

"כימיאדה"

האולימפיאדה הארצית בכימיה

לתלמידי כיתות י"א-י"ב

בבתי ספר תיכוניים

שלב הגמר

14.05.2008

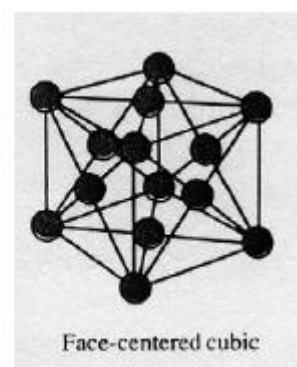
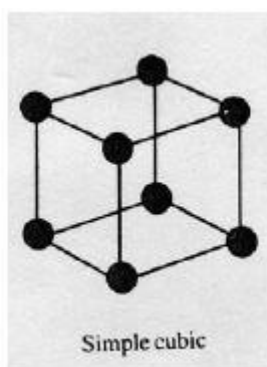
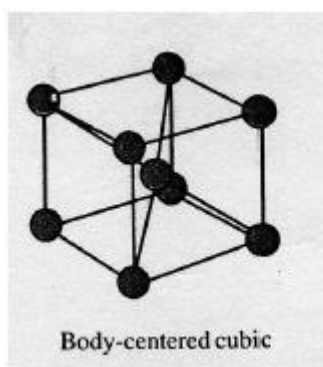
חלק א'

כימיה כללית ואי-אורגאנית.

פתרונות.

סריגים גבישיים.

שאלה 1



1.1

Simple cubic : 6; body- centered cubic : 8; face- centered cubic : 12.

1.2 נפח התא האלמנטרי / הנפח התפוס ע"י ספירות בתא אלמנטרי $f_v =$

Simple cubic $\rightarrow a=2r; f_v=(4/3)\pi r^3 / a^3=52.4\%$.

Body-centered cubic $\rightarrow \sqrt{3}a=4r; f_v=(2\cdot 4/3\pi r^3) / a^3= 68\%$.

Face-centered cubic $\rightarrow \sqrt{2}a=4r; f_v = (4\cdot 4/3\pi r^3) / a^3=74\%$.

1.3 צפיפות הכסף שווה:

$$\sqrt{2}a=4r; a=2\sqrt{2}r=407\text{pm}, \rho=(4\cdot 107.9 / 6.02\cdot 10^{23}) / (407\text{pm})^3=10.6\text{g/cm}^3$$

1.4 החוק Bragg: $\lambda = 2d \sin(\theta)$

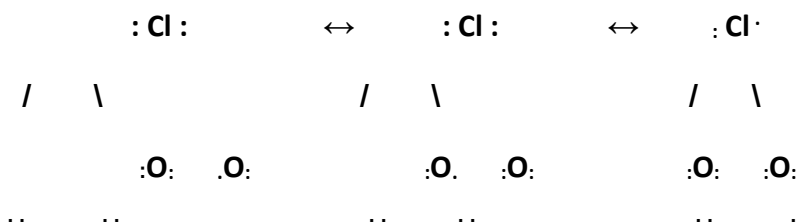
$$\lambda = 2\cdot 201\cdot \sin 17.34^\circ = 229\text{pm}.$$

כימיה של הלוגנים.

שאלה 2

2.1 קוטביות: PCl_3 , SCl_2 , ICl_2^+ .

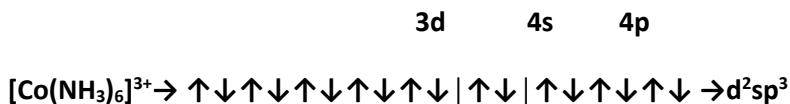
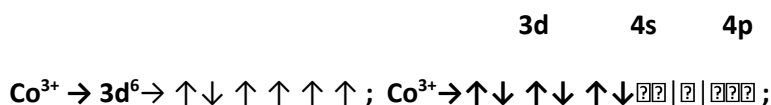
2.2. i. Cl : $7e$ (ערכיות), O : $6e$; למולקולת ClO_2 ($19e \rightarrow 2 \cdot 6 + 7$) יש מבנה שבו אטום של כלור נמצא בין אטומי חמצן. הוכח נסיונית כי לכל הקשרים של $\text{Cl}-\text{O}$ יש אורך זהה. צורות רזוננסיות של ClO_2 :



ii. לא מתקיים חוק אוקטט: SF_6 , PCl_5 , BCl_3 .

iii. זרחן וכלור לא יוצרים תרכובת NCl_5 (חסר d - אורביטל).

2.3 $[\text{CoF}_6]^{3-}$, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$:



2.4 דיסוציאציה של $\text{Cl}_2(\text{g})$ (באור) היא תהליך אנדותרמי ($\Delta H = 243.6 \text{ kJ / mol}$).

בהפעלת האור על תערובת $\text{Cl}_2(\text{g})$ ו $\text{H}_2(\text{g})$ נוצר $\text{HCl}(\text{g})$.

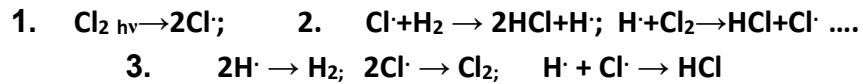
בהקרנת התערובת שנמצאת בכלי עם נפח 10 l ע"י מנורת כספית בעוצמה של 10 W נוצר 65 mmol HCl כשמשך ההקרנה הוא 2.5 s. תוך כדי כך תערובת גזית סופגת 2% של אנרגיית האור.

(Energy of a photon: $E=h \cdot c \cdot \lambda^{-1}$; $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

i. אורך גל האור, שבו ניתן לצפות לדיסוציאציית Cl_2 באור שווה: אנרגיה (E_m) של פוטון (1mol), $E_m = h \cdot c \cdot N_a / \lambda$; $\Delta H = E_m$; $\lambda = h \cdot c \cdot N_a / \Delta H$, $\lambda = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}^{-1} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} / 243.6 \cdot 10^3 \text{ Jmol}^{-1} = 4.91 \cdot 10^{-7} \text{ m}$; $4.91 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 491 \text{ nm}$; $E = hc / \lambda = 6.626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / 491 \cdot 10^{-9} = 4.03 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

ii. ניצולת קוונטי של תגובה פוטוכימית בהיווצרות $\text{HCl}_{(g)}$ (ניצולת קוונטי של תגובה הוא היחס בין מספר המולקולות שנוצרו לבין מספר קוונטים של אור שנספגו) שווה:
 $N_{(\text{HCl})} = n_{(\text{HCl})} \cdot N_a = 65 \cdot 10^{-3} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 3.9 \cdot 10^{22}$; $p = E / (h \cdot c / \lambda)$; $E = 10 \cdot 0.02 = 0.5 \text{ J}$
 $(1 \text{ W} = 1 \text{ J/s})$; $p = 0.5 \text{ J} / 253.6 \cdot 10^{-9} \text{ m} / 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 6.4 \cdot 10^{17}$
 (מספר קוונטים של אור שנספגו - p , ניצולת קוונטית של תגובה- γ).

iii. המנגנון של תגובת היווצרות $\text{HCl}_{(g)}$:



2.5 קבוע שיווי- המשקל לתגובה ($\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \leftrightarrow 2\text{HI}_{(g)}$) בטמפרטורה 600°C . $K_c = 70$

$$[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = c - x; [\text{HI}] = 2x; K_c = [\text{HI}]^2 / [\text{H}_2][\text{I}_2] = 4x^2 / (c-x)^2 = 70; \quad .i$$

$$\sqrt{K_c} = 2x / c - x = \sqrt{70}; \quad x = \sqrt{70} \cdot c / (2 + \sqrt{70}); \quad x / c = 0.807 \quad (80.7\% \text{ I}_2).$$

$$[\text{I}_2] = c \text{ mol/l}; [\text{H}_2] = xc \text{ mol/l}; 0.99 \cdot c \text{ mol/l} (\text{I}_2, \text{H}_2); 2 \cdot 0.99c \text{ mol/l} (\text{HI}); .ii$$

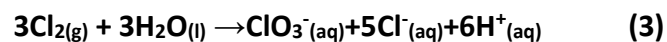
$$[\text{H}_2] = xc - 0.99c, [\text{I}_2] = c - 0.99c; [\text{HI}] = 1.98c;$$

$$K_c = (1.98)^2 / (xc - 0.99c)(c - 0.99c) = 1.98^2 / 0.01(x - 0.99) = 70; \quad x = 6.59 \text{ mol}(\text{H}_2);$$

$$1 \text{ mol} (\text{I}_2).$$

2.6

i. המשוואות היוניות של כל התגובות של 12g : 100g - m_0



ii. ביצעו גילוי גרווימטרי של Cl^- בעודף Ag^+ . חשבו/ את הסטייה של הגילוי אם ידוע כי 12% (לפי משקל) של המשקע התפרק באור.

$$m_0 = 100 \text{ g AgCl} (1); 100 - 12 = 88 \text{ (g) AgCl}; n(\text{AgCl}) = 12 / 143.3 = 0.0837 \text{ mol};$$

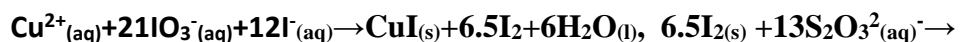
$$n(\text{Ag}) = n(\text{AgCl}) = 0.0837 \text{ mol}; m(\text{Ag}) = 0.0837 \cdot 107.9 = 9.03 \text{ g}; n(\text{Cl}_2) = 0.0419 \text{ mol};$$

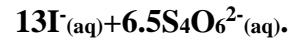
$$n(\text{Cl}^-) = n(\text{AgCl}) = 5 \cdot 0.0419 / 3 = 0.0698 \text{ mol}; m(\text{AgCl}) = 0.0698 \cdot 143.3 = 10.0 \text{ g};$$

$$m = 88 + 9.03 + 10.0 = 107.03; \delta = \pm (m - m_0) \cdot 100 / m_0 = 107.3 - 100 / 100 = +7.03\%.$$

-3-

2.7 i. דיסוציאציה: $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2_{(aq)} \leftrightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2\text{NO}_3^-_{(aq)}$;





ii. ריכוז מולרי של יוני Cu^{2+} בתמיסה המקורית:

$$n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = Vc = 30 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}; \quad n(\text{Cu}^{2+}) = 3 \cdot 10^{-3} / 13 = 0.23 \cdot 10^{-3} \text{ mol};$$

$$c(\text{Cu}^{2+}) = 0.23 \cdot 10^{-3} / 0.02 = 1.15 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l.}$$

$$K_{\text{sp}} \text{ Cu}(\text{NO}_3)_2 = [\text{Cu}^{2+}][\text{IO}_3^-]^2; \quad [\text{IO}_3^-] = 2[\text{Cu}^{2+}]; \quad \text{.iii}$$

$$K_{\text{sp}} = [\text{Cu}^{2+}][2\text{Cu}^{2+}]^2 = 4[\text{Cu}^{2+}]^3 = 4(1.15 \cdot 10^{-3})^3 = 6.08 \cdot 10^{-6}$$

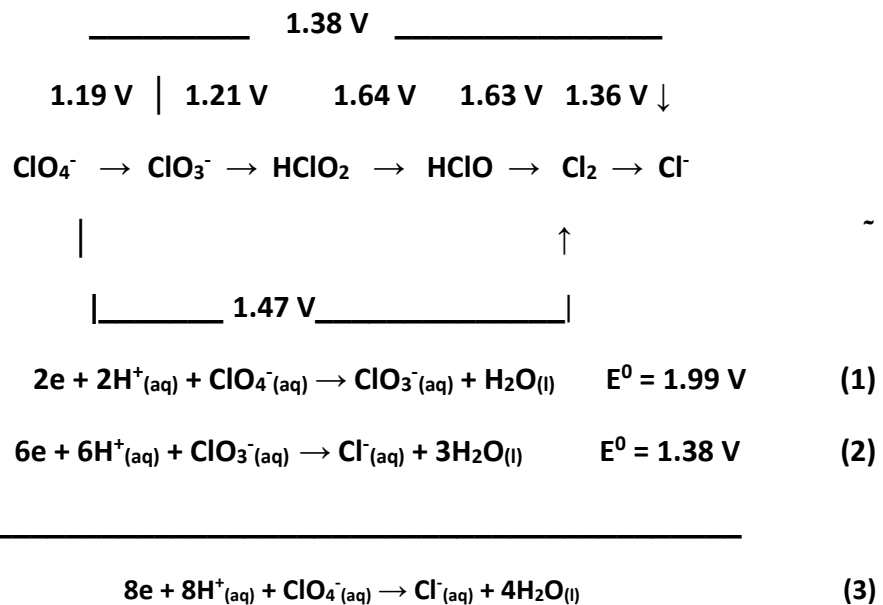
2.8 פוטנציאל סטנדרטי (E^0) של חיזור ClO_4^- ל- Cl^- שווה: $\Delta G_{(3)} = \Delta G_{(1)} + \Delta G_{(2)}$ תגובה (3)

$$-nFE^0_{(3)} = -nFE^0_{(1)} + -nFE^0_{(2)};$$

$$-8nFE^0_{(3)} = -2FE^0_{(1)} - 6FE^0_{(2)} = -2F(1.19V) - 6F(1.38V); \quad E^0_{(3)} = -2F(1.19V) - 6F(1.38V)$$

$$/ -8F = -10.66V / 8 = 1.33V .$$

Latimer diagrams.



($\Delta G = -nFE^0$; ΔG – שינוי אנרגייה חופשית - E^0 פוטנציאל סטנדרטי; F- קבוע פרדייה;

n - כמות מול של אלקטרונים שעברו תגובת חמצון-חיזור - $F=96485 \text{ C mol}^{-1}$)

חלק ב'.

כימיה אנליטית.

חישוב pH.

שאלה 1

i. ה-pH בתמיסה $1.0 \cdot 10^{-4} \text{M}$ NaOH שווה: $\alpha_{(\text{OH}^-)} = [\text{OH}^-] = c_{(\text{NaOH})}$; $[\text{H}^+] = K_w / [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-10}$; $\text{pH} = 10.0$

ii. ה-pH בתמיסה $1.0 \cdot 10^{-4} \text{M}$ $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$: $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{O}^- + \text{H}^+$; $[\text{H}^+] = \sqrt{K_a c + K_w} = \sqrt{10 \cdot 1 \cdot 10^{-4} + 10^{-14}} = 1.4 \cdot 10^{-7} \text{M}$; $\text{pH} = 6.85$ (של H_2O)

iii. ה-pH של התמיסה שהתקבלה שווה: ($K_b(\text{NH}_3) = 1.8 \cdot 10^{-5}$)

$n(\text{NH}_4^+) = n(\text{Cl}^-) = 0.10 \text{ mol} / \text{l} \cdot 0.06 \text{ l} = 0.060 \text{ mol}$; $n(\text{Na}^+) = n(\text{OH}^-) = 0.10 \text{ mol} / \text{l} \cdot 0.40 \text{ l} = 0.040 \text{ mol}$; $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \leftrightarrow \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$; $n(\text{NH}_4^+) = 0.060 - 0.040 = 0.020 \text{ mol}$; $V = 0.60 \text{ l} + 0.04 \text{ l} = 1.00 \text{ l}$; $c(\text{NH}_3) = 0.020 \text{ mol} / 1.00 \text{ l} = 0.020 \text{ M}$; $\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \leftrightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$; 0.04 M 0.020 M 0
בהתחלה שיווי משקל $(0.040 - x) \text{ M}$ $(0.020 + x) \text{ M}$ $x \text{ M}$

$K_b = 1.8 \cdot 10^{-5} = 0.020 \cdot x / 0.040$; $x = 0.040 / 0.020 (1.8 \cdot 10^{-5}) = 3.6 \cdot 10^{-5} = [\text{OH}^-]$;

$\text{pOH} = -\lg(3.6 \cdot 10^{-5}) = 4.44$; $\text{pH} = 14.00 - \text{pOH} = 14.00 - 4.44 = 9.56$.

באפר.

שאלה 2

0.020 0.020 0.020

$\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \leftrightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-(\text{aq})$

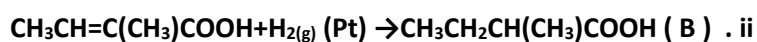
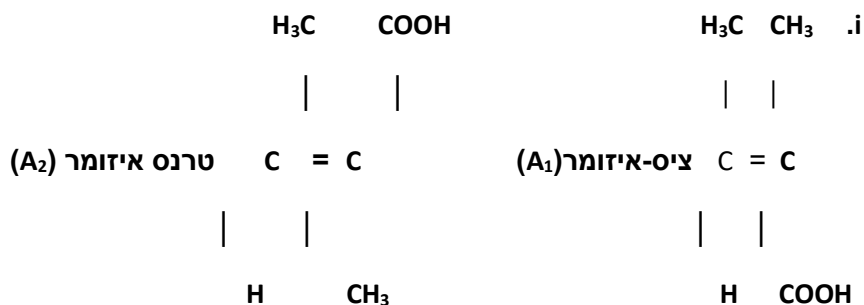
$n(\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2) = 0.100 \text{ mol} - 0.020 \text{ mol} = 0.080 \text{ mol}$;

$n(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-) = 0.100 \text{ mol} + 0.020 \text{ mol} = 0.120 \text{ mol}$;

$\text{pH} = \text{pK}_a$ (הניח/י כי הנפח המלא של התמיסה נשאר שווה ל-1 ליטר).

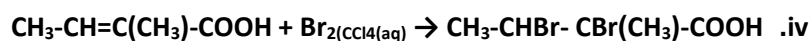
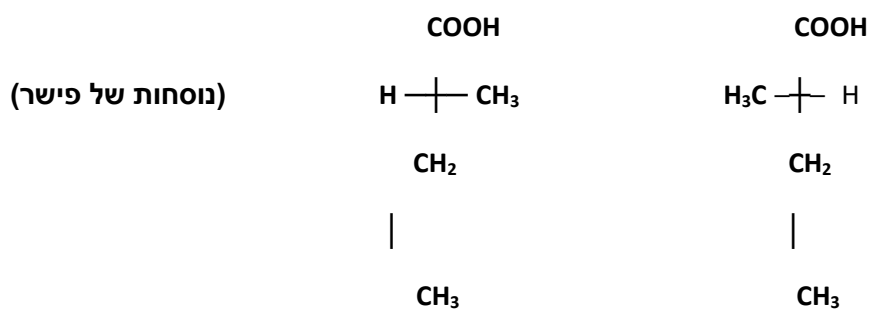
$\text{pH} = \text{pK}_a + \lg [\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-] / [\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2] = 4.74 + \lg 0.120 / 0.080 = 4.74 + 0.18 = 4.92$.

שאלה 2

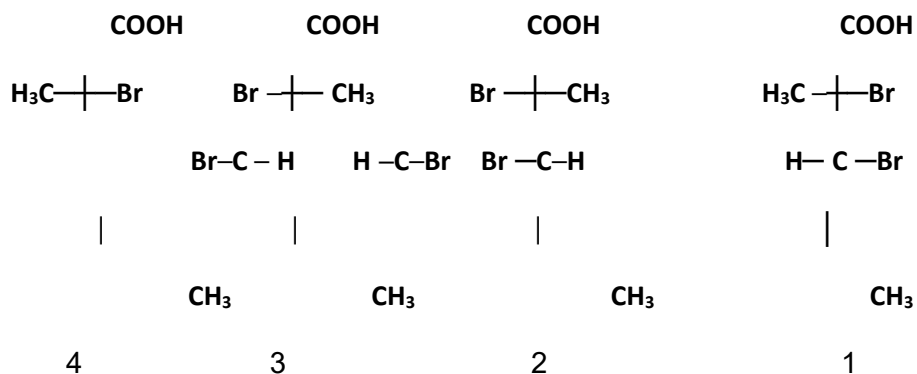


חומצה פנטאנואית

iii. במולקולת החומצה B נמצאים רק 1 אטום אסימטריים של פחמן. B - 2 אנטיזומרים:



במולקולות : $\text{CH}_3\text{-CHBr- CBr}(\text{CH}_3)\text{-COOH}$ נמצאים 2 אטומים אסימטריים של פחמן, לחן יכולים להיות 4 איזומרים אופטיים:



1,2 - איזומרים-ציס; 3,4 - איזומרים-טרנס

v . 1,2 או 3,4 - אנטיזומרים; איזומרים 1 אל 3 ו-4 , גם 2 אל 3 ו-4 - דיאסטראויזומרים.

