

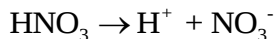


יסודות הכימיה 124114 (2010)

פתרון תרגיל כיתה מס' 12 – חומצות ובסיסים, תמיסות מגן (בופרים)

פתרון שאלה 1

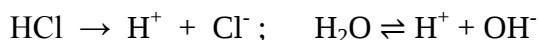
(א) החומצה היא חומצה חזקה ולכן מניחים שהיא מתפרקת עד הסוף:



$$[\text{H}^+] = [\text{NO}_3^-] = 0.1\text{M}$$

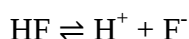
$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log[0.1] = 1$$

(ב) החומצה חזקה ומתפרקת עד הסוף אבל ריכוז החומצה נמוך מאוד ולכן צריך לקחת בחשבון את הפרוטונים שמתקבלים מפירוק המים.

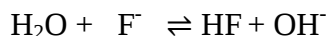


תרומת ה H^+ של מים הוא $1 \cdot 10^{-7}$. ניתן לראות שבמקרה של שאלה זו התרומה הזאת גדולה בשלושה סדרי גודל מתרומת החומצה ($1 \cdot 10^{-10}$) ולכן ניתן לומר שתרומת החומצה לריכוז ה H^+ היא זניחה. ה pH נקבע על ידי המים כלומר:

$$[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-7} \Rightarrow \text{pH} = 7$$



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]} \quad \text{HF (ג)}$$



$$K_b = \frac{[\text{HF}][\text{OH}^-]}{[\text{F}^-]}$$

$$k_a = \frac{k_w}{k_b} \Rightarrow k_a = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1.4 \cdot 10^{-11}} = 7.14 \cdot 10^{-4}$$

HF	H^+	F^-
(1-x)	x	x

$$[\text{HF}] = 1.00\text{M} - [\text{F}^-] \approx [\text{HF}]_0$$

HF היא חומצה חלשה ולכן: $1\text{M} \gg x$

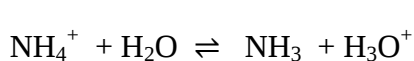
$$K_a = \frac{x^2}{1.00\text{M} - x} \approx \frac{x^2}{1.00} = 7.14 \cdot 10^{-4} \quad x = 0.0264\text{M} = [\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = 1.57$$

(ד) משקל מולקולרי של אמוניום כלוריד (NH_4Cl): $M_w = 53.45 \text{ gr/mole}$

מס' מולי NH_4Cl בליטר מים:

$$[\text{NH}_4\text{Cl}] = 0.172\text{M} \leftarrow \frac{9.2\text{gr}}{53.45 \frac{\text{gr}}{\text{mole}}} = 0.172\text{mole}$$



$$K_a = \frac{K_w}{K_b(NH_3)} = \frac{10^{-14}}{1.8 \cdot 10^{-5}} = 5.56 \cdot 10^{-10}$$

$$[NH_4^+] = 0.172 - x \approx 0.172 M \quad \text{בשיו"מ:}$$

$$K_a = 5.56 \cdot 10^{-10} = \frac{x^2}{0.172 - x} \quad x = 9.78 \cdot 10^{-6} mol \quad [H^+] = 9.78 \cdot 10^{-6} M \quad pH = 5.01$$

פתרון שאלה 2.

א. עבור:

$H_2CO_{3(aq)}$	$\rightleftharpoons$	H^+	+	$HCO_3^-_{(aq)}$	$K_{a1} = 4.2 \cdot 10^{-7}$
$(0.1 - x)$		x		x	

$$K_{a1} = 4.2 \cdot 10^{-7} = \frac{x^2}{0.1 - x} \quad x = 2.05 \cdot 10^{-4} M$$

עבור:

$HCO_3^-_{(aq)}$	$\rightleftharpoons$	H^+	+	$CO_3^{2-}_{(aq)}$	$K_{a2} = 4.8 \cdot 10^{-11}$
$x = 2.05 \cdot 10^{-4} M$		$x = 2.05 \cdot 10^{-4} M$		y	

$$K_{a2} = 4.8 \cdot 10^{-11} = \frac{x \cdot y}{x} \quad y = K_{a2} = 4.8 \cdot 10^{-11} M$$

ב. בתמיסה בה $pH=3$ ריכוז יוני ה- H^+ הוא: $[H^+] = 10^{-3} M$ $pH = 3 = -\log[H^+]$

$H_2CO_{3(aq)}$	$\rightleftharpoons$	H^+	+	$HCO_3^-_{(aq)}$	$K_{a1} = 4.2 \cdot 10^{-7}$
$(0.1 - x)$		10^{-3}		x	

$$K_{a1} = 4.2 \cdot 10^{-7} = \frac{10^{-3} \cdot x}{0.1 - x} \quad x = 4.2 \cdot 10^{-5} M$$

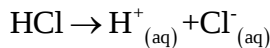
עבור:

$HCO_3^-_{(aq)}$	$\rightleftharpoons$	H^+	+	$CO_3^{2-}_{(aq)}$	$K_{a2} = 4.8 \cdot 10^{-11}$
$x = 4.2 \cdot 10^{-5} M$		10^{-3}		y	

$$K_{a2} = 4.8 \cdot 10^{-11} = \frac{10^{-3} \cdot y}{4.2 \cdot 10^{-5}} \quad y = 2.02 \cdot 10^{-12} M$$

פתרון שאלה 3.

א) לפני הוספת הבסיס התמיסה מכילה אך ורק חומצת מלח (חזקה מאוד) לכן ערך ה pH:

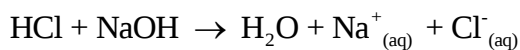


$$n_{(\text{H}^+)} = n_{(\text{HCl})} = c \cdot v = 0.1 \cdot 0.025 = 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow C_{(\text{HCl})} = C_{(\text{H}^+)} = 0.1 \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log(0.1) = 1$$

ב) בין ה HCl וה NaOH מתרחשת תגובת סתירה. כל ה NaOH שהוספו מגיבים עם ה HCl.



$$n_{(\text{NaOH})} = 0.1 \text{ mol/lit} \cdot 0.024 \text{ lit} = 2.4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{(\text{H}^+)} = n_{(\text{HCl})} = n_{(\text{initial})} - n_{(\text{reacted with the NaOH})} = 2.5 \cdot 10^{-3} - 2.4 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$C_{(\text{H}^+)} = \frac{n_{(\text{H}^+)}}{(V_o + V_{(\text{add})})} = \frac{1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{(0.025 + 0.024) \text{ L}} = 2.04 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log(2.04 \cdot 10^{-3}) = 2.69$$

ג) מאחר וכמות הבסיס בשלב זה שווה לכמות החומצה (אותו נפח אותו ריכוז) ישנה סתירה מלאה ועל כן pH=7.

ד) זה כבר אחרי הנקודה האקוויולנטית. אין יותר HCl (הכל כבר עבר סתירה עם NaOH). יש עודף של NaOH.

$$n_{(\text{NaOH})} = 0.1 \text{ mol/lit} \cdot 0.026 \text{ lit} = 2.6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

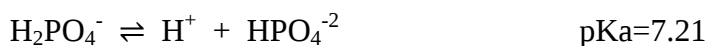
$$n_{(\text{OH}^-)\text{excess}} = n_{(\text{added})} - n_{(\text{reacted with HCl})} = 2.6 \cdot 10^{-3} - 2.5 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{(0.025 + 0.026) \text{ L}} = 1.96 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{pOH} = -\log(1.96 \cdot 10^{-3}) = 2.71 \Rightarrow \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 2.71 = 11.3$$

פתרון שאלה 4.

א) משוואת הש"מ המקיימת את הבופר היא:



לפי משוואת אנדרסון-היסלבך:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} \quad [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 0.08 \text{ M}, [\text{HPO}_4^{2-}] = 0.04 \text{ M}$$

הצבת הנתונים במשוואה :

$$pH = 7.21 + \log \frac{0.04}{0.08} = 6.91$$

(ב) נתון :

$$n(H_2PO_4^-) = C \cdot V = 0.08 \text{ mol/lit} \cdot 0.5 \text{ lit} = 0.04 \text{ mol}$$

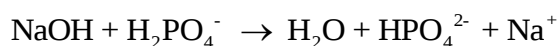
$$n(HPO_4^{2-}) = C \cdot V = 0.04 \text{ mol/lit} \cdot 0.5 \text{ lit} = 0.02 \text{ mol}$$

$$V = 500 \text{ ml} = 0.5 \text{ lit}$$

$$Mw_{(NaOH)} = 40 \text{ gr/mol}$$

$$n(NaOH) = \frac{m}{Mw} = \frac{1.2 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.03 \text{ mol}$$

ה- NaOH מגיב עם $H_2PO_4^-$ (תגובת סתירה של בסיס עם חומצה) :



כתוצאה מהתגובה מספר המולים/ריכוז של $H_2PO_4^-$ ירד ומספר המולים/ריכוז של HPO_4^{2-} יעלה.

$$n(H_2PO_4^-) = n(\text{initial}) - n(\text{reacted with NaOH}) = 0.04 \text{ mol} - 0.03 \text{ mol} = 0.01 \text{ mol}$$

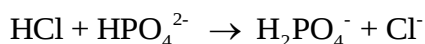
$$n(HPO_4^{2-}) = n(\text{initial}) + n(\text{formed in the reaction with NaOH})$$

$$n(HPO_4^{2-}) = 0.02 \text{ mol} + 0.03 \text{ mol} = 0.05 \text{ mol}$$

ה pH החדש מחושב משוואת אנדרסון-הסלבלך עם יחסי בסיס מצומד/ חומצה החדשים (במשוואה צריך להציב את ריכוזי הבסיס המצומד והחומצה אבל בגלל שמה שמחשוב הוא היחס בין השניים אפשר להציב גם את מספר המולים) :

$$pH = 7.21 + \log \frac{0.05}{0.01} = 7.91$$

(ג) במקרה זה, ה HCl מגיב עם HPO_4^{2-} (תגובה של חומצה עם הבסיס המצומד) :



כתוצאה מהתגובה מספר המולים/ריכוז של HPO_4^{2-} ירד ומספר המולים/ריכוז של $H_2PO_4^-$ יעלה.

$$n(HCl) = 0.01 \text{ mol}$$

$$n(HPO_4^{2-}) = n(\text{initial}) - n(\text{reacted with HCl}) = 0.02 \text{ mol} - 0.01 \text{ mol} = 0.01 \text{ mol}$$

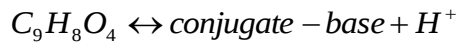
$$n(H_2PO_4^-) = n(\text{initial}) + n(\text{formed in the reaction with HCl})$$

$$n(H_2PO_4^-) = 0.04 \text{ mol} + 0.01 \text{ mol} = 0.05 \text{ mol}$$

$$pH = 7.21 + \log \frac{0.01}{0.05} = 6.51$$

$$\Delta pH = 6.91 - 6.51 = 0.4$$

פתרון שאלה 5 :



היות ומחפשים את הנפחים שיש לקחת להכנת תמיסת הבופר נבחר את המשתנים שלנו לייצג נפח :

x נפח של בסיס מצומד (conjugate-base) שיש לקחת

y נפח של $C_9H_8O_4$ שיש לקחת

$$pK_a = 14 - pK_b = 14 - 10.5 = 3.5$$

$$I) pH = pK_a + \log \frac{[conjugate - base]}{[C_9H_8O_4]}$$

$$4 = 3.5 + \log \frac{\frac{x(lit) \cdot 1(mol / lit)}{0.25lit}}{\frac{y(lit) \cdot 1(mol / lit)}{0.25lit}}$$

$$II) [conjugate - base] + [C_9H_8O_4] = 75 \cdot 10^{-3} M$$

$$\frac{x(lit) \cdot 1(mol / lit)}{0.25lit} + \frac{y(lit) \cdot 1(mol / lit)}{0.25lit} = 75 \cdot 10^{-3} M$$

פותרים את שתי המשוואות עם שני הנעלמים :

$$y = V(C_9H_8O_4) = 4.5 \cdot 10^{-3} lit = 4.5 ml$$

$$x = V(conjugate - base) = 14.2 \cdot 10^{-3} lit = 14.2 ml$$

כל השאר עד להשלמה של 250 מ"ל זה מים כלומר 231.3 מ"ל

התשובה היא ג'

פתרון שאלה 6- לא בחומר 😊