

כימיה אנליטית (חלקי)



תוכן העניינים

1. חומצות ובסיסים.....1
2. שיווי משקל בתהליכי שיקוע.....7

כימיה אנליטית (חלקי)

פרק 1 - חומצות ובסיסים

תוכן העניינים

1. חומצות ובסיסים.....1

חומצות ובסיסים

שאלות

חשבו את ה- pH וה- pOH של התמיסות המימיות בשאלה 1 (חומצה חזקה) ושאלה 2 (בסיס חזק):

1) 5 מ"ל של תמיסת $\text{HClO}_{4(aq)}$ בריכוז $3.5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ לאחר מיהול ל- 25 ml.

2) 10.9 מ"ג של Ba(OH)_2 הומסו ב- 10 מ"ל תמיסת KOH, בריכוז של $3.46 \cdot 10^{-2} \text{ M}$.

3) חשבו את ה- pH ואת אחוז הפרוטונציה של תמיסת $(\text{CH}_3)_3 \text{N}_{(aq)}$ בריכוז של 0.35 M, כאשר נתון $\text{pK}_b((\text{CH}_3)_3 \text{N}) = 4.19$.

4) ערך ה- pH של תמיסת $\text{HClO}_{2(aq)}$ בריכוז של 0.1 M הוא 1.2. מהו ערך ה- pK_a של החומצה?

5) מצאו את הריכוז ההתחלתי של תמיסת הידרזין (NH_2NH_2) בעלת $\text{pH} = 10.2$, כאשר נתון $\text{K}_b(\text{NH}_2\text{NH}_2) = 1.7 \cdot 10^{-6}$.

6) שיעור הדה-פרוטונציה של חומצה בנוואית $(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH})$ הוא 2.4%, בעלת ריכוז של 0.11 M. חשבו את ה- pH ואת ה- K_a שלה.

7) דגימה של 150 מ"ל תמיסת $\text{NaCH}_3\text{CO}_{2(aq)}$, בריכוז של 0.02 M, נמהלת עד לנפח של 500 מ"ל.

מהו ה- pH של התמיסה, ומהו ריכוז החומצה האצטית (CH_3COOH) בתמיסה, כאשר נתון $\text{K}_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.8 \cdot 10^{-5}$?

8) התרופה אמפטמין $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{NH}_2)$, שקבוע הבסיסיות שלה הוא $\text{K}_b = 7.8 \cdot 10^{-4}$, משווקת בד"כ כמלח מימן ברומי $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{NH}_3^+\text{Br})$. קבעו את ה- pH של התמיסה, שהוכנה על ידי המסת 6.48 גרם מלח ב- 200 מ"ל מים (יש להניח שנפח התמיסה המתקבלת הוא 200 מ"ל).

9) חשבו את ה-pH של תמיסת H_2SO_4 בריכוז 0.15 M , כאשר נתון כי $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1.2 \cdot 10^{-2}$.

10) חשבו את ה-pH של תמיסת H_2TeO_4 בריכוז $1.1 \cdot 10^{-3}\text{ M}$, כאשר נתון כי $K_{a1} = 2.1 \cdot 10^{-8}$, $K_{a2} = 6.5 \cdot 10^{-12}$.

11) חשבו את הריכוזים של הצורנים OH^- , H_3O^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- , H_2CO_3 שנמצאים בתמיסה של $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$ בריכוז של 0.0456 M , כאשר נתון כי $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.3 \cdot 10^{-7}$, $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 5.6 \cdot 10^{-11}$.

12) חשבו את ה-pH של התמיסה שמתקבלת מערבוב של 30 מ"ל תמיסת $\text{HCN}_{(\text{aq})}$ בריכוז של 0.05 M , עם 70 מ"ל תמיסת NaCN בריכוז של 0.03 M , כאשר נתון $K_a(\text{HCN}) = 4.9 \cdot 10^{-10}$.

13) נתונה תמיסה שמכילה $\text{Na}_2\text{HPO}_{4(\text{aq})}$ בריכוז של 0.15 M , ו- $\text{KH}_2\text{PO}_{4(\text{aq})}$ בריכוז של 0.1 M , כאשר נפח התמיסה הוא 100 מ"ל .
א. מהו ה-pH של התמיסה?
ב. מהו השינוי ב-pH, הנובע מהוספת 80 מ"ל של $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ בריכוז של 0.01 M , לתמיסה שבסעיף א, כאשר נתון כי $K_{a3}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2.1 \cdot 10^{-13}$, $K_{a1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7.6 \cdot 10^{-3}$, $K_{a2}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 6.2 \cdot 10^{-8}$.

14) 4.25 גרם חומצה חלשה חד-פרוטית (HA) הומסו במים.
בטיטור של התמיסה עם $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ בריכוז של 0.35 M , נדרשו 52 מ"ל כדי להגיע לנקודה האקוויולנטית. לאחר הוספת 26 מ"ל של הבסיס, נמצא שה-pH של התמיסה שווה ל-3.82.
א. מהי המסה המולרית של החומצה?
ב. מהו ערך ה- pK_a של החומצה?

15) בוצע טיטור של 25 מ"ל $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$ בריכוז של 0.1 M , עם KOH ב- 0.1 M .
א. מה יהיה ה-pH לאחר הוספת 10 מ"ל של תמיסת KOH ?
ב. מהו הנפח של תמיסת KOH , הדרוש כדי להגיע לסתירה המלאה?
ג. חשבו את ה-pH בנקודה הסטויכיומטרית, כש- $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.8 \cdot 10^{-5}$.

16) אילו חומרים יש לערבב על מנת לקבל תמיסת בופר?

- א. 0.15 מול של KOH עם 0.08 מול של HCl בכלי שנפחו 1 ליטר.
- ב. 0.15 מול של KOH עם 0.15 מול של HCOOH בכלי שנפחו 1 ליטר.
- ג. 0.08 מול של KOH עם 0.15 מול של HCOOK בכלי שנפחו 1 ליטר.
- ד. 0.08 מול של KOH עם 0.15 מול של HCOOH בכלי שנפחו 1 ליטר.

17) תמיסה A, שנפחה 1.2 ליטר, היא תמיסת NaOH בעלת $\text{pH} = 12.0$.

תמיסה B, שנפחה 0.6 ליטר, היא תמיסת HCl בעלת $\text{pH} = 1.00$.

מהו המשפט הנכון:

- א. שתי התמיסות מכילות את אותו מספר מולים של מומס.
- ב. ריכוז יוני ה- Cl^- בתמיסה B גדול פי 10 מריכוז יוני ה- Na^+ בתמיסה A.
- ג. כתוצאה מערבוב של שתי התמיסות תתקבל תמיסה בעלת $\text{pH} > 7$.
- ד. בערבוב נפחים שווים של שתי התמיסות, תתקבל תמיסה בעלת $\text{pH} = 7$.

18) לתמיסה של CH_3COOK , בריכוז 0.1M, ה- pH נמוך יותר מזה של תמיסת

KCN בריכוז 0.1M. מכאן נובע כי:

- א. יון CH_3COO^- עובר דיסוציאציה חלקית לייצור H_3O^+ .
- ב. יון CN^- הוא בסיס חלש יותר מיון CH_3COO^- .
- ג. מסיסות של חומצת CH_3COOH במים, קטנה מזו של HCN.
- ד. חומצת HCN חלשה יותר מחומצת CH_3COOH .

19) ל-0.025 ליטר של תמיסת $\text{Ba}(\text{OH})_2$, שריכוזה 0.01M, הוסיפו 0.01 ליטר של

תמיסת HNO_3 , שריכוזה 0.025M. ה- pH של התמיסה הסופית יהיה:

- א. קטן מ-7.
- ב. גדול מ-7.
- ג. שווה 7.
- ד. לא ניתן לקבוע.

20 להלן שלוש קביעות לגבי תגובה בין 50 מ"ל של HA, בריכוז 0.1M, לבין 50 מ"ל של KOH, בריכוז 0.1M.

1. ה- pH הסופי הוא ניטרלי, במידה ש-HA היא חומצה חזקה.
 2. ה- pH הסופי הוא בסיסי, במידה ש-HA היא חומצה חלשה.
 3. ה- pH הסופי הוא ניטרלי, במידה ש-HA היא חומצה חלשה.
- איזו קביעה נכונה?
- א. קביעה 1 בלבד.
 - ב. קביעה 2 בלבד.
 - ג. קביעה 3 בלבד.
 - ד. קביעות 1 ו-2.

21 נתון כי $K_a(\text{HOBr}) = 2.4 \cdot 10^{-9}$, $K_a(\text{HOCl}) = 2.9 \cdot 10^{-8}$.

- א. איזו חומצה חזקה יותר?
- ב. האם HOI חלשה או חזקה יותר מהחומצה בתשובה לסעיף א?
- ג. עבור תמיסת NaOCl, בריכוז 1.2M, חשבו את:
 1. קבוע ההידרוליזה.
 2. דרגת ההידרוליזה.
 3. ה- pH של התמיסה.

22 נתונות 3 תמיסות של חומצות חד-פרוטיות שסומנו באופן שרירותי ב- X, Y, Z.

חומצה	ריכוז מולרי, M	pH
X	0.012	3.84
Y	0.024	3.84
Z	0.012	1.92

מהו הסדר הנכון של חוזק החומצות:

- א. $X < Y < Z$
- ב. $Y < X < Z$
- ג. $Z < X < Y$
- ד. $X = Y < Z$

(23) לסתירה מלאה של 68 גרם של בסיס מסוג $X(OH)_3$, נדרשו 600 מ"ל של תמיסת HNO_3 , בריכוז 2 M. המסה המולרית של הבסיס היא:

א. $170 \frac{g}{mol}$

ב. $56.67 \frac{g}{mol}$

ג. $18.88 \frac{g}{mol}$

ד. $27.2 \frac{g}{mol}$

(24) נתונות שתי תמיסות שוות ריכוז, $KX_{(aq)}$ ו- $KY_{(aq)}$, כאשר X ו-Y נבחרו בשרירותיות, ונתון כי $K_a(HX) = 1.2 \cdot 10^{-4}$ וכי $K_a(HY) = 1.4 \cdot 10^{-6}$. בחרו את המשפט הנכון:

- א. ה-pH של תמיסת KX גבוה מזה של KY , כי הבסיס Y^- חזק יותר.
- ב. ה-pH של KX שווה ל-pH של KY , כי הן שוות ריכוז.
- ג. ה-pH של KX גדול מה-pH של KY , כי חומצת HX היא חזקה יותר.
- ד. ה-pH של KX נמוך מה-pH של KY , כי הבסיס Y^- חזק יותר.

תשובות סופיות

$$\text{pH} = 4.15, \text{pOH} = 9.85 \quad \text{(1)}$$

$$\text{pH} = 12.68, \text{pOH} = 1.32 \quad \text{(2)}$$

$$\text{pH} = 11.68, \alpha = 1.36\% \quad \text{(3)}$$

$$0.97 \quad \text{(4)}$$

$$0.015 \text{ M} \quad \text{(5)}$$

$$\text{pH} = 2.58, K_a = 6.49 \cdot 10^{-5} \quad \text{(6)}$$

$$\text{pH} = 8.26, 1.8 \cdot 10^{-6} \quad \text{(7)}$$

$$5.86 \quad \text{(8)}$$

$$0.8 \quad \text{(9)}$$

$$5.32 \quad \text{(10)}$$

$$\begin{aligned} [\text{H}_2\text{CO}_3] &= 2.3 \cdot 10^{-8} \text{ M}, & [\text{OH}^-] &= [\text{HCO}_3^-] = 0.0028 \text{ M} \\ [\text{CO}_3^{2-}] &= 0.0427 \text{ M}, & [\text{H}_3\text{O}^+] &= 3.6 \cdot 10^{-12} \text{ M} \end{aligned} \quad \text{(11)}$$

$$9.46 \quad \text{(12)}$$

$$7.44 \text{ ב.} \quad 7.386 \text{ א.} \quad \text{(13)}$$

$$3.82 \text{ ב.} \quad 233 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ א.} \quad \text{(14)}$$

$$8.72 \text{ ג.} \quad 25 \text{ מ"ל.} \quad 4.56 \text{ א.} \quad \text{(15)}$$

$$\text{ד} \quad \text{(16)}$$

$$\text{ג} \quad \text{(17)}$$

$$\text{ד} \quad \text{(18)}$$

$$\text{ב} \quad \text{(19)}$$

$$\text{ד} \quad \text{(20)}$$

$$K_h = 0.345 \cdot 10^{-6}, \text{pH} = 10.81, \alpha = 5.36 \cdot 10^{-4} \text{ ג.} \quad \text{ב. חלשה.} \quad \text{HOCl א.} \quad \text{(21)}$$

$$\text{ב} \quad \text{(22)}$$

$$\text{א} \quad \text{(23)}$$

$$\text{ד} \quad \text{(24)}$$

כימיה אנליטית (חלקי)

פרק 2 - שיווי משקל בתהליכי שיקוע

תוכן העניינים

1. שיווי משקל בתגובת שיקוע של חומר יוני 7

שיווי משקל בתגובת שיקוע של חומר יוני

שאלות

1) ענו על הסעיפים הבאים:

- א. המסיסות של המלח $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ היא $1.1 \cdot 10^{-5}$ גרם ב-100 גרם מים, בטמפרטורה של 20°C .
חשבו את ה- K_{sp} של $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$.
ב. להלן שתי תמיסות רוויות, האחת ב- CuS והשנייה ב- Fe_2S_3 .
באיזו מהן ריכוז ה- S^{2-} נמוך יותר?
נתון כי $K_{sp}(\text{Fe}_2\text{S}_3) = 1.0 \cdot 10^{-88}$; $K_{sp}(\text{CuS}) = 8.0 \cdot 10^{-36}$.

2) כמה גרם של $\text{La}(\text{IO}_3)_3$ ניתן להמיס ב:

- א. 250 מ"ל מים?
ב. 250 מ"ל תמיסת LiIO_3 בריכוז של 0.05 M?
נתון כי $K_{sp}(\text{La}(\text{IO}_3)_3) = 1.0 \cdot 10^{-11}$.

3) הוסיפו תמיסה מרוכזת של KIO_3 , במנות קטנות, לתמיסה של Ba^{2+} בריכוז 0.05 M, ו- Ag^+ ב-0.04 M.

- א. איזה יון ישקע קודם?
נתון כי $K_{sp}(\text{Ba}(\text{IO}_3)_2) = 10^{-9}$; $K_{sp}(\text{AgIO}_3) = 10^{-11}$.
ב. מה יהיה ריכוז יון זה בתמיסה, כאשר היום השני עומד לשקוע?

4) נתונה תמיסת מלח קשה-תמס $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$, כאשר ריכוז היום השלילי בתמיסה הוא $1.26 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.

- א. חשבו את ה- K_{sp} עבור $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$.
ב. חשבו את מסיסותו של $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$ בתמיסה של NaIO_3 בריכוז 0.01 M.

5) להלן תמיסה המכילה יוני I^- , Br^- , Cl^- ו- CrO_4^{2-} , כאשר ריכוז כל יון הוא 0.1M, שהוסיפו לה בהדרגה תמיסת AgNO_3 .

איזה משקע יופיע ראשון, ובאיזה סדר יופיעו שאר המשקעים?

$$K_{sp}(\text{AgI}) = 8.3 \cdot 10^{-17}; K_{sp}(\text{AgBr}) = 5 \cdot 10^{-13}$$

$$K_{sp}(\text{AgCl}) = 1.8 \cdot 10^{-10}; K_{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1.2 \cdot 10^{-12}$$

נתון כי

6) הוסיפו 0.5 ליטר של תמיסת TiNO_3 , בריכוז $2.8 \cdot 10^{-4} \text{ M}$, ל-0.5 ליטר תמיסת

$$\text{KI} \text{ בריכוז זהה. נתון כי } K_{sp}(\text{TiI}) = 4 \cdot 10^{-8}.$$

האם יופיע משקע?

7) ריכוז יוני Ag^+ בתמיסה מסוימת הוא $4 \cdot 10^{-3}$. נתון כי $K_{sp}(\text{AgCl}) = 1.8 \cdot 10^{-10}$.

חשבו את הריכוז המקסימלי של יוני כלור שניתן להוסיף, עד ש- $\text{AgCl}_{(s)}$ יחל לשקוע.

8) נתון חומר יוני קשה-תמס CH_3COOAg ($K_{sp} = 5.2 \cdot 10^{-3}$).

א. חשבו את מסיסותו במים. פרטו את החישובים.

ב. נתונים החומרים $\text{AgNO}_{3(s)}$, $\text{CH}_3\text{COONa}_{(s)}$, $\text{K}_2\text{S}_{(2)}$, $\text{KNO}_{3(s)}$.

התייחסו לכל אחד מהחומרים הללו, וציינו את החומר שיגרום להגדלת

המסיסות של $\text{CH}_3\text{COONa}_{(s)}$ $f(x)$. נמקו.

$$K_{sp}(\text{Ag}_2\text{S}) = 5.7 \cdot 10^{-51}.$$

נתון כי

9) תנאי לאי-היווצרות משקע הוא:

א. להשתמש במומס שהוא חומר יוני קל-תמס.

ב. כשמנת הריכוזים של היונים (Q) שווה ל- K_{sp} .

ג. כשמנת הריכוזים של היונים (Q) נמוכה מ- K_{sp} .

ד. כשמנת הריכוזים של היונים (Q) גבוהה מ- K_{sp} .

10) נוכחות של יון משותף בתמיסה,

א. מגדילה את מסיסות המשקע.

ב. לא משפיעה על מסיסות המשקע.

ג. מקטינה את מסיסות המשקע.

ד. גורמת להיווצרות שני משקעים.

11) ל- $\text{AgOH}_{(s)}$ ($K_{sp} = 2.50 \cdot 10^{-16}$) הוכנסה תמיסה רוויה של $\text{AgOH}_{(aq)}$.

מהו ערך ה- pH של התמיסה שנוצרה בתנאי החדר?

(יש להתחשב ביוני OH^- , שמקורם במסיסות החלקית של המשקע)

12) ניתן להשפיע על מסיסות המשקע על ידי

- א. הוספת מים.
- ב. הגדלת הטמפרטורה.
- ג. הקטנת הטמפרטורה.
- ד. כל התשובות נכונות.

תשובות סופיות

- (1) א. $K_{sp} = 502.48 \cdot 10^{-35}$ ב. CuS
- (2) א. 0.13 g ב. $1.328 \cdot 10^{-5} \text{ g}$
- (3) א. Ag^+ ב. $0.71 \cdot 10^{-6} \text{ M}$
- (4) א. 10^{-9} ב. 10^{-5} M
- (5) AgI, ואחריו AgBr, AgCl ואז Ag_2CrO_4 .
- (6) לא.
- (7) $> 0.45 \cdot 10^{-7} \text{ M}$
- (8) א. 0.0072 M ב. $\text{K}_2\text{S}_{(2)}$
- (9) ג
- (10) ג
- (11) 7.01
- (12) ד