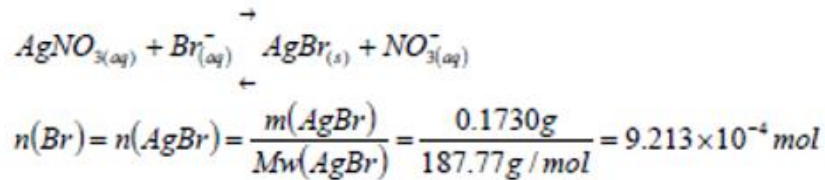


"כימיאדה" - האולימפיאדה הארצית בכימיה לתלמידי כיתות י"א-י"ב

בבתי ספר תיכוניים, פתרון שלב ב' 4.12.19

שאלה 1. חישובי מולים, תגובת שריפה.

א. ראשית נמצא את מספר מולי הברום במשקע הסופי:



נמצא את מסת הברום:

$$m(Br) = n \times Mw = 9.213 \times 10^{-4} mol \times 79.90g/mol = 0.07361g$$

נחשב את מסת שאר מרכיבי הדוגמא ואת יחסי המולים ביניהם לברום:

$$m((CH_3)_4NB_x) - m(Br) = m((CH_3)_4N) = 0.0962g - 0.07361g = 0.0226g$$

$$n((CH_3)_4N) = \frac{m}{Mw} = \frac{0.0226g}{74g/mol} = 3.05 \times 10^{-4} mol = n((CH_3)_4NB_x)$$

$$x = \frac{n(Br)}{n((CH_3)_4NB_x)} = \frac{9.12 \times 10^{-4} mol}{3.05 \times 10^{-4} mol} = 3$$

ולכן נוסחאת החומר: $(CH_3)_4NB_3$

$$n(H_2O) = \frac{m}{Mw} = \frac{0.300g}{18g/mol} = 0.0167mol \quad \text{ב.}$$

$$n(H_2O) = n(CO_2) = n(C) = 4 \times n((CH_3)_4NB_3) \Rightarrow n((CH_3)_4NB_3) = \frac{n(H_2O)}{4} = 4.17 \times 10^{-3} mol$$

$$m((CH_3)_4NB_3) = n \times Mw = 4.17 \times 10^{-3} mol \times 313.7g/mol = \underline{1.31g}$$

שאלה 2. חומצות ובסיסים

א.

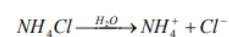
נמצא את ריכוז יון האמוניום הדרוש בעזרת משוואת הבופר, ונחשב מולים:

$$pH = pKa + \log \frac{[base]}{[acid]} = -\log K_a(NH_4^+) + \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} = -\log \frac{K_w}{K_b(NH_3)} + \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$$

$$8.40 = -\log \left(\frac{1 \times 10^{-14}}{1.76 \times 10^{-5}} \right) + \log \frac{0.15M}{[NH_4^+]} \Rightarrow [NH_4^+] = 1.05M$$

$$n(NH_4^+) = C \times V = 1.05M \times 4.00L = 4.20mol$$

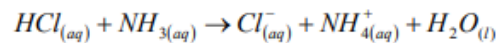
המסתו של המלח יוצרת את יון האמוניום NH_4^+ שהינו החומצה המצומדת:



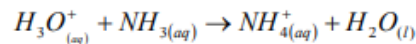
נמצא את מסת המלח המכילה את כמות המולים הרצויה:

$$m(NH_4Cl) = n \times Mw = 4.20mol \times 53.49g/mol = \underline{225g}$$

ב. הוספת חומצה תביא לסתירה של הבסיס החלש. המולים של הבסיס יקטו ביחס של 1:1 עם המולים של החומצה החזקה, ואילו המולים של החומצה המצומדת יגדלו שכן הם יוצרו בתגובת הסתירה:



or



$$[NH_{3(aq)}] = \frac{n(NH_{3(aq)})_0 - n(HCl_{(aq)})}{V_{total}} = \frac{0.2000L \times 0.150M - 0.00400L \times 0.200M}{0.2000L + 0.00400L} = 0.143M$$

$$n(NH_4^+_{(aq)})_{0.2000L} = n(NH_4^+_{(aq)})_{4.00L} \times \frac{0.2000L}{4.00L} = 4.20mol \times \frac{1}{20} = 0.210mol$$

$$[NH_4^+_{(aq)}] = \frac{n(NH_4^+_{(aq)})_0 + n(HCl_{(aq)})}{V_{total}} = \frac{0.210mol + 0.00400L \times 0.200M}{0.2000L + 0.00400L} = 1.03M$$

שוב התקבלה תמיסת בופר:

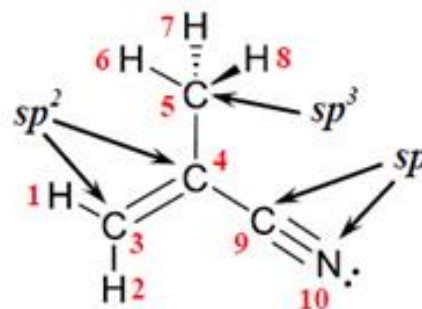
$$pH = pK_a(NH_4^+_{(aq)}) + \log\left(\frac{[NH_{3(aq)}]}{[NH_4^+_{(aq)}]}\right) = -\log\left(\frac{1 \times 10^{-14}}{1.76 \times 10^{-5}}\right) + \log\left(\frac{0.143M}{1.03M}\right) = \underline{8.39}$$

ג. שינוי ה-pH זניח -0.01 והוא פחות מיחידת pH ולכן התמיסה עדיין מתפקדת כבופר, כלומר למרות הוספת החומצה החזקה היא התנגדה לשינוי בערך ה-pH.

שאלה 3. כימיה אי אורגנית

א.

להלן ההיברידיזציה של אטומי הפחמן והחנקן במולקולת המתאקרילוניטריל:



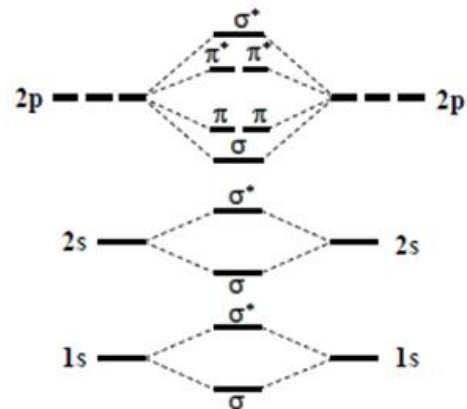
בקשר הפחמן-פחמן C3-C4 מתקיימת חפיפה בין אורביטל sp^2 של פחמן אחד לאורביטל sp^2 של הפחמן השני ליצירת קשר σ . כמו כן, מתקיימת חפיפה בין אורביטל אטומי $2p$ של פחמן אחד לאורביטל אטומי $2p$ של הפחמן השני ליצירת קשר π .
בקשרי הפחמן-מימן C3-H2 ו-C3-H1 מימן $1s$ של כל אחד מאטומי המימן חפיפה בין אורביטל sp^2 של הפחמן לאורביטל s של המימן.
בקשר הפחמן-פחמן C4-C5 מתקיימת חפיפה בין אורביטל sp^2 של C4 לאורביטל sp^3 של C5 ליצירת קשר σ .
בקשרי הפחמן-מימן C5-H7, C5-H6 ו-C5-H8 מתקיימת חפיפה בין אורביטל sp^3 של הפחמן

לאורביטל s של כל אחד מאטומי המימן.
 בקשר הפחמן-פחמן C4-C9 מתקיימת חפיפה בין אורביטל sp^2 של C4 לאורביטל sp של C9 ליצירת קשר σ .

בקשר הפחמן-חנקן C9-N10 מתקיימת חפיפה בין אורביטל sp של הפחמן לאורביטל sp של החנקן ליצירת קשר σ . כמו כן, מתקיימת חפיפה בין אורביטל אטומי 2p של הפחמן לאורביטל אטומי 2p של החנקן ליצירת קשר π אחד. בנוסף, מתקיימת חפיפה בין אורביטל אטומי 2p שני של הפחמן לאורביטל אטומי 2p שני של החנקן ליצירת קשר π שני.

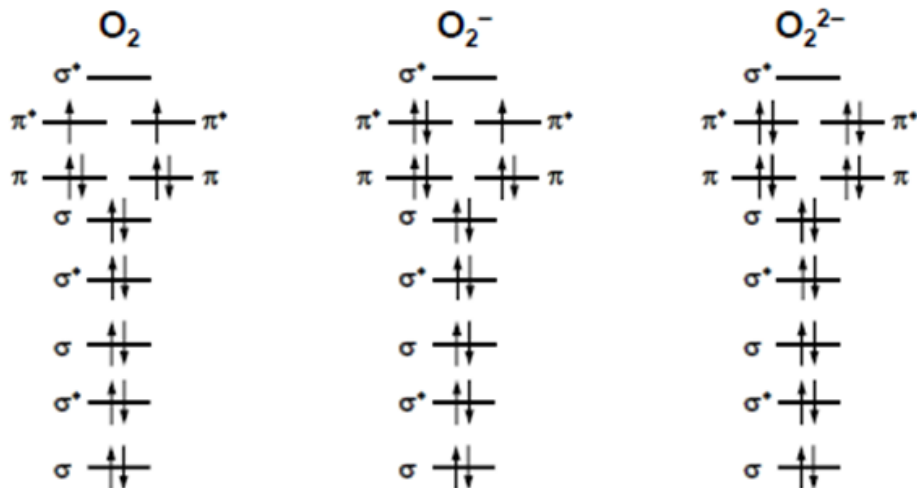
זוג האלקטרונים הבלתי-קושרים של החנקן נמצא באורביטל sp .

ב.



ג.

ההבדלים באורכי הקשר חמצן-חמצן נובעים מהבדלים בסדר הקשר בין האטומים הללו בצורונים השונים, כדלקמן: O_2 : סדר 2; O_2^- : סדר 1.5; O_2^{2-} : סדר 1. ככל שסדר הקשר קטן יותר, אזי פחות אלקטרונים נמצאים בין האטומים ולכן הקשר ארוך יותר. חישוב סדר הקשר נעשה בהתאם לדיאגרמות הקורלציה הבאות:



הצורונים O_2 ו- O_2^- הם פאראמגנטיים, כאשר ל- O_2 שני אלקטרונים בלתי מזווגים באורביטלי π^* ואילו ל- O_2^- אלקטרון אחד בלתי מזווג באורביטל π^* . לעומת זאת, הצורון O_2^{2-} הוא דיאמגנטי, ללא כל אלקטרונים בלתי מזווגים.

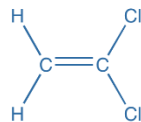
שאלה 4. מבנה וקישור

א.

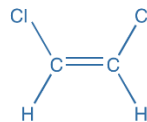
פתרון

קוטביות	גיאומטריה מולקולרית	גיאומטריה של קבוצות אלקטרוניים	מבנה לואיס	ציון
-	מרובע מישורי	אוקטהדר		IF ₄ ⁻
קוטבי	משולש מישורי	משולש מישורי		NO ₂ F
לא קוטבי	טרהדר	טרהדר		SiBr ₄

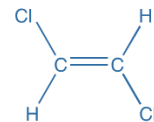
ב.



1,1-dichloroethene

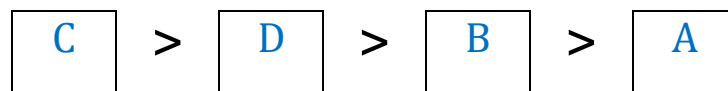


Cis-1,2-dichloroethene



Trans-1,2-dichloroethene

ג.



שאלה 5. כימיה אורגנית

א.

1. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ קבוצת הידרוקסיל (בכהלים)

2. CH_3COOH חומצה קרבוקסילית

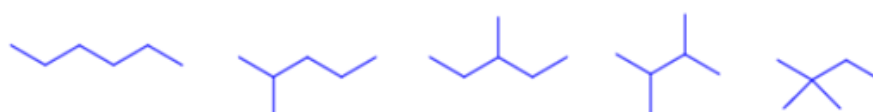
3. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$ אתר

4. $\text{CH}_3\overset{\text{O}}{\parallel}\text{CCH}_3$ קבוצה קרבונילית בקטון

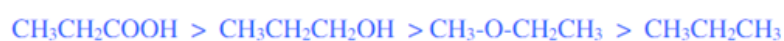
5. $\text{CH}_3\text{CH}_2\overset{\text{O}}{\parallel}\text{CH}$ קבוצה קרבונילית באלדהיד

6. $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{OCH}_2\text{CH}_3$ קבוצה אסטרית

ב.



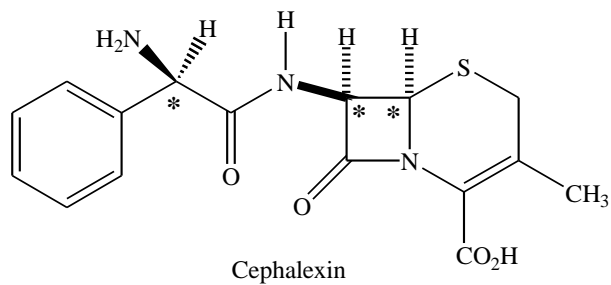
ג.



ככל שיש יותר קשרי מימן בחומר, מסיסותו במים טובה יותר. לכן מסיסות החומצה היא הגבוהה ביותר, ואחריה הכהל. אתרים פולריים יותר מאשר פחממנים, ולכן קיימת בהם משיכה בין דיפולים, לעומת קשרי ואן-דר-וואלס בפחממנים. לכן המסיסות של הפחמימן במים היא הנמוכה ביותר.

ד. איזומרים גיאומטריים

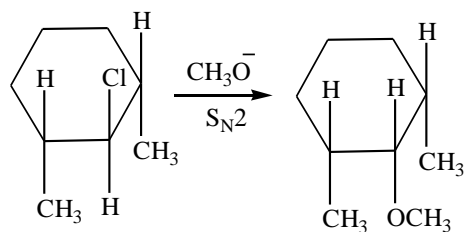
ה. 3 מרכזים כיראליים



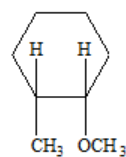
א. 1

ג. 2

ח. לא מתקבל תוצר E2, כי אין מצב שבו כלור ומימן שכן, נמצאים במצב אנטי ושניהם בעמדה אקסיאלית. לכן מתקבל רק תוצר S_N2.



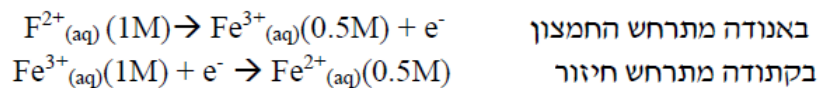
!



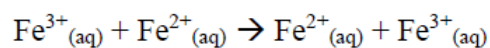
שאלה 6. אלקטרוכימיה

פתרון

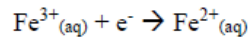
א. ראשית ננסח מה קורה בכל חצי תא –



בחיבור שני חצאי התא לתגובה השלמה המתרחשת בתא מתקבל



בכדי לכתוב משוואת נרנסט, ננסח את תגובת החיזור שמתרחשת



נכתוב את משוואת נרנסט

$$E = E_{\text{Fe}}^0 - \frac{0.0592}{1} \log \frac{[\text{Fe}^{2+}_{(aq)}]}{[\text{Fe}^{3+}_{(aq)}]}$$

נציב עבור האנודה

$$E_{\text{anode}} = E_{\text{Fe}}^0 - \frac{0.0592}{1} \log \frac{[\text{Fe}^{2+}_{(aq)}]}{[\text{Fe}^{3+}_{(aq)}]} = 0.771V - 0.0592 \log \frac{1M}{0.5M} = 0.753V$$

ועבור הקתודה

$$E_{\text{cath}} = E_{\text{Fe}}^0 - \frac{0.0592}{1} \log \frac{[\text{Fe}^{2+}_{(aq)}]}{[\text{Fe}^{3+}_{(aq)}]} = 0.771V - 0.0592 \log \frac{0.5M}{1M} = 0.788V$$

פוטנציאל התא

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cathode}} - E_{\text{anode}} = 0.788V - 0.753V = 0.035V$$

ב. בסעיף הקודם חישבנו

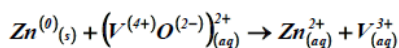
$$E_{\text{cell}} = 0.035V > 0$$

כיוון שפוט' התא השלם גדול מאפס ברור כי התגובה מתרחשת באופן ספונטני.

ג. זהו תא ריכוזים, ובדיוק כמו שראינו במקרה של תא ריכוזים, המערכת תשאף להשוות ריכוזים בשני חצי התא.

פתרון:

ראשית נקבע את דרגת החמצון של כל אטום:



Zn – עובר תהליך חימצון והוא בעצמו מחזור.

אטום הוואנדיום V עובר תהליך חיזור ולכן המחמצן הוא VO²⁺.

נאזן את התגובה בסביבה חומצית בהתאם לכללים:

חצי תא החמצון	חצי תא החיזור	
$\text{Zn}_{(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2e^-$	$\text{VO}^{2+}_{(aq)} + 1e^- \rightarrow \text{V}^{3+}_{(aq)}$	
מאוזן	מאוזן	איזון אטומים שאינם H, O
מאוזן	$\text{VO}^{2+}_{(aq)} + 1e^- \rightarrow \text{V}^{3+}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	איזון O ע"י הוספת מולקולות מים
מאוזן	$\text{VO}^{2+}_{(aq)} + 2\text{H}^+_{(aq)} + 1e^- \rightarrow \text{V}^{3+}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	איזון H ע"י הוספת פרוטונים
מאוזן	$\text{VO}^{2+}_{(aq)} + 2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + 1e^- \rightarrow \text{V}^{3+}_{(aq)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	הפיכת פרוטונים ליוני הידרוניום והוספת מולקולות מים בצד השני לאיזון
מאוזן	מאוזן	איזון מטען ע"י הוספת אלקטרונים
$\text{Zn}_{(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2e^-$	$2\text{VO}^{2+}_{(aq)} + 4\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow 2\text{V}^{3+}_{(aq)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	השוואת אלקטרונים בשתי התגובות
$\text{Zn}_{(s)} + 2\text{VO}^{2+}_{(aq)} + 4\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow 2\text{V}^{3+}_{(aq)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2e^-$		חיבור שני חצאי התא המאוזנים
$\text{Zn}_{(s)} + 2\text{VO}^{2+}_{(aq)} + 4\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} \rightarrow 2\text{V}^{3+}_{(aq)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{Zn}^{2+}_{(aq)}$		צמצום אלקטרונים וצורונים נוספים במידת האפשר

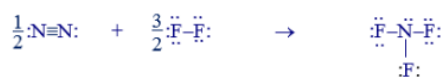
שאלה 7. תרמודינמיקה

א- עבור 2 מול של NF₃(g) משתחררים 264kJ לכן עבור 0.256 מול ישתחררו:

$$\Delta H_{0.256 \text{ mol}} = \frac{-264 \text{ kJ} \cdot 0.256 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = -33.8 \text{ kJ}$$

ב- התגובה כרוכה בנייתוק קשרים מסוג F-F, N≡N וביצירת קשרים מסוג N-F. שינוי האנתלפיה ביצירת קשר הינה שלילית ובניתוק קשר היא חיובית. עבור התגובה הנתונה ניתן לכתוב:

$$\Delta H_{298}^\circ = \sum H_{\text{bonds broken}} - \sum H_{\text{bonds formed}} = -264 \text{ kJ/mol}$$



קשרים נוצרים (פליטת אנרגיה)
3 N-F

קשרים ניתקים (השקעת אנרגיה)

$\frac{1}{2}$ N≡N

$\frac{3}{2}$ F-F

ג. התגובה ספונטנית כי האנטרופיה הכוללת גדולה מ-0

$$\Delta S_{surr} = -\frac{\Delta H}{T} = -\frac{(-1.202 \cdot 10^6 J)}{298K} = 4.03 \cdot 10^3 J \cdot K^{-1}$$

$$\Delta S_{tot} = \Delta S^o + \Delta S_{surr} = -217 J \cdot K^{-1} + 4.03 \cdot 10^3 J \cdot K^{-1} = 3.81 \cdot 10^3 J \cdot K^{-1}$$

$$\Delta S_{tot} > 0$$