

# כימיה פיזיקלית 1



## תוכן העניינים

1. תרמוכימיה ..... (ללא ספר)
2. שיווי משקל בתגובת שיקוע של חומר יוני ..... 1
3. קשרים כימיים וסוגי החומרים ..... (ללא ספר)
4. תרמודינמיקה ..... 5

# כימיה פיזיקלית 1

פרק 1 - תרמוכימיה

תוכן העניינים

1. כללי ..... (ללא ספר)

# כימיה פיזיקלית 1

פרק 2 - שיווי משקל בתגובת שיקוע של חומר יוני

תוכן העניינים

1. שיווי משקל בתגובת שיקוע של חומר יוני.....1

## 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  $20^\circ\text{C}$ .  
חשבו את ה- $K_{sp}$  של  $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ .  
ב. להלן שתי תמיסות רוויות, האחת ב- $\text{CuS}$  והשנייה ב- $\text{Fe}_2\text{S}_3$ .  
באיזו מהן ריכוז ה- $\text{S}^{2-}$  נמוך יותר?  
נתון כי  $K_{sp}(\text{CuS}) = 8.0 \cdot 10^{-36}$ ;  $K_{sp}(\text{Fe}_2\text{S}_3) = 1.0 \cdot 10^{-88}$ .

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

- א. 250 מ"ל מים?  
ב. 250 מ"ל תמיסת  $\text{LiIO}_3$  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  $\text{KIO}_3$ , במנות קטנות, לתמיסה של  $\text{Ba}^{2+}$  בריכוז 0.05 M, ו- $\text{Ag}^+$  ב-0.04 M.

- א. איזה יון ישקע קודם?  
נתון כי  $K_{sp}(\text{AgIO}_3) = 10^{-11}$ ;  $K_{sp}(\text{Ba}(\text{IO}_3)_2) = 10^{-9}$ .  
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 היון 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  $\text{NaIO}_3$  בריכוז 0.01 M.

5) להלן תמיסה המכילה יוני  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Cl}^-$  ו-  $\text{CrO}_4^{2-}$ , כאשר ריכוז כל יון הוא 0.1M, שהוסיפו לה בהדרגה תמיסת  $\text{AgNO}_3$ .

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  $\text{TiNO}_3$ , 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  $\text{Ag}^+$  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  $\text{CH}_3\text{COOAg}$  ( $K_{sp} = 5.2 \cdot 10^{-3}$ ).

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  $\text{OH}^-$ , 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.  $\text{Ag}^+$  ב.  $0.71 \cdot 10^{-6} \text{ M}$
- (4) א.  $10^{-9}$  ב.  $10^{-5} \text{ M}$
- (5) AgI, ואחריו AgBr, AgCl ואז  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ .
- (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

# כימיה פיזיקלית 1

פרק 3 - קשרים כימיים וסוגי החומרים

תוכן העניינים

1. כללי ..... (ללא ספר)

# כימיה פיזיקלית 1

פרק 4 - תרמודינמיקה

תוכן העניינים

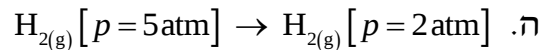
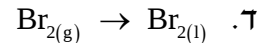
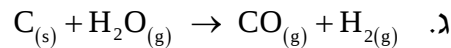
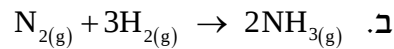
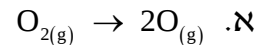
1. תרמודינמיקה ..... 5

## תרמודינמיקה

## שאלות

- 1) 2.5 מול של מים מתאדים בנקודת הרתיחה שלהם בלחץ של 1.000 atm. המים נמצאים בגליל עם בוכנה, והאידיאלי מתרחש עקב חימום המערכת. הבוכנה נעה ללא חיכוך, כך שהלחץ הפנימי נשאר קבוע. מהי העבודה שנעשתה?
- 2) גז אידיאלי, בלחץ 1 atm וטמפרטורה של 30°C, מתפשט נגד לחץ חיצוני של 0.3 atm לתוך כלי שנפחו 2.5 ליטר. כמה עבודה מבצע הגז?
- 3) גז חומם בכלי עם בוכנה על ידי קבלת חום של 7000 J. הגז התפשט כנגד לחץ חיצוני של 750 torr, ונפח הכלי גדל מ-700 ml ל-1450 ml. מהו השינוי באנרגיה הפנימית של הגז?
- 4) 1.00 mol של גז אידיאלי נמצא בכלי שנפחו 8 ליטר. הלחץ בכלי הוא 3 atm והטמפרטורה היא 298 K. הגז מתפשט לנפח של 20.00 ליטר ולחץ 1.20 atm, בשני מסלולים שונים:  
 מסלול 1 – התפשטות איזותרמית הפיכה.  
 מסלול 2 – בשני שלבים:  
 שלב א – הגז מקורר בנפח קבוע עד שהלחץ יורד ל-1.20 atm.  
 שלב ב – הגז מחומם ומושאר להתפשט כנגד לחץ קבוע של 1.20 atm, עד שנפחו מגיע ל-20.00 ליטר.  
 חשבו את  $w$ ,  $q$ ,  $\Delta$ ,  $U$  בכל אחד מהמסלולים.
- 5) מול אחד של גז אידיאלי מתפשט, תוך שמירה על טמפרטורת החדר, מנפח התחלתי של 1 ליטר לנפח סופי של 4 ליטר. מצאו את העבודה שנעשתה  
 א. כנגד ואקום.  
 ב. כנגד לחץ חיצוני של 0.5 atm.

6 ביחס לתגובות הבאות, קבעו האם האנטרופיה גדלה, קטנה או לא השתנתה:



7 חשבו את שינוי האנטרופיה במערכת, בסביבה וביקום, כאשר 14 גרם של חנקן מכפילים את הנפח בתהליך:

א. התפשטות איזותרמית הפיכה.

ב. התפשטות איזותרמית לא-הפיכה (הלחץ החיצוני הוא 0).

8 חשבו את כמות החום ואת שינוי האנטרופיה במעבר של 2 מול אמוניה נוזלית ( $NH_3$ ) בטמפרטורה של  $-40^\circ C$  עד לאמוניה גזית ב- $200^\circ C$ , כאשר התהליך נעשה בלחץ קבוע.

$$\Delta H_v^0(NH_3) = 5.56 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}, \quad c_p(NH_{3(l)}) = 17.9 \frac{\text{cal}}{\text{mol}},$$

נתונים:

$$c_p(NH_{3(g)}) = 8.92 \frac{\text{cal}}{\text{mol}}, \quad t_b(NH_{3(l)}) = -33.46^\circ C$$

9 האנטרופיה של בדיל לבן ואפור בטמפרטורת החדר היא  $S^0 = 6.3 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} ^\circ K$ ,

$S^0 = 6.16 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} ^\circ K$ . שינוי האנטלפיה במעבר מבדיל לבן לאפור הוא  $0.53 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$ .

איזו צורה של בדיל יציבה יותר?

10 נתונים:

|             | $\Delta H_f^0 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$ | $\Delta G_f^0 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$ |
|-------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| $SO_{2(g)}$ | -289.41                                                    | -301.43                                                    |
| $SO_{3(g)}$ | -396.9                                                     | -3171.74                                                   |

א. נסחו תגובה בין  $SO_2$  גזי לבין חמצן גזי, לקבלת  $SO_3$  גזי.

ב. איזו תחמוצת יציבה יותר בנוכחות חמצן, בתנאים תקינים?

ג. חשבו את שינוי האנטרופיה עבור התגובה הנתונה.

ד. מהו תחום הטמפרטורות שבו התהליך הוא ספונטני?

**11** נתונה תגובה  $\text{H}_{2(g)} + \text{CO}_{2(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(g)} + \text{CO}_{(g)}$  , ונתונים :

$$\Delta G_f^0(\text{CO}_{2(g)}) = -397.4 \text{ kJ}, \Delta G_f^0(\text{CO}_{(g)}) = -137.15 \text{ kJ}, \Delta G_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(g)}) = -228.58 \text{ kJ}$$

א. האם התגובה ספונטנית בטמפרטורת החדר?

ב. חשבו את קבוע שיווי המשקל של התגובה הנתונה.

**12** כמות בלתי-ידועה של  $\text{PCl}_5$  חוממה בכלי שנפחו 12 ליטר, ונתונה תגובה אפשרית,  $\text{PCl}_{5(g)} \rightarrow \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$ . נמצא שבשיווי משקל הכלי מכיל 0.21 מול  $\text{PCl}_5$ , 0.32 מול  $\text{PCl}_3$  ו-0.32 מול של  $\text{Cl}_2$ .

א. חשבו את קבוע שיווי המשקל ( $K_p, K_c$ ) עבור המערכת הנתונה,

בטמפרטורת החדר.

ב. חשבו את  $\Delta G^0$  עבור תגובה זו.

**13** מול 1 של  $\text{CO}$  גזי ומול אחד של מים גזיים עורבבו במיכל בנפח 10 ליטר, שחומם עד  $1000^\circ\text{C}$ , והתרחשה התגובה  $\text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)}$ .

בשיווי משקל נמצאו 0.57 מול של  $\text{CO}$ .

א. חשבו את קבוע שיווי המשקל ( $K_p, K_c$ ) בטמפרטורה הנתונה.

ב. חשבו את  $\Delta G^0$  עבור תגובה זו בטמפרטורת החדר.

ג. חשבו את  $\Delta G^0$  עבור תגובה זו בטמפרטורת החדר, כאשר נתונים

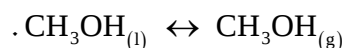
$$P(\text{H}_2) = 0.25 \text{ atm}, P(\text{CO}) = 1.20 \text{ atm},$$

הלחצים החלקיים :

$$P(\text{H}_2\text{O}) = 0.66 \text{ atm}, P(\text{CO}_2) = 0.78 \text{ atm}$$

**14** נתונים שני גדלים  $\Delta G_f^0(\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}) = -39.73 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$  , ונתון שיווי המשקל הבא :

$$\Delta G_f^0(\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}) = -38.69 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$$



א. חשבו את  $\Delta G^0$  עבור תהליך זה בטמפרטורת החדר.

ב. מהו  $\Delta G$  בשיווי משקל?

ג. האם הטמפרטורה שבה תהליך הרתיחה של  $\text{CH}_3\text{OH}$  ספונטני נמוכה,

גבוהה או שווה לטמפרטורת החדר? נמקו.

## 15) נתונים :

$$\Delta H_f^0(\text{CH}_{4(g)}) = -74.8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}, \Delta H_f^0(\text{CO}_{2(g)}) = -393.5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}, \Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}_{(l)}) = -285.9 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$S^0(\text{CH}_{4(g)}) = 186.2 \text{ J/K mol}, S^0(\text{CO}_{2(g)}) = 213.6 \text{ J/K mol}$$

$$S^0(\text{O}_{2(g)}) = 205 \text{ J/K mol}, S^0(\text{H}_2\text{O}_{(l)}) = 70 \text{ J/K mol}$$

- א. חשבו את  $\Delta G^0$  לתגובת השריפה של מתאן ב-  $800^\circ\text{K}$ .  
 ב. האם התהליך ספונטני?  
 ג. איך תשפיע הקטנת הטמפרטורה על מידת הספונטניות של התהליך? נמקו.

- 16) 100 גרם של בנזן מתאדים בנקודת הרתיחה שלו,  $80.2^\circ\text{C}$ , ב-  $760 \text{ mm Hg}$ , כאשר חום האידוי הוא  $94.4 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$ . נתון שמסה מולרית של בנזן היא  $78 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ .  
 מה ערכם של הגדלים הבאים:  
 א. עבודה שמתבצעת בתהליך הפיך,  $W$ .  
 ב. כמות החום,  $Q$ .  
 ג. שינוי האנרגיה הפנימית,  $\Delta U$ .

- 17) מול אחד של גז אידיאלי מונו-אטומי עובר תהליך הפיך, שבו מוכפל נפחו. שינוי האנתלפיה בתהליך הוא  $\Delta H^0 = 500 \text{ cal}$ , והחום שעובר בו הוא  $Q = 400 \text{ cal}$ . נתון גם כי  $c_p = 5 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} \cdot \text{deg}$ .  
 א. חשבו את הטמפרטורה והלחץ הסופיים, אם הטמפרטורה ההתחלתית היא  $20^\circ\text{C}$ , והלחץ ההתחלתי הוא  $1 \text{ atm}$ .  
 ב. חשבו את העבודה שבוצעה, ואת השינוי באנרגיה הפנימית של הגז.

- 18) מול של גז אידיאלי מתפשט מנפח של 10 ליטר ומטמפרטורה של  $25^\circ\text{C}$ , לנפח של 50 ליטר ומטמפרטורה של  $100^\circ\text{C}$ . נתון  $c_p = 6.5 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} \cdot \text{deg}$ .  
 התהליך מתרחש בשני מסלולים:  
 מסלול א – הגז חומם בנפח קבוע ל-  $100^\circ\text{C}$  ואז התפשט באופן הפיך איזותרמי לנפח של 50 ליטר.  
 מסלול ב – הגז התפשט באופן הפיך איזותרמי לנפח של 50 ליטר ואז חומם בנפח קבוע ל-  $100^\circ\text{C}$ .  
 חשבו עבור שני המסלולים את  $\Delta U$ ,  $W$ ,  $q$ .

## תשובות סופיות

$$W = -7747.31 \text{ J} \quad (1)$$

$$W = -53195.6 \text{ J} \quad (2)$$

$$\Delta U = 6925 \text{ J} \quad (3)$$

$$(4) \text{ מסלול ראשון: } W = -2224.47 \text{ J}, q = 2224.47 \text{ J}, \Delta U = 0$$

$$\text{מסלול שני: } W = -1459.08 \text{ J}, q = 1459.08 \text{ J}, \Delta U = 0$$

$$(5) \text{ א. } W = 0 \quad \text{ב. } W = -151.987 \text{ J}$$

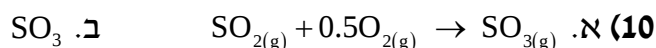
$$(6) \text{ א. גדלה. ב. קטנה. ג. גדלה. ד. קטנה. ה. גדלה.}$$

$$(7) \text{ א. } \Delta S_{\text{universe}} = 0, \Delta S_{\text{environment}} = -2.88 \text{ J/K}, \Delta S_{\text{system}} = 2.88 \text{ J/K}$$

$$\text{ב. } \Delta S_{\text{universe}} = 2.88 \text{ J/K}, \Delta S_{\text{environment}} = 0, \Delta S_{\text{system}} = 2.88 \text{ J/K}$$

$$(8) Q = 15519.03 \text{ cal}, \Delta S = 71.77 \text{ cal/K}$$

$$(9) \text{ בדיל לבן.}$$



$$\Delta S^0 = -0.094 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \quad \text{ג. } T < 1047.76 \text{ K} \quad \text{ד.}$$

$$(11) \text{ א. לא. ב. } K = 2.8 \cdot 10^{-5}$$

$$(12) \text{ א. } K_p = 0.98, K_c = 0.04 \quad \text{ב. } \Delta G^0 = -50.03 \text{ J/mol}$$

$$(13) \text{ א. } K_p = K_c = 0.57 \quad \text{ב. } \Delta G^0 = 1392 \text{ J/mol} \quad \text{ג. } \Delta G^0 = -2078.8 \text{ J/mol}$$

$$(14) \text{ א. } \Delta G^0 = 1.04 \text{ kJ/mol} \quad \text{ב. } \Delta G = 0 \quad \text{ג. גבוהה.}$$

$$(15) \text{ א. } \Delta G_{800}^0 = -696.4 \text{ kJ} \quad \text{ב. כן. ג. ראו בסרטון.}$$

$$(16) \text{ א. } W = -3756.12 \text{ J} \quad \text{ב. } Q = 9440 \text{ cal} \quad \text{ג. } \Delta U = 8541.7 \text{ cal}$$

$$(17) \text{ א. } T = 373 \text{ K}, P_2 = 0.64 \text{ atm} \quad \text{ב. } W = -63.1 \text{ cal}, \Delta U = 336.92 \text{ cal}$$

$$(18) \text{ מסלול ראשון: } W = -1193.4 \text{ cal}, q = 1532.4 \text{ cal}, \Delta U = 339 \text{ cal}$$

$$\text{מסלול שני: } W = -953.49 \text{ cal}, q = 1292.5 \text{ cal}, \Delta U = 339 \text{ cal}$$