

# כימיה פיזיקלית



## תוכן העניינים

1	חישובים סטויכיומטריים
5	תרמוכימיה
13	חמצון-חיזור
25	שיווי משקל בין הפאזות ותכונות קוליגטיביות
29	תרמודינמיקה

# כימיה פיזיקלית

פרק 1 - חישובים סטויכיומטריים

תוכן העניינים

1. חישובים סטויכיומטריים בתמיסות.....1

## חישובים סטויכיומטריים בתמיסות

### שאלות

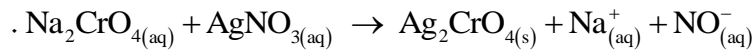
- (1)** נתונות שלוש תמיסות: (1) 0.5 ליטר של NaCl, 0.45 M (ריכוז מולרי).  
 (2) 1.5 ליטר של NaOH, 0.15 M, (3) 2 ליטר של NaCl, 0.45 M.  
 מהו המשפט הלא נכון:
- תמיסות (1) ו-(2) מכילות אותו מספר המולים של המומס.
  - תמיסה (2) היא המהולה ביותר.
  - תמיסה (3) היא המרוכזת ביותר.
  - תמיסה (3) מכילה את המספר הגדול ביותר של מולי המומס.
  - בערבוב כל נפח שהוא של תמיסה (3) עם תמיסה (1), ריכוזה של התמיסה הסופית יהיה 0.45 M.
- (2)** ערבבו 2.0 מ"ל של אתנול נוזלי ( $C_2H_5OH$ ), בעל צפיפות 0.70 גרם למ"ל, עם 8.0 מ"ל מים. ריכוז האתנול בתמיסה שהתקבלה הוא:
- 30 M
  - 20 M
  - 15 M
  - 3.0 M
- (3)** נתונה תמיסת NaBr בעלת ריכוז 0.120 מולר. ב-200 מ"ל של תמיסה זו יש (בחרו את התשובה הנכונה):
- אותה מסה של המומס, כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaBr בריכוז 0.240 M.
  - אותו מספר המולים, כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaCl בריכוז 0.0600 M.
  - אותה מסה של המומס, כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaBr בריכוז 0.0600 M.
  - אותה מסה כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaCl בריכוז 0.0600 M.
  - תשובות ב ו-ג נכונות.
  - תשובות ב ו-א נכונות.

- 4) חשבו את הריכוז המוללי (m) של תמיסת חומצה אצטית,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , בעלת ריכוז 2.03 M. צפיפות התמיסה שווה ל-1.017 g/ml.
- א. 2.03 m  
ב. 2.52 m  
ג. 2.27 m  
ד. 1.82 m
- 5) תמיסה של מים ואתנול ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) מכילה 80 גרם של אתנול ל-300 גרם תמיסה. השבר המולי של אתנול בתמיסה שווה ל:
- א. 0.143  
ב. 0.124  
ג. 0.104  
ד. 0.364  
ה. 0.267
- 6) ל-50 מ"ל של תמיסת מלח בריכוז משקלי 25% וצפיפות 1.30 גרם לסמ"ק הוסיפו 20 מ"ל תמיסת מלח בריכוז משקלי 34% וצפיפות 1.40 גרם לסמ"ק. חשבו את האחוז המשקלי של המלח בתמיסה שמתקבלת.
- 7) נתונה תמיסה של  $\text{HNO}_3$  בריכוז 16M, שצפיפותה שווה ל-1.42 גרם למ"ל. האחוז המשקלי של תמיסה זו שווה ל:
- א. ~ 70%  
ב. ~ 48%  
ג. ~ 41.5%  
ד. ~ 36%
- 8) ל-50 מ"ל תמיסה מימית של  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  בריכוז 0.3M הוסיפו 25 מ"ל מים. מהתמיסה שהתקבלה נלקחה דגימה בנפח 10 מ"ל. מהו הריכוז המולרי של כל היונים בדגימה?
- א. 0.6 M  
ב. 0.4 M  
ג. 0.006 M  
ד. 0.2 M

- 9 א. חשבו את נפח תמיסת  $\text{HNO}_3$  בריכוז 6 M, שדרוש עבור הכנת 50 מ"ל תמיסת  $\text{HNO}_3$ , בריכוז 0.5 M.  
 ב. כמה מ"ל מים יש להוסיף ל-150.0 מ"ל תמיסת סוכר בריכוז 1.2 M, כדי שריכוזה יגיע ל-0.80 M?
- 10 ל-25.0 מ"ל תמיסת  $\text{Na}_2\text{S}_{(\text{aq})}$ , בעלת ריכוז 0.120 M, הוסיפו 100.0 מ"ל מים. ריכוז יוני נתרן לאחר ההוספה יהיה שווה ל:  
 א. 0.03 M  
 ב. 0.06 M  
 ג. 0.02 M  
 ד. 0.048 M
- 11 נתונה תמיסת  $\text{HClO}_4$  בעלת אחוז משקלי 35% וצפיפות 1.251 גרם/מ"ל.  
 א. חשבו את מולריות התמיסה.  
 ב. כמה מול  $\text{HClO}_4$  מומסים ב-250 מ"ל של תמיסה זו?  
 ג. כמה מ"ל של תמיסה זו דרושים להכנת 150 מ"ל תמיסה בריכוז 2 M?  
 ד. איזה נפח של תמיסה שהוכנה בסעיף ג מכיל 0.75 מול  $\text{HClO}_4$ ?
- 12 לתוך 100 מ"ל תמיסה מימית, בה ריכוז יוני  $\text{Fe}^{+3}_{(\text{aq})}$  שווה ל-0.1 M, הכניסו אבקת ברזל מוצק במסה של 0.40 גרם. כתוצאה מכך, חלה תגובה:  

$$\text{Fe}_{(\text{s})} + 2\text{Fe}^{+3}_{(\text{aq})} \rightarrow 3\text{Fe}^{+2}_{(\text{aq})}$$
 ריכוז יוני  $\text{Fe}^{+2}_{(\text{aq})}$  בתום התגובה שווה ל:  
 א. 0.1 M  
 ב. 0.15 M  
 ג. 0.3 M  
 ד. 0.0667 M
- 13 כמה גרם של כסף מתכתי, Ag, דרושים על מנת להגיב עד הסוף עם 35.5 מ"ל תמיסה של יוני  $\text{In}^{3+}$  בריכוז 0.205 M?  
 משוואת התהליך היא:  $3\text{Ag}_{(\text{s})} + \text{In}^{3+}_{(\text{aq})} \rightarrow 3\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})} + \text{In}_{(\text{s})}$   
 א. 1.03 g  
 ב.  $2.35 \cdot 10^3$  g  
 ג. 2.35 g  
 ד. 0.262 g

14) כאשר מערבבים תמיסה מימית של  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  עם תמיסה מימית של  $\text{AgNO}_3$ , נוצר משקע לפי הניסוח



20.0 מ"ל תמיסת  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  בריכוז לא ידוע הגיבו **בשלמות** עם 30.0 מ"ל תמיסת  $\text{AgNO}_3$  בריכוז 0.0080 M. ריכוזה של תמיסת  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  שווה ל:

א. 0.0240 M

ב. 0.0120 M

ג. 0.0060 M

ד. 0.0080 M

### תשובות סופיות

(1) ג

(2) ד

(3) ה

(4) ג

(5) ב

(6) 27.7%

(7) א

(8) א

(9) א. 4.17 מ"ל. ב. 75 מ"ל.

(10) ד

(11) א. 4.35 M. ב. 109.38 גרם. ג. 69 מ"ל. ד. 0.375 ליטר.

(12) ב

(13) ג

(14) ג

# כימיה פיזיקלית

פרק 2 - תרמוכימיה

תוכן העניינים

1. קביעת ערך השינוי באנתלפיה בעזרת השינויים בסביבה..... 5
2. קביעת ערך השינוי באנתלפיה בעזרת חוק הס..... 7

## קביעת ערך שינוי האנתלפיה בעזרת השינויים בסביבה

## שאלות

1) בשריפת 1 גרם של  $C_2H_{4(g)}$  נפלטה אנרגיה שגרמה לחימום 300 גרם של מים מ- $19^{\circ}C$  ל- $60^{\circ}C$ . מהי האנתלפיה של שריפת  $C_2H_{4(g)}$ ?

$$C_p = 4.2 \frac{J}{g \cdot ^{\circ}C}$$

2) חום השריפה של פחם הוא  $6 \text{ kcal/g}$ .

מהי מסת הפחם, שיוכל לספק בזמן שריפתו כמות חום שתספיק כדי להפוך 20 ק"ג קרח מוצק ב- $0^{\circ}C$  למים במצב גזי בטמפרטורה של  $100^{\circ}C$ ?

$$c = 4.2 \frac{J}{g \cdot ^{\circ}C}; \Delta H_m^{\circ} = 6.06 \frac{kJ}{mol}; \Delta H_b^{\circ} = 40.7 \frac{kJ}{mol}$$

3) בערבוב 100 מ"ל תמיסת  $Pb(NO_3)_2$  בריכוז 0.2 M עם 100 מ"ל תמיסת KI בריכוז 0.8 M, נוצר משקע והטמפרטורה עלתה ב- $1.5^{\circ}C$ . חשבו את שינוי האנתלפיה  $\Delta H$ , לתגובת השיקוע.

$$c = 4.2 \frac{J}{g \cdot ^{\circ}C}$$

4) כמות של 25.23 גרם מתנול ( $CH_3OH$ ) קפאו, ו- $4.1 \text{ kJ}$  חום נפלטו לסביבה. מהי אנתלפיית ההיתוך של מתנול?

$$24.4 \frac{J}{Kmol}$$

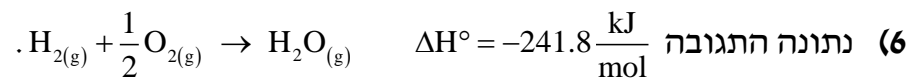
כמה חום נדרש, על מנת להעלות את הטמפרטורה של 120 גרם נחושת מ- $300 \text{ K}$  ל- $340 \text{ K}$ ?

א.  $\sim 1844 \text{ J}$

ב.  $\sim 117.1 \text{ kJ}$

ג.  $\sim 976 \text{ J}$

ד.  $\sim 2929 \text{ J}$



מהי כמות החום שנפלטת, ב-kJ, כאשר 36 גרם של גז מימן מגיבים עם 36 גרם של גז חמצן?

- א. 544 kJ  
 ב. -8630 kJ  
 ג. 272 kJ  
 ד. -1088 kJ

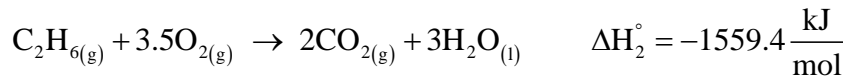
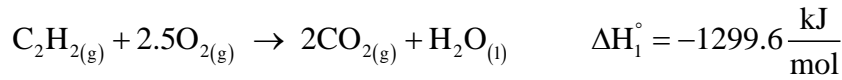
### תשובות סופיות

- (1)  $-1446.48 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$   
 (2) 2395.06 גרם.  
 (3)  $-63 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$   
 (4)  $5.2 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$   
 (5) א  
 (6) א

## קביעת ערך שינוי האנתלפיה בעזרת חוק הס

### שאלות

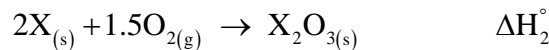
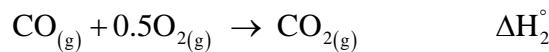
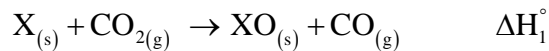
(1) נתונות התגובות הבאות :



חשבו את חום התגובה  $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ .

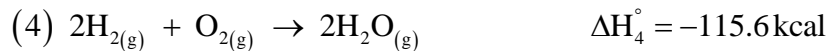
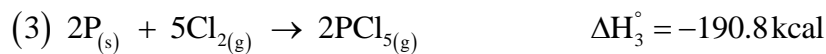
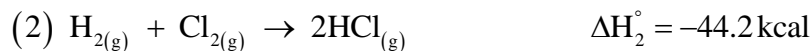
(2) פתחו ביטוי עבור  $\Delta H$  לתגובה  $2\text{XO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{X}_2\text{O}_3(\text{s}) + \text{CO}(\text{g})$

כאשר נתונים התהליכים הבאים :



(3) חשבו את אנתלפיית התגובה  $\text{PCl}_5(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{POCl}_3(\text{g}) + 2\text{HCl}(\text{g})$

כאשר נתונים התהליכים הבאים :



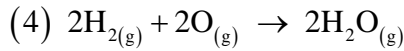
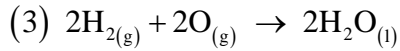
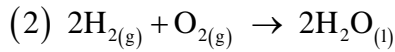
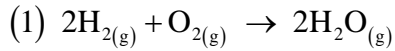
(4) חשבו את האנתלפיה של התגובה  $2\text{MgO}(\text{s}) + \text{Si}(\text{s}) \rightarrow \text{SiO}_2(\text{s}) + \text{Mg}(\text{s})$

כאשר נתון :

$$\Delta H_f^\circ (\text{SiO}_2(\text{s})) = -20.33 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$$

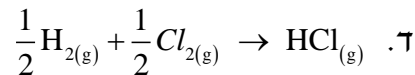
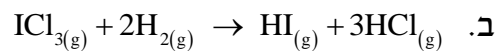
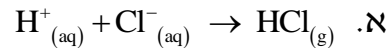
$$\Delta H_f^\circ (\text{MgO}(\text{s})) = -182.22 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$$

5 נתונים התהליכים אַקְסוֹתֶרְמִים הבאים :



איזה תהליך הוא האַקְסוֹתֶרְמִי ביותר? נמקו.

6 איזו משוואה מבין המשוואות הבאות מתארת את תהליך היווצרות הגז HCl ?



7 במהלך מטבוליזם (תגובה עם חמצן) של גלוקוז ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(s)}$ ) נוצרים  $\text{CO}_{2(g)}$

ו- $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ , ונפלט חום שניתן לנצלו לביצוע עבודה בשיעור של 70%.

חשבו את מסת הגלוקוז שיש לשרוף, כשאישה מטפסת על הר ומשקיעה לשם

כך עבודה בשיעור של 3300 kJ, כאשר נתון :

$$\Delta H_f^\circ (\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(s)}) = -1273.3 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{CO}_{2(g)}) = -393.5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}_{(l)}) = -285.8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

א. 212 גרם.

ב. 510 גרם.

ג. 302.4 גרם.

ד. 728 גרם.



- א. מהי כמות האנרגיה המשתחררת, כאשר 0.256 מול של  $\text{NF}_{3(g)}$  נוצרים מהיסודות הנייל בלחץ של אטמוספירה אחת ובטמפרטורה של 289 K?
- ב. היעזרו בטבלה הבאה וחשבו את אנתלפיית הקשר  $F - F$ .

הקשר	אנתלפיית הקשר $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
$N \equiv N$	946
$F - N$	272

(9) נתון כי

$$\Delta H_c^\circ (\text{CH}_3\text{COCH}_{3(l)}) = -1821.4 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_c^\circ (\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}_{(l)}) = -1816.7 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

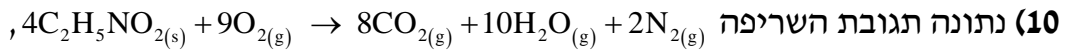
שינוי האנתלפייה ( $\Delta H_c^\circ$ ) עבור התהליך  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COH}_{(l)} \rightarrow \text{CH}_3\text{COCH}_{3(l)}$ , שווה ל:

א.  $-4.7 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

ב.  $-3638.1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

ג.  $4.7 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

ד.  $3638.1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$



וידוע כי חום השריפה של גליצין ( $C_2H_5NO_2$ ) הוא  $\Delta H_c^0 = -973.49 \frac{\text{kJ}}{\text{mole}}$

חשבו את אנתלפיית ההיווצרות של גליצין, כאשר נתון:

Substance	$\Delta H_f^0, \text{kJ mol}^{-1}$
$CO_2(g)$	-393.5
$H_2O(l)$	-285.8

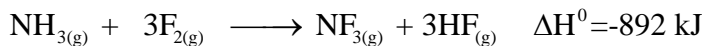
א.  $-990 \frac{\text{kJ}}{\text{mole}}$

ב.  $-1258 \frac{\text{kJ}}{\text{mole}}$

ג.  $-528 \frac{\text{kJ}}{\text{mole}}$

ד. אף תשובה אינה נכונה.

**11** נתונות שתי תגובות:



א. 1. חשבו את  $\Delta H^0$  עבור התגובה  $2NH_3(g) + 3F_2(g) \rightarrow N_2(g) + 6HF(g)$

2. מהו  $\Delta H_f^0(NF_3(g))$  ?

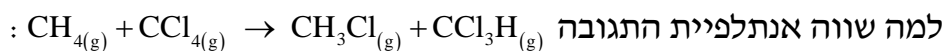
3. נתון כי  $\Delta H_f^0(HF(g)) = -271 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ , חשבו את  $\Delta H_f^0(NH_3(g))$ .

ב. נתונות אנתלפיות הקשר:

$N-H$	$F-F$	$H-F$	קשר
391	158	565	$\Delta H_D^0 \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right]$

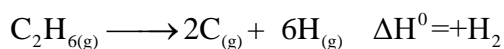
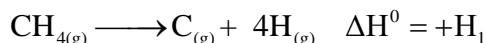
חשבו את אנתלפיית הקשר הממוצעת בין חנקן לפלואור ב- $NF_3(g)$ .

$$(12) \text{ נתון כי } \Delta H_D^0(C-H) = 412 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \text{ ו- } \Delta H_D^0(C-Cl) = 338 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$



- א. 0  
 ב. +74  
 ג. -74  
 ד. +850

(13) נתון :



והניחו שאנתלפיית הקשר  $C-H$  במולקולת מתאן ( $\text{CH}_4(\text{g})$ ) שווה לזו שבמולקולת אתאן ( $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ ).

לפי נתוני השאלה, אנתלפיית הקשר  $C-C$  במולקולת  $\text{C}_2\text{H}_6$

שווה (ביחידות  $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ ) ל :

- א.  $\frac{H_1}{4} + \frac{H_2}{6}$   
 ב.  $\frac{H_2}{6} - \frac{H_1}{4}$   
 ג.  $H_2 - \frac{H_1}{6}$   
 ד.  $H_2 - \frac{3H_1}{2}$

(14) תהליך שריפה של די מתיל אתר גזי ( $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ) אקסותרמי יותר מתהליך

השריפה של אתנול גזי ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), כי :

- א. בין מולקולות הכוהל קיימים קשרי מימן.  
 ב. נקודת הרתיחה של כוהל גבוהה מזו של אתר.  
 ג. יש להשקיע יותר אנרגיה לניתוק קשרים בכוהל.  
 ד. יש להשקיע יותר אנרגיה לניתוק קשרים באתר.

## תשובות סופיות

(1)  $-312 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

(2)  $\Delta H_3 - 2\Delta H_1 - 3\Delta H_2$

(3)  $-32.5 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$

(4)  $344.11 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$

(5) ג

(6) ד

(7) ג

(8) א.  $33.79 \text{ kJ}$  . ב.  $140.67 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

(9) ג

(10) ג

(11) א.  $-1659.4 \text{ kJ}$  . 2.  $-62.35 \text{ kJ}$  . 3.  $16.65.4 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$  . ב.  $281.33 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

(12) א

(13) ד

(14) ג

# כימיה פיזיקלית

פרק 3 - חמצון-חיזור

תוכן העניינים

1. תגובת חמצון-חיזור - מושגי יסוד ..... 13
2. יישום של תהליכי תמזור - תאים חשמליים ..... 17

## תגובת חמצון-חיזור – מושגי יסוד

### שאלות

1) נתונה שרשרת תגובות:  $\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{A} \text{H}_2\text{SO}_3 \xrightarrow{B} \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3 \xrightarrow{C} \text{H}_2\text{S}$ . מהי הקביעה הנכונה:

- א.  $A$ ,  $B$  ו- $C$  הם חומרים מחמצנים.
- ב.  $A$ ,  $B$  ו- $C$  הם חומרים מחזרים.
- ג.  $A$  ו- $B$  הם חומרים מחזרים, אך  $C$  חומר מחמצן.
- ד.  $A$  ו- $B$  הם חומרים מחמצנים, אך  $C$  חומר מחזר.

2) נתונים ההיגדים שמתייחסים לתגובה  $3\text{N}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_5 + 4\text{NO}$

1. 0.2 מול מחזר מסרו 0.4 מול אלקטרונים.
  2. 0.2 מול מחזר מגיבים עם 0.2 מולי מחמצן.
  3. בתהליך זה  $\text{N}_2\text{O}_3$  הוא מחמצן ומחזר.
  4. 0.1 מול מחמצן קיבלו 0.2 מול אלקטרונים.
  5. אף אחד מההיגדים הוא לא נכון.
- אילו מההיגדים נכונים:

- א. 1 ו-4.
- ב. 2 ו-3.
- ג. 5 בלבד.
- ד. 3 ו-4.
- ה. 3 בלבד.

3) נתונה תגובת חמצון-חיזור:  $2\text{NO}_{(g)} + 2\text{H}_2_{(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(g)} + \text{N}_{2(g)}$

מספר האלקטרונים שעוברים ממחזר למחמצן בתגובה זו הוא:

- א. 1
- ב. 2
- ג. 3
- ד. 4

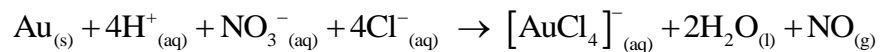
4) מספר החמצון של היסוד vanadium במינרל  $\text{Rb}_4\text{Na}[\text{HV}_{10}\text{O}_{28}]$  הוא:

- א. -6
- ב. +8
- ג. +3
- ד. +5

5) בריאקציה מסוימת היון  $\text{SO}_3^{2-}$  משתנה והופך ליון  $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$ . לפיכך, ניתן לומר ש:

- א. אטומי הגופרית עוברים חמצון.
- ב. אטומי הגופרית הם המחמצנים.
- ג. אטומי החמצן עוברים חיזור.
- ד. שינוי זה איננו חלק מתהליך חמצון חיזור.

6) זהב מגיב עם תערובת של חומצה כלורית וחומצה חנקתית בהתאם למשוואה:



מיהו המחמצן בריאקציה זו?

- א. Au
- ב.  $\text{H}^+$
- ג.  $\text{NO}_3^-$
- ד.  $\text{Cl}^-$

7) סמנו את התשובה שבה מספר החמצון של היסוד המסומן בקו ב אינו נכון:

- א.  $\text{MnO}_2$ , 4+
- ב.  $\text{SO}_3^{2-}$ , 4+
- ג.  $\text{ClO}_3^-$ , 7+
- ד.  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , 3+

8) איזו מבין התגובות הבאות איננה תגובת חמצון-חיזור?

- א.  $\text{MnO}_4^- + 5\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ \rightarrow 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$
- ב.  $\text{Au} + 4\text{H}^+ + \text{NO}_3^- + 4\text{Cl}^- \rightarrow [\text{AuCl}_4]^- + 2\text{H}_2\text{O} + \text{NO}$
- ג.  $6\text{HF} + \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{AlF}_6 + 6\text{H}_2\text{O}$
- ד.  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

9) ל-50 מ"ל תמיסת  $\text{CuBr}_2$ , בריכוז 0.4 M, הזרימו 2.5 ליטר כלור גזי בתנאי החדר.

- רשמו ניסוח התהליך.
- חשבו את מס' מולי האלקטרונים שהשתתפו בתהליך.
1. לתמיסה שהתקבלה נוספה תמיסת  $\text{AgNO}_3$ . מהו המשקע שיתקבל? רשמו ניסוח התהליך.  
2. איזה נפח תמיסת  $\text{AgNO}_3$  0.1 M יידרש לשיקוע מלא? פרטו.  
ד. לאחר סינון המשקע, הוסף מגנזיום לתמיסה.  
1. רשמו ניסוח לתהליך שהתרחש.  
2. מהו מספר מולי האלקטרונים שהשתתפו בתהליך הנ"ל? (הניחו שכל החומרים הגיבו עד הסוף)

10) להלן שני ניסויים:

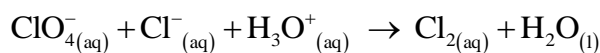
- בניסוי 1 הוסיפו גז כלור לתמיסת נחושת ברומית ( $\text{CuBr}_2$ ) בריכוז 1M, וכתוצאה מכך התרחשה תגובה.
- בניסוי 2 הוסיפו אלומיניום ( $\text{Al}_{(s)}$ ) לתמיסת נחושת ברומית ( $\text{CuBr}_2$ ) בריכוז 1M, וכתוצאה מכך והתרחשה תגובה.  
א. עבור כל ניסוי:  
1. ציינו מהו המחמצן ומהו המחזור.  
2. נסחו ואזנו את תגובת חמצון-חיזור.  
להלן שני ניסויים נוספים:

- בניסוי 3 הוסיפו נחושת ( $\text{Cu}_{(s)}$ ) לתמיסת  $\text{AgNO}_3$  בריכוז 1M והתרחשה התגובה  $\text{Cu}_{(s)} + \text{Ag}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Cu}^{+2}_{(aq)} + \text{Ag}_{(s)}$ .

- בניסוי 4 הוסיפו אלומיניום ( $\text{Al}_{(s)}$ ) לתמיסת  $\text{KCl}$  בריכוז 1M, ולא התרחשה תגובה.

- דרגו את היסודות Cu, Al, K, Ag על פי נטייתם לחזור.
- האם תתרחש תגובה בין תמיסת  $\text{AgNO}_3$  ובין  $\text{Al}_{(s)}$ ? נמקו.

11) נתון הניסוח הבלתי-מאוזן הבא:



- רשמו ניסוח מאוזן וקבע את המחמצן ואת המחזור.
- כמה אלקטרונים עוברים בתהליך שבו נוצרים 5 ליטר כלור בתנאי STP?

12) אזנו את המשוואה הבאה, ציינו את המחמצן והמחזור, וקבעו ואת מספר מולי האלקטרונים שמתתפים בתגובה



## תשובות סופיות

(1) ב

(2) ד

(3) ד

(4) ד

(5) ב

(6) ג

(7) ג

(8) ג

(9) א.  $2\text{Br}^-_{(\text{aq})} + \text{Cl}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{Br}_{2(\text{l})} + 2\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$  ב. 0.04 מול.ג. 1.  $\text{AgCl}$  2. 0.4 ליטר.ד. 1.  $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{Mg}_{(\text{s})} \rightarrow \text{Cu}_{(\text{s})} + \text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})}$  2. 0.04 מול.(10) א. 1.  $\text{Br}^-$  מחזור,  $\text{Cl}_2$  מחמצן,  $\text{Al}$  מחזור,  $\text{Cu}^{2+}$  מחמצן.ב. 1.  $\text{K} > \text{Al} > \text{Cu} > \text{Ag}$  2. כן.

(11) 0.39 מול.

(12) 2 מול.

## יישום של תהליכי חִמְזוֹר – תאים חשמליים

### שאלות

1) כמה זמן יש להפעיל תא אלקטרוליטי, בכדי לקבל ציפוי כסף מתכתי, שמסתו 0.8 גרם, אם מועבר זרם של 2.5 אמפר בתוך תמיסה מימית של  $\text{AgNO}_3$  ?

א. פחות משתי דקות.

ב. 9.54 דקות.

ג. 4.76 דקות.

ד. 4.76 שעות.

2) נתונים:  $E^0(\text{I}_2/\text{I}^-) = 0.54 \text{ V}$ ,  $E^0(\text{Br}_2/\text{Br}^-) = 1.09 \text{ V}$

$E^0(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0.8 \text{ V}$ ,  $E^0(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) = -0.13 \text{ V}$ ,  $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76 \text{ V}$

בהתבסס על טבלת פוטנציאלי החיזור הסטנדרטיים, מי מהחומרים המופיעים

להלן יכולים לחזור  $\text{I}_{2(s)}$  ל-  $\text{I}^-_{(aq)}$  ?

א.  $\text{Br}^-_{(aq)}$

ב.  $\text{Ag}_{(s)}$

ג.  $\text{Pb}_{(s)}$

ד.  $\text{Zn}^{2+}_{(aq)}$

3) חשבו את הפרש הפוטנציאליים  $\Delta \varepsilon$  ב-  $25^\circ\text{C}$  של תא אלקטרוכימי, המורכב

מחצי תא אבץ, שבו יוני אבץ בריכוז 0.01M, וחצי תא נוסף, שבו  $\text{Br}_2$  נוזלי

ובתוכו יוני  $\text{Br}^-$  בריכוז  $10^{-4} \text{ M}$ .

נתון כי  $E^0(\text{Br}_2/\text{Br}^-) = 1.09 \text{ V}$ ,  $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76 \text{ V}$

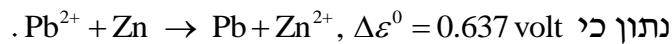
א. 1.78V

ב. 0.13V

ג. 2.145V

ד. 1.72V

4) תא אלקטרוכימי מורכב מאלקטרודת אבץ ואלקטרודת עופרת. סמנו את המשפט שאינו נכון.



א. הקתודה היא אלקטרודת האבץ.

ב. הריאקציה הספונטאנית מתרחשת בכיוון הרשום.

ג. אלקטרודת העופרת טעונה במטען חיובי.

ד. האבץ עובר חמצון בתהליך הזה.

5) בהתבסס על פוטנציאלי החיזור הסטנדרטיים שלהלן, סמנו את המשפט הנכון.

$$E^0(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2.36 \text{ V}, E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0.34 \text{ V}$$

$$E^0(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0.8 \text{ V}, E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0.44 \text{ V}, E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76 \text{ V}$$

א. מגנזיום מתכתי (Mg) לא מגיב עם יוני אבץ ( $\text{Zn}^{2+}$ ) בתמיסה מימית.

ב. נחושת מתכתית (Cu) מגיבה עם יוני אבץ ( $\text{Zn}^{2+}$ ) בתמיסה מימית.

ג. ברזל מתכתי (Fe) מגיב עם יוני אבץ ( $\text{Zn}^{2+}$ ) בתמיסה מימית.

ד. ברזל מתכתי (Fe) מגיב עם יוני מימן ( $\text{H}^+$ ) בתמיסה מימית.

6) חשבו את הפוטנציאל הסטנדרטי  $\varepsilon^0$  עבור חצי התא  $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}_{(\text{s})}$ .

השתמשו בפוטנציאלי החיזור הסטנדרטיים של  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$  ושל  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ .

$$E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0.44 \text{ V}, E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0.77 \text{ V}$$

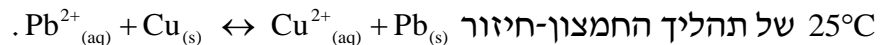
א. 0.33 volt

ב. -0.33 volt

ג. -0.037 volt

ד. 1.21 volt

7) בהתבסס על פוטנציאלי החיזור הסטנדרטיים, מהו קבוע שיווי המשקל ב-



$$E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0.34 \text{ V}, E^0(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) = -0.13 \text{ V}$$

א.  $1.17 \cdot 10^{-16}$

ב. 0.343

ג.  $1.31 \cdot 10^{-8}$

ד.  $1.43 \cdot 10^{-7}$

8) תא ריכוזי של מימן משמש ככלי למדידת pH. מה יהיה ה-pH באנודה בתא המפורט להלן? מתח התא שווה ל-0.122 Volt ב-25°C, ונתון כי

$$\text{Pt, H}_2 (1 \text{ atm}) / \text{H}^+ (\text{pH}=? ) \parallel \text{H}^+ (1\text{M}) / \text{H}_2 (1 \text{ atm}), \text{Pt}$$

א. pH = 1.03

ב. pH = 4.75

ג. pH = 2.068

ד. pH = 4.12

9) נתון התא האלקטרוכימי  $\text{Fe}^{2+} (1\text{M}) / \text{Fe}^{3+} (1\text{M}) \parallel \text{Cu}^{2+} (1\text{M}) / \text{Cu}$  איזו מבין הפעולות הבאות תגרום לעלייה הגדולה ביותר במתח התא?

א. הורדת ריכוז יוני הנחושת פי 2.

ב. הורדת ריכוז יוני  $\text{Fe}^{2+}$  פי 2.

ג. הכפלת ריכוז יוני הנחושת (פי 2).

ד. הכפלת ריכוז יוני  $\text{Fe}^{2+}$  (פי 2).

10) נתון תא אלקטרוכימי שבו האנודה היא  $\text{Zn} / \text{Zn}^{+2} (1.0\text{M})$  ( $\mathcal{E}_{\text{Zn}^{+2}(1.0\text{M})/\text{Zn}}^0 = -0.76 \text{V}$ ). מהו צריך להיות חצי התא של הקטודה, כדי שהפוטנציאל של התא כולו יהיה הגבוה ביותר?

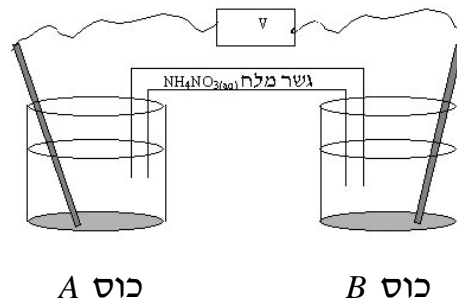
א.  $\mathcal{E}_{\text{Mg}^{+2}(1.0\text{M})/\text{Mg}}^0 = -2.36 \text{V}$

ב.  $\mathcal{E}_{\text{Cd}^{+2}(1.0\text{M})/\text{Cd}}^0 = -0.40 \text{V}$

ג.  $\mathcal{E}_{\text{Cu}^{+2}(1.0\text{M})/\text{Cu}}^0 = -0.34 \text{V}$

ד.  $\mathcal{E}_{\text{Pt}^{+2}(1.0\text{M})/\text{Pt}}^0 = -1.20 \text{V}$

11) נתון תא אלקטרוכימי:



כוס A (האנודה) מכילה תמיסת  $Mg(NO_3)_2$  (קל תמס) ואלקטרודת מגנזיום במשקל 12.30 גרם. כוס B (הקטודה) מכילה תמיסת  $Cu(NO_3)_2$  (קל תמס) ואלקטרודת נחושת במשקל 12.30 גרם. התא פעל במשך 15 דקות ולאחר מכן נשקלו האלקטרודות. מהו המשפט **נכון**:

- המסה של שתי האלקטרודות יחד שווה ל- 24.60 גרם.
- המסה של שתי האלקטרודות יחד קטנה מ- 24.60 גרם.
- המסה של שתי האלקטרודות יחד גדולה מ- 24.60 גרם.
- אי אפשר לקבוע כי חסרים נתונים.

12) עבור תגובת חמצון-חיזור  $Ni_{(s)} + Sn^{+2}_{(aq)} \rightleftharpoons Ni^{+2}_{(aq)} + Sn_{(s)}$ , ערכו של קבוע שיווי

המשקל (לפי הריכוזים) בטמפרטורת החדר שווה ל-  $5.00 \cdot 10^3$ .

נתון כי  $\epsilon^0 = -0.140 V$   $Sn^{+2} + 2e \rightleftharpoons Sn$ .

א. חשבו את פוטנציאל החיזור הסטנדרטי עבור יוני ניקל.

נתון התא  $Ni_{(s)} / Ni^{+2}_{(aq)} (1.00 \cdot 10^{-3} M) // Sn^{+2} (9.00 \cdot 10^{-2} M) / Sn$ .

- חשבו את המתח שנמדד ברגע חיבור התא.
- חצי תא סטנדרטי של ניקל (Ni) חובר לחצי תא סטנדרטי של מימן. עקב חיבור התא נמדד מתח חיובי.

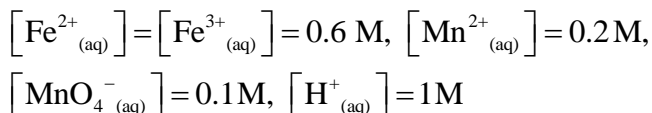
(חצי תא מימן:  $2H^+_{(aq)} + 2e \rightleftharpoons H_{2(g)}$   $\epsilon^0 = 0.00 V$ )

- איזה מתח נמדד ברגע חיבור התא?
- האם ה- pH בתא המימן עלה, ירד או נשאר קבוע? נמקו.
- רשמו את התגובה המאוזנת שמתרחשת עקב חיבור שני חצאי-התאים.
- איזה יון עבר חיזור ומהו המחזור בתגובה זו?

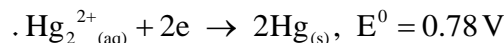
13) נתונות שתי מחציות התגובה ופוטנציאלי החיזור התקניים שלהן:

חצי תגובה	$E^0$ (V)
$Fe^{3+}_{(aq)} + e \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)}$	0.77
$MnO_4^-_{(aq)} + 8H^+_{(aq)} + 5e \rightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$	1.49

- א. כתבו את התגובה המאוזנת שמתרחשת.  
 ב. מהו מספר מולי האלקטרונים העוברים בתגובה, כאשר 2.5 מול של  $MnO_4^-_{(aq)}$  מגיב?  
 ג. כתבו תיאור סכמתי של התא האלקטרוכימי, שניתן לבנות על פי התגובה הזאת.  
 ד. חשבו את מתח התא בתנאים תקינים.  
 ה. חשבו את  $K_c$ .  
 ו. מה יהיה מתח התא כאשר הריכוזים של מרכיבי התא הם:



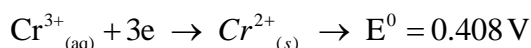
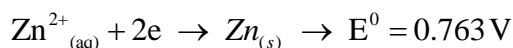
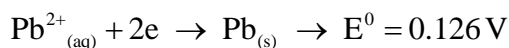
14) נתונים שני חצאי תאים  $Co^{2+}_{(aq)} + 2e \rightarrow Co_{(s)}$   $E^0 = 0.28 V$ ,



כאשר יוצרים מהם תא אלקטרוכימי:

- א. כיוון זרימת האלקטרונים הוא מחצי התא של הקובלט לחצי התא של הכספית.  
 ב. כיוון זרימת האלקטרונים הוא מחצי התא של הכספית לחצי התא של הקובלט.  
 ג. כספית היא אנודה.  
 ד. כיוון זרימת האניונים בגשר המלח הוא לכיוון חצי התא של הכספית.

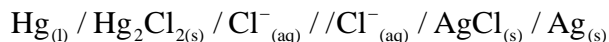
15) נתונות משוואות מחציות התא הבאות:



החומר המחזר הטוב ביותר הוא:

- א. Zn  
 ב. Pb  
 ג.  $Cr^{2+}$   
 ד.  $Cr^{3+}$

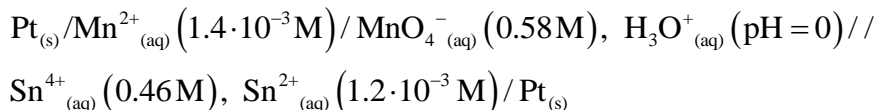
**16** כתבו את מחציות התגובה ואת המשוואה המאוזנת לתגובת התא הבא :



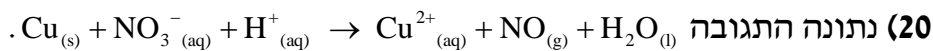
**17** סטודנטית קיבלה מחצית-תא תקני  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$  ומחצית-תא נוספת המכילה מתכת לא ידועה  $M$  טבולה בתמיסת  $\text{MNO}_3$  בריכוז  $1M$ . כאשר חיברו את שתי מחציות התא בטמפי' החדר, התא השלם פעל כתא גלווני בעל מתח תא של  $1.24 V$ . הניחו לתגובה להימשך כל הלילה ואז שקלו את האלקטרודות. נמצא שאלקטרודת הברזל קלה יותר ואלקטרודת המתכת הלא ידועה כבדה יותר. מהו הפוטנציאל התקני של הצמד הלא ידוע  $M^+/M$ , אם נתון כי  $E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0.44 V$ .

**18** זרם של  $350 \text{ mA}$ , שהועבר בתמיסה מימית של מנגן חנקתי במשך  $13.7$  שעות, גרם לשיקוע של  $4.9$  גרם של מנגן. מהו מספר החמצון של מנגן במנגן חנקתי?

**19** לתא הבא פוטנציאל של  $1.45 V$  :



חשבו את קבוע שיווי המשקל עבור התגובה שמתרחשת בתא.

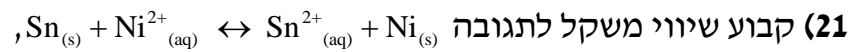


א. אזנו את המשוואה בעזרת חצאי התגובות.

התגובה הנ"ל מתרחשת בתא. המתח שנמדד הוא :  $E^0 = 0.62 V$ .

ב. היעזרו בנתוני הטבלה הבאה וחשבו את פוטנציאל החיזור התקני עבור מחצית התגובה של  $\text{NO}_3^-$ .

חצי תגובה	$E^0 (V)$
$\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2e \leftrightarrow \text{Cu}_{(s)}$	0.34
$\text{NO}_3^-_{(aq)} + 4\text{H}^+_{(aq)} + 3e \leftrightarrow \text{NO}_{(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	?



הוא  $2 \cdot 10^{-4}$  (ב- 298 K).

- א. האם פוטנציאל החיזור התקני של  $\text{Ni}^{2+}_{(aq)}$  גבוה או נמוך מזה של יוני  $\text{Sn}^{2+}_{(aq)}$ ? נמקו ללא חישובים.
- ב. בְּנו את התא מהחומרים המופיעים בניסוח התגובה, והתא סיפק אנרגיה. רשמו בצורה סכמתית את המבנה של תא זה.
- ג. כאשר התא הגיע לשיווי משקל נלקח מדגם מתמיסת  $\text{Sn}^{2+}_{(aq)}$ , והוכנסה לתוכה אלקטרודת בדיל. פוטנציאל האלקטרודה נמדד לעומת אלקטרודה תקנית של מימן, ונמצא שהוא  $-0.26 \text{ V}$ .
- מהו ריכוז יוני הבדיל בתום פעולת התא? נתון:  $E^0(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0.14 \text{ V}$ .

## תשובות סופיות

(1) ג

(2) ג

(3) ג

(4) א

(5) ד

(6) ג

(7) א

(8) ג

(9) ד

(10) ד

(11) ג

(12) א.  $-0.249\text{ V}$  ב.  $0.167\text{ V}$  ג.  $0.249\text{ V}$  ד. עלה.

3.  $2\text{H}^+_{(\text{aq})} + \text{Ni}_{(\text{s})} \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})} + \text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$  4. Ni מחזור,  $\text{H}^+$  עובר חיזור.

(13) א.  $5\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{MnO}_4^-_{(\text{aq})} + 8\text{H}^+_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Mn}^{2+}_{(\text{aq})} + 4\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 5\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ 

ב.  $12.5$  מול. ג.  $\text{Pt}_{(\text{s})} / \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}, \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} // \text{MnO}_4^-_{(\text{aq})}, \text{Mn}^{2+}_{(\text{aq})}, \text{H}^+_{(\text{aq})}$

ד.  $0.72\text{ V}$  ה.  $1.04 \cdot 10^{61}$  ו.  $0.71\text{ V}$

(14) א

(15) ב

(16)  $2\text{Hg}_{(\text{l})} + 2\text{AgCl}_{(\text{s})} \rightarrow 2\text{Ag}_{(\text{s})} + \text{Hg}_2\text{Cl}_{2(\text{s})}$ (17)  $0.8\text{ V}$ (18)  $+2$ (19)  $1.97 \cdot 10^{34}$ (20) א.  $\text{NO}_{3}^-_{(\text{aq})} + 1.5\text{Cu}_{(\text{s})} + 4\text{H}^+_{(\text{aq})} \rightarrow \text{NO}_{(\text{aq})} + 1.5\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$  ב.  $0.96\text{ V}$ (21) א. נמוך. ב.  $8.55 \cdot 10^{-5}\text{ M}$

# כימיה פיזיקלית

פרק 4 - שיווי משקל בין הפאזות ותכונות קוליגטיביות

תוכן העניינים

1. שיווי משקל בין הפאזות.....25

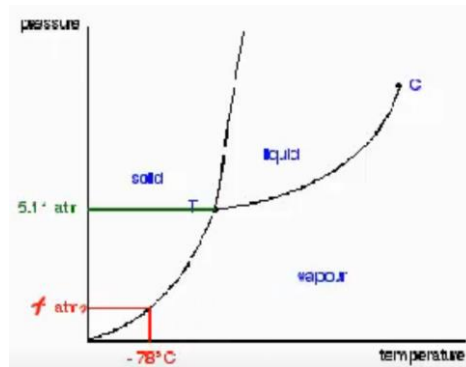
## שינוי משקל בין הפאזות

### שאלות

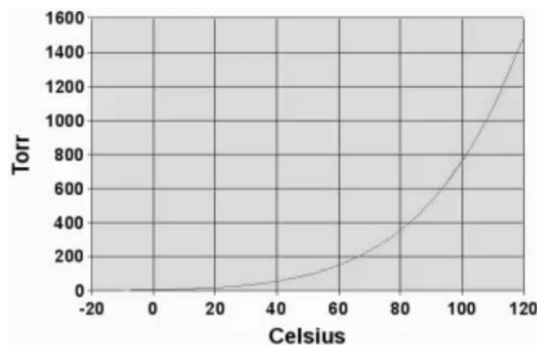
- (1) באנליזה של טיפה מתמיסת HCl, בנפח 0.05 מ"ל, נמצאו  $1.505 \cdot 10^{19}$  מולקולות HCl.  
חשבו את הלחץ האוסמוטי (ביחידות kPa), שנוצר על ידי התמיסה בטמפרטורת החדר.
- (2) נתונה תמיסה של אתנול ( $C_2H_5OH$ ), בריכוז 6.45 M וצפיפות  $0.952 \frac{g}{cm^3}$ .  
א. חשבו את המולליות, השבר המולי והאחוז המשקלי של האתנול בתמיסה.  
ב. חשבו את הירידה בטמפרטורת הקיפאון של התמיסה.  
נתון כי  $K_{f(water)} = 1.86 K \cdot \frac{kg}{mol}$ .
- (3) חשבו את נקודת הרתיחה של תמיסה, שהוכנה על ידי ערבוב של 100 גרם של סוכרוז ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) ו-500 גרם של מים.  
שימו לב כי  $K_{b(water)} = 0.51 K \cdot \frac{kg}{mol}$ .
- (4) המסת 3 גרם של חומר מסוים ב-100 גרם של  $CCl_4$ , מעלה את נקודת הרתיחה של התמיסה ב- $0.6^\circ C$ . נתון שעבור הממס הטהור  $K_b = 5.03 K \cdot \frac{kg}{mol}$ ,  $K_f = 3.18 K \cdot \frac{kg}{mol}$ , וכן שלחץ אדי הממס הטהור בטמפרטורת החדר הוא 100 mm Hg.  
חשבו את:  
א. המסה המולרית של המומס.  
ב. הירידה בנקודת הקיפאון.  
ג. ירידת לחץ האדים בטמפרטורת החדר.
- (5) העריכו את השינוי בלחץ האדים של מים, כתוצאה מהכנת תמיסה בעלת ריכוז של 1m בטמפרטורה של  $100^\circ C$ .
- (6) 106.3 גרם של תרכובת לא ידועה הומסו ב-863.5 גרם של ( $C_6H_6$ ).  
נתון כי לחץ האדים של התמיסה שהתקבלה הוא 86.7 טור, וידוע כי לחץ האדים של בנזן טהור הוא 98.6 טור.  
מצאו את המסה המולרית של התרכובת.

- 7** המסת 2.441 גרם של חומצה בנזואית ( $C_6H_5COOH$ ) ב-250 גרם של בנזן ( $C_6H_6$ ) מורידה את נקודת הקיפאון ב- $0.2048^\circ C$ . נתון  $K_{f(\text{benzene})} = 5.12 K \cdot \frac{kg}{mol}$ . מהו מצבה של החומצה בבנזן?
- 8** 18.04 גרם של חומר בלתי-נדיף הומסו ב-100 גרם של מים, ב- $20^\circ C$ , ולחץ האדים ירד מ-17.535 mm Hg ל-17.226 mm Hg.  
א. מהי המסה המולרית של החומר?  
ב. באיזו טמפרטורה התמיסה תקפא? נתון כי  $K_f = 1.855 K \cdot \frac{kg}{mol}$ .
- 9** בכלי שנפחו 20 ליטר קיים שיווי משקל בין אדי אתנול לבין כמות קטנה של אתנול נוזלי. נתון גם כי הטמפרטורה בכלי היא  $25^\circ C$ , הכלי מכיל אוויר יבש והלחץ הכולל בו הוא 750 טור. ידוע כי לחץ אדי אתנול ב- $25^\circ C$  הוא 58.9 טור. בשלב מסוים הוקטן נפח הכלי ל-5 ליטר בטמפרטורה קבועה.  
א. מהו הלחץ החלקי של האתנול בנפח הקטן? הסבירו.  
ב. מהו הלחץ הכולל של התערובת בנפח הקטן?
- 10** נתונה תמיסה מימית של מלח  $FeCl_x$ , שבה השבר המולי של הממס הוא 0.98, ונתון כי טמפרטורת הקיפאון של התמיסה היא  $-8.435^\circ C$ . קבעו את מטענו של היון החיובי במלח.  
נתון כי  $K_f(H_2O) = 1.86 K \cdot \frac{kg}{mol}$ .
- 11** הלחץ האוסמוטי של תמיסה מימית של חלבון הוא 6.1 torr ב- $0^\circ C$ . התמיסה הוכנה על ידי הוספת כמות קטנה של חלבון ב-100 מ"ל מים (נפח התמיסה שהתקבלה שווה בקירוב ל-100 מ"ל). נתון שצפיפות התמיסה היא  $1.2 \frac{g}{cm^3}$ , וידוע כי הצפיפות של מים היא  $1 \frac{g}{cm^3}$ . העריכו את המסה המולקולרית של החלבון.

- 12** להלן דיאגרמת פאזות של פחמן דו-חמצני. ענו על הסעיפים הבאים לפיה:
- מהו מצב הצבירה של פחמן דו-חמצני בתנאים סטנדרטיים?
  - מהו מצב הצבירה של פחמן דו-חמצני בתנאים של 0.75 אטמוספירות ובטמפרטורה של  $-114^{\circ}\text{C}$ ?
  - פחמן דו-חמצני נמצא בלחץ של 3883.6 mm Hg ובטמפרטורה של  $-78^{\circ}\text{C}$ . הציעו דרך לקבלת פחמן דו-חמצני נוזלי.
  - איזו פאזה צפופה יותר, מוצקה או נוזלית? נמקו.



- 13** היעזרו באיור הבא וקבעו:
- את טמפרטורת הרתיחה של המים, כאשר החלץ החיצוני שווה 80 kPa.
  - אנטרופיית האידיוי התקנית, כאשר נתון  $\Delta H_{b(\text{water})}^0 = 40700 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$ .
  - האנרגיה החופשית של האידיוי בטמפרטורת החדר.



## תשובות סופיות

- (1) 2476
- (2) מולילות:  $10 \frac{\text{mol}}{\text{kg}}$ , שבר מולי: 0.15, אחוז משקלי: 31.16 g.
- (3)  $100.189^\circ\text{C}$
- (4) א.  $252.1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$  ב.  $0.38^\circ\text{C}$  ג. 15 mm Hg
- (5) ירידה של 0.02 atm.
- (6)  $70.4 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$
- (7) עברה התלכדות,  $i = 0.5$ .
- (8) א.  $M_w = 159 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$  ב.  $-2.1^\circ\text{C}$
- (9) א. 58.9 torr ב. 2823.3 torr
- (10)  $\text{FeCl}_3$
- (11)  $560224.1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$
- (12) א. גז. ב. מוצק. ג. ראו בסרטון. ד. מוצקה.
- (13) א.  $93-95^\circ\text{C}$  ב.  $\Delta S_b = 109.05 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$  ג.  $8203.8 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$

# כימיה פיזיקלית

פרק 5 - תרמודינמיקה

תוכן העניינים

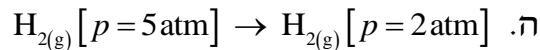
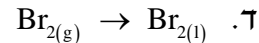
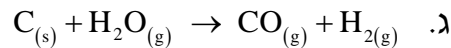
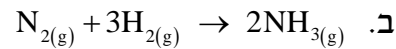
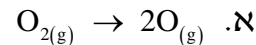
1. תרמודינמיקה ..... 29

## תרמודינמיקה

## שאלות

- (1) 2.5 מול של מים מתאדים בנקודת הרתיחה שלהם בלחץ של 1.000 atm. המים נמצאים בגליל עם בוכנה, והאידיוי מתרחש עקב חימום המערכת. הבוכנה נעה ללא חיכוך, כך שהלחץ הפנימי נשאר קבוע. מהי העבודה שנעשתה?
- (2) גז אידיאלי, בלחץ 1 atm וטמפרטורה של  $30^{\circ}\text{C}$ , מתפשט נגד לחץ חיצוני של 0.3 atm לתוך כלי שנפחו 2.5 ליטר. כמה עבודה מבצע הגז?
- (3) גז חומס 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.

נתונים:

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

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

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

$S^0 = 6.16 \frac{\text{cal}}{\text{mol}} \text{ } ^0K$ . 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  $H_{2(g)} + CO_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} + CO_{(g)}$  , ונתונים :

$$\Delta G_f^0(CO_{2(g)}) = -397.4 \text{ kJ}, \Delta G_f^0(CO_{(g)}) = -137.15 \text{ kJ}, \Delta G_f^0(H_2O_{(g)}) = -228.58 \text{ kJ}$$

א. האם התגובה ספונטנית בטמפרטורת החדר?

ב. חשבו את קבוע שיווי המשקל של התגובה הנתונה.

**12** כמות בלתי-ידועה של  $PCl_5$  חוממה בכלי שנפחו 12 ליטר, ונתונה תגובה אפשרית,  $PCl_{5(g)} \rightarrow PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ . נמצא שבשיווי משקל הכלי מכיל 0.21

מול  $PCl_5$ , 0.32 מול  $PCl_3$  ו-0.32 מול של  $Cl_2$ .

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  $CO$  גזי ומול אחד של מים גזיים עורבבו במיכל בנפח 10 ליטר, שחומם עד  $1000^\circ C$ , והתרחשה התגובה  $CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_{2(g)}$ .

בשיווי משקל נמצאו 0.57 מול של  $CO$ .

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

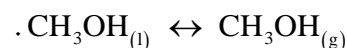
$$P(H_2) = 0.25 \text{ atm}, P(CO) = 1.20 \text{ atm},$$

הלחצים החלקיים :

$$P(H_2O) = 0.66 \text{ atm}, P(CO_2) = 0.78 \text{ atm}$$

**14** נתונים שני גדלים , ונתון שיווי המשקל הבא :

$$\Delta G_f^0(CH_3OH_{(l)}) = -39.73 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$$

$$\Delta G_f^0(CH_3OH_{(g)}) = -38.69 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$$


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

ב. מהו  $\Delta G$  בשיווי משקל?

ג. האם הטמפרטורה שבה תהליך הרתיחה של  $CH_3OH$  ספונטני נמוכה,

גבוהה או שווה לטמפרטורת החדר? נמקו.

(15) נתונים :

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

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

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

- 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 האידיוי 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

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

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

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

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

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

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

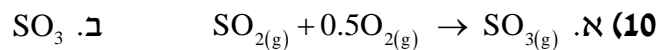
$$\text{א. גדלה. ב. קטנה. ג. גדלה. ד. קטנה. ה. גדלה.} \quad (6)$$

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

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

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

(9) בדיל לבן.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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