| EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES GÉNÉRALES<br>**Sessions 2023 – QUESTIONNAIRE ÉCRIT** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Date :* | **19.09.23** | *Durée :* | **14:15 - 16:45** | *Numéro candidat :* | |
| *Discipline :* | **Chimie** | | *Section(s) :* | **GIG** | |

## I. Gleichgewichte und Gehaltsangaben von Lösungen (15P)

### 1. Zersetzung von Phosphorpentachlorid (5P)

Phosphorpentachlorid zerfällt in einer umkehrbaren Reaktion zu Chlorgas und Phosphortrichlorid laut folgender Gleichgewichtsreaktion:

$$PCl_{5(g)} \rightleftharpoons Cl_{2(g)} + PCl_{3(g)}$$

In einem 2 L Gefäß werden 30,8 g Phosphorpentachlorid erhitzt. Beim Erreichen des Gleichgewichtszustands beträgt $c(PCl_3)$ = 0,050 mol/L. Bestimmen Sie die Gleichgewichtskonstante $K_C$.

### 2. Distickstofftetraoxid-Stickstoffdioxid-Gleichgewicht (2 + 2 + 1 + 4 + 1 = 10P)

Distickstofftetraoxid steht mit Stickstoffdioxid in einem druck- und temperaturabhängigen Gleichgewicht nach folgender Gleichgewichtsreaktion:

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2\ NO_{2(g)} \qquad \Delta H > 0$$

a) Formulieren Sie das Prinzip von Le Chatelier.
b) Erläutern Sie, wie man durch eine Temperaturveränderung die Ausbeute an Stickstoffdioxid steigern kann.
c) Erläutern Sie, wie man durch eine Volumenverringerung Einfluss auf das Gleichgewicht nimmt.
d) Bestimmen Sie die Stoffmengenkonzentrationen aller Teilnehmer im Gleichgewicht bei 25°C, wenn in einem 5 L Gefäß 1 mol Distickstofftetraoxid zur Reaktion gebracht wird und $K_C = 0{,}174\ mol \cdot L^{-1}$ beträgt.
e) Welchen Einfluss hätte ein Katalysator auf die Lage des Gleichgewichts und die Stoffmengenkonzentrationen der Reaktionsteilnehmer im Gleichgewicht? Begründen Sie ihre Antwort.

## II. Säure-Base-Reaktionen und Gehaltsangaben von Lösungen (21P)

**3. Ammoniak** (3 + 5 + 1 = 9P)

Eine Ammoniak-Lösung hat eine Dichte von 0,957 g/cm$^3$ und einen Massenanteil von 10%.

a) Berechnen Sie die Massenkonzentration sowie die Stoffmengenkonzentration der Ammoniak-Lösung.
b) Formulieren Sie die Protolysegleichung für Ammoniak und leiten Sie, ausgehend vom Ausdruck für die Basenkonstante $K_B$, die Formel für die pOH-Berechnung einer schwachen Base her, indem Sie die Näherungen angeben.
c) Berechnen Sie den pH-Wert der Ammoniak-Lösung.

**4. Titration** (2 + 3 + 1 = 6P)

Die *Vinaigrerie Pundel Luxembourg* stellt seit Anfang des 20. Jahrhunderts Essig aus Alkohol her. Um den Essigsäuregehalt in einem Essig der *Marke Pundel* zu bestimmen, wird eine Titration durchgeführt: Hierfür werden 10 mL Essig auf ein Volumen von 250 mL verdünnt. Anschließend wird eine Probe von 25 mL dieser verdünnten Lösung mit Kalilauge der Stoffmengenkonzentration 0,05 mol · L$^{-1}$ titriert. Der Farbumschlag des Indikators wird bei Zugabe von 16 mL Maßlösung erreicht.

a) Berechnen Sie die Ausgangskonzentration der Essigsäure in der untersuchten Probelösung sowie den pH-Wert der Probelösung.
b) Befindet sich der Äquivalenzpunkt der Titration im sauren, neutralen oder alkalischen Bereich? Begründen Sie mit Hilfe der vorhandenen Ionen und einer entsprechenden Protolysegleichung.
c) Leiten Sie aus ihren Berechnungen die Stoffmengenkonzentration der Essigsäure im Essig der Marke Pundel ab.

**5. pH-Wert-Änderung** (3 + 3 = 6P)

Zu 0,5 L Natriumdihydrogenphosphat-Lösung mit einer Massenkonzentration von 4,8 g/L werden 2,84 g Natriumhydrogenphosphat hinzugefügt.

a) Berechnen Sie den pH-Wert vom Gemisch, wenn das Volumen bei der Zugabe unverändert bleibt.
b) Dem Gemisch werden 50 mL einer 0,1 molaren Salzsäure hinzugefügt. Berechnen Sie die pH-Wert-Änderung nach Zugabe der Salzsäure.

## III. Organische Chemie (20P)

**6. Elektrophile Addition** (4 + 3 = 7P)

Untersucht wird die Additionsreaktion von Brom auf 2-Methylbut-2-en.

a) Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus mit Halbstrukturformeln und benennen Sie das Produkt sowie alle vorkommenden Teilchen.
b) Würde die Reaktion von Brom mit 2-Chlorbut-2-en schneller oder langsamer ablaufen, als die Reaktion von Brom mit 2-Methylbut-2-en? Begründen Sie ausführlich.

**7. Reaktionstypen** (6 + 1 = 7P)

a) Formulieren Sie die Gesamtgleichung mit Skelettformeln für die Bildung von:
   i) 1-Chlorpropan ausgehend von einem Alkan;
   ii) Hexan-3-ol ausgehend von einem Alken;
   iii) Pentansäureethylester.

b) Welches der Edukte oder Produkte aus a) reagiert positiv auf die Beilsteinprobe? Geben Sie Namen, Halbstrukturformel und Stoffklasse dieses Stoffes an.

**8. Unbekannter Alkohol** (3 + 3 = 6P)

Durch die nukleophile Substitutionsreaktion von 1-Brom-3-methylbutan mit Natronlauge entsteht der Alkohol A mit der Summenformel $C_5H_{12}O$. Bringt man diesen mit heißem Kupfer(II)-oxid in Kontakt, so bildet sich das organische Reaktionsprodukt B, welches positiv auf die Tollensprobe reagiert.

a) Zeichnen Sie die Skelettformel für:

i) den Alkohol A und benennen Sie diesen;

ii) ein Isomer vom Alkohol A, welches zu der Stoffklasse der sekundären Alkohole gehört und benennen Sie dieses.

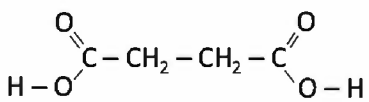
b) Formulieren Sie mit Halbstrukturformeln die Gleichung der Reaktion vom Alkohol A mit Kupfer(II)-oxid. Geben Sie alle relevanten Oxidationszahlen an und benennen Sie das organische Reaktionsprodukt B.

## IV. Kunststoffe (4P)

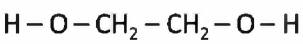
**9. Kunststoffe (2,5 + 1,5 = 4P)**

Synthetisch hergestellte Makromoleküle, sogenannte Kunststoffe, finden in vielen verschiedenen Bereichen des Alltags Verwendung.

a) Je nach Eigenschaften werden die Kunststoffe in drei verschiedene Kategorien eingeteilt. Geben Sie die Namen dieser drei Kategorien an und skizzieren Sie jede Kunststoff-Kategorie.



Butan-1,4-disäure



Ethan-1,2-diol

b) Ein Kunststoff wird durch die Polykondensation zwischen den beiden links abgebildeten Monomeren Butan-1,4-disäure und Ethan-1,2-diol hergestellt.
Geben Sie die globale Reaktionsgleichung mit Halbstrukturformeln an und benennen Sie die Art von Polymer.

| $pK_S$ | Säure | | Korrespondierende Base | | $pK_B$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Vollständige Protonenabgabe | Perchlorsäure | $HClO_4$ | $ClO_4^-$ | Perchlorat-Ion | Keine Protonenaufnahme |
| | Iodwasserstoffsäure | HI | $I^-$ | Iodid-Ion | |
| | Bromwasserstoffsäure | HBr | $Br^-$ | Bromid-Ion | |
| | Salzsäure | HCl | $Cl^-$ | Chlorid-Ion | |
| | Schwefelsäure | $H_2SO_4$ | $HSO_4^-$ | Hydrogensulfat-Ion | |
| | Oxonium-Ion | $H_3O^+$ ($H^+ + H_2O$) | $H_2O$ | Wasser | |
| | Salpetersäure | $HNO_3$ | $NO_3^-$ | Nitrat-Ion | |
| 1,88 | Schwefelige Säure | $H_2SO_3$ | $HSO_3^-$ | Hydrogensulfit-Ion | 12,12 |
| 1,92 | Hydrogensulfat-Ion | $HSO_4^-$ | $SO_4^{2-}$ | Sulfat-Ion | 12,08 |
| 2,13 | Phosphorsäure | $H_3PO_4$ | $H_2PO_4^-$ | Dihydrogenphosphat-Ion | 11,87 |
| 2,22 | Hexaqua-Eisen(III)-Ion | $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$ | $[Fe(OH)(H_2O)_5]^{2+}$ | Pentaqua-hydroxo-Eisen(III)-Ion | 11,78 |
| 3,14 | Flusssäure (Fluorwasserstoffsäure) | HF | $F^-$ | Fluorid-Ion | 10,86 |
| 3,35 | Salpetrige Säure | $HNO_2$ | $NO_2^-$ | Nitrit-Ion | 10,65 |
| 3,75 | Ameisensäure (Methansäure) | HCOOH | $HCOO^-$ | Formiat-Ion (Methanoat-Ion) | 10,25 |
| 4,75 | Essigsäure (Ethansäure) | $CH_3COOH$ | $CH_3COO^-$ | Acetat-Ion (Ethanoat-Ion) | 9,25 |
| 4,85 | Hexaqua-Aluminium-Ion | $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ | $[Al(OH)(H_2O)_5]^{2+}$ | Pentaqua-hydroxo-Aluminium-Ion | 9,15 |
| 6,52 | Kohlensäure | $H_2CO_3$ / $H_2O + CO_2$ | $HCO_3^-$ | Hydrogencarbonat-Ion | 7,48 |
| 6,92 | Schwefelwasserstoff Säure | $H_2S$ | $HS^-$ | Hydrogensulfid-Ion | 7,08 |
| 7,00 | Hydrogensulfit-Ion | $HSO_3^-$ | $SO_3^{2-}$ | Sulfit-Ion | 7,00 |
| 7,20 | Dihydrogenphosphat-Ion | $H_2PO_4^-$ | $HPO_4^{2-}$ | Hydrogenphosphat-Ion | 6,80 |
| 9,25 | Ammonium-Ion | $NH_4^+$ | $NH_3$ | Ammoniak | 4,75 |
| 9,40 | Blausäure (Cyanwasserstoff Säure) | HCN | $CN^-$ | Cyanid-Ion | 4,60 |
| 9,60 | Hexaqua-Zink(II)-Ion | $[Zn(H_2O)_6]^{2+}$ | $[Zn(OH)(H_2O)_5]^+$ | Pentaqua-hydroxo-Zink(II)-Ion | 4,40 |
| 10,40 | Hydrogencarbonat-Ion | $HCO_3^-$ | $CO_3^{2-}$ | Carbonat-Ion | 3,60 |
| 12,36 | Hydrogenphosphat-Ion | $HPO_4^{2-}$ | $PO_4^{3-}$ | Phosphat-Ion | 1,64 |
| 13,00 | Hydrogensulfid-Ion | $HS^-$ | $S^{2-}$ | Sulfid-Ion | 1,00 |
| Keine Protonenabgabe | Wasser | $H_2O$ | $OH^-$ | Hydroxid-Ion | Vollständige Protonenaufnahme |
| | Methanol | $CH_3OH$ | $CH_3O^-$ | Methanolat-Ion | |
| | Ethanol | $CH_3CH_2OH$ | $CH_3CH_2O^-$ | Ethanolat-Ion | |

| Indikator | Farbe der Säure | pH-Bereich des Farbumschlags | Farbe der Base |
|---|---|---|---|
| Thymolblau | rot | 1,2 - 2,8 | gelb |
| Methylorange | rot | 3,0 - 4,4 | gelb-orange |
| Bromkresolgrün | gelb | 3,8 - 5,4 | blau |
| Methylrot | rot | 4,2 - 6,2 | gelb |
| Lackmus | rot | 5,0 - 8,0 | blau |
| Bromthymolblau | gelb | 6,0 - 7,6 | blau |
| Thymolblau | gelb | 8,0 - 9,6 | blau |
| Phenolphthalein | farblos | 8,2 - 10,0 | purpur |
| Thymolphthalein | farblos | 9,3 - 10,5 | blau |
| Alizaringelb R | gelb | 10,1 - 12,1 | rot |

# Das Periodensystem der Elemente

| | Haupt - 1 IA | 2 IIA | Nebengruppen 3 IIIB | 4 IVB | 5 VB | 6 VIB | 7 VIIB | 8 VIIIB | 9 VIIIB | 10 VIIIB | 11 IB | 12 IIB | gruppen 13 IIIA | 14 IVA | 15 VA | 16 VIA | 17 VIIA | 18 VIIIA | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,0 1 H | | | | | | | | | | | | | | | | | 4,0 2 He | 1 |
| 2 | 6,9 3 Li | 9,0 4 Be | | | | | | | | | | | 10,8 5 B | 12,0 6 C | 14,0 7 N | 16,0 8 O | 19,0 9 F | 20,2 10 Ne | 2 |
| 3 | 23,0 11 Na | 24,3 12 Mg | | | | | | | | | | | 27,0 13 Al | 28,1 14 Si | 31,0 15 P | 32,1 16 S | 35,5 17 Cl | 39,9 18 Ar | 3 |
| 4 | 39,1 19 K | 40,1 20 Ca | 45,0 21 Sc | 47,9 22 Ti | 50,9 23 V | 52,0 24 Cr | 54,9 25 Mn | 55,8 26 Fe | 58,9 27 Co | 58,7 28 Ni | 63,5 29 Cu | 65,4 30 Zn | 69,7 31 Ga | 72,6 32 Ge | 74,9 33 As | 79,0 34 Se | 79,9 35 Br | 83,8 36 Kr | 4 |
| 5 | 85,5 37 Rb | 87,6 38 Sr | 88,9 39 Y | 91,2 40 Zr | 92,9 41 Nb | 95,9 42 Mo | 99 43 Tc | 101,1 44 Ru | 102,9 45 Rh | 106,4 46 Pd | 107,9 47 Ag | 112,4 48 Cd | 114,8 49 In | 118,7 50 Sn | 121,8 51 Sb | 127,6 52 Te | 126,9 53 I | 131,3 54 Xe | 5 |
| 6 | 132,9 55 Cs | 137,3 56 Ba | *57 bis 71* La-Lu | 178,5 72 Hf | 180,9 73 Ta | 183,8 74 W | 186,2 75 Re | 190,2 76 Os | 192,2 77 Ir | 195,1 78 Pt | 197,0 79 Au | 200,6 80 Hg | 204,4 81 Tl | 207,2 82 Pb | 209,0 83 Bi | 209 84 Po | 210 85 At | 222 86 Rn | 6 |
| 7 | 223 87 Fr | 226 88 Ra | *89 bis 103* Ac-Lr | 261 104 Rf | 262 105 Db | 263 106 Sg | 262 107 Bh | 265 108 Hs | 268 109 Mt | 269 110 Uun | 272 111 Uuu | 277 112 Uub | | 289 114 Uuq | | 289 116 Uuh | | 293 118 Uuo | 7 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Lanthanoide* | 138,9 57 La | 140,1 58 Ce | 140,9 59 Pr | 144,2 60 Nd | 147 61 Pm | 150,4 62 Sm | 152,0 63 Eu | 157,3 64 Gd | 158,9 65 Tb | 162,5 66 Dy | 164,9 67 Ho | 167,3 68 Er | 168,9 69 Tm | 173,0 70 Yb | 175,0 71 Lu |
| *Actinoide* | 227 89 Ac | 232 90 Th | 231 91 Pa | 238 92 U | 237 93 Np | 244 94 Pu | 243 95 Am | 247 96 Cm | 247 97 Bk | 251 98 Cf | 252 99 Es | 257 100 Fm | 258 101 Md | 259 102 No | 260 103 Lr |