

כימיה אנליטית

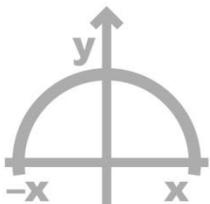


$$\sqrt{2}$$



$$=\text{ }=\text{ }=\text{ }$$

$$\{\sqrt{x}\}^2$$



תוכן העניינים

1	1. מבנה האטום
10	2. חישובים סטטיכיומטריים
20	3. תרמודינמיקה
25	4. תכונות הגזים
32	5. חומצות ובסיסים
38	6. חמצון-חיזור
50	7. שיווי משקל כימי
60	8. שיווי משקל בתגובה שיקוע של חומר יוני
64	9. מוצבי הצבירה של החומר והמעברים ביניהם

כימיה אנליטית

פרק 1 - מבנה האטום

תוכן העניינים

1	. המודל הגרעיני של האטום.
5	. מבנה של אטומים מרובי אלקטרוניים.

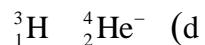
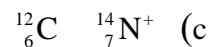
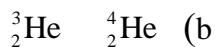
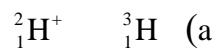
המודל הגרעיני של האטום

שאלות

1) ליאו : $^{127}_{52}Te^{2-}$

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

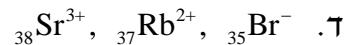
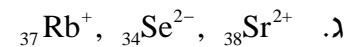
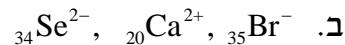
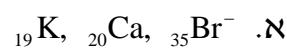
2) מי מהזוגות הבאים מהווים איזוטופים?



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

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

אטום קרייפטון :



4) מהי השורה הנכונה מבין הבאות?

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

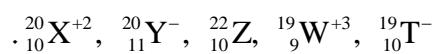
5) לאטום מיון של יסוד מסוים, X^{2+} , יש 24 אלקטرونים ו-30 נויטרונים. איזו טענה נכונה :

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

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

- Y^+ ו- Z^+ הם איזוטופים של אותו יסוד.
- $L^- Y^+$ ו- Z^- אותו מספר אלקטرونים.
- $L^- Y^+$ ו- Z^+ אותו מספר נויטרונים.
- $L^- X^+$ ו- Z^+ אותו מספר נויטרונים.
- X^+ ו- Y^+ הם איזוטופים של אותו יסוד.

7) נתונים חמשה צורנים שסומנו באופן שרירותי באותיות הבאות :



- אילו מבין הצורנים הנתונים הם איזוטופים?
- לאיזה צורן מספר האלקטרונים הוא הגדל ביותר?
- לאיזה צורן מספר הנויטרונים הוא הגדל ביותר?

8) בטבלה הבאה נתונים חמשה חלקיקים של יסודות :

חלקיק	מספר פרוטונים	מספר נויטרונים	מספר אלקטرونים
A	10	12	10
B	10	12	12
C	16	16	16
D	18	18	17
E	18	18	16

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

9) לפחמן (C) ישנים שלושה איזוטופים יחסית יציבים. מהי הקביעה הלא נכוןה :

- כל האיזוטופים של פחמן בעלי מטען גרעיני שווה.
- באיזוטופים של פחמן מס' האלקטרונים יכול להיות שונה מס' הפרוטוניים.
- לכל האיזוטופים של פחמן אותו מס' מסה.
- לכל האיזוטופים של פחמן אותו מס' אטומי.

10) בטבלה הבאה נתון ההרכוב הגרעיני של החלקיקים הבאים :

E	D ⁺	C	B ⁻	A ⁻²	החלקיק
11	13	10	12	13	מספר פרוטוניים
14		12	11	11	מספר נייטרוניים

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

- L-E ו-A⁻² אותו מס' האלקטרונים.
- L-B⁻ ו-D⁺ אותו מס' האלקטרונים.
- L-E מס' המסה הגדול ביותר.
- A⁻²-C והם איזוטופים.
- A⁻²-D⁺ הם איזוטופים.

11) נתונים החלקיקים הבאים :

מספר המסה	מספר האלקטרונים	החלקיק
19	9	A ⁻²
16	6	B ⁺
22	9	C ³⁺
22	10	D ³⁺

ציינו את ההיגד (ים) הנכון(ים) :

- A⁻² ו-C³⁺ הם איזוטופים.
- מטען הגרעין של C³⁺ זהה לזה של D³⁺.
- C³⁺ ו-D³⁺ הם איזוטופים.
- B⁺ ו-A⁻² הם איזוטופים.

תשובות סופיות

- 1 ג
2 ד
3 ג
4 א
5 ד
6 .ד, ח
7 ת⁻, Z, X⁺². א.
8 א. A. .E-C :0, B:+2, C:0, D:-1, E:-2
9 ג
10 ח
11 ד

מבנה של אטומים מרובי אלקטרוניים

שאלות

1) מהו 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 אלקטרוניים 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 מתח-הרמות שלhallן יכולה להתקיים באטום:

א. 2d

ב. 3f

ג. 6g

ד. 6i

5) נתונות היערכויות אלקטרוניים עבור יון X^{+2} במצב היסוד.
רשמו את היערכות האלקטרוניים עבור יסוד X .

- א. $[Ar]3d^7$
- ב. $[Kr]4d^7$
- ג. $[Kr]4d^{10}5s^2$
- ד. $[Xe]4f^{14}5d^{10}$

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

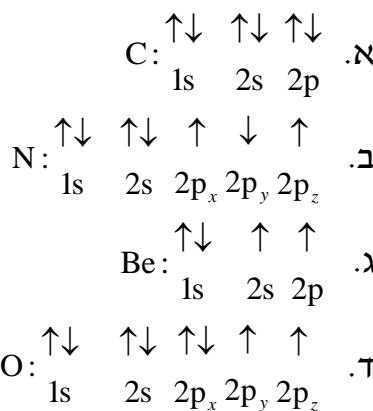
m_s	m_l	l	n	
$+\frac{1}{2}$	0	0	4	א.
$+\frac{1}{2}$	-1	1	4	ב.
$-\frac{1}{2}$	0	1	4	ג.

ד. כל התשובות נכונות.

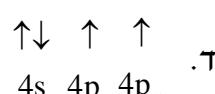
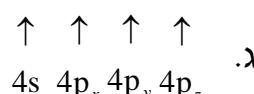
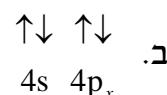
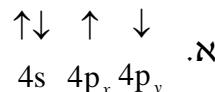
7) כתבו את היערכות האלקטרוניים במצב היסוד וציינו את מספר האלקטרוניים
הלא-מזוגים עבור החלקיקים :

- א. Ga^+
- ב. Cu^{2+}
- ג. Pb^{2+}
- ד. Se^{2-}

8) קבעו אם היערכויות האלקטרוניים הבאות מיצגות את מצב היסוד או
את המצב המעוור של האטום :



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



10) נתונים ארבעה יוניים בעלי הקונפיגורציות:

. A^{+5} : [Ar]3d⁶, X^{+4} : [Ar]3d¹⁰4p², Y^+ : [Ar]4p⁴, Z^{+2} : [Ar]3d¹⁰p¹

לאילו יוניים יש אותו מספר אלקטרוניים בلتיא מזוווגים:

א. $L^- Z^{+2}$ ו- A^{+5} .

ב. $L^- X^{+4}$ ו- Y^+ .

ג. $L^- A^{+5}$ ו- Y^+ .

ד. $L^- Z^{+2}$ ו- X^{+4} .

11) נתונות היררכיות 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^+

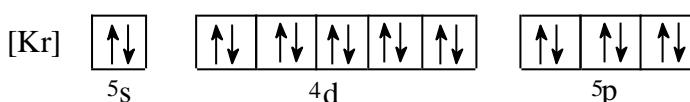
13) אילו מהקונפיגורציות הבאות לא יכולות להתקיים על פי חוק פאולי?

- 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 נבון, 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 מחמשה אורביטלי d (בעל אנרגיה שווה) ה"פוזרים" במרחב שמסביב לאטום.
- ד. האלקטרון יכול להיות שייך לאטום סידן, Ca.

15) ליסוד מסויים X יש את המערך האלקטרוני הבא:



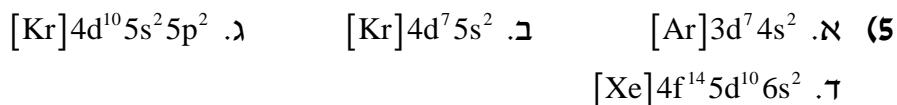
תשובות סופיות

(1) א

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

(3) א. 6 ב. 2 ג. 8 ד. 1

(4) ג



(6) ד

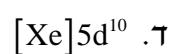
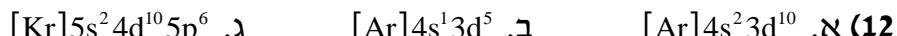
(7) Ga⁺ : אין אלקטרונים בלתי מזוגים ; Cu²⁺ : אלקטרון אחד בלתי מזוג ;
 Pb²⁺ : אין אלקטרונים בלתי מזוגים ; Se²⁻ : אין אלקטרונים בלתי מזוגים .

(8) א-ג. מצב מעורר. ד. מצב היסוד.

(9) ד ; יסוד .Ge

(10) ב

(11) א, ג, ד.



(13) א, ג, ח.

(14) ג

(15) א, ג.

(16) ג

כימיה אנליטית

פרק 2 - חישובים סטטוכיומטריים

תוכן העניינים

1. מעברים בין שיטות שונות של הבעת כמות החומר	10
2. קביעת נוסחה אמפירית ומולקולרית של החומר	12
3. חישובים סטטוכיומטריים לפי משווה כימית	14
4. חישובים סטטוכיומטריים בתמיסות	16

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- NO_{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 במייליגרים אחד של $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2$?
ב. כמה אטומים בסך הכל (מים וחמצן) ישנים ב- 10 גרם מים H_2O ?
ג. כמה אטומי חמצן ישנים בקילוגרם אוזון O_3 ?
- 3)** א. חשבו את מספר אטומי החמצן (O) בגרם אחד של H_2SO_4 .
ב. חשבו את מספר הイונים ב- 1.5 מול של $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.
- 4)** מה מכיל יותר חלקיקים?
א. 5 גרם של H₂ או 5 גרם של O₂.
ב. 20 גרם H₂ או 20 גרם של Mg.
ג. מול CO₂ או מול CO.
- 5)** אילו קבועות נכונות:
א. מספר האטומים ב- 18 גרם מים גדול מזה שב- 44 גרם CO₂.
ב. מסה של 200 מולקולות O₂ שווה למסה של 200 מולקולות N₂.
ג. מסה של שני מול O₂ קטנה מזו של שני מול פחמן.
ד. מספר האטומים ב- 36 גרם של מים קטן מזה שב- 36 גרם של CO₂.
ה. מספר המולקולות ב- 44 גרם של CO₂ קטן ממספר המולקולות ב- 44 גרם של מים.
- 6)** כמה גרם אטומי חנקן (N) נמצאים ב-:
א. 5 גרם NH₃.
ב. 5 גרם NH₄NO₃.

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. $32.48\% \cdot 10^{23}$ 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. $45.15 \cdot 10^{23}$ יוניים.
- 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 אempירית ומולקולרית של החומר

שאלות

1) קבעו את הנוסחה האempירית של תרכובת בעלת הרכיב (באחוזים משקליים) :
אשלגן (K) : 32.5% , מגנן (Mn) : 27.9% וחמצן (O) : 39.7%.

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



3) דוגמת תרכובת במשקל 1.66 גרם, המכילה פחמן, מימן וחנקו, נשרפה בחמצן והתקבלו 0.928 גרם O_2 ו- 4.63 גרם CO_2 .
מצאו את הנוסחה האempירית של החומר.

4) אחרי תגובה 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 האempירית של התרכובת.

ב. חשבו את האחוז המשקלי של גופרית בתרכובת.

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

ד. בתגובה זו הגיעו 2.37×10^{-3} מולים של התרכובת.

1. חשבו את המסה המולקולרית שלה.

2. מהי נוסחתה המולקולרית של התרכובת?

6) דוגמה של 0.206 גרם תרכובת אורגנית נתנה, בשריפה מלאה, 0.494 גרם CO_2 ו- 0.1011 ג' מים.

קבעו את הנוסחה האempירית והמולקולרית של התרכובת, אם המשקל המולקולרי הוא 110 י.מ.א (יחידה מסה אוטומית).

תשובות סופיות



ד (2)



ב. 34.78% ג. 1.06 גרם. ד. 192.2 גרם/ מול. ה. C_{10}S_2

א. C_5S (5)



חישובים סטטיו-קימטריים לפי משואה כימית

שאלות

1) נתון לפרק O_5N_2 גזוי ל- NO_2 וחמצן גזוי. כמה מוללים של חמצן מתקבלים בפירוק מלא של 54 גרם של N_2O_5 :

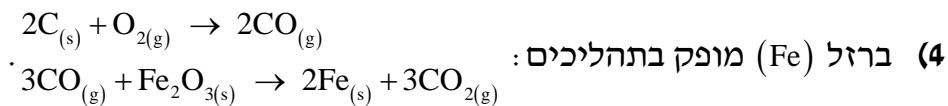
- א. 0.125
- ב. 0.250
- ג. 0.500
- ד. 0.750

2) נתונה התגובה $\text{NH}_{3(g)} + 5\text{O}_{2(g)} \rightarrow 6\text{H}_2\text{O}_{(l)} + 4\text{NO}_{(g)}$.
לכלי התגובה הוכנסו 12 מול של NH_3 ו-14 מוללים של חמצן.
בחרו את התשובה **הלא נכונה** :

- א. מספר המוללים של חנקן חמצני (NO) שמתקבלים שווה למספר המוללים של אמונייה (NH_3) שהגיבה.
- ב. בתום התהליך נשארים בעודף 0.8 מוללים של NH_3 .
- ג. בתום התגובה ישנו סך הכל 26 מוללים של המרכיבים (תוצריים, ואחד מהמגיבים שנשאר בעודף).
- ד. בתום התהליך מתקבלים 16.8 מוללים של מים.

3) נתונה התגובה הבאה : $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)} + 3\text{CO}_{(g)} \rightarrow 2\text{Fe}_{(g)} + 3\text{CO}_{2(g)}$
בחרו את התשובה שבה **פחמן חמצני** (CO) יישאר בעודף :

- א. אם לכלי התגובה נכניס 16 גרם של $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$ ו- 8.4 גרם פחמן חמצני.
- ב. אם לכלי התגובה נכניס 16 גרם של $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$, ובסיום התגובה קיבל 5.6 גרם ברזל מוצק.
- ג. אם לכלי התגובה נכניס 8.4 גרם של פחמן חמצני, ונתקבל 11.2 גרם ברזל מוצק.
- ד. אם לכלי התגובה נכניס 16 גרם של $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$ ו- 11.2 גרם פחמן חמצני.



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

- א. 168 ק"ג.
- ב. 112 ק"ג.
- ג. 126 ק"ג.
- ד. 42 ק"ג.

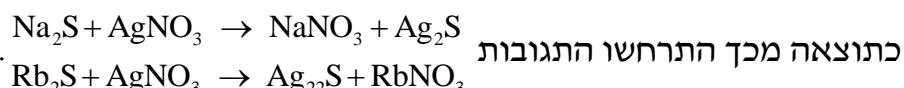


לתוכן כלי התגובה הוכנסו 20 גרם של מגן חמצני, $2MnO_{2(s)}$, 40 גרם של אשלגן הידרוקסידי, KOH, ו-10 גרם של חמצן.

- א. כמה גרם של K_2MnO_4 ושל מים מתקבלים בתגובה זו?
- ב. אלו חומרים נשארו בעודף ובאיזה כמות?



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



המסה הכלולת של Ag_2S שהתקבלה הייתה 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. O_2 , 4.31 גרם ; K_2MnO_4 45.31 גרם. ב. H_2O

(6) Rb_2S ; 0.068 : Na_2S 0.17 :

חישובים סטטוכימטריים בתמיסות

שאלות

- 1)** נתונות שלוש תמיסות: (1) 0.5 ליטר של NaCl , M 0.45 (רכיבוז מולרי).
 (2) 1.5 ליטר של NaOH , 0.15M, (3) 2 ליטר של NaCl , 0.45M.
 מהו המשפט הלא נכון:
 א. תמיסות (1) ו-(2) מכילות אותו מספר המולאים 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), ריבוצה של התמיסה הסופית יהיה M 0.45.
- 2)** ערבבו 2.0 מ"ל של אתנול נוזלי ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), בעל צפיפות 0.70 גרם למ"ל, עם 8.0 מ"ל מים. ריבouce האתנול בתמיסה שהתקבלה הוא:
 א. 30M
 ב. 20M
 ג. 15M
 ד. 3.0M
- 3)** נתונה תמיסת NaBr בעלת ריבouce 0.120 מולר. ב- 200 מ"ל של תמיסה זו יש (בחזרו את התשובה הנכונה):
 א. אותה מסה של המומס, כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaBr בריבouce M 0.240.
 ב. אותו מספר המולאים, כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaCl בריבouce M 0.0600.
 ג. אותה מסה של המומס, כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaBr בריבouce M 0.0600.
 ד. אותה מסה כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaCl בריבouce M 0.0600.
 ה. תשובות ב ו-ג נכונות.
 ו. תשובות ב ו-א נכונות.

4) חשבו את הריכוז המוללי (m) של תמיסת חומצה אצטית, CH_3COOH , בעלת ריכוז M 2.03. צפיפות התמייסה שווה ל- 1.017 g/ml .

- א. 2.03 m
- ב. 2.52 m
- ג. 2.27 m
- ד. 1.82 m

5) תמייסה של מים ואתנול ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) מכילה 80 גרם של אתנול ל-300 גרם תמייסה. השבר המולרי של אתנול בתמייסה 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 המשקלית של המלח בתמייסה שמתකבת.

7) נתונה תמייסה של NO_3^- בריכוז $16M$, שצפיפותה שווה ל- 1.42 גרם למ"ל. האחוז המשקלית של תמייסה זו שווה ל:

- א. ~ 70%
- ב. ~ 48%
- ג. ~ 41.5%
- ד. ~ 36%

8) ל- 50 מ"ל תמייסה מימית של $\text{Ca}(\text{OH})_2$ בריכוז $0.3M$ הוסיפו 25 מ"ל מים. מהתמייסה שהתקבלה נלקחה דגימה בונפח 10 מ"ל. מהו הריכוז המולרי של **כל** הイונים בדגימה?

- א. $0.6M$
- ב. $0.4M$
- ג. $0.006M$
- ד. $0.2M$

9) א. חשבו את נפח תמייסת HNO_3 בריכוז M₆, שדרוש עבור הכנה 50 מ"ל

תמייסת HNO_3 , בריכוז M_{0.5}

ב. כמה מ"ל מים יש להוסיף ל-150.0 מ"ל תמייסת סוכר בריכוז M_{1.2}, כדי שרכיבזה יגיע ל- M_{0.80} ?

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

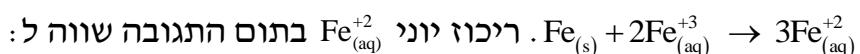
- א. M_{0.03}
- ב. M_{0.06}
- ג. M_{0.02}
- ד. M_{0.048}

11) נתונה תמייסת HClO_4 בעלת אחוז משקל 35% וצפיפות 1.251 גרם/מ"ל.

- א. חשבו את מולריות התמייסה.
- ב. כמה מול HClO_4 מומסים ב- 250 מ"ל של תמייסה זו?
- ג. כמה מ"ל של תמייסה זו דרושים להכנה 150 מ"ל תמייסה בריכוז M₂?
- ד. איזה נפח של תמייסה שהוכנה בסעיף ג מכיל 0.75 מול HClO_4 ?

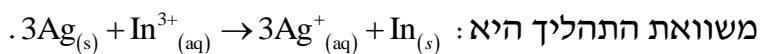
12) בתוך 100 מ"ל תמייסה מימית, בה ריכוז יוני $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{+3}$ שווה ל- M_{0.1}, הכניסו

אבקת ברזל מוצק במסה של 0.40 גרם. כתוצאה לכך, חלקת תגובה



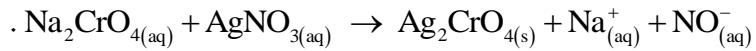
- א. M_{0.1}
- ב. M_{0.15}
- ג. M_{0.3}
- ד. M_{0.0667}

13) כמה גרם של כסף מתכתי, Ag, דרושים על מנת לה gib עד הסוף עם 35.5 מ"ל תמייסה של יוני In^{3+} בריכוז M_{0.205} ?



- א. 1.03 g
- ב. $2.35 \cdot 10^3$ g
- ג. 2.35 g
- ד. 0.262 g

14) כאשר מערבבים תמייסה מיימית של AgNO_3 עם תמייסה מיימית של Na_2CrO_4 נוצר משקע לפי הניסוח



מ"ל תמייסת Na_2CrO_4 בריכוז לא ידוע הגיבו **בשלמות** עם 30.0 מ"ל תמייסת AgNO_3 בריכוז 0.0080 M. ריכוזה של תמייסת Na שווה ל:

- א. 0.0240 M
- ב. 0.0120 M
- ג. 0.0060 M
- ד. 0.0080 M

תשובות סופיות

- | | |
|--|----------------|
| ג (1) | ד (2) |
| ה (3) | ג (4) |
| ב (5) | 27.7% (6) |
| א (7) | א (8) |
| א. 4.17 מ"ל. ב. 75 מ"ל. | א. 4.35 M (11) |
| ד (10) | ב (12) |
| א. 109.38 גרם. ב. 69 מ"ל. ג. 0.375 ליטר. | ג (13) |
| | ג (14) |

כימיה אנלייטית

פרק 3 - תרמודינמיקה

תוכן העניינים

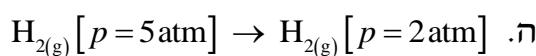
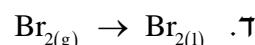
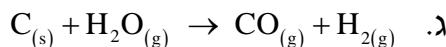
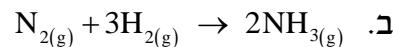
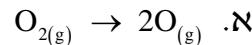
- 20
1. תרמודינמיקה

תרמודינמיקה

שאלות

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

6) ביחס לתగובות הבאות, קבעו האם האנטרופיה גדולה, קטנה או לא השנתה :



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

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 אמונייה נוזלית (NH_3) בטמפרטורה של $40^\circ C$ – עד לאמונייה גזית ב- $-200^\circ C$, כאשר התהlixir נעשہ 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 $S^0 = 6.3 \frac{\text{cal}}{\text{mol}^\circ K}$. שינוי האנטלפיה במעבר מבדיל לבן לאפור הוא $0.53 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$. $S^0 = 6.16 \frac{\text{cal}}{\text{mol}^\circ K}$
איזו צורה של בדיל יציבה יותר?

10) נתונים :

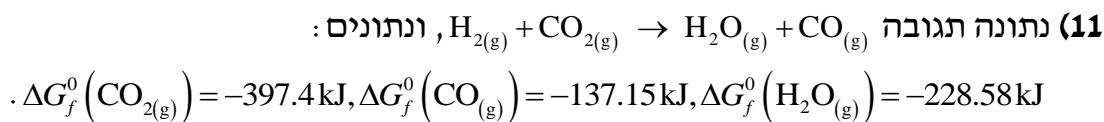
	$\Delta H_f^0 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$	$\Delta G_f^0 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$
$SO_{2(g)}$	-289.41	-301.43
$SO_{3(g)}$	-396.9	-3171.74

א. נסחו תגובה בין SO_2 גזוי לבין חמצן גזוי, לקבלת SO_3 גזוי.

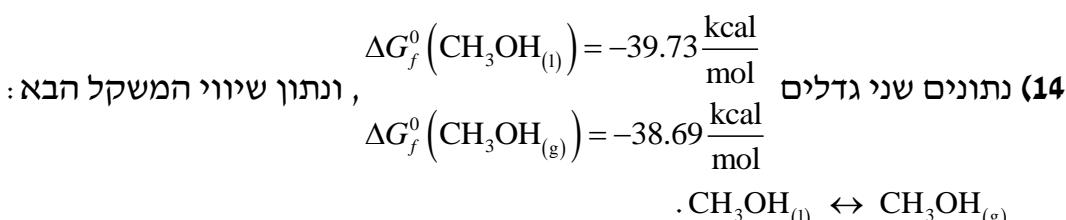
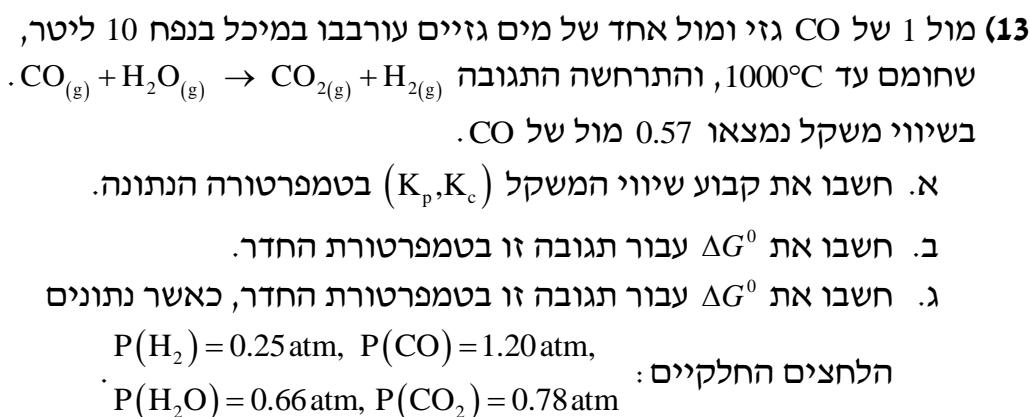
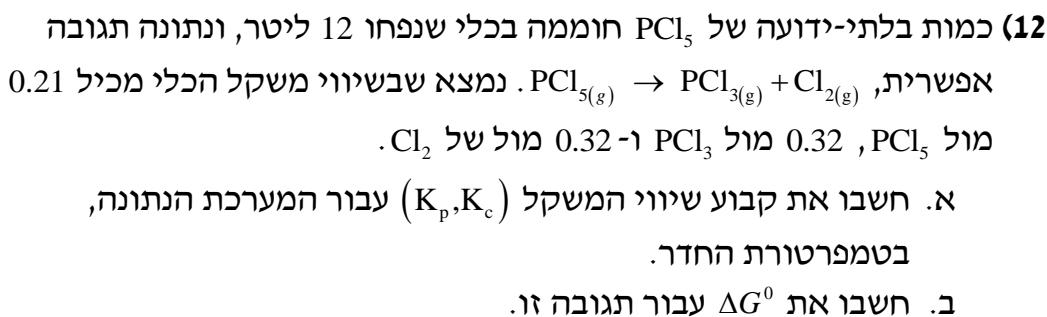
ב. איזו תחומיות יציבה יותר בנסיבות חמצן, בתנאים תקניים?

ג. חשבו את שינוי האנטרופיה עבור התגובה הנתונה.

ד. מהו תחום הטמפרטורות שבו התהlixir הוא ספונטני?



- א. האם התגובה ספונטנית בטמפרטורת החדר?
 ב. חשבו את קבוע שיווי המשקל של התגובה הנתונה.



- א. חשבו את ΔG^0 עבור תהליך זה בטמפרטורת החדר.
 ב. מהו ΔG בשוויי משקל?
 ג. האם הטמפרטורה שבה תהליכי הרתיחה של CH_3OH ספונטני נושא, גבוהה או שווה לטמפרטורת החדר? נמקו.

15) נתוני :

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

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

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

א. חשבו את ΔG° לתגובה השရיפה של מתאן ב- 800°K .

ב. האם התהליך ספונטני?

ג. איך תשפייע הקטנת הטמפרטורה על מידת הספונטניות של התהליך?
נמקו.

16) 100 גרם של בנזן מתחדים בנקודת הרתיחה שלו, 80.2°C , ב- 760 mm Hg

$$\text{כאשר חום האידיוי הוא } 94.4 \frac{\text{cal}}{\text{mol g}}. \text{ נתון שמסה מולרית של בנזן היא } 78.$$

מה ערכם של הגודלים הבאים :

א. עבודה שמתבצעת בתהליך הפיך, W .

ב. כמות החום, Q .

ג. שינוי האנרגיה הפנימית, ΔU .

17) מול אחד של גז אידיאלי מונו-אטומי עובר תהליך הפיך, שבו מוכפל נפחו.

שינויי האנטפלפייה בתהליך הוא $\Delta H^\circ = 500 \text{ cal}$, והחום שעובר בו הוא

$$. c_p = 5 \frac{\text{cal}}{\text{mol deg}}. \text{ נתון גם כי } Q = 400 \text{ cal}$$

א. חשבו את הטמפרטורה והלחץ הסופיים, אם הטמפרטורה ההתחלתית היא 20°C , והלחץ ההתחלתי הוא 1 atm .

ב. חשבו את העבודה שבוצעה, ואת השינוי באנרגיה הפנימית של הגז.

18) מול של גז אידיאלי מתפשט מנפח של 10 ליטר וטמפרטורה של 25°C ,

$$. c_p = 6.5 \frac{\text{cal}}{\text{mol deg}}. \text{ נתון גם deg}$$

התהליך מתרחש בשני מסלולים :

מסלול א – הגז חומם בנפח קבוע ל- -100°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°C .

חשבו עבור שני המסלולים את q , W , ΔU .

תשובות סופיות

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

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

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

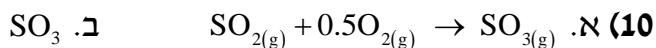
(4) מסלול ראשון : $W = -2224.47 \text{ J}$, $q = 2224.47 \text{ J}$, $\Delta U = 0$
 מסלול שני : $W = -1459.08 \text{ J}$, $q = 1459.08 \text{ J}$, $\Delta U = 0$

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

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

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

(9) בדיל לבן.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

כימיה אנלייטית

פרק 4 - תוכנות הגזים

תוכן העניינים

25	1. חוקי הגזים וחישובים סטטיכיומטריים
30	2. תנואה מולקולרית - דיפוזיה ואפוזיה

חוקי הגזים וחשבובים סטטוביומטריים

שאלות

- 1)** בכלי סגור A ישנים 5.6 גרים של חנקן, $N_{2(g)}$, ובכלי סגור B 5.6 גרים של אתן, $C_2H_{4(g)}$, כאשר שני הגזים נמצאים באותו 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 $4FeS_{2(s)} + 8SO_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)} + 25^{\circ}C$ התרחשה ב- $25^{\circ}C$. מה יהיה הלחץ הסופי שנתקבל בכלי שנפחו 30 ליטר, אם נתחיל מ-300 גרים של FeS_2 ו-100 גרים חמץ?
- לחץ אטמוספירי 1.85 atm
 - 6.52 atm
 - 0.15 atm
 - 44.86 atm
- 3)** 10 גרים 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 N_2 25%, O_2 50% ו- Cl_2 25%, באחוזים משקליים. בתנאי לחץ וטמפרטורה סטנדרטיים, הלחץ החלקי של:
- חמצן שווה ל- 380 mm Hg
 - חנקן שווה ל- 0.25 atm
 - חLOOR גדול מ- 0.25 atm
 - חLOOR 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?

הנicho שכל הגזים מתקיים באותם תנאים לחץ וטמפרטורה.

א. 4.2 ליטר.

ב. 8.4 ליטר.

ג. 18.9 ליטר.

ד. 22.4 ליטר.

6) כימאית מכינה דגימות גז הליום בלחץ, בטמפרטורה ובנפח מסוימים, ולאחר מכן מסלקת מחלוקת מומולקולות הגז.

איזה שינוי צריך להתחולל בטמפרטורה, כדי שהלחץ והנפח יישארו בלי שינוי?

7) בקבוק שנפחו μ 2.6 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 (פחמיין) שمسתה 2.55 גרם. הכלי נמצא ב- $82^\circ C$ והלחץ שפעילה הדוגמה על דפנות הכלי הוא 0.95 אטמוספרות.

א. מהי המסה המולרית של הגז?

ב. מקרים את הכלי ל- $-C^\circ 0$. מה יקרה לבוכנה? הסבירו.

9) סדרו את הגזים הבאים בסדר עולה לפי צפיפותם: N_2 , NO , NH_3 .

טמפרטורה והלחץ בכל הדגימות שוים.

10) צפיפותה של תרכובת גזית היא 0.943 גרם/ליטר בטמפרטורה של K 298 ובלחץ של 53.1 kPa.

א. מהי המסה המולרית של התרכובת?

ב. מה תהיה צפיפותה בלחץ של 1.5 אטמוספרות וב- K 298?

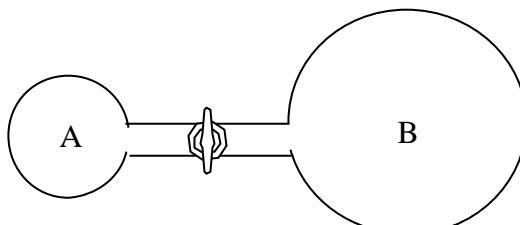
11) גז O_2N נאסף מעל פני המים. נפח הגז הלח היה 126 מ"ל ב- $21^\circ C$ ובלחץ של 755 טור.

מה יהיה נפח של כמות שווה של O_2N 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 $\text{CH}_3\text{N}_2\text{H}_2$ מוצק ועודף של N_2O_4 נוזלי, נוצרים CO_2 גזי, חנקן גזי ואדי מים. הגזים נאספו בכלי סגור עד שהגיעו לחץ של 2.5 אטמוספרות ולטמפרטורה של 400 K.

מה היו הלחצים החלקיים של CO_2 , N_2 , H_2O , בתנאים אלה?

13) נתונה המערכת



$$V = 4.12 \text{ L}$$

$$P = 4.71 \text{ atm}$$

$$t = 25^\circ\text{C}$$

$$V = 35.1 \text{ L}$$

בגולה A מצוי גז ניאון, $\text{Ne}_{(g)}$, ובגולה B ישנו ריק (וואקום). פתחו את הבزو המחבר בין הגולות ונתנו לגז הניאון להתרחשת, תוך שמירה על הטמפרטורה. א. מהו הלחץ הסופי במערכת (הזניחו את הנפח של הצנרת המחברת 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 מסויים מסדרת הפריאונים מכיל את היסודות פחמן, כלור ופלואור באחוזים המשקליים C 15.5%, F 23.0%, Cl 15.5%.

נמצא שדוגמזה של גז זה, במשקל 2.650 גרם, תופסת נפח של 428 מ"ל ב- 24.3°C ולחץ של 742 מ"מ כספית.

א. מהי הנוסחה האמפירית של הגז?

ב. מהי הנוסחה המולקולרית של הגז?

15) 2 ליטר גז C_3H_8 אורבבו עם 5 ליטר גז חמצן, כאשר הנחכים נמדדו באותו תנאי לחץ וטמפרטורה. הגזים הגיעו ביניהם, וכתוצאה לכך נוצרו 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) מכיל קשיה בנפח 5 ליטר מכיל 0.176 מול של גז NO ב- 298 K . הוסיףו כמות של 0.176 מול של O_2 גזי למיכל והתרחשה תגובה שיצרה NO_2 גזי. חשבו את הלחץ הכללי ביחידות של טורי, 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 באותו תנאי לחץ וטמפרטורה.

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

18) בפירוק של תחומיות מסוימת בתנאי החדר (לחץ 1.0 אטמוספרה וטמפרטורה K 298) התקבלו 25 ליטר של חנקן גזי ו-37.5 ליטר של חמצן גזי.
מהי הנוסחה האמפירית של התחמיות:

- 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 באותו תנאי לחץ וטמפרטורה.
בחרו את ההיגנד **הלא נכון**:

- הנפח של כלי א' שווה לזה של כלי ב'.
- מספר מוליאטומרי המימן (H) בשני הכלים שווה.
- כפיפות הגז בכלי א' קטנה מcpfיפות הגז בכלי ב'.
- מספר מוליאטומרי 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 עבר 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 גראם מול. ב. תרד.
 (9) $\text{NH}_3 < \text{N}_2 < \text{NO}$
 (10) א. 44 גראם מול. ב. 2.7 גראם ליטר.
 (11) 122.88 מ"ל.
 $P(\text{CO}_2) = 0.55 \text{ atm}; P(\text{N}_2) = 0.83 \text{ atm}; P(\text{H}_2\text{O}) = 1.11 \text{ atm}$ (12)
 (13) א. 0.49 אטמי. ב. שווה.
 C_2ClF_5 (14) א. C_2ClF_5 ב. (15) 4 ליטר.
 (16) 1.29 אטמי.
 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ (17) א. CH_2O ב. (18) א (19) ד (20) 67.27%

תנוועה מולקולרית – דיפוזיה ואפוזיה

שאלות

- 1)** לאיזה מבין הגזים הבאים (בהנחה של התנאות אידיאלית) תהיה המהירות המולקולרית הממוצעת הנמוכה ביותר?
- ג' Cl_2 ב- 0°C .
 - ג' CF_4 ב- 100°C .
 - ג' HCl ב- -10°C .
 - ג' NH_3 ב- 25°C .
- 2)** פחמיםן, שנוסחתו האמפירית היא C_2H_3 , עבר באפוזיה דרך פקק נקבובי בזמן של 349 שניות. למספר שווה של חלקיקי Ar נדרש 210 שניות כדי לעبور באפוזיה דרך הפקק, באותו תנאי לחץ וטמפרטורה. מהו היחס המולרי והנוסחה המולקולרית של הפחמיםן?
- 3)** 2.36 גרם זרחן (P_4) עברו בכליור (Cl_2), ותווצר התגובה היה 10.5 גרם זרחן כלורי. קצב האפוזיה של אדי התוצר היה ארוך פי 1.77 מזה של כמות שווה של CO_2 , באותו תנאי לחץ וטמפרטורה. מהו היחס המולרי והנוסחה המולקולרית של הזרחן הכלורי?
- 4)** סטודנטית קיבלה דגימה גזית של חומר לא ידוע, והשתמשה במתකן אפוזיה כדי למדוד את היחס המולרי שלו. כאשר הכניסה למתיקן CH_4 , מצאה ש-0.956 גרם עברו באפוזיה במשך 2.5 דקות 2.292 גרם של החומר הלא ידוע. בתנאים זהים התרחשא אפוזיה של 2.5 שניות 2.292 גרם של החומר הלא ידוע. מהו היחס המולרי של החומר הלא ידוע?
- 5)** מיכל קשיח בנפח 5 ליטר מכיל 24.5 גרם של N_2 גזי ו- 28 גרם של O_2 גזי.
- חשבו את היחס הכלול של תערובת הגזים שבמיכל ב- 298 K .
 - אם נוצר במיכל חרידר קטן וחלק מתערובת הגזים יוצא דרך חרידר זה, האם היחס בין המוללים של N_2 ו- O_2 במיכל יעללה/ירד/לא ישנה?

6) שלושה מְכַלִּים, שכל אחד מהם מכיל גז אחר, נמצאים ב- 25°C ומחוברים ביניהם. יש להניח שהטמפרטורה לא משתנה ונפח הциינורות זניח. בטבלה הבאה נתונים על כל אחד מהמכלים:

מייכל 3	מייכל 2	מייכל 1	מייכל
O ₂	N ₂	Ar	סוג הגז
לחץ בכלי	1.46 atm	0.908 atm	2.71 atm
נפח הכלים	3 ליטר	2 ליטר	5 ליטר

- א. מהו היחס הסופי שיישור במערכת לאחר פתיחת השסתומים שמחברים בין המכלים?

ב. מהו היחס החלקי של כל אחד משלושת הגזים לאחר פתיחת השסתומים?

ג. חשבו את המהירות המומוצעת של כל אחד משלושת הגזים.

ד. חשבו את האנרגיה הקינטית של כל אחד משלושת הגזים.

7) קצב האפוזיה של אמונייה דרך פתח קטן במתכון זוכנית הוא $3.5 \cdot 10^{-4}$ מול בזמנ של 15.0 דקות ובטמפרטורה של 200°C .
חשבו את מספר מולי התרכובות שיעברו דרך אותו הפתח בזמן של 25.0 דקות
ובטמפרטורה של 200°C .

תשובות סופיות

- | | | |
|--|-------|-----|
| גראם/מול, | 110.5 | (1) |
| . C ₈ H ₁₂ | | |
| גראם/מול, | 138 | (2) |
| . PCl ₃ | | |
| גראם/מול. | 92 | (3) |
| גראם/מול. | 8.55 | (4) |
| ב. ירד. | | |
| א. אטמי. | 1.97 | (5) |
| ב. אטמי. | 1.97 | (6) |
| O ₂ : 0.179 atm; N ₂ : 0.074 atm; Ar : 0.554 atm | | |
| גראם/מול, | 1.97 | (7) |
| . O ₂ : 481.83 $\frac{m}{s}$, N ₂ : 1.515 $\frac{m}{s}$, Ar : 430.96 $\frac{m}{s}$ | | |
| . O ₂ : 668.62 j, N ₂ : 274.88 j, Ar : 2.0.43 kJ | | |
| 0.000583 mol | | |

כימיה אנלייטית

פרק 5 - חומצות ובסיסים

תוכן העניינים

1. חומצות ובסיסים

32

חומצות ובסיסים

שאלות

חשבו את ה- H^+ וה- OH^- של התמיסות המימיות בשאלת 1 (חומצה חזקה) ושאלת 2 (בסיס חזק):

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

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

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

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

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

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

7) דגימה של 150 מיל תמיסת $\text{NaCH}_3\text{COO}_{2(\text{aq})}$, בריכוז של 0.02 M, נמהلت עד לנפח של 500 מיל.

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

8) התרכזה אמפטמין ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{NH}_2$), שקבע הבסיסיות שלו הוא $\text{K}_b = 7.8 \cdot 10^{-4}$. משוקת 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- H^+ של התמיסה, שהוכנה על ידי מסכת 6.48 גרם מלח ב- 200 מיל מים (יש להניח שנפח התמיסה המתקבלת הוא 200 מיל).

9) חשבו את ה- H^+ של תמיסת H_2SO_4 בריכוז $M = 0.15$, כאשר נתון כי

$$K_{a2}(H_2SO_4) = 1.2 \cdot 10^{-2}$$

10) חשבו את ה- H^+ של תמיסת H_2TeO_4 , בריכוז $M = 1.1 \cdot 10^{-3}$, כאשר נתון כי

$$K_{a1} = 2.1 \cdot 10^{-8}, K_{a2} = 6.5 \cdot 10^{-12}$$

11) חשבו את הריכוזים של הצורנים של Na_2CO_3 שבסוללה $M = 0.0456$, כאשר נתון כי

$$K_{a1}(H_2CO_3) = 4.3 \cdot 10^{-7}, K_{a2}(H_2CO_3) = 5.6 \cdot 10^{-11}$$

12) חשבו את ה- H^+ של התמיסה שמתקבלת מערבוב של 30 מ"ל תמיסת $HCN_{(aq)}$ בריכוז של $M = 0.05$, עם 70 מ"ל תמיסת $NaCN$, בריכוז של $M = 0.03$, כאשר נתון כי

$$K_a(HCN) = 4.9 \cdot 10^{-10}$$

13) נתונה תמיסת שמכילה $KH_2PO_4_{(aq)}$, Na_2HPO_4 , בריכוז של $M = 0.15$, בריכוז של $M = 0.01$, כאשר נפח התמיסה הוא 100 מ"ל.

א. מהו ה- H^+ של התמיסה?

ב. מהו השינוי ב- H^+ , הנובע מהוספת 80 מ"ל של $NaOH_{(aq)}$, בריכוז של $M = 0.01$, לתמיסה שבסייען א, כאשר נתון כי

$$K_{a3}(H_3PO_4) = 2.1 \cdot 10^{-13}, K_{a1}(H_3PO_4) = 7.6 \cdot 10^{-3}, K_{a2}(H_3PO_4) = 6.2 \cdot 10^{-8}$$

14) גרם חומוצה חלשה חד-פרוטית (HA) הומסס במים.

בティור של התמיסה עם $NaOH_{(aq)}$, בריכוז של $M = 0.35$, נדרשו 52 מ"ל כדי

להגיע לנקודת האקוויולנטית. לאחר הוספת 26 מ"ל של הבסיס, נמצא

שה- H^+ של התמיסה שווה ל-3.82.

א. מהי המסה המולרית של החומוצה?

ב. מהו ערך ה- K_a של החומוצה?

15) בוצע טיטור של 25 מ"ל $CH_3COOH_{(aq)}$, בריכוז של $M = 0.1$, עם KOH , ב- $M = 0.1$.

א. מה יהיה ה- H^+ לאחר הוספת 10 מ"ל של תמיסת KOH ?

ב. מהו הנפח של תמיסת KOH , הדרוש כדי להגיע לסתירה המלאה?

ג. חשבו את ה- H^+ בנקודת הסטואיקיומטריה, כ- $= 1.8 \cdot 10^{-5}$.

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

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

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

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

מהו המשפט הנכון:

- א. שתי התמיistas מכילות את אותו מספר מוללים של מומס.
- ב. ריכוז יוני Cl^- בתמיסת B גדול פי 10 מריכוז יוני Na^+ בתמיסת A.
- ג. כתוצאה מערבוב של שתי התמיistas תתקבל תמיסת בעלת $7 < \text{pH}$.
- ד. בערבוב נפחים שווים של שתי התמיistas, תתקבל תמיסת בעלת $7 = \text{pH}$.

18) לתמיסת של CH_3COOK , בריכוז 0.1 M , ה- H^+ נמוך יותר מזו של תמיסת

KCN בריכוז 0.1 M . מכאן נובע כי:

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

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

תמיסת HNO_3 , שרכיבזה 0.025 M . ה- H^+ של התמיסת הסופית יהיה:

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

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

1. ה- H_p הסופי הוא ניטרלי, במידה ש-HA היא חומצת חזקה.
2. ה- H_p הסופי הוא בסיסי, במידה ש-HA היא חומצת חלהה.
3. ה- H_p הסופי הוא ניטרלי, במידה ש-HA היא חומצת חלהה.
איזו קביעה נכונה?
 א. קביעה 1 בלבד.
 ב. קביעה 2 בלבד.
 ג. קביעה 3 בלבד.
 ד. קביאות 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 חומצת חזקה יותר?
- ב. האם HOI חזקה או חזקה יותר מהחומצת בתשובה לסעיף א'?
- ג. עבור תמיסת NaOCl , בריכוז 1.2 M, חשבו את:
 1. קבוע ההידROLיזה.
 2. דרגת ההידROLיזה.
 3. ה- H_p של התמיסה.

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

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

מהו הסדר הנכון של חזק החוממצות:

- 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 , נדרש 600 מיל של תמייסט HNO_3 , ברכזו $M=2$. המסה המולרית של הבסיס היא :

א. $170 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

ב. $56.67 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

ג. $18.88 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

ד. $27.2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

24) נתונות שתי תמייסות שוות ריכוז, $\text{KX}_{(\text{aq})}$ ו- $\text{KY}_{(\text{aq})}$, כאשר X^- ו- Y^- נבחרו

בשਰירותיות, וננתן כי $\text{K}_a(\text{HX}) = 1.2 \cdot 10^{-4}$ ו- $\text{K}_a(\text{HY}) = 1.4 \cdot 10^{-6}$.

בחרו את המשפט הנכון :

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

תשובות סופיות

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{ב.} \quad 8.72 \quad \text{א.} \quad 25 \text{ מיל. ג.} \quad 4.56 \quad \text{(15)}$$

$$\text{ט} \quad \text{(16)}$$

$$\text{ג} \quad \text{(17)}$$

$$\text{ט} \quad \text{(18)}$$

$$\text{ב} \quad \text{(19)}$$

$$\text{ט} \quad \text{(20)}$$

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

$$\text{ב} \quad \text{(22)}$$

$$\text{א} \quad \text{(23)}$$

$$\text{ט} \quad \text{(24)}$$

כימיה אנלייטית

פרק 6 - חמצון-חיזור

תוכן העניינים

1. תגבות חמצון-חיזור - מושגי יסוד	38
2. יישום של תהליכי תמצור - תאים חמליים	42

תגובה 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 מחזירים.
- ג. A ו- B הם חומרים מחזירים, אך C חומר מחמצן.
- ד. A ו- B הם חומרים מחמצנים, אך C חומר מחזיר.

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

- 1. 0.2 מול מחזר מסרו 0.4 מול אלקטرونים.
 - 2. 0.2 מול מחזר מגיבים עם 0.2 מולוי מחמצן.
 - 3. בתחילת זה N_2O_3 הוא מחמצן ומchezיר.
 - 4. 0.1 מול מחמצן קיבלו 0.2 מול אלקטرونים.
 - 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 תגובה 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 מחזר 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 מסויימת היון SO_3^{2-} משתנה והופך ליוון $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$.

לפיכך, ניתן לומר ש:

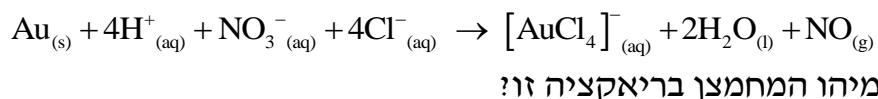
א. אטומי הגופרית עוברים חמצון.

ב. אטומי הגופרית הם המחמצנים.

ג. אטומי החמצן עוברים חיזור.

ד. שינוי זה אינו חלק מתהליך חמצון חיזור.

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



א. Au

ב. H^+

ג. NO_3^-

ד. Cl^-

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

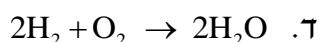
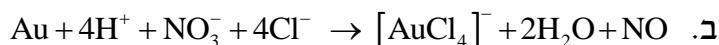
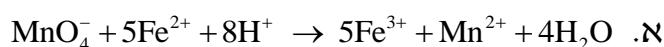
א. MnO₂, 4+

ב. SO₃²⁻, 4+

ג. ClO₃⁻, 7+

ד. Cr₂O₃, 3+

8) איזו מבין התשובות הבאות **אינה** תגובה חמצון-חיזור?



9) ל- 50 מיל תמייסת CuBr_2 , בריכוז 0.4 M, הזרימו 2.5 ליטר כלור גזוי בתנאי החדר.

- רשמו ניסוח התהלייך.
- חשבו את מס' מולי האלקטרונים שהשתתפו בתהלייך.
- לטמייסה שהתקבלה נספה תמייסת AgNO_3 . מהו המשקע שיתקבל?
רשמו ניסוח התהלייך.
- איזה נפח תמייסת AgNO_3 M 0.1 יידרש לשיקוע מלא? פרטו.
- לאחר סינון המשקע, הוסף מגנזיום לתמייסה.
1. רשמו ניסוח לתהלייך שתתרחש.
2. מהו מספר מולי האלקטרונים שהשתתפו בתהלייך הנ"ל?
(הניחו שכל החומרים הגיעו עד הסוף)

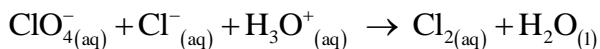
10) להלן שני ניסויים :

- בניסוי 1 הוסיפו גז כלור לתמייסת נחושת ברומית (CuBr_2) בריכוז M, וכתוצאה מכך התרכשה תגובה.
- בניסוי 2 הוסיפו אלומיניום ($\text{Al}_{(s)}$) לתמייסת נחושת ברומית (CuBr_2) בריכוז M, וכתוצאה מכך והתרכשה תגובה.
א. עברו כל ניסוי :
- צינו מהו המחמצן ומהו המחזר.
 - נסחו ואזנו את תגובת חמצון-חיזור.

להלן שני ניסויים נוספים :

- בניסוי 3 הוסיפו נחושת ($\text{Cu}_{(s)}$) לתמייסת $\text{AgNO}_{3(aq)}$ בריכוז M והתרכשה התגובה.
- בניסוי 4 הוסיפו אלומיניום ($\text{Al}_{(s)}$) לתמייסת $\text{KCl}(aq)$ בריכוז M, ולא התרכשה תגובה.
ב. 1. דרגו את היסודות Cu, Al, K, Ag על פי נטייתם לחזר.
2. האם תתרחש תגובה בין תמייסת $\text{AgNO}_{3(aq)}$ ובין $\text{Al}_{(s)}$? נמקו.

11) נתון הניסוח הבלתי-מאוזן הבא :



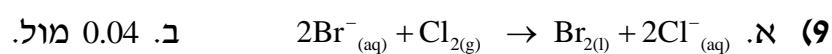
- רשמו ניסוח מאוזן וקבע את המחמצן ואת המחזר.
- כמה אלקטרונים עוברים בתהלייך שבו נוצרים 5 ליטר כלור בתנאי STP?

12) אזו את המשווהה הבאה, צינו את המחמצן והמחזר, וקבעו את מס' מולי האלקטרונים שמשתתפים בתגובה

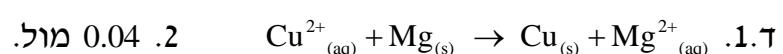


תשובות סופיות

- (1) ב
- (2) ד
- (3) ד
- (4) ד
- (5) ב
- (6) ג
- (7) ג
- (8) ג



ליטר. 0.4 .2 AgCl .1.ג



א. 1. Br⁻, Cl₂ מחמצן, Al מחזר, Cu²⁺ מחמצן.

ב. 2. כנ. K > Al > Cu > Ag .1.ג

ל. 0.39 מול. (11)

ג. 2 מול. (12)

יישום של תהליכי חמצור – תאים חשמליים

שאלות

1) כמה זמן יש להפעיל תא אלקטרולי, כדי לקבל ציפוי כסף מתכת, שמסתו 0.8 גרים, אם מועבר זרם של 2.5 אמפר בתוך תמייה מימית של 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 $\text{I}_{2(s)} \rightarrow \text{I}_{(aq)}$?

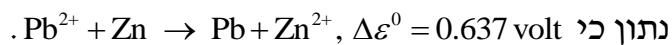
- א. $\text{Br}_{(aq)}^-$
- ב. $\text{Ag}_{(s)}$
- ג. $\text{Pb}_{(s)}$
- ד. $\text{Zn}_{(aq)}^{2+}$

3) חשבו את הפרש הפוטנציאלים ΔE ב- 25°C של תא אלקטוכימי, המורכב מחצי תא אבץ, שבו יוני אבץ בריכוז 0.01 M , וחצי תא נסף, שבו Br_2 נוזלי ובתוכו יוני Br^- בריכוז 10^{-4} M .

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

- א. 1.78 V
- ב. 0.13 V
- ג. 2.145 V
- ד. 1.72 V

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



א. הקטודה היא אלקטרודת האבץ.

ב. הריאקציה הספונטנית מתרחשת בכיוון הרשום.

ג. אלקטרודת העופרת טעונה במטען חיובי.

ד. האבץ עובר חמצון בתהליך הזה.

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

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

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

א. מגנזיום מתכתית (Mg^{2+}) לא מגיב עם יוני אבץ (Zn^{2+}) בתמיסה מיミית.

ב. נחושת מתכתית (Cu^{2+}) מגיבה עם יוני אבץ (Zn^{2+}) בתמיסה מיミית.

ג. ברזל מתכתית (Fe^{2+}) מגיב עם יוני אבץ (Zn^{2+}) בתמיסה מיミית.

ד. ברזל מתכתית (Fe^{2+}) מגיב עם יוני מימן (H^+) בתמיסה מיミית.

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

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

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

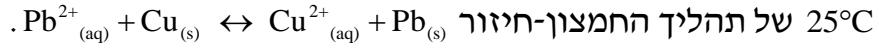
א. 0.33 volt

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. $1.17 \cdot 10^{-16}$

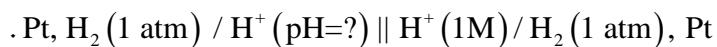
ב. 0.343

ג. $1.31 \cdot 10^{-8}$

ד. $1.43 \cdot 10^{-7}$

8) תא ריאורי של מימן משמש ככלי למדידת H^- . מה יהיה ה- H^- באנודה בתא

המפורט להלן? מתח התא שווה ל- 0.122 Volt ב- 25°C , ונתון כי



א. $\text{pH} = 1.03$

ב. $\text{pH} = 4.75$

ג. $\text{pH} = 2.068$

ד. $\text{pH} = 4.12$

9) נתון התא האלקטרוכימי $\text{Fe}^{2+}(1\text{M})/\text{Fe}^{3+}(1\text{M})/\text{Cu}^{2+}(1\text{M})/\text{Cu}$ ||

איזהו מבין הפעולות הבאות תגרום לעלייה הגדולה ביותר ב觅ת התא?

א. הורצת ריכוז יוני הנחושת פי 2.

ב. הורצת ריכוז Fe^{2+} פי 2.

ג. הכפלת ריכוז יוני הנחושת (פי 2).

ד. הכפלת ריכוז Fe^{2+} (פי 2).

10) נתון תא אלקטרוכימי שבו האנודה היא $\text{Zn}/\text{Zn}^{+2}(1.0\text{M})$ ו-

מהו צריך להיות חצי התא של הקטודה, כדי שהפוטנציאל של התא כולל יהיה הגבוה ביותר?

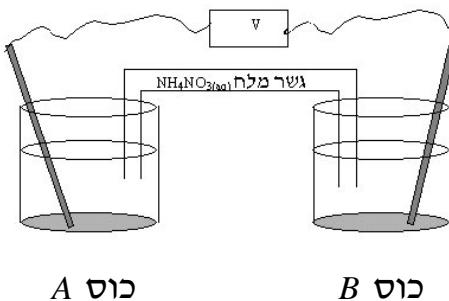
א. $\varepsilon_{\text{Mg}^{+2}(1.0\text{M})/\text{Mg}}^0 = -2.36\text{V}$

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

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

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

11) נתון תא אלקטרוכימי:



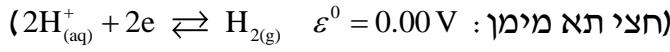
kos A (האנודה) מכילה תמיסת $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ (קל תמס) ואלקטרודת מגנזיום במשקל 12.30 גרם. kos B (הקטודה) מכילה תמיסת $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ (קל תמס) ואלקטרודת נחושת במשקל 12.30 גרם. התא פועל במשך 15 דקות ולאחר מכן נקלו האלקטרודות. מהו המשפט נכון?

- 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) עברו תגובה חמצון-חיזור $\text{Ni}_{(s)} + \text{Sn}_{(\text{aq})}^{+2} \rightleftharpoons \text{Ni}_{(\text{aq})}^{+2} + \text{Sn}_{(s)}$, ערכו של קבוע שיווי המשקל (לפי הריכוזים) בטמפרטורת החדר שווה ל- $5.00 \cdot 10^{-3}$.
 $\text{Sn}^{+2} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn} \quad \varepsilon^0 = -0.140 \text{ V}$.

- חשבו את פוטנציאל החיזור הסטנדרטי עברו יוני ניקל.
 $\text{Ni}_{(s)} / \text{Ni}_{(\text{aq})}^{+2} (1.00 \cdot 10^{-3} \text{ M}) // \text{Sn}^{+2} (9.00 \cdot 10^{-2} \text{ M}) / \text{Sn}$
- חשבו את המתח שנמדד ברגע חיבור התא.
- חציא תא סטנדרטי של ניקל (Ni) חובר לחצי תא סטנדרטי של מימן.

عقب חיבור התא נמדד מתח חיובי.



- איזה מתח נמדד ברגע חיבור התא?
- האם ה- H_2 בתא המימן עולה, ירד או נשאר קבוע? נמקו.
- רשמו את התגובה המאוזנת שמתרכחתعقب חיבור שני חצאים.
- איזה יון עבר חיזור ומהו המחזיר בתגובה זו?

13) נתונות שתי מחזיות התגובה ופוטנציאלי החיזור התקניים שלן :

חצי תגובה	E^0 (V)
$\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + e \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$	0.77
$\text{MnO}_4^-_{(\text{aq})} + 8\text{H}^+_{(\text{aq})} + 5e \rightarrow \text{Mn}^{2+}_{(\text{aq})} + 4\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	1.49

א. כתבו את התגובה המאוזנת שמתרכשת.

ב. מהו מספר מולי האלקטרונים העוברים בתגובה, כאשר 2.5 מול של

$\text{MnO}_4^-_{(\text{aq})}$ מגיב?

ג. כתבו תיאור סכמטי של התא האלקטרוכימי, שניתן לבנות על פי התגובה הזאת.

ד. חשבו את מתח התא בתנאים תקניים.

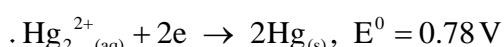
ה. חשבו את K_c .

ו. מה יהיה מתח התא כאשר הריכוזים של מרכיבי התא הם :

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

$$\left[\text{MnO}_4^-_{(\text{aq})} \right] = 0.1 \text{ M}, \quad \left[\text{H}^+_{(\text{aq})} \right] = 1 \text{ M}$$

14) נתונים שני חצאי תאים $E^0 = 0.28 \text{ V}$



כאשר יוצרים מהם תא אלקטרוכימי :

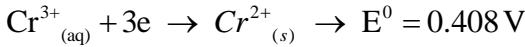
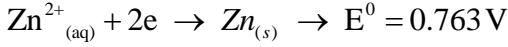
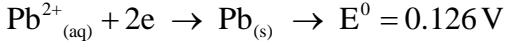
א. כיוון זרימת האלקטרונים הוא מחצית התא של הקובלט לחצי התא של הכספית.

ב. כיוון זרימת האלקטרונים הוא מחצית התא של הכספית לחצי התא של הקובלט.

ג. כספית היא אנודה.

ד. כיוון זרימת האנויונים בקשר המלח הוא לכיוון חצי התא של הכספית.

15) נתונות משווהות מחזיות התא הבאות :



החומר המחוור הטוב ביותר ביותר הוא :

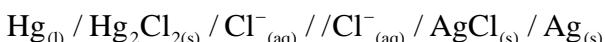
א. Zn

ב. Pb

ג. Cr^{2+}

ד. Cr^{3+}

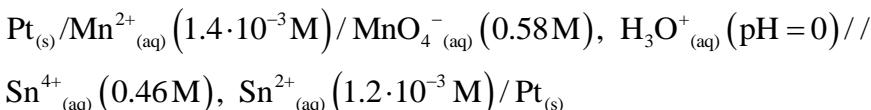
16) כתבו את מחציות התגובה ואת המשווה המאווזנת לתגובה התא הבא :



17) סטודנטית קיבלה מחצית-תא תקני Fe^{2+}/Fe ומחצית-תא נוספת המכילה מתכת לא ידועה M טבולה בתמיסת MNO_3 בריכזו 1M . כאשר חיברו את שתי מחציות התא בטמי' החדר, התא השלים פעל כתא גלוני בעל מתח תא של 1.24 V . הניחו לתגובה להימשך כל הלילה ואז שקוו את האלקטרודות. נמצא שאלקטרודות הברזל קלה יותר ואלקטרודות המתכת הלא ידועה כבדה יותר. מהו הפוטנציאל התקני של הצמד הלא ידוע M^+/M , אם נתנו כי $E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0.44\text{ V}$.

18) זרם של 350 mA , שהועבר בתמיסה מיינית של מנגן חנקתי במשך 13.7 שניות גרם לשיקוע של 4.9 g גרם של מנגן. מהו מספר החמצון של מנגן במנגן חנקתי?

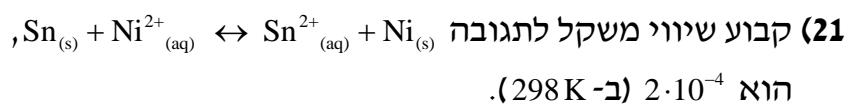
19) לתא הבא פוטנציאל של 1.45 V :



חשבו את קבוע שיווי המשקל עבור התגובה שמתרכשת בתא.

20) נתונה התגובה $\text{Cu}_{(s)} + \text{NO}_3^-_{(aq)} + \text{H}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{NO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$. א. אזו את המשווהה בעזרת חצאי התגובה. התגובה הנ"ל מתרכשת בתא. המתח שנמדד הוא : $E^0 = 0.62\text{ V}$. ב. היעזרו בנתוני הטבלה הבאה וחשבו את פוטנציאל החיזור התקני עבור מחצית התגובה של NO_3^- .

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

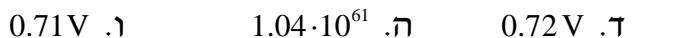
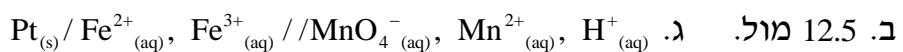


- א. האם פוטנציאלי החיזור התקני של $\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})}$ גבוה או נמוך מזה של יוני $\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})}$? נמקו ללא חישובים.
- ב. בנו את התא מהחומרים המופיעים בניסוח התגובה, והתא סיפק אנרגיה. רשמו بصورة סכמתית את המבנה של תא זה.
- ג. כאשר התא הגיע לשיווי משקל נלקח מדגם מתמייסת $\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})}$,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

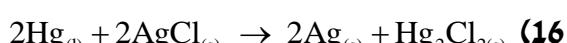
תשובות סופיות

- ג (1)
- ג (2)
- ג (3)
- א (4)
- ד (5)
- ג (6)
- א (7)
- ג (8)
- ד (9)
- ד (10)
- ג (11)

.2. עליה. 2. 0.249 V .1. ג 0.167 V ב. -0.249 V .א (12)



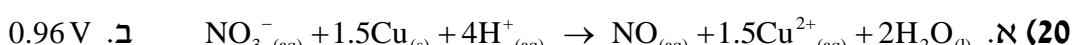
- ב (15)



0.8 V (17)

$+2$ (18)

$1.97 \cdot 10^{34}$ (19)



$8.55 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ ב. נמוך. (21) א.

כימיה אנליטית

פרק 7 - שיווי משקל כימי

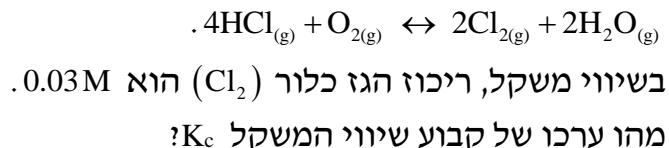
תוכן העניינים

1. שיווי משקל כימי 50

שיטות חישוב כימיות

שאלות

1) תערובת המכילה $\text{HCl}_{(\text{g})}$, בריכוז 0.075 M ו- $\text{O}_{2(\text{g})}$ בריכוז 0.033 M , חוממה לטמפרטורה של 480°C והגעה לשיטות-משקל לפי המשווה



A. $1.1 \cdot 10^{-3}$

B. 889

C. 0.13

D. 480

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

בחרו את הפעולה שתביא לעלייה בכמות הגז CO בשיטות-משקל:

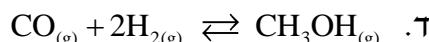
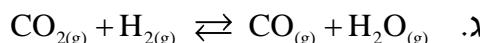
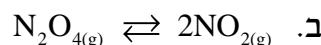
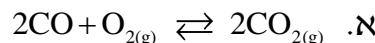
A. דחיסת המערכת והורדת הטמפרטורה.

B. הוספה פרחמן מוצק תוך כדי חימום.

C. הורדת הלוח תוך כדי הגדלת הנפח.

D. הוספה של $\text{Ne}_{(\text{g})}$ והעלאת הלוח הכללי.

3) באיזו תגובה הגדלת נפח הכליל מסיטה את התגובה לכיוון התוצרדים?

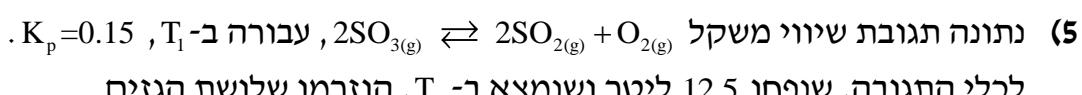




בטמפרטורה של 298 K ערכו של קבוע שיווי המשקל הוא 0.01 , וזמן השגת שיווי משקל בטמפרטורה זו הוא 452 שניות . נבעצע את התגובה בכלי שנפחו 5.0 ליטר ובטמפרטורה של 250 K .

מהו המשפט הנכון:

- K עשוי להיות גדול וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתארך.
- ΔH^0 עשוי להיות גדול וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתארך.
- K עשוי להיות קטן וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתארך.
- K ו- ΔH^0 עשויים להיות גדול וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתארך.



בתחלת התגובה החלקית של $SO_{3(g)}$ שווה ל- 1.2 בר , החלקית של $O_{2(g)}$ שווה ל- 0.6 בר והחלקית של $SO_{2(g)}$ שווה ל- 1.2 בר .

מהו המשפט הנכון לגבי המערכת במצב של שיווי משקל:

- החלקית החלקית של $SO_{3(g)}$ קטן מ- 1.2 בר .
- החלקית החלקית של $SO_{2(g)}$ גדול מ- 1.2 בר .
- החלקית החלקית של $O_{2(g)}$ גדול מ- 0.6 בר .
- החלקית 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 גז. תוך מספר דקוט המרכיב הגיעה במצב של שיווי משקל.

בתנאים אלה החלקית שווה ל- 2.77 bar . כמו כן, $\text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_5$.

a. 1. חשבו את החלקית (ביחידות bar) של כל מרכיבי המערכת במצב של שיווי משקל.

2. חשבו את אחוז הפירוק של PCl_5 בתנאים אלה.

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

b. אם נבעצע את התגובה בטמפרטורה של 400 K (כאשר כל מרכיבי המערכת במצב גז), האם אחוז הפירוק של PCl_5 יהיה קטן, גדול יותר או שווה לזה שחווש בסעיף א? נתנו גם שבעת התהילה הישיר הכלי מתחמים. נמקו **ללא** חישובים.

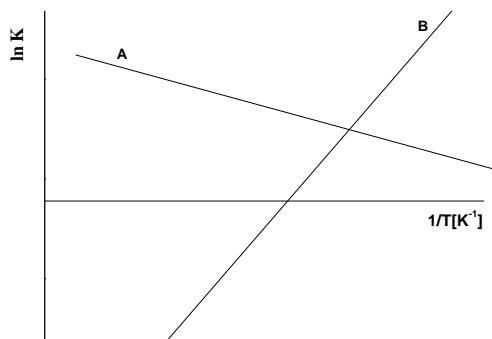
7) לתגובה $2A_{(g)} + 3C_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)}$ בטמפרטורת החדר $K_c = 2.5$. לכלי התגובה

בטמפרטורת החדר הוכנסו שלושת הגזים בריכוז $M = 2.5$ כל אחד.

מהו המשפט הנכון :

- עד השגת שיווי המשקל ריכזו של C ירד.
- עד השגת שיווי המשקל ריכזו של A ירד.
- רכיב כל מרכיבי התגובה לא ישנה, כי המערכת נמצאת בשיווי משקל.
- אי אפשר לדעת כי לא נתון נפח הכלים.

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



נתונות שלוש תשובות :



אייזו תגובה מתאימה לאיזה עקום, אם נתון שבתגובהות שמתאימות לעקרונות
הגדלת הנפח גורמת להגדלת כמות התוצריים :

A. $A = 3, B = 1$

B. $A = 3, B = 2$

C. $A = 1, B = 2$

D. $A = 2, B = 1$

9) לכלי סגור, בנפח 6.0 ליטר ובטמפרטורה של K 380, הוכנסו גז N_2O_4 ו- NO_2 . הלחץ ההתחלתי של N_2O_4 שווה ל- 1.30 bar ושל NO_2 0.08 bar. בין הגזים מתקיים תגובה שיווי המשקל $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$. במהלך התגובה בוצע מעקב אחר הלחץ הכללי לשדר במיון:

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

- האם מסה של N_2O_4 עלתה או ירדה במהלך התגובה. נמקו.
- чисבו את החלקדים החלקיים של N_2O_4 ושל NO בזמן $t = 2 \text{ min}$.
- чисבו את החלקדים החלקיים של הגזים **במצב שיווי משקל**.
- רשמו ביטוי לקבוע שיווי המשקל לפי החלקדים, וчисבו את ערכו של קבוע שיווי המשקל לפי החלקדים בתנאים אלה.
- בדקה ה-14 הכללי חומס, וכתוצאה מכ' ריכוז ה- NO עולה.
- האם התהליך היישר הוא אקסוטרמי או אנdotרמי? נמקו.
- האם זמן השגת שיווי המשקל החדש קצר, ארוך יותר, או שווה לזה שהוא? נמקו.

10) בתגובה שיווי המשקל $2A_{(g)} + C_{(g)} \rightleftharpoons 2B_{(g)}$, הוכנסו לכלי התגובה, שנפחו 4.0 ליטר, 0.2 מול של A. במהלך התגובה עקרו אחורי ריכוזו של A ווחשב ה- Q . תוצאות הניסוי מובאות בטבלה הבאה:

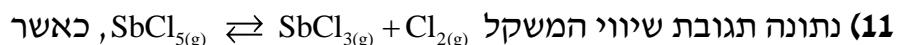
זמן (דקות)	Q
5	$1.25 \cdot 10^{-3}$
10	$1.77 \cdot 10^{-2}$
15	$1.35 \cdot 10^{-1}$
20	1.28
25	1.28

נתונות מספר קבועות:

- בין הדקות 15-20 הלחץ בכלי התגובה עולה.
- בין הדקות 20-25 הלחץ בכלי נשאר קבוע.
- המערכת הגיע לשיווי משקל בין הדקות 20-25.

מהי הקביעה הלא נכונה:

- בלבד.
- בלבד.
- .3-1 2 .ג
- .3-1 1 .ד



$$K_c(T = 520K) = 0.025$$

لتוך כלי ריק, בנפח 100 ליטר ושמוחזק בטמפרטורה של $K = 520$, הוכנסו 2.0

מול של 3.0 mol של $SbCl_{5(g)}$ ו- 5.0 mol של $Cl_{2(g)}$

א. האם מרגע הכניסת החומרים ועד השגת שיווי המשקל הריכוז של $SbCl_{5(g)}$ גדול, קטן או נשאר ללא שינוי? נמקו.

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

ג. תגובה שיווי המשקל $SbCl_{5(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons SbCl_{3(g)}$ נחקרה בטמפרטורה של $K = 500$. לתוך כלי ריק, בנפח 100 ליטר ושמוחזק בטמפרטורה של $K = 500$ הוכנסו 2.0 מול של $SbCl_{5(g)}$ ו- 5.0 mol של $Cl_{2(g)}$. אחרי זמן מסוים המערכת הגיעה במצב של שיווי משקל.

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

האם תגובה פירוק של $SbCl_{3(g)}$ ול- $SbCl_{5(g)}$ היא אנdotרמית או אקסוטרמית? נמקו.

12) שני מיכלים נמצאים בטמפרטורה של $C = 450^0$. בראשון, שנפחו 5 ליטר, קיימים שיווי המשקל $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$. הלחצים החלקיים שנמדדוו בו הם:

$$P_{N_2} = 11.85 \text{ bar}, P_{H_2} = 23.70 \text{ bar}, P_{NH_3} = 35.55 \text{ bar}$$

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

כמה גרם חנקן צריך להוסיף למייל זה, כדי שהשיווי המשקל 60% מהמיין יփכו לאמונייה (NH_3) כשהטמפרטורה נשארת קבועה וזזה בשני המיכלים?

13) לכלי התגובה הוכנסו 0.16 מולים של A ו- 0.16 מולים של B, ולאחרי 0.12 מולים של A, 0.08 מולים של B ו- 0.12 מולים של C.

מהו הביטוי המתאים ביותר שմבטא את קבוע שיווי המשקל:

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

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

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

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

- 14)** נתונה תגובה שהסתמימה בשיווי המשקל $0 < \Delta H_{(g)}^0$, $A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftharpoons 3C_{(g)}$ לכלי שנפחו 15 ליטר הוכנסו A ו- B בלבד. נתון שזטמן אפס הריכוז של B היה $M_{(g)} = 0.20$, והריכוז של A היה $M_{(g)} = 0.10$.
 נתונות חמיש קביעות עבור תגובה זו:
 1. במצב של שיווי משקל הריכוז של C שווה ל- $M_{(g)} = 0.3$.
 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 הכליל ל-30 ליטר, הריכוז של C בזמן השינוי יקטן פי 2, ולאחר מכן יגדל עד השגת שיווי המשקל החדש.
 4. אם במצב של שיווי משקל מגדילים את נפח הכליל ל-30 ליטר, מספר המולאים של C במצב שיווי המשקל החדש יהיה גדול מזה שבמצב שיווי המשקל לפניו. הגדלת הנפח.
 5. חימום יגרום להגדלת קביעת שיווי המשקל.
 מהן הקביעות **הלא נכונות**:
 א. 1, 2, 3.
 ב. 1, 3, 4.
 ג. 2, 3, 4.
 ד. אף קביעה אינה נכונה.
- 15)** הבשלות הניסויים הבאים התרחשה בתגובה $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$.
- בניסוי 1:** לכלי שנפחו 1 ליטר, המוחזק בטמפרטורה של $K = 300$, הוכנו תערובת של הגזים SO_2 ו- O_2 בלבד. לאחר 10 דקות נמצא שריכוזי החומרים בכלים אחרים משתנים עוד והוא: $M_{SO_2} = 0.4M$, $M_{O_2} = 0.2M$, $M_{SO_3} = 0.6M$.
 א. מהם הריכוזים ההתחלתיים של הגזים שהוכנסו לכלי?
 ב. חשבו את ה- ΔK בטמפרטורה של $K = 300$.
 ג. האם הלחץ בכלי עלה, ירד או נשאר ללא שינוי מהתחלת התגובה ועד השגת מצב שיווי משקל?
- בניסוי 2:** לכלי התגובה שנפחו 1 ליטר, המוחזק גם הוא בטמפרטורה של $K = 300$, הוכנו תערובת של אותם גזים כמו בניסוי הראשון. לעומת זאת, נמדד זמן מה בדקו את הרכב הגזים ונמצאו בכלים $M_{SO_2} = 0.4M$, $M_{O_2} = 0.1M$, $M_{SO_3} = 0.3M$.
 ד. האם ברגע הבדיקה המערכת נוטה ליצור תוצרים, מגיבים, או נמצאת בשיווי משקל?
- בניסוי 3:** לכלי שנפחו 1 ליטר הוכנסו אותן מספרי מולאים של הגזים SO_2 ו- O_2 כמו בניסוי 1, אולם הושג שיווי משקל בזמן קצר יותר, ונמצא שריכוז $SO_{2(g)}$ במצב שיווי המשקל היה גבוה מזה שבניסוי מס' 1.
 ה. האם התגובה הישירה היא אקסוטרמית או אנdotרמית?

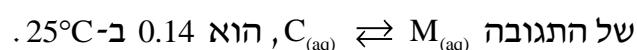
16) סטודנטית מכניסה לגליל גז A ב-10 אטמוספרות וב- 25°C . כתוצאה לכך, בגליל מתרחשת התגובה הבאה, שמסתיימת בהיווצרות מצב של שיווי משקל:



א. חשבו את ה- K_p עבור תגובה זו בטמפרטורה הנותנה.

ב. חשבו את ה- K_c עבור תגובה זו בטמפרטורה הנותנה.

17) ציקלוהקסאן (C) ומטייל ציקלופנטאן (M) הם איזומרים. קבוע שיווי המשקל



א. חוקרת מכינה תמיסת של $\text{C}_{(\text{aq})} = 0.02 \text{ M}$ ו- $\text{M}_{(\text{aq})} = 0.1 \text{ M}$. האם המערכת

נמצאת בשיווי משקל? אם לא, האם ייווצרו עוד מגיבים או תוצריים?

ב. מהם ריכוזי ה- C וה- M בשיווי המשקל?

ג. המערכת חומרה במצב שיווי משקל ב- 50°C . עבור זמן-מה המערכת חוזרת לשיווי המשקל שבו הריכוז של C שווה ל-0.1 M.

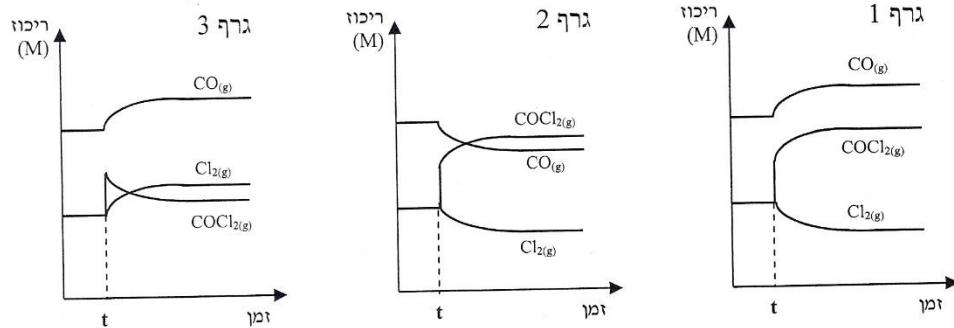
חשבו את קבוע שיווי המשקל החדש.

ד. האם התגובה הישירה היא אקסוטרמית או אנdotרמית?

18) נתונה מערכת שנמצאת בשיווי משקל .

$\text{CO}_{(\text{g})} + \text{Cl}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons \text{COCl}_{2(\text{g})}$ בזמן t מעלים את הריכוז של $\text{COCl}_{2(\text{g})}$ ללא שינוי ביתר הפרמטרים.

איזה מהגרפים הבאים מתאר נכון את התנהלות המערכת בעקבות ההפעלה:



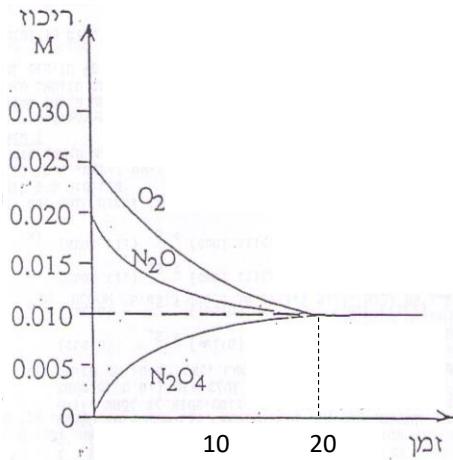
א. גרף 1.

ב. גרף 2.

ג. גרף 3.

ד. גרפים 1 ו-3.

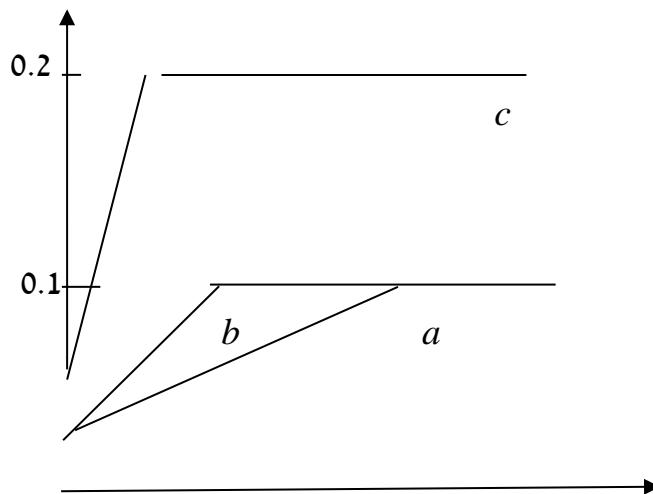
19) לכלי שנפחו 5.0 ליטר, המוחזק בטמפרטורה K 380, הוכנסו $O_{2(g)}$ ו- $N_{2(g)}$.
 הגרף שלහן מתאר את השינויים ברכיבי החומרים (ביחידות מול לליטר)
 ביחס בזמן (בדיקות):



- א. רשמו את התגובה המתרכשת בכל התגובה.
 - ב. חשבו את ערכו של קבוע שיווי המשקל לפי הריכוזים.
 - ג. האם הלחץ הכללי במערכת מרגע הכנסת החומרים ועד השגת שיווי המשקל יגדל, יקטן או לא ישתנה? נמקו.
 - ד. ברגע מסוים חיברו למערכת זו כלי נוסף, שנפחו 5 ליטר והוא נשמר בטמפרטורה של K 380, ובו נמצא חמצן בריכוז של M 0.01.
- תאரו באופן גրפי את השינויות היחסיות החלקיים של החמצן ושל $N_{2(g)}$ במשך 30 דקות מרגע החיבור של הכלי הנוסף. נמקו.

20) נתונה תגובה הפיכה $H_{2(g)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)} + CO_{(g)}$,
 ונתונים שלושה כלים a , b ו- c . נפחו של כל כי 1 ליטר, ולכל כל הכנסו 0.2
 מול H_2 ו- 0.2 מול $CO_{2(g)}$. להלן תיאור גרפי של השתנות הריכוז של
 $CO_{(g)}$ עם הזמן, המתאים לכל אחת מהמערכות a , b ו- c .

רכיב CO (M)



זמן (דקות)

- חשבו את ערכו של K עבור המערכת a .
- במה שונה מערכת a
 - ממערכת b ? הסבירו מהו הגורם להבדל.
 - ממערכת c ? הסבירו מהו הגורם להבדל.
- אם התגובה ממשאל לימין היא אקסוטרמיית או אנdotרמיית? נמקו.

תשובות סופיות**(1) ב****(2) א****(3) ב****(4) ג****(5) ד**

$$P(PCl_5) = 0.15 \text{ bar}; P(PCl_3) = P(Cl_2) = 1.31 \text{ bar} .1. \text{ נ} \quad (6)$$

.2. גודל. 11.44 .3 89.73% .2

(7) א**(8) ב**

$$P(N_2O_4) = 0.8 \text{ bar}; P(NO_2) = 1.08 \text{ bar} .2 \quad (9)$$

$$0.21 .2 \quad P(N_2O_4) = 0.54 \text{ bar}; P(NO_2) = 1.6 \text{ bar} .1.$$

.2. קצר. ג. אקסותרמי.

(10) ב**(11) א.** תגדל.

$$C(SbCl_5) = 0.033 \text{ M}; C(Cl_2) = 0.047 \text{ M}; C(SbCl_3) = 0.017 \text{ M} \quad \text{ב}$$

ג. אקסותרמי.

(12) 8.03 גראם.**(13) ג****(14) ד**

$$C(SO_2) = 1 \text{ M}; C(O_2) = 0.5 \text{ M} \quad \text{ג. ירד} \quad (15)$$

ד. נוטה לייצור תוצרים ה. אנדותרמי.

(16) 78.12 ב.

$$[C] = 0.105 \text{ M}; [M] = 0.015 \text{ M} \quad \text{ב. מגיבים.} \quad (17)$$

ג. 0.2 ד. אנדותרמי.

(18) ג

ד. הלחץ של N_2O_4 ירד ונשאר קבוע; הלחץ של החמצן לא השתנה.

(20) ג. אנדותרמי. 1. ב. 1. בכלי b היה זוז. 2. בכלי c הטמפרטורה גבוהה יותר.

ג. אנדותרמי.

כימיה אנלייטית

פרק 8 - שיווי משקל בתגובה שיקוע של חומר יוני

תוכן העניינים

1. שיווי משקל בתגובה שיקוע של חומר יוני 60

שיווי משקל בתגובה שיקוע של חומר יוני

שאלות

1) ענו על הסעיפים הבאים :

א. המסיסות של המלח $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ היא $1.1 \cdot 10^{-5}$ גרם ב-100 גרם מים, בטמפרטורה של 20°C .

חשבו את ה- K_{sp} של $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$.

ב. להלן שתי תמייסות רוויות, האחת ב- CuS והשנייה ב- Fe_2S_3 . באיזו מהן ריכוז ה- S^{2-} נמוך יותר?

נתון כי $K_{sp}(\text{CuS}) = 8.0 \cdot 10^{-36}$; $K_{sp}(\text{Fe}_2\text{S}_3) = 1.0 \cdot 10^{-88}$

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

א. 250 מיל מים?

ב. 250 מיל תמייסת LiIO_3 בריכוז של 0.05 M ?

נתון כי $K_{sp}(\text{La}(\text{IO}_3)_3) = 1.0 \cdot 10^{-11}$.

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

א. איזה יון ישקע קודם?

נתון כי $K_{sp}(\text{AgIO}_3) = 10^{-11}$; $K_{sp}(\text{Ba}(\text{IO}_3)_2) = 10^{-9}$.

ב. מה יהיה ריכוז יון זה בתמייסה, כאשר היון השני עומד לשקווע?

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

א. חשבו את ה- K_{sp} עבור $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$.

ב. חשבו את מסיסותו של $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$ בתמייסה של 0.01 M NaIO_3 בריכוז 0.01 M .

5) להלן תמיסה המכילה יוני Cl^- , Br^- , I^- ו- CrO_4^{2-} , כאשר ריכוז כל יון הוא 0.1 M , שהויספו לה בהדרגה תמיסת AgNO_3 . איזה משקע יופיע ראשון, ובאיזה סדר יופיעו שאר המשקעים?

$$\begin{aligned} K_{sp}(\text{AgI}) &= 8.3 \cdot 10^{-17}; \quad K_{sp}(\text{AgBr}) = 5 \cdot 10^{-13} \\ K_{sp}(\text{AgCl}) &= 1.8 \cdot 10^{-10}; \quad K_{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1.2 \cdot 10^{-12} \end{aligned}$$

נתון כי

6) הוסיפו 0.5 M ליטר של תמיסת TlNO_3 , בריכוז $2.8 \cdot 10^{-4}\text{ M}$, ל- 0.5 L ליטר תמיסת KI בריכוז זהה. נתון כי $K_{sp}(\text{TlI}) = 4 \cdot 10^{-8}$. האם יופיע משקע?

7) ריכוז יוני Ag^+ בתמיסה מסוימת הוא $4 \cdot 10^{-3}\text{ M}$. נתון כי $K_{sp}(\text{AgCl}) = 1.8 \cdot 10^{-10}$. חשבו את הריכוז המקסימלי של יוני כלור שניתן להוסיף, עד ש- $\text{AgCl}_{(s)}$ יחול לשקוע.

8) נתון חומר יוני קשה-תמס CH_3COOAg .
 א. חשבו את מסיסותו במים. פרטו את החישובים.
 ב. נתונים החומרים $\text{AgNO}_{3(s)}$, $\text{CH}_3\text{COONa}_{(s)}$, $\text{K}_2\text{S}_{(2)}$, $\text{KNO}_{3(s)}$.
 התייחסו לכל אחד מהחומרים הללו, וציינו את החומר שיגרום להגדלת המסיסות של $\text{CH}_3\text{COONa}_{(s)}$.
 נתון כי $K_{sp}(\text{Ag}_2\text{S}) = 5.7 \cdot 10^{-51}$.

9) תנאי לא-היוצרות משקע הוא:

- א. להשתמש במומס שהוא חומר יוני קל-תמס.
- ב. כשמנת הריכוזים של היונים (Q) שווה ל- K_{sp} .
- ג. כשמנת הריכוזים של היונים (Q) נמוכה מ- K_{sp} .
- ד. כשמנת הריכוזים של היונים (Q) גבוהה מ- K_{sp} .

10) נוכחות של יון משותף בתמיסה,
 א. מגדילה את מסיסות המשקע.
 ב. לא משפיעה על מסיסות המשקע.
 ג. מקטינה את מסיסות המשקע.
 ד. גורמת להיווצרות שני משקעים.

11) ל- $\text{AgOH}_{(\text{aq})}$ הוכנסה תמיישה רוויה של $\text{AgOH}_{(\text{s})}$ ($K_{\text{sp}} = 2.50 \cdot 10^{-16}$) מהו ערך ה- H^+ של התמיישה שנוצרה בתנאי החדר? (יש להתחשב ביוני OH^- , שמקורם בנסיבות החלקית של המשקע)

12) ניתן להשפיע על מסיסות המשקע על ידי

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

תשובות סופיות

$$\text{CuS . ב} \quad K_{\text{sp}} = 502.48 \cdot 10^{-35} \quad \text{(1)}$$

$$1.328 \cdot 10^{-5} \text{ g . ב} \quad 0.13 \text{ g . א} \quad \text{(2)}$$

$$0.71 \cdot 10^{-6} \text{ M . ב} \quad \text{Ag}^+ \text{ . א} \quad \text{(3)}$$

$$10^{-5} \text{ M . ב} \quad 10^{-9} \text{ M . א} \quad \text{(4)}$$

. Ag_2CrO_4 ואחריו AgCl , AgBr , AgI **(5)**

(6) לא.

$$> 0.45 \cdot 10^{-7} \text{ M} \quad \text{(7)}$$

$$\text{K}_2\text{S}_{(2)} \text{ . ב} \quad 0.0072 \text{ M . א} \quad \text{(8)}$$

(9) ג

(10) ג

7.01 **(11)**

ט **(12)**

כימיה אנליטית

פרק 9 - מוצבי הצבירה של החומר והמעברים ביניהם

תוכן העניינים

1. שיווי משקל בין הפאות.....
64

שיעור משקל בין הפאזות

שאלות

- 1)** באנליה של טיפה מתמיסת HCl , בנפח 0.05 מ"ל, נמצא $1.505 \cdot 10^{19}$ מולקולות HCl .
חשבו את לחץ האוסmotי (ביחידות kPa), שנוצר על ידי התמיסה בטמפרטורת החדר.
- 2)** נתונה תמיסה של אתנוול ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), בריכוז 6.45 M וצפיפות $0.952 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.
א. חשבו את המולילות, השבר המולי והאחוז המשקל של האתנוול בתמיסה.
ב. חשבו את הירידה בטמפרטורת הקיפאון של התמיסה.
- $$\text{נתון כי } K_{f(\text{water})} = 1.86 \text{ K} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$$
- 3)** חשבו את נקודת הרתיחה של תמיסה, שהוכנה על ידי ערבוב של 100 גרם של סוכרוז ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) ו-500 גרם של מים.
שים לב כי $K_{b(\text{water})} = 0.51 \text{ K} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$
- 4)** המשט 3 גרם של חומר מסויים ב-100 גרם של CCl_4 , מעלה את נקודת הרתיחה של התמיסה ב- 0.6°C . נתון שעבור הממס הטהור $K_b = 5.03 \text{ K} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$, $K_f = 3.18 \text{ K} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$.
בטמפרטורת החדר הוא 100 mm Hg .
חשבו את:
א. המסה המולרית של המומס.
ב. הירידהBN נקודת הקיפאון.
ג. ירידת לחץ האדים בטמפרטורת החדר.
- 5)** הערכו את השינוי בלחץ האדים של מים, כתוצאה מהcnת תמיסה בעלת ריכוז של 1 m בטמפרטורה של 100°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 המולקולרית של התרכובת.

7) המסת 2.441 גרם של חומצה בנזואית (C_6H_5COOH) ב- 250 גרם של בנזן. $K_{f(benzene)} = 5.12 K \cdot \frac{kg}{mol}$. נתון $0.2048^{\circ}C$. מוריידה את נקודת הקיפאון ב- $0.2048^{\circ}C$. מהו מצבה של החומצה בベンזן?

8) 18.04 גרם של חומר בלתי-נדייף 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 המסתה המולרית של החומר?

ב. באיזו טמפרטורה התmiseה תקפא? נתון כי $K_f = 1.855 K \cdot \frac{kg}{mol}$.

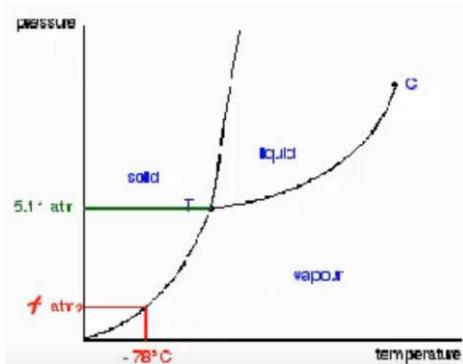
9) כלי שנפחו 20 ליטר קיים משקל בין אדי אתנול לבין כמות קטנה של אתנול נוזלי. נתון גם כי הטמפרטורה בכלי היא $25^{\circ}C$, הכליל מכיל אוויר יבש ולחץ הכלול בו הוא 750 טור. ידוע כי לחץ אדי אתנול ב- $25^{\circ}C$ הוא 58.9 טור.
בשלב מסוים הוקטן נפח הכליל ל- 5 ליטר בטמפרטורה קבועה.
א. מהו הלחץ החלקי של האתנול בפח הקטן? הסבירו.
ב. מהו הלחץ הכלול של התערובת בפח הקטן?

10) נתונה תמiseה מימית של מלח $FeCl_x$, שבה השבר המולרי של הממס הוא 0.98, ונתון כי טמפרטורת הקיפאון של התmiseה היא $-8.435^{\circ}C$.
קבעו את מטעןו של היון החיוויי במלח.

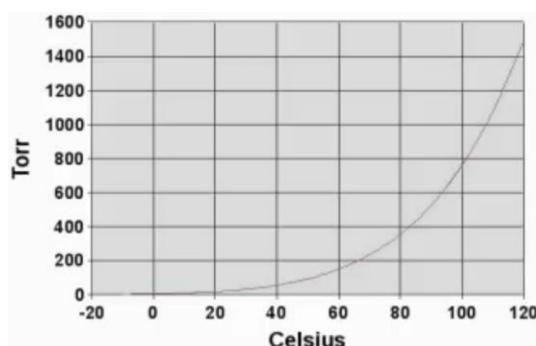
$$\text{נתון כי } K_f(H_2O) = 1.86 K \cdot \frac{kg}{mol}$$

11) הלחץ האוסmotי של tamiseה מימית של חלבון הוא 6.1 torr ב- $0^{\circ}C$. התmiseה הוכנה על ידי הוספת כמות קטנה של חלבון ב- 100 מ"ל מים (ນפח התmiseה שהתקבלה שווה בקירוב ל- 100 מ"ל). נתון שצפיפות התmiseה היא $1.2 \frac{g}{cm^3}$, וידוע כי הצפיפות של מים היא $1 \frac{g}{cm^3}$.
העריכו את המסתה המולקולרית של החלבון.

- 12) להלן דיאגרמת פאזה של פחמן דו-חמצני. ענו על השעיפים הבאים לפיה :
- מהו מצב הצבירה של פחמן דו-חמצני בתנאים סטנדרטיים?
 - מהו מצב הצבירה של פחמן דו-חמצני בתנאים של 0.75 אטמוספרות ובטמפרטורה של -114°C ?
 - פחמן דו-חמצני נמצא במצב בלחץ של 3883.6 mm Hg ובטמפרטורה של -78°C . הצעו דרך לקבלת פחמן דו-חמצני נוזלי.
 - אייזו פאה צפופה יותר, מוצקה או נזילה? נמקו.



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



תשובות סופיות**(1) 2476****(2) מולילות:** $10 \frac{\text{mol}}{\text{kg}}$, שבר מולי: 0.15, אחוז משקל: 31.16g**(3) 100.189°C****(4) 252.1 $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$** **(5) ירידה של 0.02 atm****(6) 70.4 $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$** **(7) עברה התלכדות, $i = 0.5$** **(8) $M_w = 159 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$** **(9) 2823.3 torr****(9) 58.9 torr****(10) FeCl₃****(11) 560224.1 $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$** **(12) א. גז. ב. מוצק. ג. ראו בסרטון. ד. מוצקה.****(13) 8203.8 $\frac{\text{j}}{\text{mol}}$** **(13) $\Delta S_b = 109.05 \frac{\text{j}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$** **(13) 93–95°C**