

# מבוא להנדסת חומרים



## תוכן העניינים

|    |                               |
|----|-------------------------------|
| 1  | 1. מבנה האטום                 |
| 18 | 2. קשרים כימיים וסוגי החומרים |
| 29 | 3. חישובים סטויכיומטריים      |
| 39 | 4. תכונות הגזים               |
| 46 | 5. תרמוכימיה                  |
| 54 | 6. תרמודינמיקה                |

# מבוא להנדסת חומרים

## פרק 1 - מבנה האטום

### תוכן העניינים

1. המודל הגרעיני של האטום ..... 1
2. ספקטרום אטומי בחלקיקים חד-אלקטרוניים ..... 5
3. מבנה של אטומים מרובי אלקטרוניים ..... 8
4. תכונות מחזוריות של אטומים ..... 13

## המודל הגרעיני של האטום

### שאלות

1) ליון  $^{127}_{52}\text{Te}^{2-}$  :

- מספר מסה 50.
- 127 פרוטונים בגרעין.
- 127 חלקיקים בגרעין.
- 50 פרוטונים.

2) מי מהזוגות הבאים מהווים איזוטופים?



- a בלבד.
- a ו-d.
- a ו-c.
- a ו-b.

3) בחר את הסעיף שבו מופיעים צורונים בעלי אותו מספר האלקטרונים כמו של

אטום קריפטון  $^{36}_{36}\text{Kr}$  :



4) מהי השורה הנכונה מבין הבאות?

| מספר אלקטרונים | מספר נייטרונים | מספר פרוטונים | סמל                        |    |
|----------------|----------------|---------------|----------------------------|----|
| 34             | 45             | 34            | $^{34}_{34}\text{Se}$      | א. |
| 38             | 50             | 40            | $^{88}_{38}\text{Sr}^{2+}$ | ב. |
| 18             | 16             | 15            | $^{18}_{18}\text{Ar}$      | ג. |
| 86             | 210            | 85            | $^{210}_{85}\text{At}^-$   | ד. |

5) לאטום מיונן של יסוד מסוים,  $X^{2+}$ , יש 24 אלקטרונים ו-30 נויטרונים. איזו טענה נכונה:

- א. מספרו האטומי 24 ומספר המסה 54.
- ב. מספרו האטומי 54 ומספר המסה 24.
- ג. מספרו האטומי 56 ומספר המסה 26.
- ד. מספרו האטומי 26 ומספר המסה 56.

6) להלן שלושה חלקיקים:  ${}_{12}^{24}Z^+$ ,  ${}_{11}^{24}Y^+$ ,  ${}_{11}^{23}X^+$ . אילו טענות נכונות:

- א.  $Y^+$  ו- $Z^+$  הם איזוטופים של אותו יסוד.
- ב. ל- $Y^+$  ו- $Z^+$  אותו מספר אלקטרונים.
- ג. ל- $Y^+$  ו- $Z^+$  אותו מספר נייטרונים.
- ד. ל- $X^+$  ו- $Z^+$  אותו מספר נייטרונים.
- ה.  $X^+$  ו- $Y^+$  הם איזוטופים של אותו יסוד.

7) נתונים חמישה צורנים שסומנו באופן שרירותי באותיות הבאות:



- א. אילו מבין הצורנים הנתונים הם איזוטופים?
- ב. לאיזה צורן מספר האלקטרונים הוא הגדול ביותר?
- ג. לאיזה צורן מספר הנייטרונים הוא הגדול ביותר?

8) בטבלה הבאה נתונים חמישה חלקיקים של יסודות:

| חלקיק | מספר פרוטונים | מספר נייטרונים | מספר אלקטרונים |
|-------|---------------|----------------|----------------|
| A     | 10            | 12             | 10             |
| B     | 12            | 12             | 10             |
| C     | 16            | 16             | 16             |
| D     | 17            | 18             | 18             |
| E     | 16            | 18             | 18             |

- א. מהו המטען החשמלי של כל חלקיק?
- ב. האם ישנם איזוטופים בטבלה?

- 9) לפחמן (C) ישנם שלושה איזוטופים יחסית יציבים. מהי הקביעה הלא נכונה:
- א. כל האיזוטופים של פחמן בעלי מטען גרעיני שווה.
- ב. באיזוטופים של פחמן מספר האלקטרונים יכול להיות שונה ממספר הפרוטונים.
- ג. לכל האיזוטופים של פחמן אותו מספר מסה.
- ד. לכל האיזוטופים של פחמן אותו מספר אטומי.

10) בטבלה הבאה נתון ההרכב הגרעיני של החלקיקים הבאים:

| החלקיק         | $A^{-2}$ | $B^{-}$ | C  | $D^{+}$ | E  |
|----------------|----------|---------|----|---------|----|
| מספר פרוטונים  | 13       | 12      | 10 | 13      | 11 |
| מספר נייטרונים | 11       | 12      | 11 | 12      | 14 |

התייחסו לכל אחד מהמשפטים הבאים וציינו האם הוא נכון או לא. נמקו.

- א. ל-E ו- $A^{-2}$  אותו מספר האלקטרונים.
- ב. ל- $B^{-}$  ו- $D^{+}$  אותו מספר האלקטרונים.
- ג. ל-E מספר המסה הגדול ביותר.
- ד.  $A^{-2}$  ו-C הם איזוטופים.
- ה.  $A^{-2}$  ו- $D^{+}$  הם איזוטופים.

11) נתונים החלקיקים הבאים:

| החלקיק   | מספר האלקטרונים | מספר המסה |
|----------|-----------------|-----------|
| $A^{-2}$ | 9               | 19        |
| $B^{+}$  | 6               | 16        |
| $C^{3+}$ | 9               | 22        |
| $D^{3+}$ | 10              | 22        |

ציינו את ההיגד(ים) הנכון(ים):

- א.  $A^{-2}$  ו- $C^{3+}$  הם איזוטופים.
- ב. מטען הגרעין של  $C^{3+}$  זהה לזה של  $D^{3+}$ .
- ג.  $C^{3+}$  ו- $D^{3+}$  הם איזוטופים.
- ד.  $A^{-2}$  ו- $B^{+}$  הם איזוטופים.

## תשובות סופיות

- (1) ג
- (2) ד
- (3) ג
- (4) א
- (5) ד
- (6) ד, ה.
- (7) א.  $T^-, Z, X^{+2}$     ב.  $Y^-$     ג.  $Z$
- (8) א.  $A:0, B:+2, C:0, D:-1, E:-2$     ב. כן, C ו-E.    ג. A
- (9) ג
- (10) ה
- (11) ד

## ספקטרום אטומי בחלקיקים חד-אלקטרוניים

### שאלות

- (1) חשבו את האנרגיה הדרושה לעירור האלקטרון באטום מימן מרמת היסוד לרמת האנרגיה  $n=8$ .
- (2) מהו אורך הגל של הפוטון, שייפלט כשאלקטרון יורד מרמה  $n=4$  לרמת היסוד ביון גזי  $C^{+5}$ ?
- (3) חשבו את אנרגיית היינון (ביחידות J/mol) ממצב היסוד, עבור היונים  $Li^{2+}$  ו- $He^+$ .
- (4) ענו על הסעיפים הבאים:
  - א. ביון  $He^+$  מעורר האלקטרון יורד מרמת האנרגיה  $n=6$  לרמת היסוד. חשבו את אורך הגל של הפוטון באנגסטרם.
  - ב. פוטון באורך גל של  $218.1 \text{ A}$  נקלט על ידי היון  $He^+$ . כתוצאה מכך  $He^+$  הופך ל- $He^{2+}$ , והאלקטרון הנפלט ממשיך לנוע. מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון הנפלט?
- (5) סדרת הקווים הראשונה בתחום האינפרא-אדום, בספקטרום אטומי מימן, נקראת סדרת פֶּשֶׁן. אחד הקווים של סדרה זו מופיע באורך גל של  $1094 \text{ nm}$ . מאיזו רמת אנרגיה בוצע המעבר?  
\* סדרת פֶּשֶׁן (Paschen Series) מראה את המעברים לרמת האנרגיה השלישית מרמות גבוהות יותר.
- (6) ענו על הסעיפים הבאים:
  - א. מהם ערכי האנרגיה עבור ארבע רמות האנרגיה הראשונות בחלקיק  $Li^{+2}$ ?
  - ב. מצאו את אורך הגל המתאים לעירור של יוני  $Li^{+2}$ , מרמת היסוד לרמה  $n=4$ .
  - ג. יוני  $Li^{+2}$ , המעוררים ל- $n=4$ , דועכים לרמות האנרגיה נמוכות יותר, תוך פליטת פוטונים.
    1. כמה קווים ספקטראליים מתקבלים בדעיכה?
    2. איזה קו ספקטראלי, מאלו שנמצאו ב-1, בעל אורך הגל הקצר ביותר? האם העין תוכל להבחין באור שנפלט, אם נתון שאורכי גל הנמצאים בתחום של האור הנראה הם בטווח של  $300\text{nm} - 700\text{nm}$ .

- (7) אטום מימן ברמת היסוד בולע פוטון בעל אורך הגל של  $97.2 \text{ nm}$ , ואחר כך פולט פוטון בעל אורך הגל  $486 \text{ nm}$ .  
מה מספר רמת האנרגיה הסופית בה נמצא האלקטרון?
- (8) חלקיק דמוי מימן במצב היסוד בולע פוטונים באורכי-גל ( $\text{nm}$ ):  $4.8, 2.54, 1.8$ .  
נתון שרק פוטון אחד מבין פוטונים אלה גרם לעירורו, ואילו שאר הפוטונים גרמו לפליטת האלקטרון מהיון הזה. אחד מן הפוטונים שגרם לפליטת האלקטרון הקנה לו מהירות מסוימת, ואילו הפוטון השני הביא לעקירת האלקטרון בלבד.  
א. איזה פוטון גרם לעירור האלקטרון? נמקו.  
ב. 1. איזה פוטון גרם לעקירת האלקטרון? נמקו.  
2. מהו מטען היון שהתקבל, כתוצאה מעקירת האלקטרון?  
ג. חשבו את מהירות תנועת האלקטרון עקב בליעת הפוטון המתאים.
- (9) נתון יון דמוי מימן שהאלקטרון שלו מצוי ברמה מעוררת  $n$ .  
אנרגיית היינון של היון מן הרמה המעוררת היא  $7.65 \text{ eV}$ .  
הקרנה באור עם תדירות של  $6.65 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  גורמת למעבר לרמה המעוררת  $n+1$ .  
חשבו את הרמה  $n$ . האם היון הוא  $\text{Li}^{2+}$  או  $\text{He}^+$ ?
- (10) פוטונים שנפלטו מאדי כספית הם בעלי אורך גל של  $3130 \text{ \AA}$ .  
הפוטונים פוגעים בשפופרת המכילה גז של יוני  $\text{Li}_{(g)}^{+2}$  במצב היסוד.  
האם תיתכן פליטת האלקטרונים מיוני  $\text{Li}_{(g)}^{+2}$ ? במידה וכן, הסבירו.  
במידה ולא, חשבו באיזו רמה מעוררת חייבים יוני  $\text{Li}_{(g)}^{+2}$  להימצא, כדי לקבל את פליטת האלקטרונים מהם.

## תשובות סופיות

- (1) 13.388 eV
- (2) 2.7nm
- (3)  $\text{He}^+ : 523.98 \cdot 10^4 \text{ J/mol}$ ;  $\text{Li}^{2+} : 1178.96 \cdot 10^4 \text{ J/mol}$
- (4) א.  $234 \text{ A}^0$  ב.  $4.02 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
- (5)  $n = 6$
- (6) א.  $-13.6 \text{ eV}$ ,  $-30.6$ ,  $-122.4$ ,  $-7.65$  ב.  $10.81 \text{ nm}$  ג. שישה קווים.  
2. אינו נראה לעין.
- (7)  $n = 2$
- (8) א.  $4.8 \text{ nm}$  ב.  $2.54 \text{ nm}$  ג.  $8.405 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  ד.  $+5$
- (9)  $\text{Li}^{2+}$ ,  $n = 4$
- (10) לא תיתכן פליטת אלקטרונים. רמת האנרגיה מספר 6.

## מבנה של אטומים מרובי אלקטרונים

### שאלות

1) מהן הקביעות הנכונות לגבי שלושת המספרים הקוונטיים בסעיפים הבאים? תקנו את הקביעות הלא נכונות.

א.  $n = 2, \ell = 1, m_\ell = +1$

ב.  $n = 3, \ell = 3, m_\ell = -3$

ג.  $n = 3, \ell = 2, m_\ell = -3$

ד.  $n = 0, \ell = 0, m_\ell = 0$

2) רשמו את הערכים החסרים עבור ארבעת המספרים הקוונטיים הבאים:

א.  $n = ?, \ell = 2, m_\ell = 0, m_s = ?$

ב.  $n = 2, \ell = ?, m_\ell = -1, m_s = -\frac{1}{2}$

ג.  $n = 4, \ell = 1, m_\ell = 2, m_s = ?$

3) כמה אלקטרונים של אטום אחד יכולים להיות בעלי המספרים הקוונטיים הבאים:

א.  $n = 2, \ell = 1$

ב.  $n = 4, \ell = 2, m_\ell = -2$

ג.  $n = 2$

ד.  $n = 3, \ell = 2, m_\ell = +1, m_s = -\frac{1}{2}$

4) איזו מתת-הרמות שלהלן יכולה להתקיים באטום:

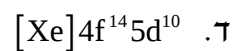
א. 2d

ב. 3f

ג. 6g

ד. 6i

5 נתונות היערכויות אלקטרונים עבור יון  $X^{+2}$  במצב היסוד. רשמו את היערכות האלקטרונים עבור יסוד X.

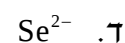
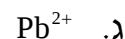
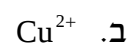


6 איזה צירוף של מספרים קוונטים מתאים לאלקטרון ערכיות (ברמה האחרונה) של אטום Br?

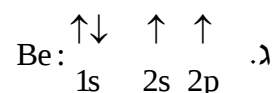
| $m_s$          | $m_l$ | $l$ | $n$ |
|----------------|-------|-----|-----|
| $+\frac{1}{2}$ | 0     | 0   | 4   |
| $+\frac{1}{2}$ | -1    | 1   | 4   |
| $-\frac{1}{2}$ | 0     | 1   | 4   |

ד. כל התשובות נכונות.

7 כתבו את היערכות האלקטרונים במצב היסוד וצינו את מספר האלקטרונים הלא-מזווגים עבור החלקיקים:



8 קבעו אם היערכויות האלקטרונים הבאות מייצגות את מצב היסוד או את המצב המעורר של האטום:



9) להלן מספר היערכויות אפשריות של רמת הערכיות של אטום ניטרלי מסוים. מהו היסוד ואיזו היערכות מייצגת את מצב היסוד שלו?



10) נתונים ארבעה יונים בעלי הקונפיגורציות:



לאילו יונים יש אותו מספר אלקטרונים בלתי מזווגים:

- א. ל-  $Z^{+2}$  ו-  $A^{+5}$ .
- ב. ל-  $X^{+4}$  ו-  $Y^+$ .
- ג. ל-  $A^{+5}$  ו-  $Y^+$ .
- ד. ל-  $Z^{+2}$  ו-  $X^{+4}$ .

11) נתונות היערכויות האלקטרוניות עבור מס' חלקיקים. קבעו אילו מהם נמצאים במצב מעורר, ורשמו עבורם את ההערכות האלקטרונית שמתאימה למצב היסוד.

- א.  $1s^2 2s^1 2p^3$
- ב.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$
- ג.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 3d^1$
- ד.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^3$

12) רשמו את הערכות האלקטרוניים עבור:

- א.  $Ge^{2+}$
- ב.  $Mn^+$
- ג.  $Ba^{2+}$
- ד.  $Au^+$

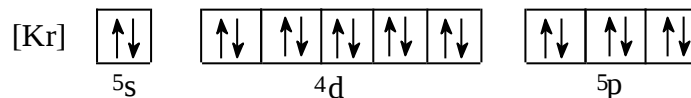
13) אילו מהקונפיגורציות הבאות לא יכולות להתקיים על פי חוק פאולי?

- א.  $1s^2 2s^3 2p^3$   
 ב.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$   
 ג.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^6$   
 ד.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$   
 ה.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1 4s^2 3d^{14}$

14) איזה היגד נכון, לאלקטרון שיש לו את המספרים הקוונטיים  $\ell = 2, m_\ell = 0$  :

- א. האלקטרון חייב להימצא באורביטל  $3d$ .  
 ב. האלקטרון יכול להימצא באורביטל  $3p$ .  
 ג. האלקטרון יכול להימצא באחד מחמישה אורביטלי  $d$  (בעלי אנרגיה שווה) ה"פזורים" במרחב שמסביב לאטום.  
 ד. האלקטרון יכול להיות שייך לאטום סידן,  $Ca$ .

15) ליסוד מסוים  $X$  יש את המערך האלקטרוני הבא :



מה ניתן ללמוד מכך על היסוד  $X$  ?

- א. ל- $X$  יש אורביטלי  $d$  ו- $f$  ריקים.  
 ב. ביכולתו של  $X$  ליצור תרכובות יוניות עם מתכות.  
 ג.  $X$  שייך לגוש  $d$ , מכיוון שאורביטל  $d$  מאוכלס באלקטרונים.  
 ד. הרמה הרביעית של  $X$  **מלאה**.  
 ה. ל- $X$  מערך אלקטרוני דומה למערך האלקטרוני של  $Kr$ , ולכן שניהם שייכים לאותה "משפחה".

16) איזה מהמשפטים הבאים **אינו** נכון :

- א. מספר ערכי  $\ell$  האפשריים עבור  $n=3$  שווה ל-3.  
 ב. מספר האורביטלים בעלי המספרים הקוואנטים  $\ell=1, n=3$ , הוא 3.  
 ג. מספר האלקטרונים המקסימלי הניתנים לאכלוס באורביטלים המאופיינים במספרים הקוואנטים  $\ell=1, n=2$ , שווה ל-3.  
 ד. מספר ערכי  $m_\ell$  עבור  $\ell=1$ , שווה ל-3.

## תשובות סופיות

(1) א

(2) א.  $n \geq 3$ ;  $m_s = \pm \frac{1}{2}$ ; ב.  $\ell = 1$ ; ג.  $m_s = \pm \frac{1}{2}$ ;  $m_\ell = -1, 0, 1$ 

(3) א. 6 ב. 2 ג. 8 ד. 1

(4) ג

(5) א.  $[\text{Ar}]3d^7 4s^2$  ב.  $[\text{Kr}]4d^7 5s^2$  ג.  $[\text{Kr}]4d^{10} 5s^2 5p^2$ ד.  $[\text{Xe}]4f^{14} 5d^{10} 6s^2$ 

(6) ד

(7)  $\text{Ga}^+$  : אין אלקטרונים בלתי מזווגים;  $\text{Cu}^{2+}$  : אלקטרון אחד בלתי מזווג;  
 $\text{Pb}^{2+}$  : אין אלקטרונים בלתי מזווגים;  $\text{Se}^{2-}$  : אין אלקטרונים בלתי מזווגים.

(8) א-ג. מצב מעורר. ד. מצב היסוד.

(9) ד; יסוד Ge.

(10) ב

(11) א, ג, ד.

(12) א.  $[\text{Ar}]4s^2 3d^{10}$  ב.  $[\text{Ar}]4s^1 3d^5$  ג.  $[\text{Kr}]5s^2 4d^{10} 5p^6$ ד.  $[\text{Xe}]5d^{10}$ 

(13) א, ג, ה.

(14) ג

(15) א, ג.

(16) ג

## תכונות מחזוריות של אטומים

### שאלות

- 1) מה לא נכון לגבי אטומי כלור וזרחן?
- רדיוס אטומי של כלור גדול מזה של זרחן.
  - אנרגיית היינון הראשונה של זרחן נמוכה מזו של כלור.
  - האטומים האלה שייכים לגוש p בטבלה המחזורית.
  - אלקטרושליליות של אטומי כלור גבוהה מזו של אטומי זרחן.
- 2) מהי הקביעה הלא נכונה לגבי גודל הצורון:
- $R(S^{-2}) > R(Ar)$
  - $R(Si^{+4}) < R(Ar)$
  - $R(Se^{-2}) < R(S^{-2})$
  - $R(Se^{-2}) > R(Ar)$
- 3) אנרגיית היינון הראשונה של רובידיום (Rb) שווה ל-403 kJ/mol, ושל סידן (Ca) 590 kJ/mol. לכן, אנרגיית היינון הראשונה של אשלגן (K) תהיה:
- גבוהה מ-590 kJ/mol.
  - נמוכה מ-403 kJ/mol.
  - גבוהה מ-403 kJ/mol, אך נמוכה מ-590 kJ/mol.
  - לא ניתן לקבוע לפי נתוני השאלה.
- 4) הסיבות להבדל בין אנרגיית היינון של  $Al^+$  לאנרגיית היינון של  $Mg^+$ , היא:
- מספר הנייטרונים בגרעין של  $Al^+$  גדול יותר ממספר הנייטרונים בגרעין של  $Mg^+$ .
  - מטען הגרעין של  $Al^+$  גדול ממטען הגרעין של  $Mg^+$ .
  - יון  $Mg^+$  מכיל אלקטרון s אחד, בעוד ש- $Al^+$  מכיל שני אלקטרונים s.
  - מספר האלקטרונים שמכיל  $Al^+$  גדול ממספר האלקטרונים שמכיל  $Mg^+$ .

- 5) איזו קביעה מבין הבאות מדגישה ביותר את יציבות אלקטרוני ה- $p$  :
- א. הזיקה האלקטרונית של אטומי פלואור (F) גבוהה מזו של אטומי חמצן (O).
- ב. אנרגיית היינון הראשונה של חנקן (N) גבוהה מזו של אטומי זרחן (P).
- ג. אנרגיית היינון השנייה של חמצן (O) גבוהה מזו של אטומי פלואור (F).
- ד. הזיקה האלקטרונית של אטומי בריליום (Be) גבוהה מזו של אטומי בור (B).

- 6) סדרו את החלקיקים הבאים לפי סדר עולה של נפחם, ונמקו :

א. S, P, O, Se, As

ב.  $N^{-3}$ ,  $F^-$ ,  $O^{-2}$ , Ne

ג.  $K^+$ ,  $S^{-2}$ ,  $Cl^-$ ,  $P^{-3}$

- 7) נתונים ארבעה יסודות מהשורה השלישית במערכת המחזורית : A, B, C, D. בטבלה שלהלן רשומות אנרגיות היינון העוקבות של אטומים אלו :

| A     | B     | C     | D     | יסודות<br>אנרגיית היינון |
|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| 578   | 496   | 789   | 738   | $E_1$                    |
| 1817  | 4563  | 1573  | 1451  | $E_2$                    |
| 2745  | 6913  | 3232  | 7733  | $E_3$                    |
| 11578 | 9594  | 4356  | 10541 | $E_4$                    |
| 14831 | 13352 | 16091 | 13629 | $E_5$                    |

- א. באיזה טור נמצא כל יסוד?
- ב. רשמו את המערך האלקטרוני עבור היסודות A, B, C, D.
- ג. הסבירו מדוע
- $E_1(D) > E_1(B)$ ;  $E_1(D) > E_1(A)$ ;  $E_2(D) > E_1(D)$ ;  $E_2(B) > E_2(D)$

**8) נתונה טבלה מחזורית שבה חלק מהיסודות סומנו באותיות באופן שרירותי, כאשר המיקום המקורי חופף למיקום האות שכתובה בו.**

[illegible]

- א. 1. רשמו את ההערכות האלקטרוניות (**המלאה**) של  $X$  ו- $L^{+2}$ .  
2. כמה אורביטלים מכל סוג מאוכלסים באלקטרונים (אכלוס מלא או חלקי) מכיל יסוד  $Y$ ?
- ב. ל- $X$  מתאימים שלושה יונים יציבים:  $X^{-3}$ ;  $X^{+3}$ ;  $X^{+5}$ .
1. רשמו את ההערכות האלקטרוניות (**המלאה**) עבורם.  
2. סדרו את היונים לפי רדיוס עולה.
- ג. לאיזה יסוד זיקה אלקטרונית גבוהה יותר? הסבירו.
1.  $X$  או  $E$ ?  
2.  $Y$  או  $X$ ?

- 9) נתונים היסודות מגנזיום (Mg), בריום (Ba), זרחן (P), חמצן (O), גופרית (S), פחמן (C) וחנקן (N).  
בטבלה שלהלן מובא רדיוס של שבע יסודות שסומנו באותיות באופן שרירותי:  
א. התאימו את היסודות לאותיות.  
ב. סדרו את היסודות על פי אנרגיית היינון שנייה, והסבירו.  
ג. לאיזה יסוד זיקה אלקטרונית נמוכה יותר? הסבירו.  
1. גופרית או זרחן.  
2. חנקן או פחמן.

| X    | Y    | Z    | W    | R    | L    | M    | יסוד         |
|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| 1.36 | 1.10 | 1.98 | 0.70 | 1.04 | 0.72 | 0.77 | רדיוס<br>[Å] |

10) שישה יסודות בעלי מספרים אטומיים עוקבים, סומנו באופן שרירותי באותיות U, V, W, X, Y, Z. ליסוד U המספר האטומי הקטן ביותר, וליסוד Z הגדול ביותר. בטבלה להלן מובאים אנרגיות היינון הראשונות של היסודות X, W ו-Y:

| יסוד | אנרגיית היינון הראשונה, בערכי $\frac{\text{kJ}}{\text{mole}}$ |
|------|---------------------------------------------------------------|
| W    | 1251                                                          |
| X    | 1521                                                          |
| Y    | 419                                                           |

- א. קבעו לאיזה טור במערכה המחזורית שייך כל אחד מהיסודות מ-U עד Z.
- ב. 1. האם אנרגיית היינון של Z תהיה גבוהה מזו של Y או נמוכה ממנה? נמקו.
2. האם אנרגיית היינון הראשונה של U תהיה גבוהה מזו של V או נמוכה ממנה? נמקו.
- ג. סדרו את היסודות U, V, W, X, Y, Z, לפי אנרגיית יינון שנייה.
- ד. סדרו את היסודות U, V, W, X, Y, Z, לפי נפח אטומי עולה.

## תשובות סופיות

(1) א

(2) ג

(3) ג

(4) ב, ג.

(5) ג

(6) א.  $O < S < P < Se < As$  ; ב.  $Ne < F^- < O^{2-} < N^{3-}$  ; ג.  $K^+ < Cl^- < S^{2-} < P^{3-}$ 

(7) א. A – טור 3 ; B – טור 1 ; C – טור 4 ; D – טור 2.

ב.  $A: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ ,  $B: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$  $C: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ ,  $D: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ (8) א. 1.  $L^{2+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2$ ,  $X: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^3$ א. 2.  $s - 4$ ;  $p - 8$ ;  $d - 5$ ב. 1.  $X^{5+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$ ,  $X^{3+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$  $X^{3-}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$ 2.  $X^{5+} < X^{3+} < X^{3-}$ 

(9) א. X – Mg; Y – P; Z – Ba; M – C; L – N; W – O; R – S

ב. 1. ג. S .2 C Ba &lt; Mg &lt; P &lt; S &lt; C &lt; N &lt; O

(10) א. U – טור 5 ; V – טור 6 ; W – טור 7 ; X – טור 8 ; Y – טור 1 ; Z – טור 2.

ב. 1. Z .2 גבוהה.

ג.  $Z < U < W < V < X < Y$ ד.  $X < W < V < U < Z < Y$

# מבוא להנדסת חומרים

פרק 2 - קשרים כימיים וסוגי החומרים

תוכן העניינים

- 1. קשר יוני..... 18
- 2. קשר קוולנטי..... 22
- 3. סוגי הקשרים הכימיים בין חלקיקים..... 25

## קשר יוני

## שאלות

1) ליסוד M סדר אנרגיות יינון עוקבות (ב-eV):

0.98, 1.42, 2.02, 9.30, 10.2, 12.1,...

נוסחת התחמוצת (תרכובת עם חמצן) של מתכת M הסבירה ביותר היא:

א.  $\text{MO}_2$

ב.  $\text{M}_2\text{O}_3$

ג.  $\text{M}_3\text{O}_2$

ד.  $\text{M}_2\text{O}$

2) בטבלה שלהלן נתונים ערכי אנרגיות היינון הראשונות של חמישה יסודות עוקבים בטבלה מחזורית. היסודות סומנו באופן שרירותי באותיות E – A:

| היסוד                  | E   | D   | C    | B    | A    |
|------------------------|-----|-----|------|------|------|
| אנרגיית היינון הראשונה | 590 | 420 | 1520 | 1250 | 1000 |

איזו נוסחה נכונה:

א. DO

ב. EO

ג.  $\text{A}_2\text{O}_3$

ד.  $\text{BO}_2$

3) לתחמוצת של מתכת X נוסחה  $\text{X}_2\text{O}_3$ . לפי נתון זה, נצפה עבור מתכת X להפרש הגדול ביותר בין אנרגיית היינון ה\_\_\_\_\_ לאנרגיית היינון ה\_\_\_\_\_.

א. ראשונה שנייה.

ב. שנייה, שלישית.

ג. שלישית, רביעית.

ד. רביעית, חמישית.

4) הדירוג, עבור ארבעת החומרים היוניים, על פי סדר עולה של נקודת ההיתוך הוא:

א.  $\text{MgO} > \text{KCl} > \text{RbBr} > \text{RbI}$

ב.  $\text{MgO} > \text{RbI} > \text{KCl} > \text{RbBr}$

ג.  $\text{RbBr} > \text{RbI} > \text{MgO} > \text{KCl}$

ד.  $\text{KCl} > \text{RbBr} > \text{RbI} > \text{MgO}$

5) נתונות שתי תרכובות יוניות שנוסחתן היא: a)  $\text{Na}(\text{MnO}_4)$ , b)  $\text{Ca}_3(\text{CoF}_6)_2$ . סמנו את התשובה הנכונה המתייחסת למטען היונים המוקפים בסוגריים:

א.  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{CoF}_6^{2-}$

ב.  $\text{MnO}_4^{2-}$ ,  $\text{CoF}_6^{2+}$

ג.  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{CoF}_6^{3-}$

ד.  $\text{MnO}_4^{3+}$ ,  $\text{CoF}_6^{3-}$

6) נתונה התרכובת היונית  $\text{AB}_3$ .

ידוע שהרדיוס האטומי של A הוא  $0.97\text{\AA}$ , ואילו הרדיוס היוני שלו הוא  $1.12\text{\AA}$ .  
הרדיוס האטומי של B הוא  $0.89\text{\AA}$  והרדיוס היוני שלו  $0.75\text{\AA}$ .

א. מהו מטענו של האניון בתרכובת הזו?

ב. היסודות בטבלת אנרגיות היינון הבאה לקוחים מהשורה השלישית של המערכה המחזורית.

זהו את היסודות בטבלה ופרטו מדוע, וזהו את היסוד B שבתרכובת.

| אנרגיות ינון, בערכי kJ/mol | יסוד 3 | יסוד 2 | יסוד 1 |
|----------------------------|--------|--------|--------|
| $E_1$                      | 580    | 790    | 500    |
| $E_2$                      | 1820   | 1580   | 4560   |
| $E_3$                      | 2740   | 3230   | 6910   |
| $E_4$                      | 11580  | 4360   | 9540   |
| $E_5$                      | 14830  | 16090  | 13350  |

7) נתונה הטבלה הבאה:

| חומר | נקודת ההיתוך | מסיסות במים |
|------|--------------|-------------|
| BaS  | 1200         | זניחה       |
| MgS  |              | זניחה       |
| RbCl | 718          | גבוהה       |
| RbI  |              | גבוהה       |

מהי נקודת ההיתוך (ב- $^\circ\text{C}$ ) המתאימה ביותר ל MgS ו-RbI?

א. 2050 ו-640.

ב. 1050 ו-640.

ג. 2050 ו-850.

ד. 1050 ו-850.

**(8) מהי הקביעה הלא נכונה :**

- א. כאשר מוספים תמיסת  $Rb_2CO_3$  לתמיסה של  $BaS$  לא מבחנים במשקע.
- ב. כאשר מוספים תמיסת  $Rb_2S$  לתמיסה של  $RbI$  לא מבחנים במשקע.
- ג. כאשר מוספים תמיסת  $Rb_2CO_3$  לתמיסה של  $RbI$  לא מבחנים במשקע.
- ד. כאשר מוספים תמיסת  $RbCl$  לתמיסה של  $RbI$  לא מבחנים במשקע.

**(9) מהי הנוסחה האמפירית של התרכובות הבאות :**

- א. מגנזיום ארסני.
- ב. אינדיום גופרי.
- ג. אלומיניום הידריד.
- ד. הידרוקסיד של ביסמות (3).
- ה. סידן חנקתי.
- ו. סידן זרחתי.

## תשובות סופיות

(1) ב

(2) ב

(3) ג

(4) א

(5) ג

(6) א. 3- ב. Na – B; 3 – Al; 2 – Si; 1 – Na

(7) א

(8) א

(9) א.  $Mg_3As_2$  ב.  $In_2S_3$  ג.  $AlH_3$  ד.  $Bi(OH)_3$ ה.  $Ca(NO_3)_2$  ו.  $Ca_3(PO_4)_2$

## קשר קוולנטי

## שאלות

1) רשמו את נוסחאות לואיס עבור:  $\text{CH}_3\text{SH}$ ,  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{SbCl}_5$ ,  $\text{AsOCl}_3$ ,  $\text{OCCl}_2$ .

2) רשמו את מבנה לואיס עבור החלקיקים הבאים וציינו את המבנים הרזונטיביים:  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NCO}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ .

3) נתונים החלקיקים הבאים:  $\text{ICl}_5$ ,  $\text{I}_3^-$ ,  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{SnH}_4$ ,  $\text{NOCl}$ ,  $\text{C}_2\text{F}_4$ ,  $\text{ICl}_2^+$ . לגבי כל חלקיק קבעו:

א. את סוג ההכלאה של האטום המרכזי.

ב. את המבנה המרחבי.

ג. האם החלקיק בעל דו-קוטב קבוע?

4) נתונים הצורנים  $\text{PSCl}_3$  ו-  $\text{SCl}_5^+$ .

א. הציגו להם את מבנה לואיס היציב ביותר.

ב. קבעו את ההכלאה של האטום המרכזי בכל אחד מהצורנים.

ג. מהי הצורה הגיאומטרית של כל צורן?

5) נתונים מבנים רזונטיביים עבור התרכובת  $\text{H}_2\text{CSO}$ , מסומנים ב- A-E:



כמו כן נתונים ערכי אלקטרושליליות:

| אטום          | חמצן, O | גופרית, S | פחמן, C |
|---------------|---------|-----------|---------|
| אלקטרושליליות | 3.5     | 2.5       | 2.5     |

א. סדרו את המבנים הנ"ל לפי יציבותם, מהנמוכה לגבוהה יותר.

ב. התייחסו למבנה היציב ביותר וקבעו את ההכלאה של כל אטום מרכזי ואת הצורה הגיאומטרית סביבו.

6) העריכו את זוויות הקשרים שהאטום המרכזי מעורב בהם בחלקיקים:



7) נתונים שלושה חלקיקים:  $O_2^+$ ,  $O_2^-$  ו-  $O_2^{2-}$ .

א. כתבו את היערכות אורביטלי הערכיות המולקולריים בחלקיקים אלה.

ב. מהו סדר הקשר בכל צורון?

ג. האם הצורנים הללו הם פאראמגנטיים או דיאמגנטיים?

8) נתונים החלקיקים  $CF^-$ ,  $CF$ ,  $CF^+$ .

א. סדרו את החלקיקים בסדר עולה, לפי אורך הקשר  $C-F$ .

ב. האם חלקיקים אלה הם פאראמגנטיים או דיאמגנטיים?

9) נתונים החלקיקים הבאים:  $He_2$ ,  $He_2^+$ ,  $H_2$ .

א. היעזרו בהיערכות האלקטרונים באורביטלים המולקולריים, והשוו את החלקיקים הנ"ל לפי יציבותם.

ב. האם אפשרי קיומם של חלקיקים אלה בתנאים תקינים? במידה ולא,

האם ניתן להכינם בתנאים מיוחדים?

10) איזו מהמולקולות הבאות בעלת הקשר החזק ביותר:  $B_2$ ,  $C_2$ .

הערה: היעזרו במערך האלקטרונים באורביטלים המולקולריים.

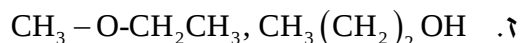
## תשובות סופיות

- (1) ראו סרטון באתר.
- (2) ראו סרטון באתר.
- (3)  $SP^3: ICl_2^+$ , זוויתי, קוטבי;  $SP_2: C_2F_4$ , משולש מישורי, לא קוטבי;  
 $SP^2: NOCl$ , זוויתי, קוטבי;  $SP^3: SnH_4$ , טטרהדר, לא קוטבי;  
 $SP^3: PCl_3$ , פירמידה משולשת, קוטבי;  $SP^3d: I_3^-$ , קווי, לא קוטבי;  
 $SP^3d^2: ICl_5$ , פירמידה מרובעת, קוטבי.
- (4)  $SP^3d: SCl_5^+$ , דו-פירמידה משולשת;  $SP^3: PSCl_3$ , טטרהדר.
- (5) א.  $E > C = A > D > B$ . ב.  $SP^2$ , משולש מישורי וזוויתי.
- (6) א.  $120^\circ >$ . ב.  $180^\circ$ . ג.  $180^\circ >$ . ד.  $120^\circ >$ .
- (7)  $BO = 1.5$ , פאראמגנטי;  $O_2^-$ :  $\sigma_{1s}^2 \sigma_{1s}^{*2} \sigma_{2s}^2 \sigma_{2s}^{*2} \sigma_{2p}^2 \pi_{2p}^4 \pi_{2p}^{*3}$   
 $BO = 2.5$ , פאראמגנטי;  $O_2^+$ :  $\sigma_{1s}^2 \sigma_{1s}^{*2} \sigma_{2s}^2 \sigma_{2s}^{*2} \sigma_{2p}^2 \pi_{2p}^4 \pi_{2p}^{*1}$   
 $BO = 1$ , דיאמגנטי;  $O_2^{2-}$ :  $\sigma_{1s}^2 \sigma_{1s}^{*2} \sigma_{2s}^2 \sigma_{2s}^{*2} \sigma_{2p}^2 \pi_{2p}^4 \pi_{2p}^{*4}$
- (8) א.  $CF^+ < CF < CF^-$ . ב.  $CF^+$  – דיאמגנטי;  $CF$  ו-  $CF^-$  – פאראמגנטיים.
- (9) א.  $He_2 < He_2^+ < H_2$ . ב.  $He_2$  קיים רק במצב מעורר.
- (10)  $C_2$

## סוגי הקשרים הכימיים בין חלקיקים

### שאלות

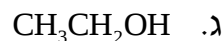
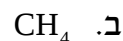
1) בכל אחד מהזוגות שלהלן, קבעו איזה משני החומרים הוא בעל טמפרטורת היתוך גבוהה יותר. נמקו.



2) הסבירו את התופעות הבאות:



3) אילו מהמולקולות הבאות נוטות ליצור קשרי מימן:



4) הסבירו כל אחת מהעובדות הבאות:



5) נתונות התרכובות הבאות:  $\text{CH}_3\text{NH}_2$  ו- $\text{C}_3\text{H}_6$ .

מהי הקביעה הנכונה?

- ל- $\text{C}_3\text{H}_6$  טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר, כיוון שבמולקולות קיים קשר כפול.
- ל- $\text{CH}_3\text{NH}_2$  טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר, כיוון שהמולקולות בעלות דו-קוטב קבוע.
- ל- $\text{CH}_3\text{NH}_2$  טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר, כיוון שהקשרים הבין-מולקולריים חזקים יותר.
- לשתי התרכובות טמפרטורות הרתיחה קרובות בערך, כיוון שלשתי התרכובות מולקולות הדומות במבנה ובגודל ענן האלקטרונים.

6) בין אילו מולקולות לא יכולים להתפתח קשרי מימן:

- כאשר מכניסים די מתיל אתר,  $\text{O}(\text{CH}_3)_2$ , לתוך מים.
- כאשר מכניסים טרי מתיל אמין,  $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ , לתוך אתנול,  $\text{CH}_3\text{OH}$ .
- כאשר מכניסים טרי מתיל אמין,  $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ , לתוך די מתיל אתר,  $\text{O}(\text{CH}_3)_2$ .
- כאשר מכניסים טרי מתיל אמין,  $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ , לתוך מים.

7) איזו קביעה מהבאות אינה נכונה:

- נקודת היתוך של Na גבוהה מזו של Mg.
- נקודת היתוך של MgS גבוהה מזו של  $\text{SO}_2$ .
- נקודת הרתיחה של  $\text{SO}_3$  גבוהה מזו של  $\text{O}_3$ .
- נקודת הרתיחה של  $\text{SO}_3$  נמוכה מזו של  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .

8) נתונים שלושת החומרים: A, B ו-C בעלי מסה מולרית דומה.

אילו היגדים נכונים עבור חומרים אלה?



A



B



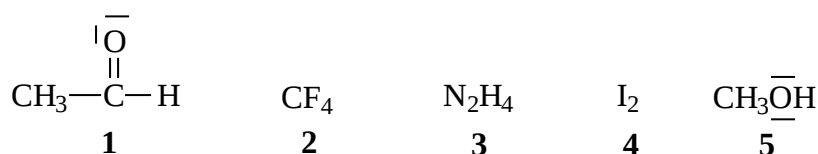
C

- מבין שלושת החומרים, ל-A יש את נקודת הרתיחה הגבוהה ביותר.
- A ו-B יכולים ליצור קשרי מימן עם מולקולות מים.
- בכל שלושת החומרים יש קיטוב (דיפול) קבוע.
- מולקולות של C יוצרות קשרי מימן בין לבין עצמן.

9) נתונים ארבעה חומרים ונקודות רתיחה (נתונות ב-K). מהו הדירוג הנכון?

| $\text{Cl}_2$ | $\text{ClNO}$ | $\text{N}_2$ | $\text{CCl}_4$ |    |
|---------------|---------------|--------------|----------------|----|
| 267           | 350           | 77           | 239            | א. |
| 239           | 267           | 77           | 350            | ב. |
| 239           | 350           | 77           | 267            | ג. |
| 77            | 267           | 239          | 350            | ד. |

10) נתונים חמישה חומרים:



מהם שני ההיגדים הנכונים?

- בין חומר 1 לחומר 5 יתכנו קשרי מימן.
- מולקולות 2 ו-4 הן קוטביות.
- בין חומר 1 לחומר 2 יתכנו קשרי מימן.
- מולקולות של חומר 1 יוצרות קשרי מימן ביין לבין עצמן.
- מולקולות של חומר 3 יוצרות קשרי מימן ביין לבין עצמן.

11) נתונים שבעה חומרים המסומנים שרירותית באותיות A-G:

| מוליכות<br>במצב נוזל | מוליכות<br>במצב מוצק | מסיסות<br>ב- $\text{CHCl}_3$ | מסיסות<br>ב- $\text{CS}_2$ | מסיסות<br>במים | החומר |
|----------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------|----------------|-------|
| +                    | -                    | -                            | -                          | +              | A     |
| +                    | +                    | -                            | -                          | +              | B     |
| -                    | -                    | מוגבלת                       | +                          | -              | C     |
| -                    | -                    | -                            | -                          | +              | D     |
| -                    | -                    | +                            | מוגבלת                     | מוגבלת         | E     |
| +                    | -                    | -                            | -                          | -              | F     |
| +                    | +                    | -                            | -                          | -              | G     |

- זהו את החומרים מתוך הרשימה הבאה:  
 $\text{HCN}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{AgCl}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{K}$
- סדרו את החומרים המולקולריים לפי נקודת הרתיחה עולה. נמקו.
- הסבירו את העובדות הבאות:
  - $\text{Tb}(\text{NH}_3) < \text{Tb}(\text{N}_2\text{H}_4) < \text{Tb}(\text{P}_4)$  (כאשר  $\text{Tb}$  היא טמפרטורת הרתיחה).
  - G מוליך זרם חשמלי במצב מוצק ונוזל ו-A מוליך במצב נוזל בלבד.

## תשובות סופיות

- (1) א.  $\text{NH}_3$     ב.  $\text{KCl}$     ג.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$     ד.  $\text{CHCl}_3$   
 ה.  $\text{SiO}_2$     ו.  $\text{I}_2$     ז.  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{OH}$   
 (2) א. קשרי מימן.    ב. כוחות לונדון.  
 ג. כוחות דיפול-דיפול.    ד. קשרי מימן.  
 (3) ג, ה.  
 (4) א. חוזק כוחות לונדון.  
 ב. יכולת ליצור קשרי לונדון עם  $\text{CS}_2$  ואי-יכולת ליצור קשרי מימן עם מים.  
 ג. נוכחות אלקטרונים חופשיים במוצק מתכתי והיעדר יונים חופשיים במוצק יוני.  
 ד. יכולת היווצרות קשרי מימן.  
 (5) ג  
 (6) ג  
 (7) א  
 (8) א, ב, ג.  
 (9) ב  
 (10) א, ה.  
 (11) א.  $\text{A: NaCl; B: K; C: C}_2\text{H}_4; \text{D: N}_2\text{H}_4; \text{E: HCN; F: AgCl; G: Cu}$   
 ב.  $\text{C}_2\text{H}_4 < \text{HCN} < \text{N}_2\text{H}_4$   
 ג. 1. חוזק קשרי לונדון וקשרי מימן.  
 2. נוכחות אלקטרונים חופשיים בחומר מתכתי, ונוכחות יונים חופשיים בנוזל יוני.

# מבוא להנדסת חומרים

## פרק 3 - חישובים סטויכיומטריים

### תוכן העניינים

1. מעברים בין שיטות שונות של הבעת כמות החומר. 29
2. קביעת נוסחה אמפירית ומולקולרית של החומר. 31
3. חישובים סטויכיומטריים לפי משוואה כימית. 33
4. חישובים סטויכיומטריים בתמיסות. 35

## מעברים בין שיטות שונות של הבעת כמות החומר

### שאלות

- 1 א. מסה של 0.00227 מול,  $\text{XOF}_3$ , היא 0.236 גרם.  
מהי מסה אטומית יחסית של X?  
ב. חשבו את אחוז החמצן ב-  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ .  
ג. כמה מולקולות של גופרית דו חמצנית ( $\text{SO}_2$ ) יש ב-1.5 ק"ג של תרכובת זו?
- 2 א. כמה אטומי זרחן נמצאים במיליגרם אחד של  $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2$ ?  
ב. כמה אטומים בסך הכל (מימן וחמצן) ישנם ב-10 גרם מים  $\text{H}_2\text{O}$ ?  
ג. כמה אטומי חמצן ישנם בקילוגרם אוזון  $\text{O}_3$ ?
- 3 א. חשבו את מספר אטומי החמצן (O) בגרם אחד של  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .  
ב. חשבו את מספר היונים ב-1.5 מול של  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .
- 4 מה מכיל יותר חלקיקים?  
א. 5 גרם של  $\text{H}_2$  או 5 גרם של  $\text{O}_2$ .  
ב. 20 גרם  $\text{H}_2$  או 20 גרם של  $\text{Mg}$ .  
ג. מול  $\text{CO}_2$  או מול  $\text{CO}$ .
- 5 אילו קביעות נכונות:  
א. מספר האטומים ב-18 גרם מים גדול מזה שב-44 גרם  $\text{CO}_2$ .  
ב. מסה של 200 מולקולות  $\text{O}_2$  שווה למסה של 200 מולקולות  $\text{N}_2$ .  
ג. מסה של שני מול  $\text{O}_2$  קטנה מזו של שני מולי פחמן.  
ד. מספר האטומים ב-36 גרם של מים קטן מזה שב-36 גרם של  $\text{CO}_2$ .  
ה. מספר המולקולות ב-44 גרם של  $\text{CO}_2$  קטן ממספר המולקולות ב-44 גרם של מים.
- 6 כמה גרם אטומי חנקן (N) נמצאים ב-:  
א. 5 גרם  $\text{NH}_3$ .  
ב. 5 גרם  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

- 7) באיזו כמות של  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (ב-g) נמצאת אותה כמות של אטומי חמצן, כמו ב-41 גרם של  $\text{H}_2\text{SO}_3$  ?

### תשובות סופיות

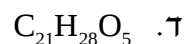
- 1) א. 31 גרם/מול. ב. 32.48% ג.  $141.09 \cdot 10^{23}$  מולקולות.
- 2) א.  $3.28 \cdot 10^{18}$  אטומי זרחן. ב.  $10.03 \cdot 10^{23}$  אטומים. ג.  $376.25 \cdot 10^{23}$  אטומי חמצן.
- 3) א.  $0.246 \cdot 10^{23}$  אטומי חמצן. ב.  $45.15 \cdot 10^{23}$  יונים.
- 4) א. 5 גרם של  $\text{H}_2$ . ב. 20 גרם של  $\text{H}_2$ . ג. מספר החלקיקים שווה.
- 5) ה
- 6) א. 4.118 גרם. ב. 1.75 גרם.
- 7) 36.75 גרם.

## קביעת נוסחה אמפירית ומולקולרית של החומר

### שאלות

(1) קבעו את הנוסחה האמפירית של תרכובת בעלת ההרכב (באחוזים משקליים):  
אשלגן (K): 39.7%, מנגן (Mn): 27.9% וחמצן (O): 32.5%.

(2) נתון הרכב משקלי של תרכובת אורגנית קורטיזון:  
69.69% של פחמן (C), 7.83% של מימן (H), 22.21% של חמצן (O).  
ידוע שמסתה המולרית של התרכובת היא 360 גרם למול.  
מהי נוסחתה המולקולרית של קורטיזון?



(3) דוגמת תרכובת במשקל 1.66 גרם, המכילה פחמן, מימן וחנקן, נשרפה בחמצן והתקבלו 4.63 גרם  $CO_2$ , 0.928 גרם  $H_2O$  ועוד תוצר שמכיל חנקן בלבד.  
מצאו את הנוסחה האמפירית של החומר.

(4) אחרי תגובת 1 מול של תרכובת אורגנית עם 3 מול NaOBr התקבלו 3 מול NaBr, שני מול מים, 1 מול  $N_2$  ו-1 מול  $CO_2$ .  
קבעו את הנוסחה המולקולרית של התרכובת האורגנית.

(5) בשריפה מלאה של תרכובת שמורכבת מפחמן וגופרית התקבלו 1.042 גרם של פחמן דו חמצני ( $CO_2$ ), 0.1705 גרם של מים ו-0.3031 גרם של גופרית דו-חמצנית ( $SO_2$ ).

א. מצאו את הנוסחה האמפירית של התרכובת.

ב. חשבו את האחוז המשקלי של גופרית בתרכובת.

ג. חשבו את המסה של החמצן שדרוש לתגובת השריפה שהתרחשה.

ד. בתגובה זו הגיבו  $2.37 \times 10^{-3}$  מולים של התרכובת.

1. חשבו את המסה המולרית שלה.

2. מהי הנוסחה המולקולרית של התרכובת?

- 6) דוגמה של 0.206 גרם תרכובת אורגנית נתנה, בשריפה מלאה, 0.494 גרם  $\text{CO}_2$  ו-0.1011 ג' מים.  
קבעו את הנוסחה האמפירית והמולקולרית של התרכובת, אם המשקל המולקולרי הוא 110 י.מ.א (יחידת מסה אטומית).

## תשובות סופיות

- |                                     |                                                                          |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                                     | 1) $\text{K}_2\text{MnO}_4$                                              |
|                                     | 2) ד                                                                     |
|                                     | 3) $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$                                        |
|                                     | 4) $\text{CH}_4\text{ON}_2$                                              |
| א. $\text{C}_5\text{S}$             | 5) 34.78% ב. ג. 1.06 גרם. ד. 192.2 גרם/מול. ה. $\text{C}_{10}\text{S}_2$ |
| 6) $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$ |                                                                          |

## חישובים סטויכיומטריים לפי משוואה כימית

### שאלות

1) ניתן לפרק  $N_2O_5$  גזי ל-  $NO_2$  וחמצן גזי. כמה מולים של חמצן מתקבלים בפירוק מלא של 54 גרם של  $N_2O_5$  :

א. 0.125

ב. 0.250

ג. 0.500

ד. 0.750

2) נתונה התגובה  $4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 6H_2O_{(l)} + 4NO_{(g)}$ .  
לכלי התגובה הוכנסו 12 מול של  $NH_3$  ו-14 מולים של חמצן.  
בחרו את התשובה הלא נכונה :

א. מספר המולים של חנקן חמצני ( $NO$ ) שמתקבלים שווה למספר המולים של אמוניה ( $NH_3$ ) שהגיבה.

ב. בתום התהליך נשארים בעודף 0.8 מולים של  $NH_3$ .

ג. בתום התגובה ישנם סך הכל 26 מולים של המרכיבים (תוצרים, ואחד מהמגיבים שנשאר בעודף).

ד. בתום התהליך מתקבלים 16.8 מולים של מים.

3) נתונה התגובה הבאה:  $Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \rightarrow 2Fe_{(g)} + 3CO_{2(g)}$ .  
בחרו את התשובה שבה פחמן חמצני ( $CO$ ) יישאר בעודף :

א. אם לכלי התגובה נכניס 16 גרם של  $Fe_2O_{3(s)}$  ו-8.4 גרם פחמן חמצני.

ב. אם לכלי התגובה נכניס 16 גרם של  $Fe_2O_{3(s)}$ , ובסוף התגובה נקבל 5.6 גרם ברזל מוצק.

ג. אם לכלי התגובה נכניס 8.4 גרם של פחמן חמצני, ונקבל 11.2 גרם ברזל מוצק.

ד. אם לכלי התגובה נכניס 16 גרם של  $Fe_2O_{3(s)}$  ו-11.2 גרם פחמן חמצני.



4 ברזל (Fe) מופק בתהליכים:

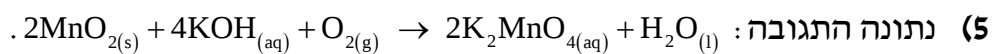
מהי המסה המרבית של ברזל שניתן להפיק מתגובה בין 36 ק"ג פחמן לבין 180 ק"ג של  $Fe_2O_3$ , וכמות מספקת של חמצן?

א. 168 ק"ג.

ב. 112 ק"ג.

ג. 126 ק"ג.

ד. 42 ק"ג.



5 נתונה התגובה:

לתוך כלי התגובה הוכנסו 20 גרם של מנגן חמצני,  $2MnO_{2(s)}$ , 40 גרם של אשלגן הידרוקסידי, KOH, ו-10 גרם של חמצן.

א. כמה גרם של  $K_2MnO_4$  ושל מים מתקבלים בתגובה זו?

ב. אלו חומרים נשארו בעודף ובאיזו כמות?

6 נתונה תערובת של  $Rb_2S$  ו- $Na_2S$  מסתה שווה ל-0.2380 גרם.

לתערובת נוספה כמות מספקת של כסף חנקתי ( $AgNO_3$ ).



כתוצאה מכך התרחשו התגובות



המסה הכוללת של  $Ag_2S$  שהתקבלה היתה 0.4302 גרם.

חשבו את מסתם של  $Rb_2S$  ו- $Na_2S$  בתערובת.

### תשובות סופיות

1) ב

2) ג

3) ד

4) ב

5) א.  $H_2O$  4.14 גרם;  $K_2MnO_4$  45.31 גרם. ב. KOH,  $O_2$ .

6)  $Na_2S$  0.068: גרם;  $Rb_2S$  0.17: גרם.

## 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:  
 א. תמיסות (1) ו-(2) מכילות אותו מספר המולים של המומס.  
 ב. תמיסה (2) היא המהולה ביותר.  
 ג. תמיסה (3) היא המרוכזת ביותר.  
 ד. תמיסה (3) מכילה את המספר הגדול ביותר של מולי המומס.  
 ה. 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:  
 א. 30 M  
 ב. 20 M  
 ג. 15 M  
 ד. 3.0 M
- 3) נתונה תמיסת NaBr בעלת ריכוז 0.120 מולר. ב-200 מ"ל של תמיסה זו יש (בחרו את התשובה הנכונה):  
 א. אותה מסה של המומס, כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaBr בריכוז 0.240 M.  
 ב. אותו מספר המולים, כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaCl בריכוז 0.0600 M.  
 ג. אותה מסה של המומס, כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaBr בריכוז 0.0600 M.  
 ד. אותה מסה כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaCl בריכוז 0.0600 M.  
 ה. תשובות ב ו-ג נכונות.  
 ו. 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.
- 2.03 m
  - 2.52 m
  - 2.27 m
  - 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:
- 0.143
  - 0.124
  - 0.104
  - 0.364
  - 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:
- ~ 70%
  - ~ 48%
  - ~ 41.5%
  - ~ 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?
- 0.6 M
  - 0.4 M
  - 0.006 M
  - 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?

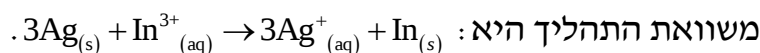
- 10 ל-25.0 מ"ל תמיסת  $\text{Na}_2\text{S}_{(\text{aq})}$ , בעלת ריכוז 0.120 M, הוסיפו 100.0 מ"ל מים. ריכוז יוני נתרן לאחר ההוספה יהיה שווה ל:

- 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?



- 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

# מבוא להנדסת חומרים

פרק 4 - תכונות הגזים

תוכן העניינים

1. חוקי הגזים וחישובים סטויכיומטריים ..... 39
2. תנועה מולקולרית - דיפוזיה ואפוזיה ..... 44

## חוקי הגזים וחישובים סטויכיומטריים

### שאלות

- (1) בכלי סגור A ישנם 5.6 גרם של חנקן,  $N_{2(g)}$ , ובכלי סגור B 5.6 גרם של אתן,  $C_2H_{4(g)}$ , כאשר שני הגזים נמצאים באותה טמפרטורה. נתון גם שהלחץ בכלי A כפול מהלחץ בכלי B. בהנחה והגזים הם אידיאליים, מהו המפשט הנכון?
- מספר המולים של חנקן בכלי A כפול ממספר המולים של אתן בכלי B.
  - ריכוז הגז בכלי A שווה לריכוז הגז בכלי B.
  - הנפח של כלי A גדול פי 2 מהנפח של כלי B.
  - הנפח של כלי A קטן פי 2 מהנפח של כלי B.
- (2) הריאקציה  $4FeS_{2(s)} + 11O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)} + 8SO_{2(g)}$  התרחשה ב- $25^\circ C$ . מה יהיה הלחץ הסופי שנקבל בכלי שנפחו 30 ליטר, אם נתחיל מ-300 גרם של  $FeS_2$  ו-100 גרם חמצן?
- 1.85 atm (לחץ אטמוספירי)
  - 6.52 atm
  - 0.15 atm
  - 44.86 atm
- (3) 10 גרם גז בוטאן,  $C_4H_{10}$ , נשרפו שריפה מלאה. מה יהיה נפח הגז  $CO_2$  שהתקבל בסוף התהליך, בתנאי STP?
- 15.4 ליטר.
  - 22.4 ליטר.
  - 0.22 ליטר.
  - 3.9 ליטר.
- (4) תערובת של גזים מכילה 25%  $N_2$ , 50%  $O_2$  ו-25%  $Cl_2$ , באחוזים משקליים. בתנאי לחץ וטמפרטורה סטנדרטיים, הלחץ החלקי של:
- החמצן שווה ל-380 mm Hg.
  - החנקן שווה ל-0.25 atm.
  - הכלור גדול מ-0.25 atm.
  - הכלור קטן מ-0.25 atm.

- 5) בתגובה  $I_{2(g)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow 2ICl_{3(g)}$  השתמשו ב-12.6 ליטר של  $Cl_{2(g)}$  ובכמות מספקת של  $I_2(g)$ . כמה ליטר של  $ICl_{3(g)}$  ניתן לקבל?  
הניחו שכל הגזים מתקבלים באותם תנאי לחץ וטמפרטורה.
- א. 4.2 ליטר.
  - ב. 8.4 ליטר.
  - ג. 18.9 ליטר.
  - ד. 22.4 ליטר.
- 6) כימאית מכינה דגימת גז הליום בלחץ, בטמפרטורה ובנפח מסוימים, ולאחר מכן מסלקת מחצית ממולקולות הגז.  
איזה שינוי צריך להתחולל בטמפרטורה, כדי שהלחץ והנפח יישארו בלי שינוי?
- 7) בקבוק שנפחו  $2.6 \mu l$  מכיל גז  $CO_2$  ב- $15^\circ C$ , כאשר הלחץ בבקבוק הוא 2 טור.  
מהו מספר האטומים שנמצאים בבקבוק?
- 8) לגליל A (עם בוכנה) שנפחו 3.0 ליטר, הכניסו דוגמת גז (פחמימן) שמסתה 2.55 גרם. הכלי נמצא ב- $82^\circ C$  והלחץ שמפעילה הדוגמה על דפנות הכלי הוא 0.95 אטמוספירות.
- א. מהי המסה המולרית של הגז?
  - ב. מקררים את הכלי ל- $0^\circ C$ . מה יקרה לבוכנה? הסבירו.
- 9) סדרו את הגזים הבאים בסדר עולה לפי צפיפותם:  $NO$ ,  $NH_3$ ,  $N_2$ .  
הטמפרטורה והלחץ בכל הדגימות שווים.
- 10) צפיפותה של תרכובת גזית היא 0.943 גרם/ליטר בטמפרטורה של 298 K ובלחץ של 53.1 kPa.  
א. מהי המסה המולרית של התרכובת?  
ב. מה תהיה צפיפותה בלחץ של 1.5 אטמוספירות וב-298 K?
- 11) גז  $N_2O$  נאסף מעל פני המים. נפח הגז הלח היה 126 מ"ל ב- $21^\circ C$  ובלחץ של 755 טור.  
מה יהיה נפחה של כמות שווה של  $N_2O$  יבש, אילו נאסף ב-755 טור וב- $21^\circ C$ ?  
לחץ של אדי מים הוא 18.65 טור ב- $21^\circ C$ .

**12** בתגובה בין  $(\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2$  מוצק ועודף של  $\text{N}_2\text{O}_4$  נוזלי, נוצרים  $\text{CO}_2$  גזי, חנקן גזי ואדי מים. הגזים נאספו בכלי סגור עד שהגיעו ללחץ של 2.5 אטמוספירות ולטמפרטורה של 400 K.

מה היו הלחצים החלקיים של  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$  ו- $\text{H}_2\text{O}$ , בתנאים אלה?

**13** נתונה המערכת



בגולה A מצוי גז ניאון,  $\text{Ne}_{(g)}$ , ובגולה B ישנו ריק (ואקום). פתחו את הברז המחובר בין הגולות ונתנו לגז הניאון להתפשט, תוך שמירה על הטמפרטורה. א. מהו הלחץ הסופי במערכת (הזניחו את הנפח של הצנרת המחוברת בין שתי הגולות)?

ב. אם במקום הניאון היה בגולה A חמצן,  $\text{O}_{2(g)}$ , האם הלחץ הסופי במערכת היה גדול יותר, שווה, או קטן יותר מאשר הלחץ הסופי שקיבלתם בסעיף א? נמקו.

**14** גז מסוים מסדרת הפריאונים מכיל את היסודות פחמן, כלור ופלואור באחוזים המשקליים 61.5% F, 23.0% Cl, 15.5% C.

נמצא שדוגמה של גז זה, במסה של 2.650 גרם, תופסת נפח של 428 מ"ל ב- $24.3^\circ\text{C}$  ולחץ של 742 מ"מ כספית.

א. מהי הנוסחה האמפירית של הגז?

ב. מהי הנוסחה המולקולרית של הגז?

**15** 2 ליטר גז  $\text{C}_3\text{H}_8$  עורבבו עם 5 ליטר גז חמצן, כאשר הנפחים נמדדו באותם תנאי לחץ וטמפרטורה. הגזים הגיבו ביניהם, וכתוצאה מכך נוצרו  $\text{CO}_2$  גזי ומים נוזליים.

התעלמו מנפח המים הנוצרים, וקבעו את הנפח הסופי של הגזים בסוף התגובה. (תנאי הלחץ והטמפרטורה במהלך התגובה נשארו קבועים)

**16** מיכל קשיח בנפח 5 ליטר מכיל 0.176 מול של גז NO ב-298 K. הוסיפו כמות של 0.176 מול של  $\text{O}_2$  גזי למיכל והתרחשה תגובה שיצרה  $\text{NO}_2$  גזי. חשבו את הלחץ הכולל ביחידות של טור, בסיום התגובה ב-298 K.

**17)** לצורך שריפה מלאה של תרכובת אורגנית A השתמשו ב-5 ליטר של  $O_2(g)$ , וכתוצאה מכך נוצרו 5 ליטר של  $CO_2(g)$  ו-5 ליטר של  $H_2O(g)$ , כאשר כל הנפחים נמדדו באותם תנאי לחץ וטמפרטורה.

- מהי הנוסחה האמפירית של תרכובת A? פרטו את החישובים.
- ידוע ש-2 ליטר של תרכובת A במצב גז כבדים פי 30 מי 2 ליטר של מימן גזי (כל הנפחים נמדדו באותם תנאי לחץ וטמפרטורה).
- קבעו את הנוסחה המולקולרית של תרכובת A. פרטו.

**18)** בפירוק של תחמוצת מסוימת בתנאי החדר (לחץ 1.0 אטמוספירה וטמפרטורה K 298) התקבלו 25 ליטר של חנקן גזי ו-37.5 ליטר של חמצן גזי. מהי הנוסחה האמפירית של התחמוצת:

- $N_2O_3$
- $N_3O_2$
- $NO_3$
- $N_2O$

**19)** בכלי א' יש 0.8 גרם של גז  $CH_4$ , ובכלי ב' יש 1.4 גרם של גז  $C_2H_4$ , כאשר הגזים נמצאים באותם תנאי לחץ וטמפרטורה. בחרו את ההיגד הלא נכון:

- הנפח של כלי א' שווה לזה של כלי ב'.
- מספר מולי אטומי המימן (H) בשני הכלים שווה.
- צפיפות הגז בכלי א' קטנה מצפיפות הגז בכלי ב'.
- מספר מולי אטומי הפחמן (C) בכלי א' שווה לזה שבכלי ב'.

**20)** גז ארסין,  $AsH_3$ , נמצא במיכל שנפחו 500 מ"ל. הלחץ במיכל שווה ל-300 טור והטמפרטורה בו היא 223 K. כתוצאה מהחימום, הגז שבמיכל עובר פירוק, ותוצרי הפירוק הם  $As(s)$  וגז מימן. הלחץ בתום הפירוק שווה ל-408 טור, והטמפרטורה לאחר הפירוק שווה ל-223 K. חשבו את אחוז הארסין שהתפרק.

## תשובות סופיות

- (1) ד
- (2) א
- (3) א
- (4) ד
- (5) ב
- (6) ירידה של פי 2.
- (7)  $5.23 \cdot 10^{14}$  אטומים.
- (8) א. 26 גרם־מול. ב. תרד.
- (9)  $\text{NH}_3 < \text{N}_2 < \text{NO}$
- (10) א. 44 גרם־מול. ב. 2.7 גרם־ליטר.
- (11) 122.88 מ"ל.
- (12)  $P(\text{CO}_2) = 0.55 \text{ atm}$ ;  $P(\text{N}_2) = 0.83 \text{ atm}$ ;  $P(\text{H}_2\text{O}) = 1.11 \text{ atm}$
- (13) א. 0.49 אטמ". ב. שווה.
- (14) א.  $\text{C}_2\text{ClF}_5$  ב.  $\text{C}_2\text{ClF}_5$
- (15) 4 ליטר.
- (16) 1.29 אטמ".
- (17) א.  $\text{CH}_2\text{O}$  ב.  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$
- (18) א
- (19) ד
- (20) 67.27%

## תנועה מולקולרית – דיפוזיה ואפוזיה

### שאלות

- 1) לאיזה מבין הגזים הבאים (בהנחה של התנהגות אידיאלית) תהיה המהירות המולקולרית הממוצעת הנמוכה ביותר?
  - א. גז  $\text{Cl}_2$  ב- $0^\circ\text{C}$ .
  - ב. גז  $\text{CF}_4$  ב- $100^\circ\text{C}$ .
  - ג. גז  $\text{HCl}$  ב- $-10^\circ\text{C}$ .
  - ד. גז  $\text{NH}_3$  ב- $25^\circ\text{C}$ .
- 2) פחמימן, שנוסחתו האמפירית היא  $\text{C}_2\text{H}_3$ , עבר באפוזיה דרך פקק נקבובי בזמן של 349 שניות. למספר שווה של חלקיקי Ar נדרשו 210 שניות כדי לעבור באפוזיה דרך הפקק, באותם תנאי לחץ וטמפרטורה. מהן המסה המולרית והנוסחה המולקולרית של הפחמימן?
- 3) 2.36 גרם זרחן ( $\text{P}_4$ ) בערו בכלור ( $\text{Cl}_2$ ), ותוצר התגובה היה 10.5 גרם זרחן כלורי. קצב האפוזיה של אדי התוצר היה ארוך פי 1.77 מזה של כמות שווה של  $\text{CO}_2$ , באותם תנאי לחץ וטמפרטורה. מהן המסה המולרית והנוסחה המולקולרית של הזרחן הכלורי?
- 4) סטודנטית קיבלה דגימה גזית של חומר לא ידוע, והשתמשה במתקן אפוזיה כדי למדוד את המסה המולרית שלו. כאשר הכניסה למתקן  $\text{CH}_4$ , מצאה ש-0.956 גרם עברו באפוזיה במשך 2.5 שעות בטמפרטורת החדר. בתנאים זהים התרחשה אפוזיה של 2.292 גרם של החומר הלא ידוע. מהי המסה המולרית של החומר הלא ידוע?
- 5) מיכל קשיח בנפח 5 ליטר מכיל 24.5 גרם של  $\text{N}_2$  גזי ו-28 גרם של  $\text{O}_2$  גזי.
  - א. חשבו את הלחץ הכולל של תערובת הגזים שבמיכל ב- $298\text{ K}$ .
  - ב. אם נוצר במיכל חריר קטנטן וחלק מתערובת הגזים יוצא דרך חריר זה, האם היחס בין המולים של  $\text{N}_2$  ו- $\text{O}_2$  במיכל יעלה/ירד/לא ישתנה?

6) שלושה מקלרים, שכל אחד מהם מכיל גז אחר, נמצאים ב- $25^{\circ}\text{C}$  ומחוברים ביניהם. יש להניח שהטמפרטורה לא משתנה ונפח הצינורות זניח. בטבלה הבאה נתונים על כל אחד מהמכלים:

| מיכל 3       | מיכל 2       | מיכל 1   | מיכל     |
|--------------|--------------|----------|----------|
| $\text{O}_2$ | $\text{N}_2$ | Ar       | סוג הגז  |
| 1.46 atm     | 0.908 atm    | 2.71 atm | לחץ בכלי |
| 3 ליטר       | 2 ליטר       | 5 ליטר   | נפח הכלי |

- א. מהו הלחץ הסופי שישורר במערכת לאחר פתיחת השסתומים שמחברים בין המכלים?
- ב. מהו הלחץ החלקי של כל אחד משלושת הגזים לאחר פתיחת השסתומים?
- ג. חשבו את המהירות הממוצעת של כל אחד משלושת הגזים.
- ד. חשבו את האנרגיה הקינטית של כל אחד משלושת הגזים.

7) קצב האפוזיה של אמוניה דרך פתח קטן במתקן זכוכית הוא  $3.5 \cdot 10^{-4}$  מול בזמן של 15.0 דקות ובטמפרטורה של  $200^{\circ}\text{C}$ . חשבו את מספר מולי התרכובת שיעברו דרך אותו הפתח בזמן של 25.0 דקות ובטמפרטורה של  $200^{\circ}\text{C}$ .

### תשובות סופיות

- 1) א
- 2) 110.5 גרם/מול,  $\text{C}_8\text{H}_{12}$
- 3) 138 גרם/מול,  $\text{PCl}_3$
- 4) 92 גרם/מול
- 5) א. 8.55 אטמ'. ב. ירד.
- 6) א. 1.97 אטמ'. ב.  $\text{O}_2 : 0.179 \text{ atm}$ ;  $\text{N}_2 : 0.074 \text{ atm}$ ;  $\text{Ar} : 0.554 \text{ atm}$
- ג.  $\text{O}_2 : 481.83 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $\text{N}_2 : 1.515 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $\text{Ar} : 430.96 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- ד.  $\text{O}_2 : 668.62 \text{ J}$ ,  $\text{N}_2 : 274.88 \text{ J}$ ,  $\text{Ar} : 2.043 \text{ kJ}$
- 7) 0.000583 mol

# מבוא להנדסת חומרים

פרק 5 - תרמוכימיה

תוכן העניינים

1. קביעת ערך השינוי באנתלפיה בעזרת השינויים בסביבה..... 46
2. קביעת ערך השינוי באנתלפיה בעזרת חוק הס..... 48

## 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  $C_2H_{4(g)}$ ?

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

החום הסגולי של מים נתון על ידי

(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  $100^\circ C$ ?

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

נתון עבור המים כי

(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.

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

זכרו כי קיבול החום של מים הוא

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

מהי אנתלפיית ההיתוך של מתנול?

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

(5) קיבול החום של נחושת הוא

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

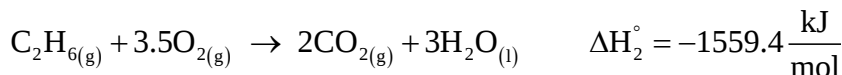
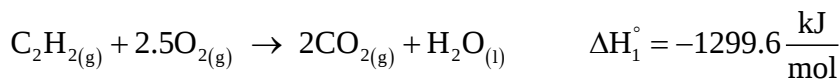
#### תשובות סופיות

- 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

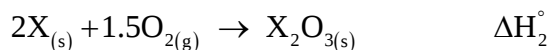
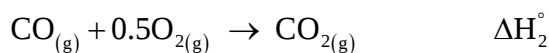
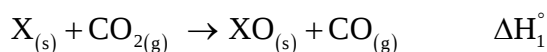
1) נתונות התגובות הבאות :



חשבו את חום התגובה  $\text{C}_2\text{H}_{2(g)} + 2\text{H}_{2(g)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_{6(g)}$ .

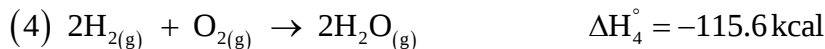
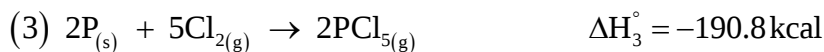
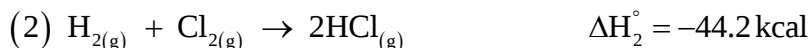
2) פתחו ביטוי עבור  $\Delta H$  לתגובה  $2\text{XO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \rightarrow \text{X}_2\text{O}_{3(s)} + \text{CO}_{(g)}$ ,

כאשר נתונים התהליכים הבאים :



3) חשבו את אנתלפיית התגובה  $\text{PCl}_{5(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow \text{POCl}_{3(g)} + 2\text{HCl}_{(g)}$ ,

כאשר נתונים התהליכים הבאים :



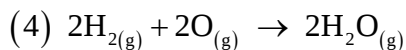
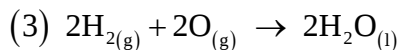
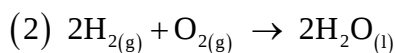
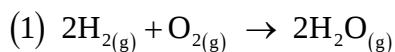
4) חשבו את האנתלפיה של התגובה  $2\text{MgO}_{(s)} + \text{Si}_{(s)} \rightarrow \text{SiO}_{2(s)} + \text{Mg}_{(s)}$ ,

כאשר נתון :

$$\Delta H_f^\circ (\text{SiO}_{2(s)}) = -20.33 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$$

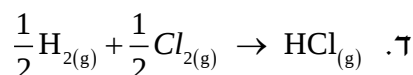
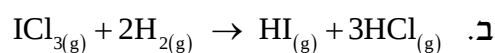
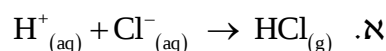
$$\Delta H_f^\circ (\text{MgO}_{(s)}) = -182.22 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$$

5) נתונים התהליכים האקסותרמיים הבאים :



איזה תהליך הוא האקסותרמי 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 הנ"ל 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 ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ ) הוא  $\Delta H_c^0 = -973.49 \frac{\text{kJ}}{\text{mole}}$ .  
חשבו את אנתלפיית ההיווצרות של גליצין, כאשר נתון:

| Substance                  | $\Delta H_f^0, \text{kJ mol}^{-1}$ |
|----------------------------|------------------------------------|
| $\text{CO}_{2(g)}$         | -393.5                             |
| $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ | -285.8                             |

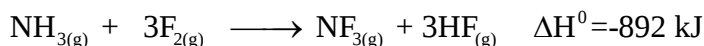
א.  $-9900 \frac{\text{kJ}}{\text{mole}}$

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  $2\text{NH}_{3(g)} + 3\text{F}_{2(g)} \rightarrow \text{N}_{2(g)} + 6\text{HF}_{(g)}$

2. מהו  $\Delta H_f^0(\text{NF}_{3(g)})$ ?

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

ב. נתונות אנתלפיות הקשר:

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

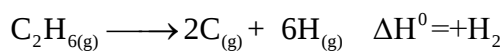
חשבו את אנתלפיית הקשר הממוצעת בין חנקן לפלואור ב-  $\text{NF}_{3(g)}$ .

(12) נתון כי  $\Delta H_D^0(C-H) = 412 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$  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 ( $\text{CH}_{4(g)}$ ) שווה לזו שבמולקולת אתאן ( $\text{C}_2\text{H}_{6(g)}$ ).

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

# מבוא להנדסת חומרים

פרק 6 - תרמודינמיקה

תוכן העניינים

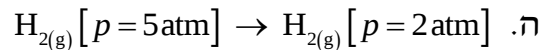
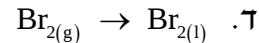
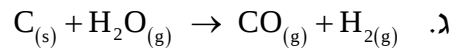
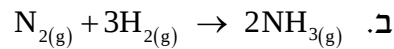
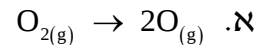
1. תרמודינמיקה ..... 54

## 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  $H_{2(g)} + CO_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} + CO_{(g)}$  , 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  $1000^\circ\text{C}$ , 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

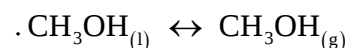
$$P(H_2) = 0.25 \text{ atm}, P(CO) = 1.20 \text{ atm},$$

הלחצים החלקיים :

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

**14** נתונים שני גדלים  $\Delta G_f^0(CH_3OH_{(l)}) = -39.73 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$  , ונתון שיווי המשקל הבא :

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



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 :**

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

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

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

- 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

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

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

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

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

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

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

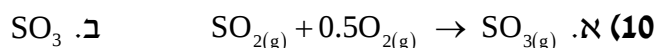
$$(6) \text{ א. גדלה. ב. קטנה. ג. גדלה. ד. קטנה. ה. גדלה.}$$

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

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

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

$$(9) \text{ בדיל לבן.}$$



$$\Delta S^0 = -0.094 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \quad \text{ג.}$$

$$\text{ד. } T < 1047.76 \text{ K}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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