

# כימיה כללית ואנליטית



## תוכן העניינים

1	מבנה האטום	1
5	קשרים כימיים וסוגי החומרים	2
16	חישובים סטויכיומטריים	3
26	חומצות ובסיסים	4
32	חמצון-חיזור	5
44	שיווי משקל כימי	6
54	מצבי הצבירה של החומר והמעברים ביניהם	7

# כימיה כללית ואנליטית

פרק 1 - מבנה האטום

תוכן העניינים

1. המודל הגרעיני של האטום.....1

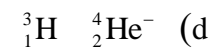
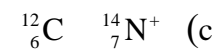
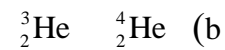
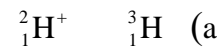
## המודל הגרעיני של האטום

### שאלות

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

- א. מספר מסה 50.  
 ב. 127 פרוטונים בגרעין.  
 ג. 127 חלקיקים בגרעין.  
 ד. 50 פרוטונים.

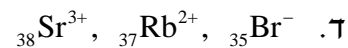
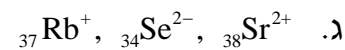
2) מי מהזוגות הבאים מהווים איזוטופים?



- א. b בלבד.  
 ב. a ו-d.  
 ג. a ו-c.  
 ד. a ו-b.

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

אטום קריפטון  ${}_{36}\text{Kr}$  :



4) מהי השורה הנכונה מבין הבאות?

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

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

- מספרו האטומי 24 ומספר המסה 54.
- מספרו האטומי 54 ומספר המסה 24.
- מספרו האטומי 56 ומספר המסה 26.
- מספרו האטומי 26 ומספר המסה 56.

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

- $Z^+$  ו- $Y^+$  הם איזוטופים של אותו יסוד.
- ל- $Z^+$  ו- $Y^+$  אותו מספר אלקטרונים.
- ל- $Z^+$  ו- $Y^+$  אותו מספר נייטרונים.
- ל- $Z^+$  ו- $X^+$  אותו מספר נייטרונים.
- ל- $Y^+$  ו- $X^+$  הם איזוטופים של אותו יסוד.

7) נתונים חמישה צורנים שסומנו באופן שרירותי באותיות הבאות:



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

8) בטבלה הבאה נתונים חמישה חלקיקים של יסודות:

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

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

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

- ל-E ו- $A^{-2}$  אותו מספר האלקטרונים.
- ל- $B^{-}$  ו- $D^{+}$  אותו מספר האלקטרונים.
- 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):

- $A^{-2}$  ו- $C^{3+}$  הם איזוטופים.
- 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

# כימיה כללית ואנליטית

פרק 2 - קשרים כימיים וסוגי החומרים

תוכן העניינים

- 1. קשר יוני ..... 5
- 2. קשר קוולנטי ..... 9
- 3. סוגי הקשרים הכימיים בין חלקיקים ..... 12

## 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.  $MO_2$

ב.  $M_2O_3$

ג.  $M_3O_2$

ד.  $M_2O$

2) בטבלה שלהלן נתונים ערכי אנרגיות היינון הראשונות של חמישה יסודות

עוקבים בטבלה מחזורית. היסודות סומנו באופן שרירותי באותיות A – E:

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

איזו נוסחה נכונה:

א. DO

ב. EO

ג.  $A_2O_3$

ד.  $BO_2$

3) לתחמוצת של מתכת X נוסחה  $X_2O_3$ . 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:

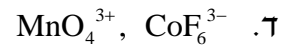
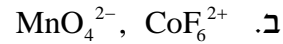
א.  $MgO > KCl > RbBr > RbI$

ב.  $MgO > RbI > KCl > RbBr$

ג.  $RbBr > RbI > MgO > KCl$

ד.  $KCl > RbBr > RbI > MgO$

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:



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.

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

7) נתונה הטבלה הבאה:

חומר	נקודת ההיתוך	מסיסות במים
$\text{BaS}$	1200	זניחה
$\text{MgS}$		זניחה
$\text{RbCl}$	718	גבוהה
$\text{RbI}$		גבוהה

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

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

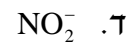
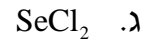
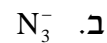
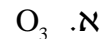
- (1) ב
- (2) ב
- (3) ג
- (4) א
- (5) ג
- (6) א. 3- ב. Na – B; 3 – Al; 2 – Si; 1 – Na
- (7) א
- (8) א
- (9) א.  $Mg_3As_2$  ב.  $In_2S_3$  ג.  $AlH_3$  ד.  $Bi(OH)_3$  ה.  $Ca(NO_3)_2$  ו.  $Ca_3(PO_4)_2$

## 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-  $A-E$ :
- $$\text{H}_2\text{C}-\ddot{\text{S}}-\ddot{\text{O}}: \longleftrightarrow \text{H}_2\ddot{\text{C}}-\ddot{\text{S}}-\ddot{\text{O}}: \longleftrightarrow \text{H}_2\text{C}=\ddot{\text{S}}-\ddot{\text{O}}: \longleftrightarrow \text{H}_2\ddot{\text{C}}-\ddot{\text{S}}=\ddot{\text{O}} \longleftrightarrow \text{H}_2\text{C}=\ddot{\text{S}}=\ddot{\text{O}}$$
- 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 האלקטרוניים באורביטלים המולקולריים, והשוו את החלקיקים הנ"ל לפי יציבותם.  
 ב. האם אפשרי קיומם של חלקיקים אלה בתנאים תקינים? במידה ולא, האם ניתן להכניס בתנאים מיוחדים?

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

הערה: היעזרו במערך האלקטרוניים באורביטלים המולקולריים.

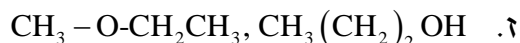
## תשובות סופיות

- (1) ראו סרטון באתר.
- (2) ראו סרטון באתר.
- (3)  $SP^3: ICl_2^+$ , זוויתי, קוטבי;  $SP_2: C_2F_4$ , משולש מישורי, לא קוטבי;  
 $NOCl: SP^2$ , זוויתי, קוטבי;  $SP^3: SnH_4$ , טטרהדר, לא קוטבי;  
 $PCl_3: SP^3$ , פירמידה משולשת, קוטבי;  $SP^3d: I_3^-$ , קווי, לא קוטבי;  
 $ICl_5: SP^3d^2$ , 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)  $O_2^-$ :  $\sigma_{1s}^2 \sigma_{1s}^{*2} \sigma_{2s}^2 \sigma_{2s}^{*2} \sigma_{2p}^2 \pi_{2p}^4 \pi_{2p}^{*3}$ ; פאראמגנטי,  $BO = 1.5$ .  
 $O_2^+$ :  $\sigma_{1s}^2 \sigma_{1s}^{*2} \sigma_{2s}^2 \sigma_{2s}^{*2} \sigma_{2p}^2 \pi_{2p}^4 \pi_{2p}^{*1}$ ; פאראמגנטי,  $BO = 2.5$ .  
 $O_2^{2-}$ :  $\sigma_{1s}^2 \sigma_{1s}^{*2} \sigma_{2s}^2 \sigma_{2s}^{*2} \sigma_{2p}^2 \pi_{2p}^4 \pi_{2p}^{*4}$ ; דיאמגנטי,  $BO = 1$ .
- (8) א.  $CF^+ < CF < CF^-$  ב. 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:

א. נקודת הרתיחה של HF גבוהה מזו של HCl.

ב. נקודת הרתיחה של  $\text{CCl}_4$  גבוהה מזו של  $\text{H}_2\text{S}$ .

ג. נקודת הרתיחה של  $\text{CH}_3\text{F}$  גבוהה מזו של  $\text{CO}_2$ .

ד. נקודת הרתיחה של  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  נמוכה מזו של  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ .

3) אילו מהמולקולות הבאות נוטות ליצור קשרי מימן:



4) הסבירו כל אחת מהעובדות הבאות:

א. לגופרית ( $\text{S}_8$ ) נקודת רתיחה גבוהה מזו של הברום ( $\text{Br}_2$ ).

ב. גופרית נמסה היטב ב- $\text{CS}_2$  ואינה נמסה במים.

ג. אשלגן מוצק מוליך חשמל, אבל  $\text{K}_2\text{S}$  מוצק אינו מוליך חשמל.

ד.  $\text{CH}_3\text{OH}$  ו- $\text{CH}_3\text{NH}_2$  נמסים היטב במים.

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

מהי הקביעה הנכונה?

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

6) בין אילו מולקולות לא יכולים להתפתח קשרי מימן:

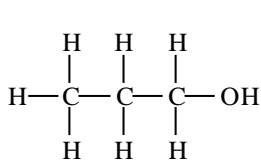
- א. כאשר מכניסים די מתיל אתר,  $\text{O}(\text{CH}_3)_2$ , לתוך מים.  
 ב. כאשר מכניסים טרי מתיל אמין,  $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ , לתוך אתנול,  $\text{CH}_3\text{OH}$ .  
 ג. כאשר מכניסים טרי מתיל אמין,  $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ , לתוך די מתיל אתר,  $\text{O}(\text{CH}_3)_2$ .  
 ד. כאשר מכניסים טרי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

7) איזו קביעה מהבאות אינה נכונה:

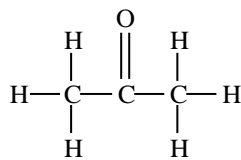
- א. נקודת היתוך של Na גבוהה מזו של Mg.  
 ב. נקודת היתוך של MgS גבוהה מזו של  $\text{SO}_2$ .  
 ג. נקודת הרתיחה של  $\text{SO}_3$  גבוהה מזו של  $\text{O}_3$ .  
 ד. נקודת הרתיחה של  $\text{SO}_3$  נמוכה מזו של  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .

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

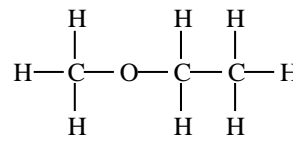
אילו היגדים נכונים עבור חומרים אלה?



A



B



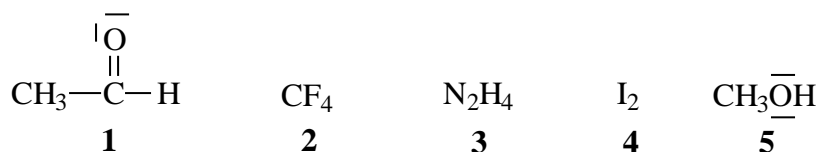
C

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

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

	Cl <sub>2</sub>	CINO	N <sub>2</sub>	CCl <sub>4</sub>	
א.	267	350	77	239	
ב.	239	267	77	350	
ג.	239	350	77	267	
ד.	77	267	239	350	

10) נתונים חמישה חומרים:



מהם שני ההיגדים הנכונים?

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

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

מוליכות במצב נוזל	מוליכות במצב מוצק	מסיסות ב-CHCl <sub>3</sub>	מסיסות ב-CS <sub>2</sub>	מסיסות במים	החומר
+	-	-	-	+	A
+	+	-	-	+	B
-	-	מוגבלת	+	-	C
-	-	-	-	+	D
-	-	+	מוגבלת	מוגבלת	E
+	-	-	-	-	F
+	+	-	-	-	G

- א. זהו את החומרים מתוך הרשימה הבאה:  
 HCN, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, AgCl, Cu, N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, NaCl, K
- ב. סדרו את החומרים המולקולריים לפי נקודת הרתיחה עולה. נמקו.
- ג. הסבירו את העובדות הבאות:
1. Tb(NH<sub>3</sub>) < Tb(N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) < Tb(P<sub>4</sub>) (כאשר Tb היא טמפרטורת הרתיחה).
2. 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 אלקטרוניים 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 אלקטרוניים חופשיים בחומר מתכתי, ונוכחות יונים חופשיים בנוזל יוני.

# כימיה כללית ואנליטית

## פרק 3 - חישובים סטויכיומטריים

### תוכן העניינים

1. מעברים בין שיטות שונות של הבעת כמות החומר. 16
2. קביעת נוסחה אמפירית ומולקולרית של החומר. 18
3. חישובים סטויכיומטריים לפי משוואה כימית. 20
4. חישובים סטויכיומטריים בתמיסות. 22

## מעברים בין שיטות שונות של הבעת כמות החומר

### שאלות

- 1) א. מסה של 0.00227 מול,  $XOF_3$ , היא 0.236 גרם.  
 מהי מסה אטומית יחסית של X?  
 ב. חשבו את אחוז החמצן ב-  $UO_2(NO_3)_2$ .  
 ג. כמה מולקולות של גופרית דו חמצנית ( $SO_2$ ) יש ב-1.5 ק"ג של תרכובת זו?
- 2) א. כמה אטומי זרחן נמצאים במיליגרם אחד של  $Ni_3(PO_4)_2$ ?  
 ב. כמה אטומים בסך הכל (מימן וחמצן) ישנם ב-10 גרם מים  $H_2O$ ?  
 ג. כמה אטומי חמצן ישנם בקילוגרם אוזון  $O_3$ ?
- 3) א. חשבו את מספר אטומי החמצן (O) בגרם אחד של  $H_2SO_4$ .  
 ב. חשבו את מספר היונים ב-1.5 מול של  $Al_2(SO_4)_3$ .
- 4) מה מכיל יותר חלקיקים?  
 א. 5 גרם של  $H_2$  או 5 גרם של  $O_2$ .  
 ב. 20 גרם  $H_2$  או 20 גרם של Mg.  
 ג. מול  $CO_2$  או מול CO.
- 5) אילו קביעות נכונות:  
 א. מספר האטומים ב-18 גרם מים גדול מזה שב-44 גרם  $CO_2$ .  
 ב. מסה של 200 מולקולות  $O_2$  שווה למסה של 200 מולקולות  $N_2$ .  
 ג. מסה של שני מול  $O_2$  קטנה מזו של שני מולי פחמן.  
 ד. מספר האטומים ב-36 גרם של מים קטן מזה שב-36 גרם של  $CO_2$ .  
 ה. מספר המולקולות ב-44 גרם של  $CO_2$  קטן ממספר המולקולות ב-44 גרם של מים.
- 6) כמה גרם אטומי חנקן (N) נמצאים ב-:  
 א. 5 גרם  $NH_3$ .  
 ב. 5 גרם  $NH_4NO_3$ .

7) באיזו כמות של  $H_2SO_4$  (ב-g) נמצאת אותה כמות של אטומי חמצן, כמו ב-41 גרם של  $H_2SO_3$  ?

### תשובות סופיות

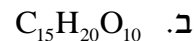
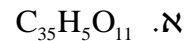
- 1) א. 31 גרם/מול. ב. 32.48% ג.  $141.09 \cdot 10^{23}$  מולקולות.  
 2) א.  $3.28 \cdot 10^{18}$  אטומי זרחן. ב.  $10.03 \cdot 10^{23}$  אטומים.  
 ג.  $376.25 \cdot 10^{23}$  אטומי חמצן.  
 3) א.  $0.246 \cdot 10^{23}$  אטומי חמצן. ב.  $45.15 \cdot 10^{23}$  יונים.  
 4) א. 5 גרם של  $H_2$ . ב. 20 גרם של  $H_2$ . 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) $\text{CH}_4\text{ON}_2$         |
| ב. 34.78% ג. 1.06 גרם. ד. 192.2 גרם/מול. ה. $\text{C}_{10}\text{S}_2$ | (5) א. $\text{C}_5\text{S}$          |
|   | (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.

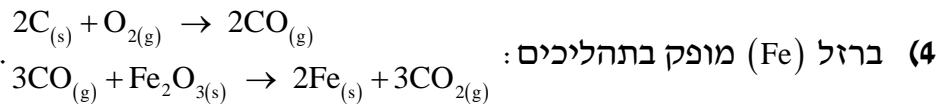
3) נתונה התגובה הבאה:  $Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \rightarrow 2Fe_{(g)} + 3CO_{2(g)}$ .  
בחרו את התשובה שבה פחמן חמצני (CO) יישאר בעודף :

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.



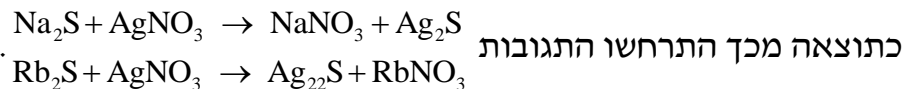
5 נתונה התגובה: לתוך כלי התגובה הוכנסו 20 גרם של מנגן חמצני,  $2MnO_2$ , 40 גרם של אשלגן הידרוקסידי, KOH, ו-10 גרם של חמצן.

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 ( $AgNO_3$ ).



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

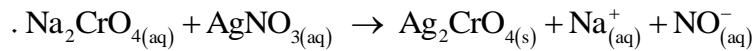
- 1** נתונות שלוש תמיסות: (1) 0.5 ליטר של NaCl, 0.45 M (ריכוז מולרי).  
 (2) 1.5 ליטר של NaOH, 0.15 M, (3) 2 ליטר של NaCl, 0.45 M.  
 מהו המשפט הלא נכון:
- א. תמיסות (1) ו-(2) מכילות אותו מספר המולים של המומס.  
 ב. תמיסה (2) היא המהולה ביותר.  
 ג. תמיסה (3) היא המרוכזת ביותר.  
 ד. תמיסה (3) מכילה 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.
- 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 כללית ואנליטית

פרק 4 - חומצות ובסיסים

תוכן העניינים

26 ..... 1. חומצות ובסיסים

## חומצות ובסיסים

### שאלות

- חשבו את ה- pH וה- pOH של התמיסות המימיות בשאלה 1 (חומצה חזקה) ושאלה 2 (בסיס חזק):
- 5 מ"ל של תמיסת  $\text{HClO}_{4(aq)}$  בריכוז  $3.5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$  לאחר מיהול ל- 25 ml.
  - 10.9 מ"ג של  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  הומסו ב- 10 מ"ל תמיסת KOH, בריכוז של  $3.46 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ .
  - חשבו את ה- pH ואת אחוז הפרוטונציה של תמיסת  $(\text{CH}_3)_3 \text{N}_{(aq)}$  בריכוז של 0.35 M, כאשר נתון  $\text{pK}_b((\text{CH}_3)_3 \text{N}) = 4.19$ .
  - ערך ה- pH של תמיסת  $\text{HClO}_{2(aq)}$  בריכוז של 0.1 M הוא 1.2. מהו ערך ה-  $\text{pK}_a$  של החומצה?
  - מצאו את הריכוז ההתחלתי של תמיסת הידרזין  $(\text{NH}_2\text{NH}_2)$  בעלת  $\text{pH} = 10.2$ , כאשר נתון  $\text{K}_b(\text{NH}_2\text{NH}_2) = 1.7 \cdot 10^{-6}$ .
  - שיעור הדה-פרוטונציה של חומצה בנוזאית  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH})$  הוא 2.4%, בעלת ריכוז של 0.11 M. חשבו את ה- pH ואת ה-  $\text{K}_a$  שלה.
  - דגימה של 150 מ"ל תמיסת  $\text{NaCH}_3\text{CO}_{2(aq)}$ , בריכוז של 0.02 M, נמהלת עד לנפח של 500 מ"ל. מהו ה- pH של התמיסה, ומהו ריכוז החומצה האצטית  $(\text{CH}_3\text{COOH})$  בתמיסה, כאשר נתון  $\text{K}_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.8 \cdot 10^{-5}$ ?
  - התרופה אמפטמין  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{NH}_2)$ , שקבוע הבסיסיות שלה הוא  $\text{K}_b = 7.8 \cdot 10^{-4}$ , משווקת בד"כ כמלח מימן ברומי  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{NH}_3^+\text{Br}^-)$ . קבעו את ה- pH של התמיסה, שהוכנה על ידי המסת 6.48 גרם מלח ב- 200 מ"ל מים (יש להניח שנפח התמיסה המתקבלת הוא 200 מ"ל).

- 9** חשבו את ה-pH של תמיסת  $\text{H}_2\text{SO}_4$  בריכוז  $0.15\text{ M}$ , כאשר נתון כי  $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1.2 \cdot 10^{-2}$ .
- 10** חשבו את ה-pH של תמיסת  $\text{H}_2\text{TeO}_4$  בריכוז  $1.1 \cdot 10^{-3}\text{ M}$ , כאשר נתון כי  $K_{a1} = 2.1 \cdot 10^{-8}$ ,  $K_{a2} = 6.5 \cdot 10^{-12}$ .
- 11** חשבו את הריכוזים של הצורנים  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  שנמצאים בתמיסה של  $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$  בריכוז של  $0.0456\text{ M}$ , כאשר נתון כי  $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.3 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 5.6 \cdot 10^{-11}$ .
- 12** חשבו את ה-pH של התמיסה שמתקבלת מערבוב של  $30$  מ"ל תמיסת  $\text{HCN}(\text{aq})$ , בריכוז של  $0.05\text{ M}$ , עם  $70$  מ"ל תמיסת  $\text{NaCN}$  בריכוז של  $0.03\text{ M}$ , כאשר נתון  $K_a(\text{HCN}) = 4.9 \cdot 10^{-10}$ .
- 13** נתונה תמיסה שמכילה  $\text{Na}_2\text{HPO}_4(\text{aq})$  בריכוז של  $0.15\text{ M}$ , ו- $\text{KH}_2\text{PO}_4(\text{aq})$  בריכוז של  $0.1\text{ M}$ , כאשר נפח התמיסה הוא  $100$  מ"ל.  
 א. מהו ה-pH של התמיסה?  
 ב. מהו השינוי ב-pH, הנובע מהוספת  $80$  מ"ל של  $\text{NaOH}(\text{aq})$  בריכוז של  $0.01\text{ M}$ , לתמיסה שבסעיף א, כאשר נתון כי  $K_{a3}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2.1 \cdot 10^{-13}$ ,  $K_{a1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7.6 \cdot 10^{-3}$ ,  $K_{a2}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 6.2 \cdot 10^{-8}$ .
- 14**  $4.25$  גרם חומצה חלשה חד-פרוטית (HA) הומסו במים.  
 בטיטור של התמיסה עם  $\text{NaOH}(\text{aq})$  בריכוז של  $0.35\text{ M}$ , נדרשו  $52$  מ"ל כדי להגיע לנקודה האקוויולנטית. לאחר הוספת  $26$  מ"ל של הבסיס, נמצא שה-pH של התמיסה שווה ל- $3.82$ .  
 א. מהי המסה המולרית של החומצה?  
 ב. מהו ערך ה- $\text{pK}_a$  של החומצה?
- 15** בוצע טיטור של  $25$  מ"ל  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$  בריכוז של  $0.1\text{ M}$ , עם  $\text{KOH}$  ב- $0.1\text{ M}$ .  
 א. מה יהיה ה-pH לאחר הוספת  $10$  מ"ל של תמיסת  $\text{KOH}$ ?  
 ב. מהו הנפח של תמיסת  $\text{KOH}$ , הדרוש כדי להגיע לסתירה המלאה?  
 ג. חשבו את ה-pH בנקודה הסטויכיומטרית, כש- $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.8 \cdot 10^{-5}$ .

- 16** אילו חומרים יש לערבב על מנת לקבל תמיסת בופר?
- 0.15 מול של KOH עם 0.08 מול של HCl בכלי שנפחו 1 ליטר.
  - 0.15 מול של KOH עם 0.15 מול של HCOOH בכלי שנפחו 1 ליטר.
  - 0.08 מול של KOH עם 0.15 מול של HCOOK בכלי שנפחו 1 ליטר.
  - 0.08 מול של KOH עם 0.15 מול של HCOOH בכלי שנפחו 1 ליטר.
- 17** תמיסה A, שנפחה 1.2 ליטר, היא תמיסת NaOH בעלת  $\text{pH} = 12.0$ . תמיסה B, שנפחה 0.6 ליטר, היא תמיסת HCl בעלת  $\text{pH} = 1.00$ . מהו המשפט הנכון:
- שתי התמיסות מכילות את אותו מספר מולים של מומס.
  - ריכוז יוני ה-  $\text{Cl}^-$  בתמיסה B גדול פי 10 מריכוז יוני ה-  $\text{Na}^+$  בתמיסה A.
  - כתוצאה מערבוב של שתי התמיסות תתקבל תמיסה בעלת  $\text{pH} > 7$ .
  - בערבוב נפחים שווים של שתי התמיסות, תתקבל תמיסה בעלת  $\text{pH} = 7$ .
- 18** לתמיסה של  $\text{CH}_3\text{COOK}$ , בריכוז 0.1M, ה- $\text{pH}$  נמוך יותר מזה של תמיסת KCN בריכוז 0.1M. מכאן נובע כי:
- יון  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  עובר דיסוציאציה חלקית לייצור  $\text{H}_3\text{O}^+$ .
  - יון  $\text{CN}^-$  הוא בסיס חלש יותר מיון  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ .
  - מסיסות של חומצת  $\text{CH}_3\text{COOH}$  במים, קטנה מזו של HCN.
  - חומצת HCN חלשה יותר מחומצת  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
- 19** ל-0.025 ליטר של תמיסת  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , שריכוזה 0.01M, הוסיפו 0.01 ליטר של תמיסת  $\text{HNO}_3$ , שריכוזה 0.025M. ה- $\text{pH}$  של התמיסה הסופית יהיה:
- קטן מ-7.
  - גדול מ-7.
  - שווה 7.
  - לא ניתן לקבוע.

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

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

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

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

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

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

מהו הסדר הנכון של חוזק החומצות:

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

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

א.  $170 \frac{g}{mol}$

ב.  $56.67 \frac{g}{mol}$

ג.  $18.88 \frac{g}{mol}$

ד.  $27.2 \frac{g}{mol}$

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

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

## תשובות סופיות

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

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

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

$$0.97 \quad (4)$$

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

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

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

$$5.86 \quad (8)$$

$$0.8 \quad (9)$$

$$5.32 \quad (10)$$

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

$$9.46 \quad (12)$$

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

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

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

$$\text{ד} \quad (16)$$

$$\text{ג} \quad (17)$$

$$\text{ד} \quad (18)$$

$$\text{ב} \quad (19)$$

$$\text{ד} \quad (20)$$

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

$$\text{ב} \quad (22)$$

$$\text{א} \quad (23)$$

$$\text{ד} \quad (24)$$

# כימיה כללית ואנליטית

פרק 5 - חמצון-חיזור

תוכן העניינים

1. תגובת חמצון-חיזור - מושגי יסוד ..... 32
2. יישום של תהליכי חמצון-חיזור - תאים חשמליים ..... 36

## 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

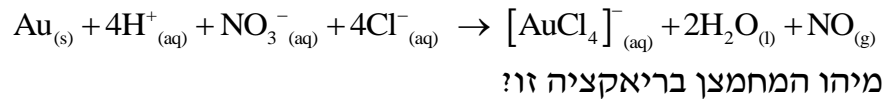
4) מספר החמצון של היסוד vanadium במינרל  $\text{Rb}_4\text{Na}[\text{HV}_{10}\text{O}_{28}]$  הוא:

- 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:

- אטומי הגופרית עוברים חמצון.
- אטומי הגופרית הם המחמצנים.
- אטומי החמצן עוברים חיזור.
- שינוי זה איננו חלק מתהליך חמצון חיזור.

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



- Au
- $\text{H}^+$
- $\text{NO}_3^-$
- $\text{Cl}^-$

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

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

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

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

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

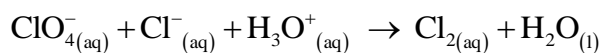
- א. רשמו ניסוח התהליך.
- ב. חשבו את מס' מולי האלקטרונים שהשתתפו בתהליך.
- ג. 1. לתמיסה שהתקבלה נוספה תמיסת  $\text{AgNO}_3$ . מהו המשקע שיתקבל?  
רשמו ניסוח התהליך.
2. איזה נפח תמיסת  $\text{AgNO}_3$  0.1 M יידרש לשיקוע מלא? פרטו.
- ד. לאחר סינון המשקע, הוסף מגנזיום לתמיסה.
  1. רשמו ניסוח לתהליך שהתרחש.
  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.
- ב. 1. דרגו את היסודות Cu, Al, K, Ag על פי נטייתם לחזור.
  2. האם תתרחש תגובה בין תמיסת  $\text{AgNO}_3$  ובין  $\text{Al}_{(s)}$ ? נמקו.

11) נתון הניסוח הבלתי-מאוזן הבא:



- א. רשמו ניסוח מאוזן וקבע את המחמצן ואת המחזור.
- ב. 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  $E^0(\text{Br}_2/\text{Br}^-) = 1.09 \text{ V}$ ,  $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76 \text{ V}$ .

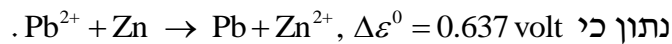
א. 1.78V

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  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ .

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

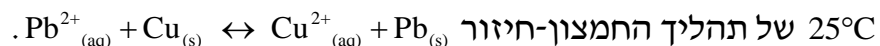
א. 0.33 volt

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?

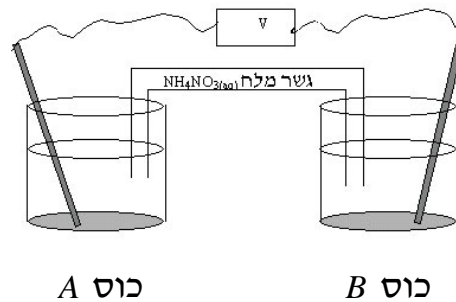
א.  $\mathcal{E}_{\text{Mg}^{+2}(1.0\text{M})/\text{Mg}}^0 = -2.36 \text{ V}$

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:

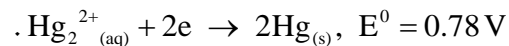
חצי תגובה	$E^0$ (V)
$Fe^{3+}_{(aq)} + e \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)}$	0.77
$MnO_4^-_{(aq)} + 8H^+_{(aq)} + 5e \rightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$	1.49

- 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:

$$[Fe^{2+}_{(aq)}] = [Fe^{3+}_{(aq)}] = 0.6 M, [Mn^{2+}_{(aq)}] = 0.2 M,$$

$$[MnO_4^-_{(aq)}] = 0.1 M, [H^+_{(aq)}] = 1 M$$

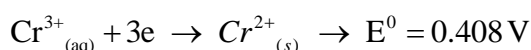
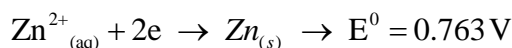
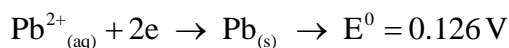
14) נתונים שני חצאי תאים  $Co^{2+}_{(aq)} + 2e \rightarrow Co_{(s)}$ ,  $E^0 = 0.28 V$ ,



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.

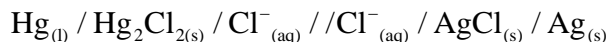
15) נתונות משוואות מחציות התא הבאות:



החומר המחזר הטוב ביותר הוא:

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

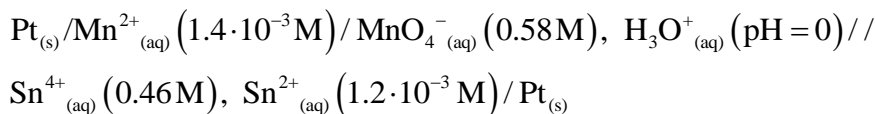
16) כתבו את מחציות התגובה ואת המשוואה המאוזנת לתגובת התא הבא :



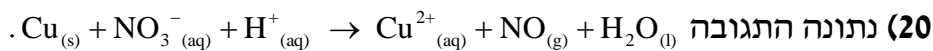
17) סטודנטית קיבלה מחצית-תא תקני  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$  ומחצית-תא נוספת המכילה מתכת לא ידועה  $M$  טבולה בתמיסת  $\text{MNO}_3$  בריכוז  $1M$ . כאשר חיברו את שתי מחציות התא בטמפי' החדר, התא השלם פעל כתא גלווני בעל מתח תא של  $1.24V$ . הניחו לתגובה להימשך כל הלילה ואז שקלו את האלקטרודות. נמצא שאלקטרודת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

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  $1.45V$  :



חשבו את קבוע שיווי המשקל עבור התגובה שמתרחשת בתא.

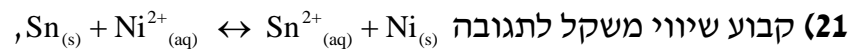


א. אזנו את המשוואה בעזרת חצאי התגובות.

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

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 כללית ואנליטית

פרק 6 - שיווי משקל כימי

תוכן העניינים

44 ..... 1. שיווי משקל כימי

## שיווי משקל כימי

## שאלות

1) תערובת המכילה  $\text{HCl}_{(g)}$ , בריכוז  $0.075 \text{ M}$  ו-  $\text{O}_{2(g)}$  בריכוז  $0.033 \text{ M}$ , חוממה לטמפרטורה של  $480^\circ\text{C}$  והגיעה לשיווי-משקל לפי המשוואה



בשיווי משקל, ריכוז הגז כלור ( $\text{Cl}_2$ ) הוא  $0.03 \text{ M}$ .

מהו ערכו של קבוע שיווי המשקל  $K_c$ ?

א.  $1.1 \cdot 10^{-3}$

ב. 889

ג. 0.13

ד. 480

2) נתונה ריאקציה בשיווי משקל:  $\text{CO}_{2(g)} + \text{C}_{(s)} \leftrightarrow 2\text{CO}_{(g)}$   $\Delta H^0 = 173 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

בחרו את הפעולה שתביא לעלייה בכמות הגז  $\text{CO}_2$  בשיווי משקל:

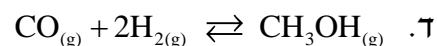
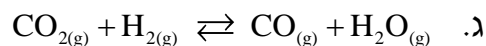
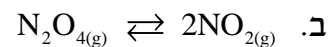
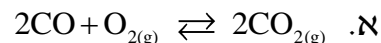
א. דחיסת המערכת והורדת הטמפרטורה.

ב. הוספת פחמן מוצק תוך כדי חימום.

ג. הורדת הלחץ תוך כדי הגדלת הנפח.

ד. הוספה של  $\text{Ne}_{(g)}$  והעלאת הלחץ הכללי.

3) באיזו תגובה הגדלת נפח הכלי מסיטה את התגובה לכיוון התוצרים?



4) נתונה תגובת שיווי משקל:  $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$   $\Delta H^0 = 180.8 \text{ kJ}$ . בטמפרטורה של 298 K ערכו של קבוע שיווי המשקל הוא 0.01, וזמן השגת שיווי משקל בטמפרטורה זו הוא 452 שניות. נבצע את התגובה בכלי שנפחו 5.0 ליטר ובטמפרטורה של 250 K.

מהו המשפט הנכון:

- א. K עשוי לגדול וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתארך.
- ב.  $\Delta H^0$  עשוי לגדול וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתקצר.
- ג. K עשוי לקטון וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתארך.
- ד. K ו- $\Delta H^0$  עשויים לגדול וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתקצר.

5) נתונה תגובת שיווי משקל  $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ , עבורה ב- $T_1$ ,  $K_p = 0.15$ .

לכלי התגובה, שנפחו 12.5 ליטר ושנמצא ב- $T_1$ , הוזרמו שלושת הגזים.

בתחילת התגובה הלחץ החלקי של  $SO_{3(g)}$  שווה ל-1.2 בר, הלחץ החלקי של

$O_{2(g)}$  שווה ל-0.6 בר והלחץ החלקי של  $SO_{2(g)}$  שווה ל-1.2 בר.

מהו המשפט הנכון לגבי המערכת במצב של שיווי משקל:

- א. הלחץ החלקי של  $SO_{3(g)}$  קטן מ-1.2 בר.
- ב. הלחץ החלקי של  $SO_{2(g)}$  גדול מ-1.2 בר.
- ג. הלחץ החלקי של  $O_{2(g)}$  גדול מ-0.6 בר.
- ד. הלחץ הכללי בכלי התגובה קטן מ-3.0 בר.

6) לכלי התגובה, שנפחו 3.00 ליטר ומוחזק בטמפרטורה של 550 K, הוכנסו 20.0

גרם של  $PCl_5$  גזי. תוך מספר דקות המערכת הגיעה למצב של שיווי משקל.

בתנאים אלה הלחץ שווה ל-2.77 bar. כמו כן,  $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ .

א. 1. חשבו את הלחץ החלקי (ביחידות bar) של כל מרכיבי המערכת במצב של שיווי המשקל.

2. חשבו את אחוז הפירוק של  $PCl_5$  בתנאים אלה.

3. חשבו את ה- $K_p$  בטמפרטורה של 550 K.

ב. אם נבצע את התגובה בטמפרטורה של 400 K (כאשר כל מרכיבי

המערכת במצב גזי), האם אחוז הפירוק של  $PCl_5$  יהיה קטן, גדול יותר

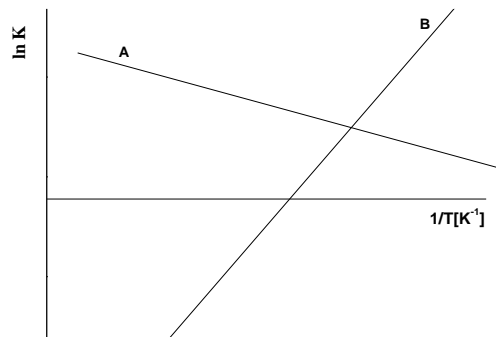
או שווה לזה שחושב בסעיף א.2? נתון גם שבעת התהליך הישיר הכלי

מתחמם. נמקו ללא חישובים.

7) לתגובה  $2A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)} + 3C_{(g)}$  בטמפרטורת החדר  $K_c = 2.5$ . לכלי התגובה בטמפרטורת החדר הוכנסו שלושת הגזים בריכוז  $2.5 M$  כל אחד. מהו המשפט הנכון:

- א. עד השגת שיווי המשקל ריכוזו של C ירד.
- ב. עד השגת שיווי המשקל ריכוזו של A ירד.
- ג. ריכוז כל מרכיבי התגובה לא ישתנה, כי המערכת נמצאת בשיווי משקל.
- ד. אי אפשר לדעת כי לא נתון נפח הכלי.

8) שתי העקומות להלן מתארות את  $\ln K$  כפונקציה של  $\frac{1}{T}$ :



נתונות שלוש תגובות:

- 1)  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \quad \Delta H^0 < 0$
- 2)  $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)} \quad \Delta H^0 < 0$
- 3)  $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \quad \Delta H^0 > 0$

איזו תגובה מתאימה לאיזה עקום, אם נתון שבתגובות שמתאימות לעקומות הגדלת הנפח גורמת להגדלת כמות התוצרים:

- א.  $A = 3, B = 1$
- ב.  $A = 3, B = 2$
- ג.  $A = 1, B = 2$
- ד.  $A = 2, B = 1$

9) לכלי סגור, בנפח 6.0 ליטר ובטמפרטורה של 380 K, הוכנסו גז  $\text{N}_2\text{O}_4$  ו-  $\text{NO}_2$ .

גזי. הלחץ ההתחלתי של  $\text{N}_2\text{O}_4$  שווה ל-1.30 bar ושל  $\text{NO}_2$ , 0.08 bar.

בין הגזים מתקיימת תגובת שיווי המשקל  $2\text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{4(g)}$ .

במהלך התגובה בוצע מעקב אחר הלחץ הכללי ששרר במיכל:

זמן (דקות)	0	1.0	2.0	3.5	6	12
לחץ (bar)	1.38	1.68	1.88	2.04	2.14	2.14

א. האם מסה של  $\text{N}_2\text{O}_4$  עלתה או ירדה במהלך התגובה. נמקו.

ב. חשבו את הלחצים החלקיים של  $\text{N}_2\text{O}_4$  ושל  $\text{NO}_2$  בזמן  $t = 2 \text{ min}$ .

ג. 1. חשבו את הלחצים החלקיים של הגזים במצב שיווי משקל.

2. רשמו ביטוי לקבוע שיווי המשקל לפי הלחצים, וחשבו את ערכו של קבוע שיווי המשקל לפי הלחצים בתנאים אלה.

ד. בדקה ה-14 הכלי חומם, וכתוצאה מכך, ריכוז ה- $\text{NO}_2$  עלה.

1. האם התהליך הישיר הוא אקסותרמי או אנדותרמי? נמקו.

2. האם זמן השגת שיווי המשקל החדש קצר, ארוך יותר, או שווה לזה שהיה? נמקו.

10) בתגובת שיווי המשקל  $2\text{A}_{(g)} \rightleftharpoons 2\text{B}_{(g)} + \text{C}_{(g)}$ , הוכנסו לכלי התגובה, שנפחו 4.0

ליטר, 0.2 מול של A. במהלך התגובה עקבו אחרי ריכוזו של A וחושב ה-Q. תוצאות הניסוי מובאות בטבלה הבאה:

זמן (דקות)	5	10	15	20	25
Q	$1.25 \cdot 10^{-3}$	$1.77 \cdot 10^{-2}$	$1.35 \cdot 10^{-1}$	1.28	1.28

נתונות מספר קביעות:

1. בין הדקות 15-20 הלחץ בכלי התגובה עלה.

2. בין הדקות 20-25 הלחץ בכלי נשאר קבוע.

3. המערכת הגיע לשיווי משקל בין הדקות 20-25.

מהי הקביעה הלא נכונה:

א. 1 בלבד.

ב. 3 בלבד.

ג. 2 ו-3.

ד. 1 ו-3.

**11** נתונה תגובת שיווי המשקל  $\text{SbCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{SbCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$ , כאשר  $K_c(T = 520\text{K}) = 0.025$ .

לתוך כלי ריק, בנפח 100 ליטר ושמוחזק בטמפרטורה של 520 K, הכניסו 2.0 מול של  $\text{SbCl}_{3(g)}$ , 3.0 מול של  $\text{SbCl}_{5(g)}$  ו-5.0 מול של  $\text{Cl}_{2(g)}$ .

א. האם מרגע הכנסת החומרים ועד השגת שיווי המשקל הריכוז של  $\text{SbCl}_{5(g)}$  גדל, קטן או נשאר ללא שינוי? נמקו.

ב. מהם הריכוזים של כל מרכיבי המערכת במצב שיווי משקל?

ג. תגובת שיווי המשקל  $\text{SbCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{SbCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$  נחקרה בטמפרטורה

של 500 K. לתוך כלי ריק, בנפח 100 ליטר ושמוחזק בטמפרטורה של 500 K הוכנסו 2.0 מול של  $\text{SbCl}_{3(g)}$ , 3.0 מול של  $\text{SbCl}_{5(g)}$  ו-5.0 מול של  $\text{Cl}_{2(g)}$ . אחרי זמן מסוים המערכת הגיעה למצב של שיווי משקל.

במצב זה, הריכוז של  $\text{SbCl}_{5(g)}$  היה 0.028 M.

האם תגובת פירוק של  $\text{SbCl}_{5(g)}$  ל- $\text{SbCl}_{3(g)}$  ול- $\text{Cl}_{2(g)}$  היא אנדותרמית או אקסותרמית? נמקו.

**12** שני מכלים נמצאים בטמפרטורה של  $450^\circ\text{C}$ . בראשון, שנפחו 5 ליטר, קיים שיווי המשקל  $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$ . הלחצים החלקיים שנמדדו בו הם:

$$P_{\text{N}_2} = 11.85 \text{ bar}, P_{\text{H}_2} = 23.70 \text{ bar}, P_{\text{NH}_3} = 35.55 \text{ bar}$$

המיכל השני, שנפחו 1 ליטר, מכיל רק 1 מול מימן.

כמה גרם חנקן צריך להוסיף למיכל זה, כדי שבשיווי המשקל 60% מהמימן יהפכו לאמוניה ( $\text{NH}_3$ ) כשהטמפרטורה נשארת קבועה וזהה בשני המכלים?

**13** לכלי התגובה הוכנסו 0.16 מולים של A ו-0.16 מולים של B, ואחרי 18.5 דקות המערכת הגיעה למצב של שיווי המשקל. במצב זה נמצאים בכלי 0.12

מולים של A, 0.08 מולים של B ו-0.12 מולים של C.

מהו הביטוי המתאים ביותר שמבטא את קבוע שיווי המשקל:

א. 
$$K = \frac{P_C}{P_A \cdot (P_B)^2}$$

ב. 
$$K = \frac{(P_C)^2}{P_A \cdot P_B}$$

ג. 
$$K = \frac{(P_C)^3}{P_A \cdot (P_B)^2}$$

ד. 
$$K = \frac{(P_C)^3}{(P_A)^2 \cdot P_B}$$

- 14) נתונה תגובה שהסתיימה בשיווי המשקל  $A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftharpoons 3C_{(g)}$ ,  $\Delta H^0 < 0$ . לכלי שנפחו 15 ליטר הוכנסו A ו-B בלבד. נתון שבזמן אפס הריכוז של B היה 0.20M, והריכוז של A היה 0.10M. נתונות חמש קביעות עבור תגובה זו:
1. במצב של שיווי משקל הריכוז של C שווה ל-0.3 M.
  2. בתגובה זו, המעקב אחר השתנות הלחץ הכללי מאפשר לקבוע האם התגובה הגיעה למצב של שיווי משקל.
  3. אם במצב של שיווי משקל מגדילים את נפח הכלי ל-30 ליטר, הריכוז של C בזמן השינוי יקטן פי 2, ואחר כך יגדל עד השגת שיווי המשקל החדש.
  4. אם במצב של שיווי משקל מגדילים את נפח הכלי ל-30 ליטר, מספר המולים של C במצב שיווי המשקל החדש יהיה גדול מזה שבמצב שיווי המשקל לפני הגדלת הנפח.
  5. חימום יגרום להגדלת קבוע שיווי המשקל. מהן הקביעות הלא נכונות:
    - א. 1, 2 ו-3.
    - ב. 1, 3 ו-4.
    - ג. 2, 3 ו-4.
    - ד. אף קביעה אינה נכונה.
- 15) הבשלושת הניסויים הבאים התרחשה התגובה  $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$
- ניסוי 1:** לכלי שנפחו 1 ליטר, המוחזק בטמפרטורה של 300 K, הכניסו תערובת של הגזים  $SO_2$  ו- $O_2$  בלבד. לאחר 10 דקות נמצא שריכוזי החומרים בכלי אינם משתנים עוד והם:  $SO_{3(g)}: 0.6M$ ,  $O_{2(g)}: 0.2M$ ,  $SO_{2(g)}: 0.4M$ .
- א. מהם הריכוזים ההתחלתיים של הגזים שהוכנסו לכלי?
  - ב. חשבו את ה- $K_c$  בטמפ' 300 K.
  - ג. האם הלחץ בכלי עלה, ירד או נשאר ללא שינוי מתחילת התגובה ועד השגת מצב שיווי משקל?
- ניסוי 2:** לכלי התגובה שנפחו 1 ליטר, המוחזק גם הוא בטמפרטורה של 300 K, הכניסו תערובת של אותם גזים כמו בניסוי הראשון. כעבור זמן מה בדקו את הרכב הגזים ונמצאו בכלי  $SO_{3(g)}: 0.3M$ ,  $O_{2(g)}: 0.1M$ ,  $SO_{2(g)}: 0.4M$ .
- ד. האם ברגע הבדיקה המערכת נוטה ליצור תוצרים, מגיבים, או נמצאת בשיווי משקל?
- ניסוי 3:** לכלי שנפחו 1 ליטר הוכנסו אותם מספרי מולים של הגזים  $SO_{2(g)}$  ו- $O_{2(g)}$  כמו בניסוי 1, אולם הושג שיווי משקל בזמן קצר יותר, ונמצא שריכוז  $SO_{2(g)}$  במצב שיווי המשקל היה גבוה מזה שבניסוי מספר 1.
- ה. האם התגובה הישירה היא אקסותרמית או אנדותרמית?

16) סטודנטית מכניסה לגליל גז A ב-10 אטמוספירות וב-25°C. כתוצאה מכך, בגליל מתרחשת התגובה הבאה, שמסתיימת בהיווצרות מצב של שיווי משקל:

$$A_{(g)} \rightleftharpoons 2B_{(g)} + 3C_{(g)}$$

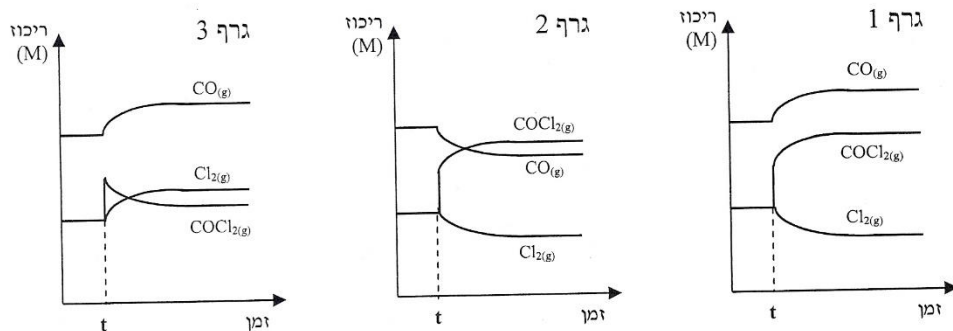
במצב זה הלחץ הכללי במערכת שווה ל-15.76 אטמ.

- חשבו את ה- $K_p$  עבור תגובה זו בטמפרטורה הנתונה.
- חשבו את ה- $K_c$  עבור תגובה זו בטמפרטורה הנתונה.

17) ציקלוהקסאן (C) ומתיל ציקלופנטאן (M) הם איזומרים. קבוע שיווי המשקל של התגובה  $C_{(aq)} \rightleftharpoons M_{(aq)}$ , הוא 0.14 ב-25°C.

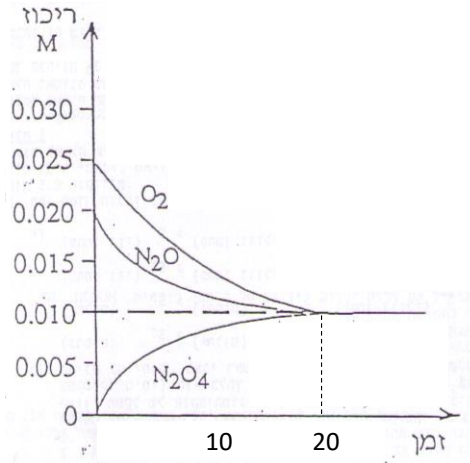
- חוקרת מכינה תמיסה של  $C_{(aq)}$  0.02M ו- $M_{(aq)}$  0.1M. האם המערכת נמצאת בשיווי משקל? אם לא, האם ייווצרו עוד מגיבים או תוצרים?
- מהם ריכוזי ה-C וה-M בשיווי המשקל?
- המערכת חוממה במצב שיווי משקל ל-50°C. כעבור זמן-מה המערכת חזרה לשיווי המשקל שבו הריכוז של C שווה ל-0.1M. חשבו את קבוע שיווי המשקל החדש.
- האם התגובה הישירה היא אקסותרמית או אנדותרמית?

18) נתונה מערכת שנמצאת בשיווי משקל  $CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$ . בזמן  $t$  מעלים את הריכוז של  $COCl_{2(g)}$  ללא שינוי ביתר הפרמטרים. איזה מהגרפים הבאים מתאר נכון את התנהגות המערכת בעקבות ההפרעה:



- גרף 1.
- גרף 2.
- גרף 3.
- גרפים 1 ו-3.

- 19) לכלי שנפחו 5.0 ליטר, המוחזק בטמפרטורה 380 K, הוכנסו  $\text{N}_2\text{O}_{(g)}$  ו-  $\text{O}_{2(g)}$ . הגרף שלהלן מתאר את השינויים בריכוזי החומרים (ביחידות מול לליטר) ביחס לזמן (בדקות):

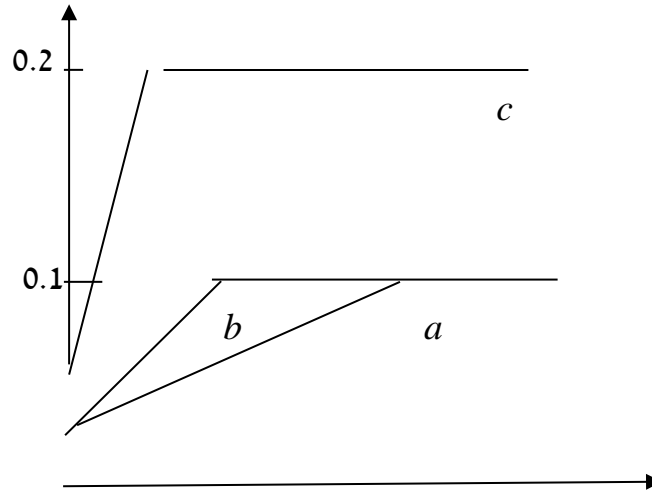


- רשמו את התגובה המתרחשת בכלי התגובה.
- חשבו את ערכו של קבוע שיווי המשקל לפי הריכוזים.
- האם הלחץ הכללי במערכת מרגע הכנסת החומרים ועד השגת שיווי המשקל יגדל, יקטן או לא ישתנה? נמקו.
- ברגע מסוים חיברו למערכת זו כלי נוסף, שנפחו 5 ליטר והוא נשמר בטמפרטורה של 380 K, ובו נמצא חמצן בריכוז של 0.01 M. תארו באופן גרפי את השתנות הלחץ החלקי של החמצן ושל  $\text{N}_2\text{O}_{4(g)}$  במשך 30 דקות מרגע החיבור של הכלי הנוסף. נמקו.



ונתונים שלושה כלים  $a$ ,  $b$  ו- $c$ . נפחו של כל כלי 1 ליטר, ולכל כלי הכניסו 0.2 מול  $\text{H}_2(\text{g})$  ו-0.2 מול  $\text{CO}_2(\text{g})$ . להלן תיאור גרפי של השתנות הריכוז של  $\text{CO}(\text{g})$  עם הזמן, המתאים לכל אחת מהמערכות  $a$ ,  $b$  ו- $c$ .

ריכוז  $\text{CO}(\text{M})$



זמן (דקות)

- א. חשבו את ערכו של  $K$  עבור המערכת  $a$ .
- ב. במה שונה מערכת  $a$ 
  1. ממערכת  $b$ ? הסבירו מהו הגורם להבדל.
  2. ממערכת  $c$ ? הסבירו מהו הגורם להבדל.
- ג. האם התגובה משמאל לימין היא אקסותרמית או אנדותרמית? נמקו.

## תשובות סופיות

- (1) ב
- (2) א
- (3) ב
- (4) ג
- (5) ד
- (6) א.  $P(\text{PCl}_5) = 0.15 \text{ bar}$ ;  $P(\text{PCl}_3) = P(\text{Cl}_2) = 1.31 \text{ bar}$   
 2. 89.73% 3. 11.44 ב. יגדל.  
 (7) א
- (8) ב
- (9) א.1. ירדה. 2.  $P(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.8 \text{ bar}$ ;  $P(\text{NO}_2) = 1.08 \text{ bar}$   
 1.ב.  $P(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.54 \text{ bar}$ ;  $P(\text{NO}_2) = 1.6 \text{ bar}$  2. 0.21  
 ג.1. אקסותרמי. 2. קצר.  
 (10) ב
- (11) א. תגדל.  
 ב.  $C(\text{SbCl}_5) = 0.033 \text{ M}$ ;  $C(\text{Cl}_2) = 0.047 \text{ M}$ ;  $C(\text{SbCl}_3) = 0.017 \text{ M}$   
 ג. אקסותרמי.  
 (12) 8.03 גרם.  
 (13) ג
- (14) ד
- (15) א.  $C(\text{SO}_2) = 1 \text{ M}$ ;  $C(\text{O}_2) = 0.5 \text{ M}$  ב. 11.25 ג. ירד  
 ד. נוטה ליצור תוצרים ה. אנדותרמי.
- (16) א. 78.12 ב.  $2.198 \cdot 10^{-4}$
- (17) א. מגיבים. ב.  $[C] = 0.105 \text{ M}$ ;  $[M] = 0.015 \text{ M}$   
 ג. 0.2 ד. אנדותרמי.  
 (18) ג
- (19) א.  $3\text{O}_{2(g)} + 2\text{N}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons 2\text{N}_2\text{O}_{4(g)}$  ב.  $10^6$  ג. הלחץ יקטן.  
 ד. הלחץ של  $\text{N}_2\text{O}_4$  ירד ונשאר קבוע; הלחץ של החמצן לא השתנה.
- (20) א. 1 ב.1. בכלי  $b$  היה זרז. 2. בכלי  $c$  הטמפרטורה גבוהה יותר.  
 ג. אנדותרמי.

# כימיה כללית ואנליטית

פרק 7 - מצבי הצבירה של החומר והמעברים ביניהם

תוכן העניינים

1. שיווי משקל בין הפאזות.....54

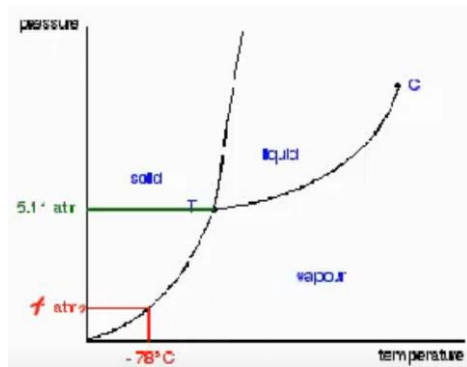
## שיווי משקל בין הפאזות

### שאלות

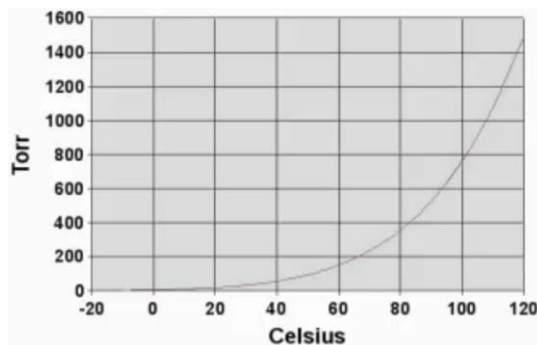
- (1) באנליזה של טיפה מתמיסת HCl, בנפח 0.05 מ"ל, נמצאו  $1.505 \cdot 10^{19}$  מולקולות HCl.  
חשבו את הלחץ האוסמוטי (ביחידות kPa), שנוצר על ידי התמיסה בטמפרטורת החדר.
- (2) נתונה תמיסה של אתנול ( $C_2H_5OH$ ), בריכוז 6.45 M וצפיפות  $0.952 \frac{g}{cm^3}$ .  
א. חשבו את המולליות, השבר המולי והאחוז המשקלי 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 האידוי התקנית, כאשר נתון  $\Delta H_{b(\text{water})}^0 = 40700 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$ .
  - האנרגיה החופשית של האידוי 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. 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.  $8203.8 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$