

מבוא לכימיה אנליטית



תוכן העניינים

1	מבנה האטום
18	חישובים סטויכיומטריים
28	תכונות הגזים
35	חומצות ובסיסים
41	חמצון-חיזור
53	שיווי משקל כימי
63	שיווי משקל בתגובת שיקוע של חומר יוני

מבוא לכימיה אנליטית

פרק 1 - מבנה האטום

תוכן העניינים

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

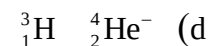
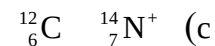
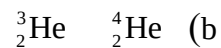
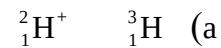
המודל הגרעיני של האטום

שאלות

1) ליון $^{127}_{52}\text{Te}^{2-}$:

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

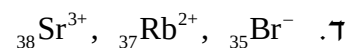
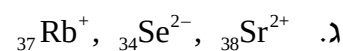
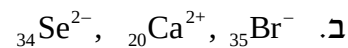
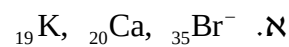
2) מי מהזוגות הבאים מהווים איזוטופים?



- a בלבד.
- a ו-d.
- a ו-c.
- a ו-b.

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

אטום קריפטון $^{36}_{36}\text{Kr}$:



4) מהי השורה הנכונה מבין הבאות?

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

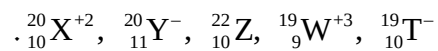
5) לאטום מיונן של יסוד מסוים, X^{2+} , יש 24 אלקטרונים ו-30 נויטרונים. איזו טענה נכונה:

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

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

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

7) נתונים חמישה צורנים שסומנו באופן שרירותי באותיות הבאות:



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

8) בטבלה הבאה נתונים חמישה חלקיקים של יסודות:

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

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

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

10) בטבלה הבאה נתון ההרכב הגרעיני של החלקיקים הבאים:

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

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

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

11) נתונים החלקיקים הבאים:

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

ציינו את ההיגד(ים) הנכון(ים):

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

תשובות סופיות

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

ספקטרום אטומי בחלקיקים חד-אלקטרוניים

שאלות

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

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

תשובות סופיות

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

מבנה של אטומים מרובי אלקטרונים

שאלות

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

א. $n = 2, \ell = 1, m_\ell = +1$

ב. $n = 3, \ell = 3, m_\ell = -3$

ג. $n = 3, \ell = 2, m_\ell = -3$

ד. $n = 0, \ell = 0, m_\ell = 0$

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

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

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

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

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

א. $n = 2, \ell = 1$

ב. $n = 4, \ell = 2, m_\ell = -2$

ג. $n = 2$

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

4) איזו מתת-הרמות שלהלן יכולה להתקיים באטום:

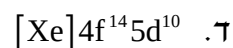
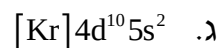
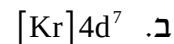
א. 2d

ב. 3f

ג. 6g

ד. 6i

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

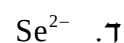
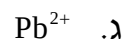
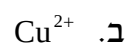
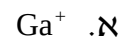


6) איזה צירוף של מספרים קוונטים מתאים לאלקטרון ערכיות (ברמה האחרונה) של אטום Br?

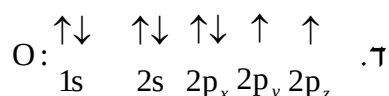
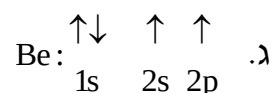
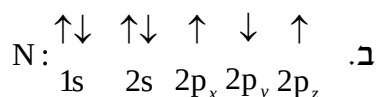
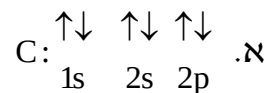
m_s	m_l	l	n
$+\frac{1}{2}$	0	0	4
$+\frac{1}{2}$	-1	1	4
$-\frac{1}{2}$	0	1	4

ד. כל התשובות נכונות.

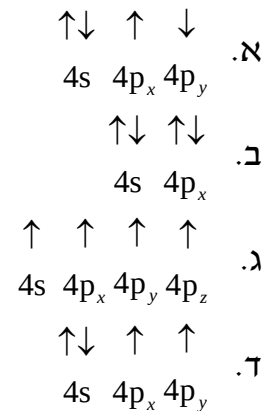
7) כתבו את היערכות האלקטרונים במצב היסוד וצינו את מספר האלקטרונים הלא-מזווגים עבור החלקיקים:



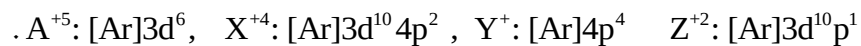
8) קבעו אם היערכויות האלקטרונים הבאות מייצגות את מצב היסוד או את המצב המעורר של האטום:



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



10) נתונים ארבעה יונים בעלי הקונפיגורציות:



לאילו יונים יש אותו מספר אלקטרונים בלתי מזווגים:

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

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

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

12) רשמו את הערכות האלקטרוניים עבור:

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

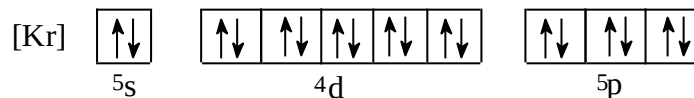
13) אילו מהקונפיגורציות הבאות לא יכולות להתקיים על פי חוק פאולי?

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

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

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

15) ליסוד מסוים X יש את המערך האלקטרוני הבא :



מה ניתן ללמוד מכך על היסוד X ?

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

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

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

תשובות סופיות

(1) א

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

(3) א. 6 ב. 2 ג. 8 ד. 1

(4) ג

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

(6) ד

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

(8) א-ג. מצב מעורר. ד. מצב היסוד.

(9) ד; יסוד Ge.

(10) ב

(11) א, ג, ד.

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

(13) א, ג, ה.

(14) ג

(15) א, ג.

(16) ג

תכונות מחזוריות של אטומים

שאלות

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

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

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

א. S, P, O, Se, As

ב. N^{-3} , F^{-} , O^{-2} , Ne

ג. K^{+} , S^{-2} , Cl^{-} , P^{-3}

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

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

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

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

[illegible]

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

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

X	Y	Z	W	R	L	M	יסוד
1.36	1.10	1.98	0.70	1.04	0.72	0.77	רדיוס [Å]

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

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

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

תשובות סופיות

(1) א

(2) ג

(3) ג

(4) ב, ג.

(5) ג

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

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

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

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

ב. $Ba < Mg < P < S < C < N < O$.ג.1. S .2. C

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

ב.1. Z .2. גבוהה.

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

מבוא לכימיה אנליטית

פרק 2 - חישובים סטויכיומטריים

תוכן העניינים

1. מעברים בין שיטות שונות של הבעת כמות החומר. 18
2. קביעת נוסחה אמפירית ומולקולרית של החומר. 20
3. חישובים סטויכיומטריים לפי משוואה כימית. 22
4. חישובים סטויכיומטריים בתמיסות. 24

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

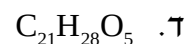
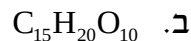
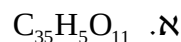
- 1) א. 31 גרם/מול. ב. 32.48% ג. $141.09 \cdot 10^{23}$ מולקולות.
- 2) א. $3.28 \cdot 10^{18}$ אטומי זרחן. ב. $10.03 \cdot 10^{23}$ אטומים. ג. $376.25 \cdot 10^{23}$ אטומי חמצן.
- 3) א. $0.246 \cdot 10^{23}$ אטומי חמצן. ב. $45.15 \cdot 10^{23}$ יונים.
- 4) א. 5 גרם של H_2 . ב. 20 גרם של H_2 . ג. מספר 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 2.37×10^{-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 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) K_2MnO_4 |
| | 2) ד |
| | 3) $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ |
| | 4) CH_4ON_2 |
| א. C_5S | 5) ב. 34.78% ג. 1.06 גרם. ד. 192.2 גרם/מול. ה. C_{10}S_2 |
| 6) $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$ | |

חישובים סטויכיומטריים לפי משוואה כימית

שאלות

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

א. 0.125

ב. 0.250

ג. 0.500

ד. 0.750

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

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

ב. בתום התהליך נשארים בעודף 0.8 מולים של NH_3 .

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

ד. בתום התהליך מתקבלים 16.8 מולים של מים.

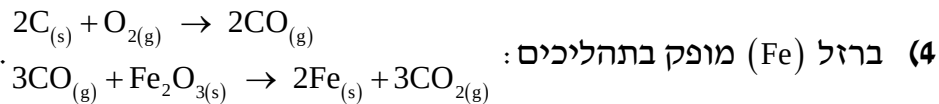
3) נתונה התגובה הבאה: $Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \rightarrow 2Fe_{(g)} + 3CO_{2(g)}$.
בחרו את התשובה שבה פחמן חמצני (CO) יישאר בעודף :

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

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

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

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



4 ברזל (Fe) מופק בתהליכים:

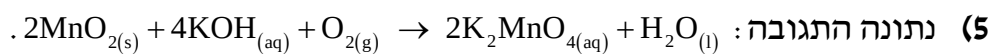
מהי המסה המרבית של ברזל שניתן להפיק מתגובה בין 36 ק"ג פחמן לבין 180 ק"ג של Fe_2O_3 , וכמות מספקת של חמצן?

א. 168 ק"ג.

ב. 112 ק"ג.

ג. 126 ק"ג.

ד. 42 ק"ג.

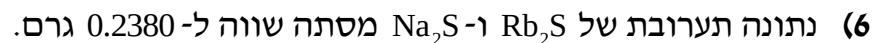


5

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

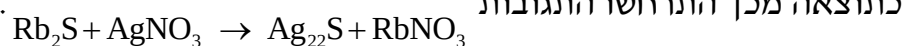
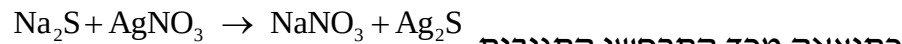
א. כמה גרם של K_2MnO_4 ושל מים מתקבלים בתגובה זו?

ב. אלו חומרים נשארו בעודף ובאיזו כמות?



6

לתערובת נוספה כמות מספקת של כסף חנקתי (AgNO_3).



כתוצאה מכך התרחשו התגובות

המסה הכוללת של Ag_2S שהתקבלה היתה 0.4302 גרם.

חשבו את מסתם של Na_2S ו- Rb_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:
- תמיסות (1) ו-(2) מכילות אותו מספר המולים של המומס.
 - תמיסה (2) היא המהולה ביותר.
 - תמיסה (3) היא המרוכזת ביותר.
 - תמיסה (3) מכילה את המספר הגדול ביותר של מולי המומס.
 - בערבוב כל נפח שהוא של תמיסה (3) עם תמיסה (1), ריכוזה של התמיסה הסופית יהיה 0.45 M.
- 2) ערבבו 2.0 מ"ל של אתנול נוזלי (C_2H_5OH), בעל צפיפות 0.70 גרם למ"ל, עם 8.0 מ"ל מים. ריכוז האתנול בתמיסה שהתקבלה הוא:
- 30 M
 - 20 M
 - 15 M
 - 3.0 M
- 3) נתונה תמיסת NaBr בעלת ריכוז 0.120 מולר. ב-200 מ"ל של תמיסה זו יש (בחרו את התשובה הנכונה):
- אותה מסה של המומס, כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaBr בריכוז 0.240 M.
 - אותו מספר המולים, כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaCl בריכוז 0.0600 M.
 - אותה מסה של המומס, כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaBr בריכוז 0.0600 M.
 - אותה מסה כמו ב-400 מ"ל תמיסת NaCl בריכוז 0.0600 M.
 - תשובות ב ו-ג נכונות.
 - תשובות ב ו-א נכונות.

- 4) חשבו את הריכוז המוללי (m) של תמיסת חומצה אצטית, CH_3COOH , בעלת ריכוז 2.03 M. צפיפות התמיסה שווה ל-1.017 g/ml.
- 2.03 m
 - 2.52 m
 - 2.27 m
 - 1.82 m
- 5) תמיסה של מים ואתנול ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) מכילה 80 גרם של אתנול ל-300 גרם תמיסה. השבר המולי של אתנול בתמיסה שווה ל:
- 0.143
 - 0.124
 - 0.104
 - 0.364
 - 0.267
- 6) ל-50 מ"ל של תמיסת מלח בריכוז משקלי 25% וצפיפות 1.30 גרם לסמ"ק הוסיפו 20 מ"ל תמיסת מלח בריכוז משקלי 34% וצפיפות 1.40 גרם לסמ"ק. חשבו את האחוז המשקלי של המלח בתמיסה שמתקבלת.
- 7) נתונה תמיסה של HNO_3 בריכוז 16M, שצפיפותה שווה ל-1.42 גרם למ"ל. האחוז המשקלי של תמיסה זו שווה ל:
- ~ 70%
 - ~ 48%
 - ~ 41.5%
 - ~ 36%
- 8) ל-50 מ"ל תמיסה מימית של $\text{Ca}(\text{OH})_2$ בריכוז 0.3M הוסיפו 25 מ"ל מים. מהתמיסה שהתקבלה נלקחה דגימה בנפח 10 מ"ל. מהו הריכוז המולרי של כל היונים בדגימה?
- 0.6 M
 - 0.4 M
 - 0.006 M
 - 0.2 M

- 9 א. חשבו את נפח תמיסת HNO_3 בריכוז 6 M, שדרוש עבור הכנת 50 מ"ל תמיסת 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 HClO_4 בעלת אחוז משקלי 35% וצפיפות 1.251 גרם/מ"ל.
 א. חשבו את מולריות התמיסה.
 ב. כמה מול 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 HClO_4 ?

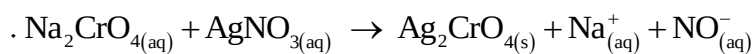
- 12 לתוך 100 מ"ל תמיסה מימית, בה ריכוז יוני $\text{Fe}^{+3}_{(\text{aq})}$ שווה ל-0.1 M, הכניסו אבקת ברזל מוצק במסה של 0.40 גרם. כתוצאה מכך, חלה תגובה:

$$\text{Fe}_{(\text{s})} + 2\text{Fe}^{+3}_{(\text{aq})} \rightarrow 3\text{Fe}^{+2}_{(\text{aq})}$$

 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 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 Na_2CrO_4 עם תמיסה מימית של AgNO_3 , נוצר משקע לפי הניסוח



20.0 מ"ל תמיסת Na_2CrO_4 בריכוז לא ידוע הגיבו בשלמות עם 30.0 מ"ל תמיסת AgNO_3 בריכוז 0.0080 M. ריכוזה של תמיסת Na_2CrO_4 שווה ל:

א. 0.0240 M

ב. 0.0120 M

ג. 0.0060 M

ד. 0.0080 M

תשובות סופיות

(1) ג

(2) ד

(3) ה

(4) ג

(5) ב

(6) 27.7%

(7) א

(8) א

(9) א. 4.17 מ"ל. ב. 75 מ"ל.

(10) ד

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

(12) ב

(13) ג

(14) ג

מבוא לכימיה אנליטית

פרק 3 - תכונות הגזים

תוכן העניינים

1. חוקי הגזים וחישובים סטויכיומטריים 28
2. תנועה מולקולרית - דיפוזיה ואפוזיה 33

חוקי הגזים וחישובים סטויכיומטריים

שאלות

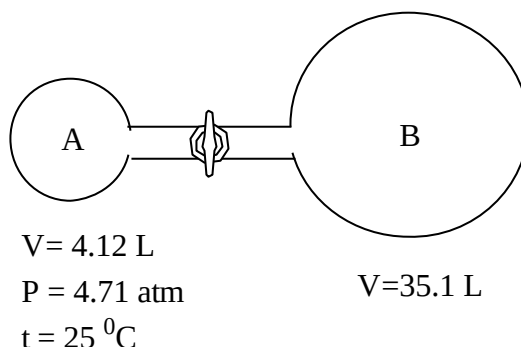
- (1) בכלי סגור A ישנם 5.6 גרם של חנקן, $N_{2(g)}$, ובכלי סגור B 5.6 גרם של אתן, $C_2H_{4(g)}$, כאשר שני הגזים נמצאים באותה טמפרטורה. נתון גם שהלחץ בכלי A כפול מהלחץ בכלי B. בהנחה והגזים הם אידיאליים, מהו המפשט הנכון?
- מספר המולים של חנקן בכלי A כפול ממספר המולים של אתן בכלי B.
 - ריכוז הגז בכלי A שווה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

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

12 בתגובה בין $(\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2$ מוצק ועודף של N_2O_4 נוזלי, נוצרים CO_2 גזי, חנקן גזי ואדי מים. הגזים נאספו בכלי סגור עד שהגיעו ללחץ של 2.5 אטמוספירות ולטמפרטורה של 400 K.

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

13 נתונה המערכת



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

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

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

נמצא שדוגמה של גז זה, במסה של 2.650 גרם, תופסת נפח של 428 מ"ל ב- 24.3°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 עורבבו עם 5 ליטר גז חמצן, כאשר הנפחים נמדדו באותם תנאי לחץ וטמפרטורה. הגזים הגיבו ביניהם, וכתוצאה מכך 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 מיכל קשיח בנפח 5 ליטר מכיל 0.176 מול של גז NO ב- 298 K . הוסיפו כמות של 0.176 מול של O_2 גזי למיכל והתרחשה תגובה שיצרה NO_2 גזי. חשבו את הלחץ הכולל ביחידות של טור, בסיום התגובה ב- 298 K .

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

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

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

- N_2O_3
- N_3O_2
- NO_3
- N_2O

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

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

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

תשובות סופיות

- (1) ד
- (2) א
- (3) א
- (4) ד
- (5) ב
- (6) ירידה של פי 2.
- (7) $5.23 \cdot 10^{14}$ אטומים.
- (8) א. 26 גרם־מול. ב. תרד.
- (9) $\text{NH}_3 < \text{N}_2 < \text{NO}$
- (10) א. 44 גרם־מול. ב. 2.7 גרם־ליטר.
- (11) 122.88 מ"ל.
- (12) $P(\text{CO}_2) = 0.55 \text{ atm}$; $P(\text{N}_2) = 0.83 \text{ atm}$; $P(\text{H}_2\text{O}) = 1.11 \text{ atm}$
- (13) א. 0.49 אטמ". ב. שווה.
- (14) א. C_2ClF_5 ב. C_2ClF_5
- (15) 4 ליטר.
- (16) 1.29 אטמ".
- (17) א. CH_2O ב. $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$
- (18) א
- (19) ד
- (20) 67.27%

תנועה מולקולרית – דיפוזיה ואפוזיה

שאלות

- 1) לאיזה מבין הגזים הבאים (בהנחה של התנהגות אידיאלית) תהיה המהירות המולקולרית הממוצעת הנמוכה ביותר?
 - א. גז Cl_2 ב- 0°C .
 - ב. גז CF_4 ב- 100°C .
 - ג. גז HCl ב- -10°C .
 - ד. גז NH_3 ב- 25°C .
- 2) פחמימן, שנוסחתו האמפירית היא C_2H_3 , עבר באפוזיה דרך פקק נקבובי בזמן של 349 שניות. למספר שווה של חלקיקי Ar נדרשו 210 שניות כדי לעבור באפוזיה דרך הפקק, באותם תנאי לחץ וטמפרטורה. מהן המסה המולרית והנוסחה המולקולרית של הפחמימן?
- 3) 2.36 גרם זרחן (P_4) בערו בכלור (Cl_2), ותוצר התגובה היה 10.5 גרם זרחן כלורי. קצב האפוזיה של אדי התוצר היה ארוך פי 1.77 מזה של כמות שווה של CO_2 , באותם תנאי לחץ וטמפרטורה. מהן המסה המולרית והנוסחה המולקולרית של הזרחן הכלורי?
- 4) סטודנטית קיבלה דגימה גזית של חומר לא ידוע, והשתמשה במתקן אפוזיה כדי למדוד את המסה המולרית שלו. כאשר הכניסה למתקן CH_4 , מצאה ש-0.956 גרם עברו באפוזיה במשך 2.5 שעות בטמפרטורת החדר. בתנאים זהים התרחשה אפוזיה של 2.292 גרם של החומר הלא ידוע. מהי המסה המולרית של החומר הלא ידוע?
- 5) מיכל קשיח בנפח 5 ליטר מכיל 24.5 גרם של N_2 גזי ו-28 גרם של O_2 גזי.
 - א. חשבו את הלחץ הכולל של תערובת הגזים שבמיכל ב- 298 K .
 - ב. אם נוצר במיכל חריר קטנטן וחלק מתערובת הגזים יוצא דרך חריר זה, האם היחס בין המולים של N_2 ו- O_2 במיכל יעלה/ירד/לא ישתנה?

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

מיכל 3	מיכל 2	מיכל 1	מיכל
O_2	N_2	Ar	סוג הגז
1.46 atm	0.908 atm	2.71 atm	לחץ בכלי
3 ליטר	2 ליטר	5 ליטר	נפח הכלי

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

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

תשובות סופיות

- א
- 110.5 גרם/מול, C_8H_{12}
- 138 גרם/מול, PCl_3
- 92 גרם/מול
- א. 8.55 אטמ'. ב. ירד.
- א. 1.97 אטמ'. ב. $\text{O}_2 : 0.179 \text{ atm}$; $\text{N}_2 : 0.074 \text{ atm}$; $\text{Ar} : 0.554 \text{ atm}$
- ג. $\text{O}_2 : 481.83 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $\text{N}_2 : 1.515 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $\text{Ar} : 430.96 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
ד. $\text{O}_2 : 668.62 \text{ J}$, $\text{N}_2 : 274.88 \text{ J}$, $\text{Ar} : 2.043 \text{ kJ}$
- 0.000583 mol

מבוא לכימיה אנליטית

פרק 4 - חומצות ובסיסים

תוכן העניינים

1. חומצות ובסיסים 35

חומצות ובסיסים

שאלות

חשבו את ה- pH וה- pOH של התמיסות המימיות בשאלה 1 (חומצה חזקה) ושאלה 2 (בסיס חזק):

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

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

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

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

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

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- K_a שלה.

7) 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 (CH_3COOH) בתמיסה, כאשר נתון $\text{K}_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.8 \cdot 10^{-5}$?

8) 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 H_2SO_4 בריכוז 0.15 M , כאשר נתון כי $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1.2 \cdot 10^{-2}$.

10) חשבו את ה-pH של תמיסת H_2TeO_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 OH^- , H_3O^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- , H_2CO_3 שנמצאים בתמיסה של $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$ בריכוז של 0.0456 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 M , עם 70 מ"ל תמיסת NaCN בריכוז של 0.03 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 M , ו- $\text{KH}_2\text{PO}_{4(\text{aq})}$ בריכוז של 0.1 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 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 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- pK_a של החומצה?

15) בוצע טיטור של 25 מ"ל $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$ בריכוז של 0.1 M , עם KOH ב- 0.1 M .

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

ב. מהו הנפח של תמיסת 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?

- 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) 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:

- א. שתי התמיסות מכילות את אותו מספר מולים של מומס.
- ב. ריכוז יוני ה- Cl^- בתמיסה B גדול פי 10 מריכוז יוני ה- Na^+ בתמיסה A.
- ג. כתוצאה מערבוב של שתי התמיסות תתקבל תמיסה בעלת $\text{pH} > 7$.
- ד. בערבוב נפחים שווים של שתי התמיסות, תתקבל תמיסה בעלת $\text{pH} = 7$.

18) לתמיסה של CH_3COOK , בריכוז 0.1M, ה- pH נמוך יותר מזה של תמיסת

KCN בריכוז 0.1M. מכאן נובע כי:

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

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

תמיסת HNO_3 , שריכוזה 0.025M. ה- pH של התמיסה 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 0.1M, 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 $K_a(\text{HOBr}) = 2.4 \cdot 10^{-9}$, $K_a(\text{HOCl}) = 2.9 \cdot 10^{-8}$.

- 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

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

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

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

$$0.97 \quad (4)$$

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

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

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

$$5.86 \quad (8)$$

$$0.8 \quad (9)$$

$$5.32 \quad (10)$$

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

$$9.46 \quad (12)$$

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

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

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

$$\text{ד} \quad (16)$$

$$\text{ג} \quad (17)$$

$$\text{ד} \quad (18)$$

$$\text{ב} \quad (19)$$

$$\text{ד} \quad (20)$$

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

$$\text{ב} \quad (22)$$

$$\text{א} \quad (23)$$

$$\text{ד} \quad (24)$$

מבוא לכימיה אנליטית

פרק 5 - חמצון-חיזור

תוכן העניינים

1. תגובת חמצון-חיזור - מושגי יסוד 41
2. יישום של תהליכי חמצון-חיזור - תאים חשמליים 45

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 N_2O_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

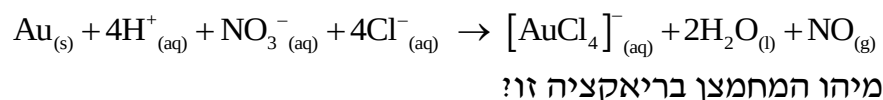
4) מספר החמצון של היסוד vanadium במינרל $\text{Rb}_4\text{Na}[\text{HV}_{10}\text{O}_{28}]$ הוא :

- א. -6
- ב. +8
- ג. +3
- ד. +5

5) בריאקציה מסוימת היון SO_3^{2-} משתנה והופך ליון $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$. לפיכך, ניתן לומר ש:

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

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



- א. Au
- ב. H^+
- ג. NO_3^-
- ד. Cl^-

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

- א. MnO_2 , 4+
- ב. SO_3^{2-} , 4+
- ג. ClO_3^- , 7+
- ד. Cr_2O_3 , 3+

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

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

9) ל-50 מ"ל תמיסת CuBr_2 , בריכוז 0.4 M, הזרימו 2.5 ליטר כלור גזי בתנאי החדר.

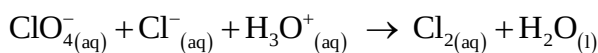
- א. רשמו ניסוח התהליך.
- ב. חשבו את מס' מולי האלקטרונים שהשתתפו בתהליך.
- ג. 1. לתמיסה שהתקבלה נוספה תמיסת AgNO_3 . מהו המשקע שיתקבל? רשמו ניסוח התהליך.
2. איזה נפח תמיסת AgNO_3 0.1 M יידרש לשיקוע מלא? פרטו.
- ד. לאחר סינון המשקע, הוסף מגנזיום לתמיסה.
 1. רשמו ניסוח לתהליך שהתרחש.
 2. מהו מספר מולי האלקטרונים שהשתתפו בתהליך הנ"ל? (הניחו שכל החומרים הגיבו עד הסוף)

10) להלן שני ניסויים:

- בניסוי 1 הוסיפו גז כלור לתמיסת נחושת ברומית (CuBr_2) בריכוז 1M, וכתוצאה מכך התרחשה תגובה.
- בניסוי 2 הוסיפו אלומיניום ($\text{Al}_{(s)}$) לתמיסת נחושת ברומית (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 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 KCl(aq) בריכוז 1M, ולא התרחשה תגובה.
- ב. 1. דרגו את היסודות Cu , Al , K , Ag על פי נטייתם לחזור.
- 2. האם תתרחש תגובה בין תמיסת 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 שמשתתפים 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. 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. Br^- מחזור, Cl_2 מחמצן, Al מחזור, 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 חמצון-חיזור – 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 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 הפוטנציאלים ΔE ב- 25°C של תא אלקטרוכימי, המורכב

מחצי תא אבץ, שבו יוני אבץ בריכוז 0.01 M , וחצי תא נוסף, שבו Br_2 נוזלי

ובתוכו יוני Br^- בריכוז 10^{-4} M .

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

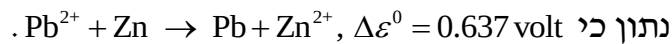
א. 1.78 V

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. 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.

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 מתכתי (Mg) לא מגיב עם יוני אבץ (Zn^{2+}) בתמיסה מימית.

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

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

ד. ברזל מתכתי (Fe) מגיב עם יוני מימן (H^+) בתמיסה מימית.

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

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

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

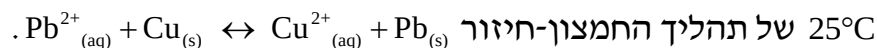
א. 0.33 volt

ב. -0.33 volt

ג. -0.037 volt

ד. 1.21 volt

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



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

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

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

א. $\text{pH} = 1.03$

ב. $\text{pH} = 4.75$

ג. $\text{pH} = 2.068$

ד. $\text{pH} = 4.12$

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

א. הורדת ריכוז יוני הנחושת פי 2.

ב. הורדת ריכוז יוני Fe^{2+} פי 2.

ג. הכפלת ריכוז יוני הנחושת (פי 2).

ד. הכפלת ריכוז יוני 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?

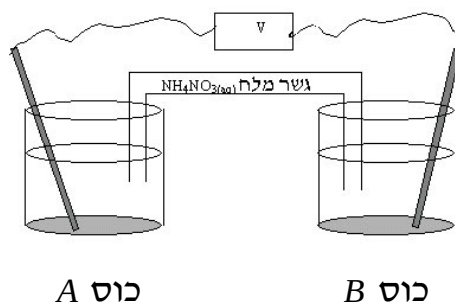
א. $\mathcal{E}_{\text{Mg}^{+2} (1.0\text{M}) / \text{Mg}}^0 = -2.36 \text{ V}$

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 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ (קל תמס) ואלקטרודת מגנזיום במשקל 12.30 גרם. כוס B (הקטודה) מכילה תמיסת $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ (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 $\text{Ni}_{(s)} + \text{Sn}^{+2}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{Ni}^{+2}_{(aq)} + \text{Sn}_{(s)}$, ערכו של קבוע שיווי

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

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

א. חשבו את פוטנציאל החיזור הסטנדרטי עבור יוני ניקל.

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

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

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

- 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.

4. איזה יון עבר חיזור ומהו המחזור בתגובה זו?

13) נתונות שתי מחציות התגובה ופוטנציאלי החיזור התקניים שלהן:

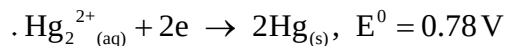
חצי תגובה	$E^0 (V)$
$Fe^{3+}_{(aq)} + e \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)}$	0.77
$MnO_4^-_{(aq)} + 8H^+_{(aq)} + 5e \rightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$	1.49

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

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

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

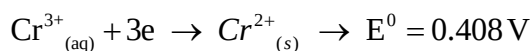
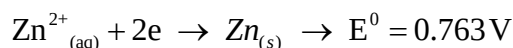
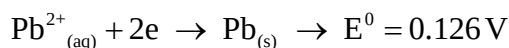
14) נתונים שני חצאי תאים $E^0 = 0.28 V$ $Co^{2+}_{(aq)} + 2e \rightarrow Co_{(s)}$



כאשר יוצרים מהם תא אלקטרוכימי:

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

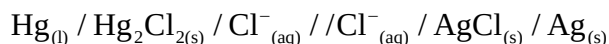
15) נתונות משוואות מחציות התא הבאות:



החומר המחזור הטוב ביותר הוא:

- Zn
- Pb
- Cr^{2+}
- Cr^{3+}

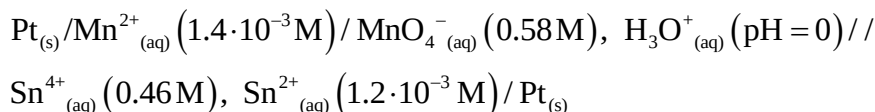
16) כתבו את מחציות התגובה ואת המשוואה המאוזנת לתגובת התא הבא :



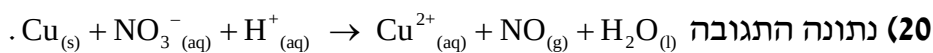
17) סטודנטית קיבלה מחצית-תא תקני Fe^{2+}/Fe ומחצית-תא נוספת המכילה מתכת לא ידועה M טבולה בתמיסת MNO_3 בריכוז $1M$. כאשר חיברו את שתי מחציות התא בטמפ' החדר, התא השלם פעל כתא גלווני בעל מתח תא של $1.24V$. הניחו לתגובה להימשך כל הלילה ואז שקלו את האלקטרודות. נמצא שאלקטרודת הברזל קלה יותר ואלקטרודת המתכת 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 350mA , 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.



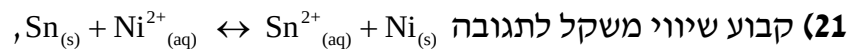
א. אזנו את המשוואה בעזרת חצאי התגובות.

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 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 $\text{Ni}_{(aq)}^{2+}$ גבוה או נמוך מזה של יוני $\text{Sn}_{(aq)}^{2+}$? נמקו ללא חישובים.
- ב. פנו 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 $\text{Sn}_{(aq)}^{2+}$, והוכנסה לתוכה אלקטרודת בדיל. פוטנציאל האלקטרודה נמדד לעומת אלקטרודה תקנית של מימן, ונמצא שהוא -0.26 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 V ב. 0.167 V ג. 0.249 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, 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 V ה. $1.04 \cdot 10^{61}$ ו. 0.71 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 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 V (21) א. נמוך. ב. $8.55 \cdot 10^{-5}\text{ M}$

מבוא לכימיה אנליטית

פרק 6 - שיווי משקל כימי

תוכן העניינים

1. שיווי משקל כימי 53

שיווי משקל כימי

שאלות

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



בשיווי משקל, ריכוז הגז Cl_2 הוא 0.03 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 CO_2 בשיווי משקל:

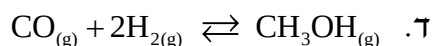
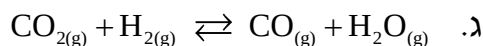
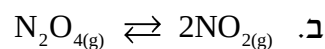
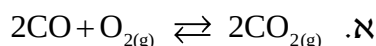
א. דחיסת המערכת והורדת הטמפרטורה.

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: $\text{N}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(g)} \quad \Delta H^0 = 180.8 \text{ kJ}$. 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:

- K עשוי לגדול וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתארך.
- ΔH^0 עשוי לגדול וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתקצר.
- K עשוי לקטון וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתארך.
- K ו- ΔH^0 עשויים לגדול וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתקצר.

(5) נתונה תגובת שיווי משקל $2\text{SO}_{3(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$, 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 $\text{SO}_{3(g)}$ שווה ל-1.2 בר, הלחץ החלקי של $\text{O}_{2(g)}$ שווה ל-0.6 בר והלחץ החלקי של $\text{SO}_{2(g)}$ שווה ל-1.2 בר. מהו המשפט הנכון לגבי המערכת במצב של שיווי משקל:

- הלחץ החלקי של $\text{SO}_{3(g)}$ קטן מ-1.2 בר.
- הלחץ החלקי של $\text{SO}_{2(g)}$ גדול מ-1.2 בר.
- הלחץ החלקי של $\text{O}_{2(g)}$ גדול מ-0.6 בר.
- 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, $\text{PCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$. א. 1. חשבו את הלחץ החלקי (ביחידות bar) של כל מרכיבי המערכת במצב של שיווי המשקל.

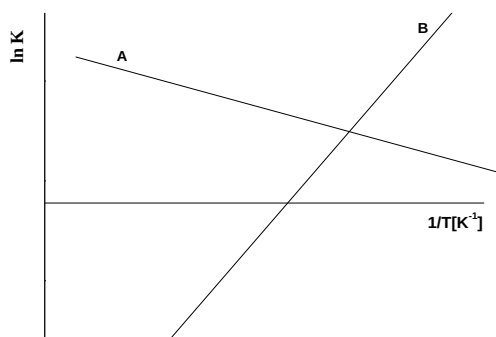
2. חשבו את אחוז הפירוק של PCl_5 בתנאים אלה.
3. חשבו את ה- K_p בטמפרטורה של 550 K.

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 NO_2 ו- N_2O_4 גזי. הלחץ ההתחלתי של N_2O_4 שווה ל-1.30 bar ושל 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)	12	6	3.5	2.0	1.0	0
לחץ (bar)	2.14	2.14	2.04	1.88	1.68	1.38

- האם מסה של N_2O_4 עלתה או ירדה במהלך התגובה. נמקו.
- חשבו את הלחצים החלקיים של N_2O_4 ושל NO_2 בזמן $t = 2 \text{ min}$.
- חשבו את הלחצים החלקיים של הגזים במצב שיווי משקל.
 - רשמו ביטוי לקבוע שיווי המשקל לפי הלחצים, וחשבו את ערכו של קבוע שיווי המשקל לפי הלחצים בתנאים אלה.
 - בדקה ה-14 הכלי חומם, וכתוצאה מכך, ריכוז ה- NO_2 עלה.
- האם התהליך הישיר הוא אקסותרמי או אנדותרמי? נמקו.
 - 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)	25	20	15	10	5
Q	1.28	1.28	$1.35 \cdot 10^{-1}$	$1.77 \cdot 10^{-2}$	$1.25 \cdot 10^{-3}$

- נתונות מספר קביעות:
- בין הדקות 15-20 הלחץ בכלי התגובה עלה.
 - בין הדקות 20-25 הלחץ בכלי נשאר קבוע.
 - המערכת הגיע לשיווי משקל בין הדקות 20-25.
- מהי הקביעה הלא נכונה:
- 1 בלבד.
 - 3 בלבד.
 - 2 ו-3.
 - 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°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 (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 0.20 M, והריכוז של A היה 0.10 M.
 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 $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$**
בניסוי 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: $SO_{2(g)}: 0.4M$, $O_{2(g)}: 0.2M$, $SO_{3(g)}: 0.6M$.
- 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?
- בניסוי 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?
- בניסוי 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'.

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

ב. 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 .

א. חוקרת מכינה תמיסה של $C_{(aq)}$ 0.02 M ו- $M_{(aq)}$ 0.1 M. האם המערכת

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

ב. מהם ריכוזי ה-C וה-M בשיווי המשקל?

ג. המערכת חוממה במצב שיווי משקל ל- 50°C . כעבור זמן-מה המערכת

חזרה לשיווי המשקל שבו הריכוז של C שווה ל-0.1 M.

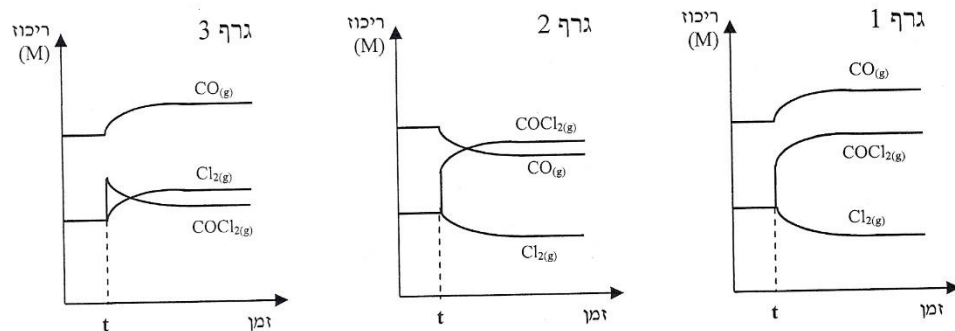
חשבו את קבוע שיווי המשקל החדש.

ד. האם התגובה הישירה היא אקסותרמית או אנדותרמית?

18 נתונה מערכת שנמצאת בשיווי משקל $\text{CO}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{COCl}_{2(g)}$.

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

איזה מהגרפים הבאים מתאר נכון את התנהגות המערכת בעקבות ההפרעה:



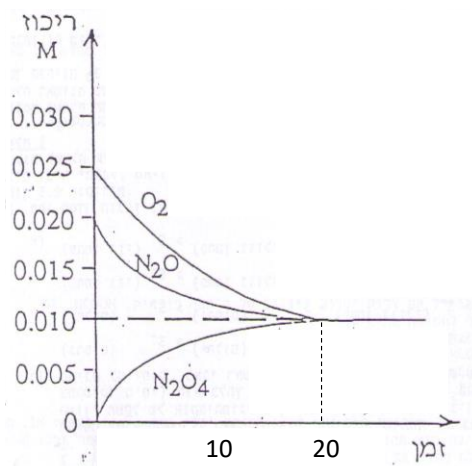
א. גרף 1.

ב. גרף 2.

ג. גרף 3.

ד. 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):

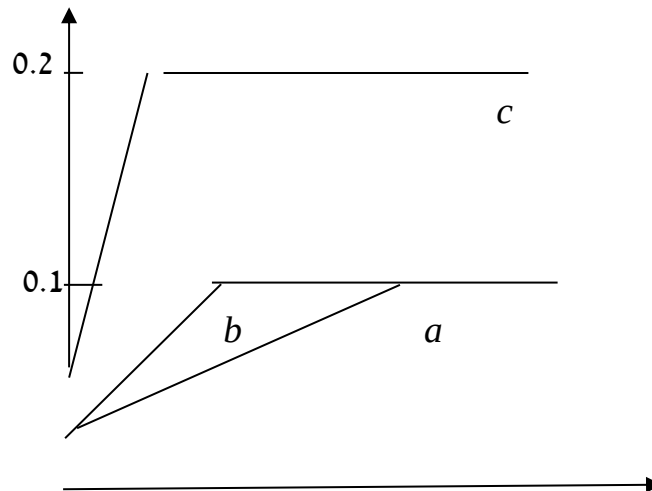


- רשמו את התגובה המתרחשת בכלי התגובה.
- חשבו את ערכו של קבוע שיווי המשקל לפי הריכוזים.
- האם הלחץ הכללי במערכת מרגע הכנסת החומרים ועד השגת שיווי המשקל יגדל, יקטן או לא ישתנה? נמקו.
- ברגע מסוים חיברו למערכת זו כלי נוסף, שנפחו 5 ליטר והוא נשמר בטמפרטורה של 380 K, ובו נמצא חמצן בריכוז של 0.01 M. תארו באופן 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 $\text{H}_{2(g)}$ ו-0.2 מול $\text{CO}_{2(g)}$. להלן תיאור גרפי של השתנות הריכוז של $\text{CO}_{(g)}$ עם הזמן, המתאים לכל אחת מהמערכות a , b ו- c .

ריכוז CO (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. $P(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.8 \text{ bar}$; $P(\text{NO}_2) = 1.08 \text{ bar}$
 ב.1. $P(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.54 \text{ bar}$; $P(\text{NO}_2) = 1.6 \text{ bar}$ 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 N_2O_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.

מבוא לכימיה אנליטית

פרק 7 - שיווי משקל בתגובת שיקוע של חומר יוני

תוכן העניינים

1. שיווי משקל בתגובת שיקוע של חומר יוני.....63

שיווי משקל בתגובת שיקוע של חומר יוני

שאלות

1) ענו על הסעיפים הבאים:

- א. המסיסות של המלח $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ היא $1.1 \cdot 10^{-5}$ גרם ב-100 גרם מים, בטמפרטורה של 20°C .
חשבו את ה- K_{sp} של $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$.
ב. להלן שתי תמיסות רוויות, האחת ב- CuS והשנייה ב- Fe_2S_3 .
באיזו מהן ריכוז ה- S^{2-} נמוך יותר?
נתון כי $K_{sp}(\text{Fe}_2\text{S}_3) = 1.0 \cdot 10^{-88}$; $K_{sp}(\text{CuS}) = 8.0 \cdot 10^{-36}$.

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

- א. 250 מ"ל מים?
ב. 250 מ"ל תמיסת LiIO_3 בריכוז של 0.05 M?
נתון כי $K_{sp}(\text{La}(\text{IO}_3)_3) = 1.0 \cdot 10^{-11}$.

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

- א. איזה יון ישקע קודם?
נתון כי $K_{sp}(\text{Ba}(\text{IO}_3)_2) = 10^{-9}$; $K_{sp}(\text{AgIO}_3) = 10^{-11}$.
ב. מה יהיה ריכוז יון זה בתמיסה, כאשר היום השני עומד לשקוע?

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

- א. חשבו את ה- K_{sp} עבור $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$.
ב. חשבו את מסיסותו של $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$ בתמיסה של NaIO_3 בריכוז 0.01 M.

5) להלן תמיסה המכילה יוני Cl^- , Br^- , I^- ו- CrO_4^{2-} , כאשר ריכוז כל יון הוא 0.1M, שהוסיפו לה בהדרגה תמיסת AgNO_3 .

איזה משקע יופיע ראשון, ובאיזה סדר יופיעו שאר המשקעים?

$$K_{sp}(\text{AgI}) = 8.3 \cdot 10^{-17}; K_{sp}(\text{AgBr}) = 5 \cdot 10^{-13}$$

$$K_{sp}(\text{AgCl}) = 1.8 \cdot 10^{-10}; K_{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1.2 \cdot 10^{-12}$$

נתון כי

6) הוסיפו 0.5 ליטר של תמיסת TiNO_3 , בריכוז $2.8 \cdot 10^{-4} \text{ M}$, ל-0.5 ליטר תמיסת

$$\text{KI} \text{ בריכוז זהה. נתון כי } K_{sp}(\text{TiI}) = 4 \cdot 10^{-8}.$$

האם יופיע משקע?

7) ריכוז יוני Ag^+ בתמיסה מסוימת הוא $4 \cdot 10^{-3}$. נתון כי $K_{sp}(\text{AgCl}) = 1.8 \cdot 10^{-10}$.

חשבו את הריכוז המקסימלי של יוני כלור שניתן להוסיף, עד ש- $\text{AgCl}_{(s)}$ יחל לשקוע.

8) נתון חומר יוני קשה-תמס CH_3COOAg ($K_{sp} = 5.2 \cdot 10^{-3}$).

א. חשבו את מסיסותו במים. פרטו את החישובים.

ב. נתונים החומרים $\text{AgNO}_{3(s)}$, $\text{CH}_3\text{COONa}_{(s)}$, $\text{K}_2\text{S}_{(2)}$, $\text{KNO}_{3(s)}$.

התייחסו לכל אחד מהחומרים הללו, וציינו את החומר שיגרום להגדלת

המסיסות של $\text{CH}_3\text{COONa}_{(s)}$ $f(x)$. נמקו.

$$K_{sp}(\text{Ag}_2\text{S}) = 5.7 \cdot 10^{-51}.$$

נתון כי

9) תנאי לאי-היווצרות משקע הוא:

א. להשתמש במומס שהוא חומר יוני קל-תמס.

ב. כשמנת הריכוזים של היונים (Q) שווה ל- K_{sp} .

ג. כשמנת הריכוזים של היונים (Q) נמוכה מ- K_{sp} .

ד. כשמנת הריכוזים של היונים (Q) גבוהה מ- K_{sp} .

10) נוכחות של יון משותף בתמיסה,

א. מגדילה את מסיסות המשקע.

ב. לא משפיעה על מסיסות המשקע.

ג. מקטינה את מסיסות המשקע.

ד. גורמת להיווצרות שני משקעים.

11) ל- $\text{AgOH}_{(s)}$ ($K_{sp} = 2.50 \cdot 10^{-16}$) הוכנסה תמיסה רוויה של $\text{AgOH}_{(aq)}$.

מהו ערך ה- pH של התמיסה שנוצרה בתנאי החדר?

(יש להתחשב ביוני OH^- , שמקורם במסיסות החלקית של המשקע)

12) ניתן להשפיע על מסיסות המשקע על ידי

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

תשובות סופיות

- (1) א. $K_{sp} = 502.48 \cdot 10^{-35}$ ב. CuS
- (2) א. 0.13 g ב. $1.328 \cdot 10^{-5} \text{ g}$
- (3) א. Ag^+ ב. $0.71 \cdot 10^{-6} \text{ M}$
- (4) א. 10^{-9} ב. 10^{-5} M
- (5) AgI, ואחריו AgBr, AgCl ואז Ag_2CrO_4 .
- (6) לא.
- (7) $> 0.45 \cdot 10^{-7} \text{ M}$
- (8) א. 0.0072 M ב. $\text{K}_2\text{S}_{(2)}$
- (9) ג
- (10) ג
- (11) 7.01
- (12) ד