Energien der Atomorbitale von freien Atomen



stabil instabil stabil stabil stabil instabil

e) Die LEWIS-Strukturen und Geometrien:

LEWIS-Struktur 3:| |:4:|   

Geometrie  

analoge Verbindungen in der dreidimensionalen Welt	LiH	BeH_2	BH_3 oder CH_4	H_2O oder NH_3	FH

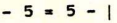
f) Hybridorbitale für n = 2

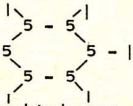




Die organische Chemie in der zweidimensionalen Welt leitet sich von dem Element 5 ab.
Analoga für

Ethan C_2H_6 ⟷ 

Ethen C_2H_4 ⟷ 

Cyclohexan C_6H_{12} ⟷ 

Es gibt keine aromatischen Ringverbindungen.

Aufgabe 10 (PC)

Die Maxima: Höhe: 104 S (Atomnummer 16)
Höhe: 58 F (Atomnummer 9)
Höhe: 52 O (Atomnummer 8)
Höhe: 350 (Atomnummer 54)

$\Longrightarrow$ Die Elektronenkonfiguration des Elementes A:

$1\,s^2\ 2\,s^2\ 2\,p^6\ 3\,s^2\ 3\,p^6\ 3\,d^{10}\ 4\,s^2\ 4\,p^6\ 4\,d^{10}\ 5\,s^2\ 5\,p^6$

Das Element A ist ein Edelgas (Xe).

a) $AF_n + \frac{n}{2}\,Hg \longrightarrow A + \frac{n}{2}\,HgF_2$

$$n_A = \frac{p \cdot V_A}{R \cdot T} = \frac{101000\ N \cdot m^{-2} \cdot 53{,}25 \cdot 10^{-6}\ m^3}{8{,}314\ J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1} \cdot 298\ K} = 2{,}17 \cdot 10^{-3}\ mol$$

$$n_{AF_n} = n_A = \frac{m_{AF_n}}{M_{AF_n}} = \frac{0{,}4500g}{M_A + n \cdot 19g \cdot mol^{-1}} = 2{,}17 \cdot 10^{-3}\ mol$$

Verbindung C: Gehalt an F: 36,7 % $\Longrightarrow \frac{100 \cdot n \cdot 19}{M_A + n \cdot 19} = 36{,}7$

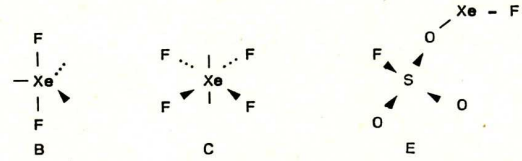
$$\Longrightarrow \frac{4500}{100 \cdot n \cdot 19} = \frac{2{,}17 \cdot 10^{-3}}{36{,}7} = 5{,}913 \cdot 10^{-5} \Longrightarrow n = 4{,}0$$

$$\Longrightarrow C : AF_4 \Longrightarrow \frac{4500g}{M_A + 4 \cdot 19\ g \cdot mol^{-1}} = 2{,}17 \cdot 10^{-3}\ mol$$

$$M_A = 131{,}4$$

b) A : Xe; B : XeF_2; C : XeF_4; D : XeF_6; E : $(XeF)(OSO_2F)$

c) Ax_2E_3 - trigonal bipyramidal
Ax_4E_2 - Oktaeder



d) $XeF_2(s) + H_2O(l) \longrightarrow Xe(g) + \frac{1}{2}\,O_2(g) + 2\ HF(aq)$

$XeF_4(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow \frac{2}{3}\,Xe(g) + \frac{1}{2}\,O_2(g) + \frac{1}{3}\,XeO_3(aq) + 4\ HF(aq)$

$XeF_6(s) + 3H_2O(l) \longrightarrow XeO_3(aq) + 6\ HF(aq)$

e) Voraussetzung: $n_{XeF_2} = 1$; $n_{XeF_4} = a$; $n_{XeF_6} = b$

$$\Longrightarrow n_{Xe} = 1 + \frac{2}{3} \cdot a$$

$$n_{O_2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} a$$

$$n_{XeO_3} = \frac{1}{3} a + b$$

$$\Longrightarrow n_{Ges} = n_{Xe} + n_{O_2} = \frac{3}{2} + \frac{7}{6} a$$

Aber: $O_2 = 40{,}0\ \% \Longrightarrow \frac{n_{O_2}}{n_{Ges}} = 0{,}4 = \frac{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} a}{\frac{3}{2} + \frac{7}{6} a} \Longrightarrow a = 3$

$$n_{O_2} = 0{,}400 \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = 0{,}400 \frac{100000\ Nm^{-2} \cdot 60{,}2 \cdot 10^{-6}\ m^3}{8{,}314\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 290\ K}$$

$$= 1{,}00 \cdot 10^{-3}\ mol$$

$$6Fe^{2+} + XeO_3 + 3H_2O \longrightarrow 6Fe^{3+} + 6OH^- + Xe$$

$$n_{XeO_3} = \frac{1}{6} \cdot n_{Fe^{2+}} = \frac{1}{6} \cdot c_{Fe^{2+}} \cdot V_{Fe^{2+}}$$

$$= \frac{1}{6} \cdot 0{,}100\ mol \cdot l^{-1} \cdot 36{,}0 \cdot 10^{-3}\ l$$

$$= 0{,}600 \cdot 10^{-3}\ mol$$

$$\frac{n_{XeO_3}}{n_{O_2}} = \frac{0{,}600 \cdot 10^{-3}\ mol}{1{,}00 \cdot 10^{-3}\ mol} = \frac{n_{XeO_3}}{n_{O_2}} = \frac{\frac{1}{3} a + b}{\frac{1}{2} a + \frac{1}{2}}$$

$$\Longrightarrow 0{,}600 = \frac{1 + b}{\frac{3}{2} + \frac{1}{2}} \Longrightarrow b = 0{,}2$$

molare Zusammensetzung:

XeF_2: $n_{XeF_2} = 1\ mol \Longrightarrow 23{,}8\ \%$

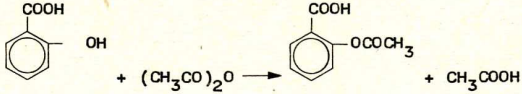
XeF_4: $n_{XeF_4} = 3\ mol \Longrightarrow 71{,}4\ \%$

XeF_6: $n_{XeF_6} = 0{,}2\ mol \Longrightarrow 4{,}8\ \%$

$n_{Ges} = 4{,}2\ mol \Longrightarrow 100\ \%$

Aufgabe 11 (experimentelle Aufgabe)

Zu 1.



Zu 2.

Berechnung der Ausbeute:

$$m_{th.Ausbeute} = \frac{M_{Acetylsalicylsäure} \cdot m_{Salicylsäure}}{M_{Salicylsäure}}$$

$$= \frac{180{,}159\ g \cdot mol^{-1}\ 2{,}760\ g}{138{,}122\ g \cdot mol}$$

$$= 3{,}5999\ g \approx \underline{3{,}6\ g}$$

$$\text{Praktische Ausbeute} = \frac{m_{Acetylsalicylsäure} \cdot 100\ \%}{m_{th.Ausbeute}}$$

$$= \ldots\ \%$$