

פתרון חלק א:

Σ	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
			+					+			+	+	+					+	א
														+		+			ב
		+		+	+		+			+					+				ג
	+					+			+								+		ד
36	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	ציין

פתרון חלק ב':

שאלה 1: (22 נק')

פתרון:

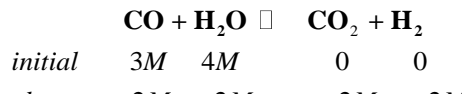
א. לפתרון ניתן להשתמש בנתוני המים או ה-CO ההתחלתיים.

עבור המים:

$$n = 2 \text{ mol} , C = 4 \text{ M} \Rightarrow V = \frac{n}{C} = 0.5 \text{ L}$$

ב. נבדוק מהם ריכוזי הש"מ (בין דקה 5 ל-10) ונציב אותם בביטוי של הקבוע:

\Rightarrow



$$K_c = \frac{[H_2] \times [CO_2]}{[CO] \times [H_2O]} = \frac{2 \times 2}{1 \times 2} = 2$$

ג. בזמן 0-5 ריכוזי המגיבים יורדים, לכן התגובה הישירה מהירה יותר.

בזמן 15-17 ריכוזי המגיבים עולים, לכן התגובה ההפוכה מהירה יותר.

בשאר חלקי הגרף מתקיים ש"מ, לכן התגובה הישירה וההפוכה מתרחשות באותו קצב.

ד. ההפרעה שבוצעה בדקה העשירית הייתה הקטנת נפח הכלי פי 2, שכן ריכוזי החומרים בכלי גדלו באופן פתאומי פי 2. שינוי בנפח גורם באופן עקרוני להפרה של ש"מ, אך כפי שניתן לראות מהגרף הדבר אינו מתרחש במקרה זה. הסיבה לכך היא שכמות המולים הכללית במגיבים זהה לזו שבתוצרים.

ה. את הריכוזים המדויקים של התוצרים ניתן לדעת בזמן אפס ובזמני ש"מ. יש לשים לב, כי הסטויכיומטריה של המשוואה היא 1:1:1:1, ומכאן ניתן למצוא את הריכוזים.

בדקה אפס – ריכוז התוצרים הוא אפס כמובן. לאחר מכן תחל עלייה בריכוזם עד דקה 5.

דקות 5-10 – השינוי בכמות המגיבים מדקה 0 עד דקה 5 הוא 2M, לכן כשמגיעים לדקה 5 ריכוזי התוצרים הם 2M.

דקות 5-10 – ריכוזי החומרים לא משתנים.

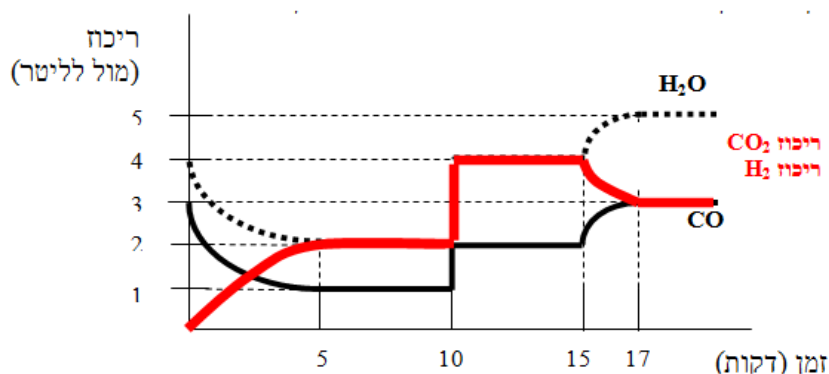
דקה 10 – ריכוזי התוצרים הוכפלו בשל הקטנת הנפח פי 2 (ראה סעיף ג').

דקות 10-15 – ריכוזי החומרים לא משתנים.

דקות 15-17 – ריכוז כל אחד מהמגיבים עולה ב-1M, ולכן ריכוזי התוצרים יורדים בהתאמה.

דקות 17 והלאה – ריכוזי החומרים לא משתנים.

בהנחה שלא הוסיפו או הוציאו חומר בדקה ה-15:



1. בדקה ה-15: ניתן לראות מהגרף הנתון בשאלה כי לא חל שינוי פתאומי בריכוזי המגיבים בכלי, ולכן

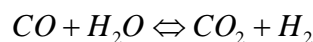
לא מדובר על הוספה/הוצאה של חומרי המוצא או בשינוי הנפח. ניתן לראות שכדי להגיע לשווי משקל חדש כמות המגיבים גדלה, כלומר התגובה נטתה לכיוון המגיבים. יש שתי אפשרויות לשינוי שיגרום לנטיה הזו:

1. שינוי הטמפ'. בשינוי טמפ' קבוע שווי המשקל משתנה. נבדוק האם קבוע ש"מ השתנה על ידי שימוש בריכוזים לאחר הדקה ה-17, לפי הגרף מסעיף ה (שהנחנו בו כי בדקה ה-15 לא הוציאו/הוסיפו מהמגיבים).

$$K_c = \frac{[H_2] \times [CO_2]}{[CO] \times [H_2O]} = \frac{3 \times 3}{2 \times 2} = 0.6$$

ערכו של K אכן משתנה הטמפ' משתנה.

2. אפשרות נוספת היא שהוסיפו את אחד מהתוצרים (ואז הגרף שציירנו לתוצרים בסעיף ה אינו נכון) גם שינוי כזה יגרום להטיית שווי המשקל למגיבים. במצב כזה קבוע שווי המשקל אינו משתנה. כמות התוצר שצריך להוסיף בשביל לקבל את השינוי הנצפה בכמות המגיבים:



$$t = 15 \text{ min} \quad 2M \quad 4M \quad 4M \quad 4M + x$$

$$\text{change} \quad +1M \quad +1M \quad -1M \quad -1M$$

$$\text{eq} \quad 3M \quad 5M \quad 3M \quad 3M + x$$

$$K_c = 2 = \frac{3 \cdot (3 + x)}{3 \cdot 5} \Rightarrow x = 7M$$

- כלומר, צריך להוסיף לאחד התוצרים (לא משנה איזה) עוד 7M בשביל לראות עבור המגיבים את השינוי המתואר בגרף.
- ז. כאשר המערכת מחוממת היא תטה לכיוון האנדותרמי בכדי לצרוך אנרגיה וכך להקטין את השינוי בטמפ'. במקרה זה החימום גורם להעדפת התגובה ההפוכה (לכיוון המגיבים), ולכן תגובה זו היא האנדותרמית, ואילו התגובה הישירה היא אקסותרמית.

שאלה 2 (21 נק)

א. נבטא את הצפיפות תוך שימוש במשקל המולקולרי ובנוסחת הגזים האידיאליים:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{n \cdot MW}{V} = \frac{n}{V} \cdot MW = \frac{P}{R \cdot T} \cdot MW = \frac{1 \text{ atm}}{0.082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{ K}} \cdot 28.96 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1.185 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

- ב. מסעיף א ניתן לראות, כי תחת תנאי לחץ וטמפ' זהים צפיפות הגז מושפעת רק ממשקלו המולקולרי. כדי שהבלון ירחף הוא צריך להיות בעל צפיפות נמוכה מצפיפות האוויר, ומכאן שמשקלו המולקולרי צריך להיות קטן ממשקלו המולקולרי של האוויר. משקלו המולקולרי של הליום הוא 4.003g/mol, ואילו זה של CO₂ הוא 44.009g/mol, ולכן בלון מלא בהליום ירחף ובלון מלא ב-CO₂ יצנח.
- ג. כדי לקבוע את הנפח כל מה שנדרש הוא כמות המולים:

$$n = \frac{m}{MW} = \frac{0.2 \text{ g}}{4.003 \text{ g/mol}} = 0.05 \text{ mol}$$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0.05 \text{ mol} \cdot 0.082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 1.22 \text{ L}$$

- ד. על פי עקרון אבוגדרו, תחת אותם תנאי לחץ וטמפ' כמויות זהות של גזים שונים יתפסו את אותו הנפח. מכאן, שמילוי הבלון באותה כמות מולים של CO₂ כמו כמות ההליום תוביל את הבלון לנפח של 1.22 ליטר גם כן. ניתן גם לראות זאת לפי המשוואה לנפח, שתלוי רק במספר המולים, בלחץ ובטמפרטורה.
- ה. ניתן למצוא את כמות המולים ממשוואת הגזים האידיאליים:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 0.7084 \text{ L}}{0.082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{ K}} = 0.029 \text{ mol}$$

$$MW = \frac{m}{n} = \frac{1.627 \text{ g}}{0.029 \text{ mol}} = 56.10 \text{ g/mol}$$

ו. ניתן למצוא את הנוסחה המדויקת של הפחמימן C_xH_y בעזרת המשקל המולקולרי:

$$12.011 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot x + 1.008 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot y = 56.1 \text{ g/mol}$$

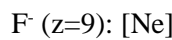
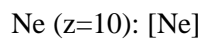
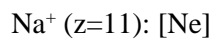
x ו-y חייבים להיות מספרים שלמים.

$x \geq 5$ אינו אפשרי, כי אז משקל הפחמן בתרכובת יהיה גבוה מהמשקל המולקולרי שלה.
 $x \leq 3$ אינו אפשרי, כי אז ידרשו למעלה מ-20 מימנים להשלמת המשקל המולקולרי (יותר מפי 3 מכמות הפחמנים).

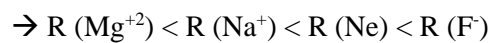
עבור $x = 4$ מתקבל $y = 8$, ולכן הנוסחה המולקולארית היא C_4H_8 .

שאלה 3: (21 נק)

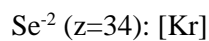
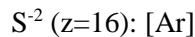
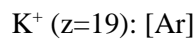
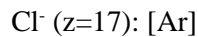
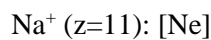
א. במקרה זה לכל הצורונים יש 10 אלקטרונים (הם איזו אלקטרוניים) והקונפיגורציה זהה:



בגלל שלכל הצורונים יש את אותה הקונפיגורציה, גורם המיסוך אינו משתנה ביניהם, ולכן מה שיקבע את הרדיוס יהיה המטען של הגרעין. מי שיש לו z הגדול ביותר יהיה בעל הרדיוס הקטן ביותר ומי שיש לו z הקטן ביותר יהיה בעל הרדיוס הגדול ביותר.



ב. נכתוב את הקונפיגורציה האלקטרונית לכל הצורונים:

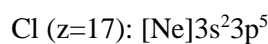
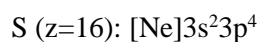
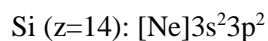
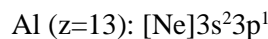


בכל המקרים מדובר בקונפיגורציה של גז אציל. ככל שיוורדים בטור הרדיוס גדל, ולכן ל- Na^+ שהוא בקונפיגורציה של Ne יהיה הרדיוס הקטן ביותר, ול- Se^{2-} שהוא בקונפיגורציה של Kr יהיה הרדיוס הגדול ביותר.

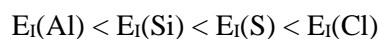
לגבי הצורונים שהם איזו אלקטרוניים, הרדיוס יקבע על פי המספר האטומי, ולכן הרדיוס יקטן ככל שהמספר האטומי יגדל. ולכן:



ג. הקונפיגורציה האלקטרונית:



אלו יסודות מאותה השורה וככל שמתקדמים בשורה ימינה מטען הגרעין עולה וגם המטען האפקטיבי עולה, לכן אנרגיית היינון גדלה וגם האפיניות האלקטרונית (בערך מוחלט) גדלה.



$$E_A(\text{Al}) < E_A(\text{Si}) < E_A(\text{S}) < E_A(\text{Cl})$$

ומכאן שהיסוד שהכי קל להוציא ממנו אלקטרון הוא Al, והיסוד שהכי "רוצה" לקבל אלקטרון נוסף הוא ה-Cl.

ד. נתון ששלושת היסודות הם בעלי מספרים אטומיים עוקבים,

B הוא גז אציל ו- C, A הן אל-מתכות. מכאן שאלו שלושה יסודות שנמצאים באותה השורה, ו- C, A ממוקמים בטור של ההלוגנים (הטור של F) ובטור של החמצן.

נתון ש- C הוא בעל אנרגיית היוניזציה הגבוהה בקבוצה (בטור) אליה הוא שייך ולכן ניתן להסיק שהוא העליון בטור, כלומר הוא בשורה השנייה של הטבלה (בעל רמה עליונה מאוכלסת $n=2$).

נתון של- C אנרגיית יוניזציה גבוהה משל A, ומכך ניתן להסיק של- C יש מספר אטומי (ולכן גם מטען אפקטיבי) גבוה יותר משל A. מכאן ש- C הוא בטור השביעי ו- A בטור השישי. והיסודות הם:

$$A = \text{O}, B = \text{Ne}, C = \text{F}$$

ה. כיוון שחמצן, פחמן וחנקן הם יסודות מאותה השורה, היינו מצפים שככל שהמספר האטומי יגדל, אנרגיית

$$E_I(\text{C}) < E_I(\text{N}) < E_I(\text{O})$$

לפי הנתונים סדר אנרגיית היוניזציה הוא: $E_I(\text{C}) < E_I(\text{O}) < E_I(\text{N})$, בניגוד לצפוי.

הסיבה לכך נעוצה בקונפיגורציה האלקטרונית של היסודות:

$$\text{C} (z=6): 1s^2 2s^2 2p^2$$

$$\text{N} (z=7): 1s^2 2s^2 2p^3$$

$$\text{O} (z=8): 1s^2 2s^2 2p^4$$

רמה p חצי מלאה מצב יציב ולכן קשה יותר להוציא אלקטרון.

לחנקן יש תת קליפה חצי מלאה, וזהו מצב בעל יציבות מיוחדת. לכן קשה יותר להוציא אלקטרון מהחנקן מאשר לחמצן, עבורו אין מצב של תת קליפה חצי מלאה.

ו. הקונפיגורציה האלקטרונית של היסודות:

$$\text{Cl} (z=17): [\text{Ne}]3s^2 3p^5$$

$$\text{Ar} (z=18): [\text{Ne}]3s^2 3p^6 = [\text{Ar}]$$

$$\text{K} (z=19): [\text{Ar}]4s^1$$

אנרגיית היוניזציה של ארגון גבוהה מזו של כלור בגלל שעבור יסודות באותה השורה, אנרגיית היוניזציה עולה עם העלייה במספר האטומי. בנוסף, לארגון יש קונפיגורציה של גז אציל שזהו מצב יציב. לאשלגן יש את אנרגיית היינון הכי נמוכה כי בו האלקטרון המוצא יהיה מרמה אנרגטית גבוהה יותר, בעלת מרחק גדול יותר מהגרעין.

$$E_I(\text{Na}) < E_I(\text{Mg}) < E_I(\text{Al})$$

$$\text{בפועל: } E_I(\text{Na}) < E_I(\text{Al}) < E_I(\text{Mg})$$

$$\text{Na} (z=11): [\text{Ne}] 3s^1$$

$$\longrightarrow \text{Mg} (z=12): [\text{Ne}] 3s^2$$

$$\text{Al} (z=13): [\text{Ne}] 3s^2 3p^1$$

תת רמה מלאה ולכן יציב במיוחד

אנרגיית היוניזציה של מגנזיום גבוהה מזו של Al כי למגנזיום יש תת קליפה מלאה, שזהו מצב יציב יחסית, ואילו לאלומיניום תהיה תת קליפה מלאה רק אחרי הוצאת אלקטרון אחד.