

ניתוח התוצאות של בחינת הבגרות בכימיה שאלון 37381 תשע"ז 2017

הוכן על-ידי: **בוגרי הקורסים למורים מובילים**
במסגרת המרכז הארצי למורי הכימיה

בראשות: זיוה בר-דב

צוות הכתיבה: חני אלישע

אסתר ברקוביץ

מוחמד גרה

רים סאבא

אלה פרוטקין-זילברמן

מיכאל קויפמן

רחל קלנר

עדינה שינפלד

נאוה תמם

יעוץ מדעי ופדגוגי: מכון ויצמן למדע: ד"ר רחל ממלוק-נעמן

ד"ר דבורה קצביץ

פרופ' ליאור קרוניק

משרד החינוך: ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"ר כימיה

מרץ 2018

הפרויקט מבוצע עפ"י מכרז 09/07.13 עבור המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך.
כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

שאלה 1

א' מבנה וקישור

האותיות a, b, c הן סמלים שרירותיים המייצגים שלושה יסודות בטבלה המחזורית. לפניך נוסחאות ייצוג אלקטרוניות של אטומי היסודות a, b, c .



בין שניים מבין היסודות האלה יכולה להתקיים תגובה שבה תתקבל תרכובת יונית. מהי הנוסחה האמפירית הנכונה של תרכובת זו?

8%	1.	a_5b_2
10%	2.	a_2b_3
80%	3.	ac (התשובה הנכונה)
2%	4.	ac_3

הנימוק

התשובה הנכונה היא 3. מספר אלקטרוני הערכיות קובע את מספר הטור. סידור היסודות הנתונים לפי מיקומם האפשרי במערכת המחזורית - שיוכם לטורים המתאימים.

טור 1	טור 2	טור 3	טור 4	טור 5	טור 6	טור 7	טור 8
	a			b	c		

על פי נתוני השאלה, יסוד c , שלאטומים שלו יש 6 אלקטרוני ערכיות, שייך לטור השישי במערכת המחזורית. יסוד a , שלאטומים שלו יש 2 אלקטרוני ערכיות, שייך לטור השני במערכת המחזורית. לפיכך היונים, הנוצרים מאטומי המתכות מטור השני הם בעלי מטען $2+$ בתרכובות יוניות. היונים, הנוצרים מאטומי האל מתכות מטור השישי, הם בעלי מטען $2-$ בתרכובות יוניות. לכן נוסחת התרכובת היא ac .

ב' מבנה האטום

בעת האחרונה הצליחו מדענים ליצור באופן מלאכותי ארבעה יסודות חדשים שהמספרים האטומיים שלהם: 113, 115, 117 ו-118.

היסוד שמספרו האטומי 118 נמצא בטבלה המחזורית מתחת ליסוד ראדון, ${}^{86}\text{Rn}$.
לפניך ארבעה היגדים 1-4. מהו ההיגד הלא נכון?

80%	1.	ארבעת היסודות החדשים נמצאים באותו טור בטבלה המחזורית. (התשובה הנכונה)
7%	2.	לאטומים של ארבעת היסודות החדשים יש מספר שווה של רמות אנרגיה מאוכלסות.
5%	3.	לאטום של היסוד שמספרו האטומי 118, יש 8 אלקטרונים ברמת האנרגיה הגבוהה ביותר.
8%	4.	ארבעת היסודות החדשים נמצאים באותה שורה בטבלה המחזורית.

הנימוק

התשובה הנכונה היא 1 - ההיגד לא נכון. ארבעת היסודות החדשים נמצאים באותה שורה ולא באותו טור. היות והאטום של היסוד שמספרו האטומי 118 נמצא בטור 8, היסודות האחרים נמצאים לפניו באותה שורה. היגדים 2 ו-4 נכונים: היסודות נמצאים באותה שורה, ובאטומי היסודות האלה יש אותו מספר של רמות אנרגיה מאוכלסות.

היגד 3 נכון: אטום של היסוד שמספרו האטומי 118 נמצא בטור של ראדון, ${}^{86}\text{Rn}$, טור הגזים האצילים, באטום של היסוד 8 אלקטרונים ברמת האנרגיה הגבוהה ביותר, כי המשותף לכל אטומי היסודות בטור השמיני הוא שמונה אלקטרונים ברמת האנרגיה הגבוהה ביותר (פרט להליום).

ג' מבנה וקישור

בטבלה שלפניך מידע על המוליכות החשמלית של ארבעה חומרים מוצקים. רק חלק מן המידע הוא נכון.

מוליכות חשמלית במצב נוזל	מוליכות חשמלית במצב מוצק	החומר
+	+	Rb(s), רובידיום
-	+	RbBr(s), רובידיום ברומי
+	-	C גרפיט, C גרפיט(s)
-	-	SiO ₂ (s), צורן דו-חמצני

מהם החומרים שעבורם המידע שבטבלה הוא נכון?

Rb(s) ו- RbBr(s)	.1	5%
RbBr(s) ו- C גרפיט(s)	.2	4%
Rb(s) ו- C גרפיט(s)	.3	4%
Rb(s) ו- SiO ₂ (s) (התשובה הנכונה)	.4	87%

הנימוק

התשובה הנכונה היא 4.

המתכת רובידיום מוליכה חשמל גם במצב מוצק וגם במצב נוזל, הודות לאלקטרונים החופשיים לנוע - "ים אלקטרונים". צורן דו-חמצני הוא חומר אטומרי שלא מוליך חשמל במצב מוצק ובמצב נוזל, כי אין בו חלקיקים טעונים בעלי כושר ניידות.

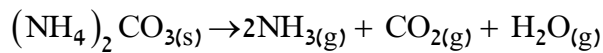
המסיחים 1, 2, 3 לא נכונים, הם מתייחסים למידע שאינו נכון:

רובידיום ברומי - חומר יוני שלא מוליך חשמל במצב מוצק, כי היונים המרכיבים אותו - המטענים אינם ניידים, ומוליך במצב נוזל, כי במצב זה היונים חופשיים לנוע.

גרפיט - חומר אטומרי שמוליך במצב מוצק, כי יש בו אלקטרונים החופשיים לנוע.

ד' סטויכיומטריה

המוצק אמוניום פחמתי, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3(\text{s})$, מתפרק בחימום על פי התגובה:



חימומו דגימה של $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3(\text{s})$.

הנפחים של הגזים שהתקבלו נמדדו בתנאים שווים של טמפרטורה ולחץ.

מהי הקביעה הנכונה בנוגע לתוצרים שהתקבלו בתגובה זו?

- | | | |
|----|--|-----|
| 1. | מספר המולקולות של $\text{NH}_3(\text{g})$ שווה למספר המולקולות של $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$. | 2% |
| 2. | הנפח של $\text{NH}_3(\text{g})$ גדול פי 2 מהנפח של $\text{CO}_2(\text{g})$. (התשובה הנכונה) | 88% |
| 3. | הנפח של $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ שווה לנפח של $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3(\text{s})$. | 5% |
| 4. | המסה של $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ שווה למסה של $\text{CO}_2(\text{g})$. | 5% |

הנימוק

התשובה הנכונה היא 2.

על פי השערת אבוגדרו, בתנאים שווים של טמפרטורה ולחץ, נפחים שווים של גזים שונים מכילים אותו מספר חלקיקי גז. יחס המולים בניסוח תגובה שווה ליחס הנפחים של הגזים.

יחס המולים בניסוח התגובה הנתונה בין $\text{CO}_2(\text{g})$ ל- $\text{NH}_3(\text{g})$ הוא 1:2, לכן הנפח של $\text{NH}_3(\text{g})$ גדול פי 2 מהנפח של $\text{CO}_2(\text{g})$.

מסיח 1 אינו נכון. יחס המולים בניסוח התגובה הנתונה בין $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ל- $\text{NH}_3(\text{g})$ הוא 1:2, לכן מספר המולקולות של $\text{NH}_3(\text{g})$

גדול פי 2 ממספר המולקולות של $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$.

מסיח 3 אינו נכון. הנפח של מול גז גדול בהרבה מהנפח של מול מוצק.

מסיח 4 אינו נכון. המסה המולרית של $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ו- $\text{CO}_2(\text{g})$ שונה.

ה' סטויכיומטריה

- ערבבו 400 מ"ל תמיסת $0.4\text{M KCl}_{(\text{aq})}$ עם 400 מ"ל תמיסת $0.8\text{M MgCl}_{2(\text{aq})}$.
- מהי הקביעה הנכונה בנוגע לריכוז של יוני $\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$ בתמיסה שהתקבלה?
- | | | | |
|----|---------------|--|-----|
| 1. | 0.6M | כי נפח התמיסה גדל פי 2 ולכן ריכוז יוני $\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$ קטן פי 2. | 12% |
| 2. | 0.8M | כי בתמיסה שהתקבלה יש 0.8 מול יוני $\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$. | 7% |
| 3. | 1.0M | כי בתמיסה שהתקבלה יש 0.8 מול יוני $\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$. (התשובה הנכונה) | 73% |
| 4. | 1.0M | כי נפח התמיסה גדל פי 2 ומספר המולים הכולל של יוני $\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$ הוא 2 מול. | 8% |

הנימוק

התשובה הנכונה היא 3.

$$0.4 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.4 \text{ liter} = 0.16 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של אשלגן כלורי ב- 400 מ"ל תמיסה:}$$

אשלגן כלורי הוא חומר יוני.

בהמסה במים של 1 מול $\text{KCl}_{(\text{s})}$ מתקבל 1 מול יוני $\text{K}^{+}_{(\text{aq})}$ ו-1 מול יוני $\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$.

בהמסה במים של 0.16 מול $\text{KOH}_{(\text{s})}$ מתקבלים 0.16 מול יוני $\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$.

$$0.8 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.4 \text{ liter} = 0.32 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של מגנזיום כלורי ב- 400 מ"ל תמיסה:}$$

מגנזיום כלורי הוא חומר יוני.

בהמסה במים של 1 מול $\text{MgCl}_{2(\text{s})}$ מתקבל 1 מול יוני $\text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})}$ ו-2 מול יוני $\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$.

מספר המולים של יוני $\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$ המתקבלים בהמסה במים של 0.32 מול $\text{MgCl}_{2(\text{s})}$:

$$0.32 \text{ mol} \times 2 = 0.64 \text{ mol}$$

נפח התמיסה שהתקבלה לאחר הערבוב: $0.4 \text{ liter} + 0.4 \text{ liter} = 0.8 \text{ liter}$

מספר המולים של יוני $\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$ בתמיסה שהתקבלה: $0.16 \text{ mol} + 0.64 \text{ mol} = 0.8 \text{ mol}$

$$\frac{0.8 \text{ mol}}{0.8 \text{ liter}} = 1 \text{ M} \quad \text{הריכוז של יוני } \text{Cl}^{-}_{(\text{aq})} \text{ בתמיסה שהתקבלה:}$$

חמצון-חיזור

בתוך כלי העשוי מן המתכת כסף, Ag(s) , ערבבו שתי תמיסות:
תמיסת כסף חנקתי, $\text{AgNO}_3(\text{aq})$, ותמיסת מגנזיום חנקתי, $\text{Mg(NO}_3)_2(\text{aq})$.
נתון: יוני $\text{Ag}^+(\text{aq})$ הם מחמצן יותר חזק מיוני $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$.
מהי הקביעה הנכונה?

- | | | |
|----|--|------------|
| 1. | יוני $\text{Ag}^+(\text{aq})$ מחמצנים את יוני $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$. | 18% |
| 2. | יוני $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ מחמצנים את יוני $\text{Ag}^+(\text{aq})$. | 5% |
| 3. | יוני $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ מחמצנים את המתכת Ag(s) . | 9% |
| 4. | אפשר לאחסן את שתי התמיסות בכלי העשוי מן המתכת כסף, Ag(s). (התשובה הנכונה) | 68% |

הנימוק

התשובה הנכונה היא 4. אפשר לאחסן את שתי התמיסות בכלי כסף, כי המתכת Ag(s) לא מגיבה עם תמיסת יוני $\text{Ag}^+(\text{aq})$ וגם לא מגיבה עם יוני $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$. לא מתרחשת תגובה בין המתכת Ag(s) ליוני $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$, כי יוני $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$ הם מחמצן חלש יותר מיוני $\text{Ag}^+(\text{aq})$ ולא ימשכו אלקטרונים ממתכת הכסף.
על פי הסבר זה, מסיח 3 אינו נכון.
מסיחים 1 ו-2 אינם נכונים, כי לא מתרחשת תגובה בין יוני $\text{Ag}^+(\text{aq})$ ויוני $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$.

הכינו 50 מ"ל של כל אחת מן התמיסות: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$, $\text{HNO}_3(\text{aq})$, $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ ומדדו את ה-pH שלהן. לכל אחת מן התמיסות הוסיפו 50 מ"ל של מים. איזו מן השורות 1-4 בטבלה שלפניך מציגה נכון את השינוי שחל ב-pH של כל אחת מן התמיסות?

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$	$\text{HNO}_3(\text{aq})$	$\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$		
לא השתנה	ירד	עלה	.1	16%
לא השתנה	עלה	ירד	.2	78%
ירד	ירד	עלה	.3	2%
עלה	עלה	ירד	.4	4%

שורה 2 – תשובה נכונה

הנימוק:

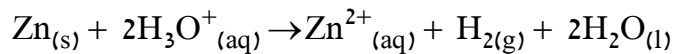
התשובה הנכונה היא 2.

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	HNO_3	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	החומר המומס
מלח	חומצה	בסיס	סוג החומר המומס
שווה ל-7	קטן מ-7	גדול מ-7	pH התמיסה המקורית

ההבדל בין שלושת התמיסות הוא בריכוז של יוני הידרוניום. ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ בתמיסת $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ קטן מאוד ושווה לריכוז יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$ (כמו במים), לכן מיהול התמיסה לא ישפיע על ה-pH שלה והוא יישאר שווה ל-7. ריכוז יוני $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ בתמיסת $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ קטן מריכוז יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$. לכן לאחר מיהול התמיסה ריכוז יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$ יקטן ו-pH התמיסה ירד, אך יישאר בתחום הבסיסי (יהיה פחות בסיסי), ז.א. יהיה גדול מ-7. הוספת מים לבסיס מוהלת אותו, ולכן רמת הבסיסיות יורדת. ריכוז יוני הידרוניום בתמיסת $\text{HNO}_3(\text{aq})$ גדול מריכוז יוני $\text{OH}^-(\text{aq})$. לכן לאחר מיהול התמיסה ריכוז יוני הידרוניום יקטן, ו-pH התמיסה יעלה, אך יישאר בתחום החומצי (יהיה פחות חומצי), ז.א. יהיה קטן מ-7. מיהול החומצה על ידי מים גורם לירידה ברמת החומציות, המתבטאת ב-pH התמיסה גבוה יותר.

ח' קצב תגובה

מתכת אבץ, $Zn_{(s)}$, מגיבה עם תמיסה חומצית על פי התגובה:



לתוך כלי זכוכית המכיל 50 מ"ל תמיסה של חומצת מימן כלורי, $HCl_{(aq)}$, בריכוז 1.0M, הכניסו פס אבץ שמסתו 3 גרם. בעקבות זאת התרחשה תגובה שבמהלכה נפלט גז, והמסה של פס אבץ ירדה.

מהי הדרך המתאימה ביותר כדי להגדיל את קצב התגובה?

- | | | |
|----|--|------------|
| 1. | לבצע את התגובה בכלי שנפחו גדול יותר. | 1% |
| 2. | לבצע את התגובה בכלי סגור המחובר למזרק. | 11% |
| 3. | להגדיל ל-100 מ"ל את הנפח של תמיסת $HCl_{(aq)}$. | 29% |
| 4. | להכניס לתוך הכלי 3 גרם אבקת אבץ במקום פס אבץ. (התשובה הנכונה) | 59% |

הנימוק

התשובה הנכונה היא 4.

שטח פנים של אבקת אבץ גדול מזה של פס אבץ (באותה מסת אבץ). לכן שטח המגע בין המגיבים - אבץ ויוני הידרוניום, גדול יותר.

בתגובה בין מגיב מוצק למגיב במצב צבירה נוזל או גז, ככל שגודל חלקיקי המגיב המוצק קטן יותר שטח המגע בינו למגיב השני גדול יותר והסיכוי להתנגשויות בכלל ולהתנגשויות פוריות בפרט (ביחידת זמן) גדל, ועל כן קצב התגובה גדל. גורמים המגדילים את קצב התגובה הם העלאת הטמפרטורה, הגדלת ריכוז המגיבים, הגדלת שטח מגע של המגיבים, הוספת זרז מתאים.

מסיחים 1 ו-2 אינם נכונים, כי שינוי נפח הכלי ואיסוף תוצר במצב גז במזרק לא משפיעים על קצב תגובה.

מסיח 3 לא נכון, כי הגדלת נפח התמיסה בריכוז מסוים לא משפיעה על קצב התגובה.

שאלה 2

ניתוח קטע ממאמר מדעי

קרא את הקטע שלפניך, וענה על כל הסעיפים א-ה שאחריו.

גילוי הגז הטבעי - הזדמנות היסטורית

בתחילת המאה ה-21 התגלה מאגר גדול של גז טבעי במים הכלכליים של ישראל. הגז הטבעי

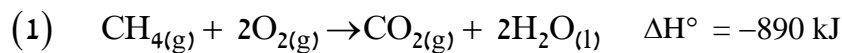
שהתגלה מכיל 99% מתאן, $\text{CH}_4(\text{g})$.

כיום, הגז הטבעי משמש בעיקר חומר דלק להפקת חשמל בתחנות כוח, במקום פחם, $\text{C}(\text{s})$, וחומרי דלק שמקורם בנפט.

הנפט הוא תערובת של פחמימנים (תרכובות של פחמן ומימן). בתגובת שרפה מגיבים הפחמימנים עם חמצן, $\text{O}_2(\text{g})$.

נוצרים פחמן דו-חמצני, $\text{CO}_2(\text{g})$, ומים, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, ונפלטת אנרגיה המנוצלת להפקת חשמל. תגובה (1) היא תגובת השרפה

של מתאן.



כאשר אותה כמות אנרגיה נפלטת בשרפה של פחמימנים שונים, יש יתרון למתאן, מכיוון שנפח ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ שנוצר

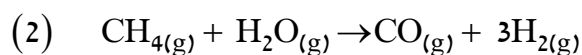
בשרפתו הוא הקטן ביותר. $\text{CO}_2(\text{g})$ הוא גז התורם להגברת אפקט החממה ולכן המעבר לשימוש בגז טבעי כחומר דלק

מפחית את הפליטה של $\text{CO}_2(\text{g})$ לאטמוספירה.

המתאן שמקורו בגז טבעי יכול לשמש לא רק חומר דלק, אלא גם חומר מוצא בתעשייה הכימית להפקת מימן, $\text{H}_2(\text{g})$,

ומתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$.

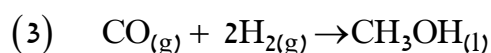
מתאן מגיב עם קיטור, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$, על פי תגובה (2):



תערובת הגזים $\text{CO}(\text{g})$ ו- $\text{H}_2(\text{g})$ שמתקבלת בתגובה (2) מכונה סינגז (syngas), והיא מקור למימן בתעשייה הכימית.

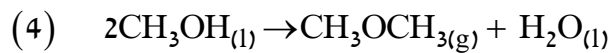
המימן מנוצל בין השאר להפקת אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, שהיא חומר מוצא בתעשיית הדשנים.

מסינגז אפשר להפיק גם מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$, על פי תגובה (3):



ממתאנול אפשר להפיק חומרים המשמשים חומרי גלם לתעשיית הפלסטיקה, הטקסטיל, הצבעים והתרופות.

ממתאנול אפשר להפיק גם דו-מתיל אתר, $\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g})$, על פי תגובה (4):



דו-מתיל אתר עתיד לשמש דלק חלופי למנועי דיזל בכלי תחבורה כבדים ובתעשייה.

גילוי הגז הטבעי מאפשר להקטין את התלות של מדינת ישראל ביבוא פחם ונפט גולני ממדינות אחרות ויוצר הזדמנות לפיתוח חברה מדעית-טכנולוגית מתקדמת.

מקורות

טישור, א', הרט, ד' (2012) הקמת מפעל לייצור מתאנול מגז טבעי ברמת חובב, תקציר מנהלים.

סעיף א'

על פי הקטע, ציין **שלושה** יתרונות שיש לשימוש בגז טבעי שהתגלה במים הכלכליים של ישראל.

התשובה

שלושה יתרונות מבין:

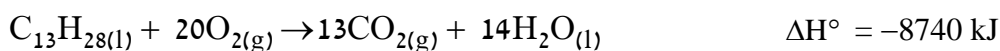
- מפחית את התלות של מדינת ישראל ביבוא נפט גולמי ופחם.
- משמש חומר דלק במקום נפט ופחם.
- מפחית את פליטת $\text{CO}_2(\text{g})$ לאטמוספירה (ומקטין את התרומה של $\text{CO}_2(\text{g})$ לאפקט החממה) או: שרפת מתאן מייצרת פחות $\text{CO}_2(\text{g})$ ליחידת אנרגיה.
- משמש חומר מוצא לייצור מימן, מתאנול ודו-מתיל אתר או: חומר מוצא בתעשייה הכימית.
- משמש חומר מוצא לייצור דלקים חלופיים עבור כלי תחבורה.
- זהו דלק איכותי - מכיל אחוז גבוה של $\text{CH}_4(\text{g})$ (99%), שפחות מזהם את הסביבה.
- יוצר הזדמנות לפיתוח חברה מדעית-טכנולוגית מתקדמת.

סעיף ב'

בעת צריכת שיא של חשמל, שורפים בתחנות הכוח גם חומרי דלק שמקורם בנפט, כמו סולר ומזוט.

אחד מן המרכיבים של סולר הוא פחמימן שנוסחתו $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$.

לפניך ניסוח תגובת השרפה של $\text{C}_{13}\text{H}_{28(l)}$:



תת-סעיף i

חשב את מספר המולים של $\text{CO}_2(\text{g})$ שנוצרים בתגובת השרפה של $\text{C}_{13}\text{H}_{28(l)}$ שבה נפליטים 890 kJ.

פרט את חישוביך.

התשובה:

מספר המולים של $\text{C}_{13}\text{H}_{28(l)}$ שמגיבים בתגובה בה נפליטים 890 kJ:

$$\frac{1 \text{ mol} \times 890 \text{ kJ}}{8740 \text{ kJ}} = 0.102 \text{ mol}$$

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ- 1 מול פחמימן נוצרים 13 מול $\text{CO}_2(\text{g})$.
מספר המולים של $\text{CO}_2(\text{g})$ שנוצרים בתגובה:

$$\frac{0.102 \text{ mol} \times 13 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 1.32 \text{ mol}$$

או:

בתגובת השרפה של 1 מול $\text{C}_{13}\text{H}_{28(\text{l})}$ נפלטת אנרגיה פי 9.82 גדולה יותר מהאנרגיה שנפלטת בתגובת השרפה של 1 מול $\text{CH}_4(\text{g})$:

$$\frac{8740 \text{ kJ}}{890 \text{ kJ}} = 9.82$$

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, מ- 1 מול $\text{C}_{13}\text{H}_{28(\text{l})}$ נוצרים 13 מול $\text{CO}_2(\text{g})$.
מספר המולים של $\text{CO}_2(\text{g})$ שנוצרים בתגובה, שבה נפליטים 890 kJ, צריך להיות פי 9.82 קטן מ- 13 מול:

$$\frac{13 \text{ mol}}{9.82} = 1.32 \text{ mol}$$

או:

כאשר נפלטת אנרגיה 8740 kJ, נוצרים 13 מול $\text{CO}_2(\text{g})$.
כאשר נפלטת אנרגיה 890 kJ, נוצרים:

$$\frac{13 \text{ mol} \times 890 \text{ kJ}}{8740 \text{ kJ}} = 1.32 \text{ mol}$$

תת-סעיף ii

מהו מספר המולים של $\text{CO}_2(\text{g})$ שנוצר בתגובת השרפה של $\text{CH}_4(\text{g})$ שבה נפליטים 890 kJ?

התשובה:

נוצר 1 מול $\text{CO}_2(\text{g})$ (על פי תגובה (1) שבקטע).

תת-סעיף iii

קבע אם תשובותיך לתת-סעיפים i ו-ii תואמות את המידע שבקטע בנוגע לנפח ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ שנוצר בתגובת השרפה של

$\text{CH}_4(\text{g})$ לעומת השרפה של פחמימנים אחרים. **נמק.**

התשובה:

קביעה:

התשובות לתת-סעיפים i-ii תואמות את המידע שבקטע.

נימוק:

(כאשר נפליטים 890 kJ: בתגובת השרפה של מתאן נוצר 1 מול $\text{CO}_2(\text{g})$).

בתגובת השרפה של $\text{C}_{13}\text{H}_{28(\text{l})}$ נוצרים 1.32 מול $\text{CO}_2(\text{g})$).

כאשר אותה כמות אנרגיה נפלטת בתגובת השרפה של מתאן, נוצרים פחות מולים של $\text{CO}_2(\text{g})$ ולכן

נפח ה- $\text{CO}_2(\text{g})$ שנפלט לאטמוספירה קטן יותר.

סעיף ג'

תערובת של 15% מתאנול ו- 85% בנזין משמשת דלק איכותי למכוניות, המכונה M15. בנזין הוא תערובת של פחמימנים. הסבר מדוע מתאנול מתמוסס בבנזין.

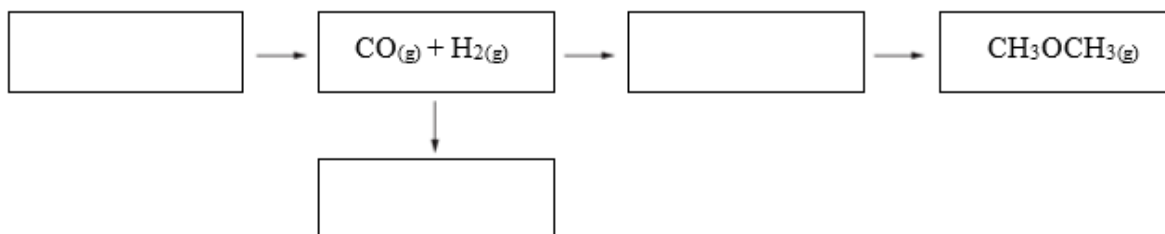
התשובה:

בין המולקולות של מתאנול יש קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס. בין המולקולות של הפחמימנים המרכיבים את הבנזין יש אינטראקציות ון-דר-ואלס. בין המולקולות של הפחמימנים לבין השייר הפחמימני שבמולקולות מתאנול יכולות להיווצר אינטראקציות ון-דר-ואלס. תשובה מפורטת בצורת טבלה:

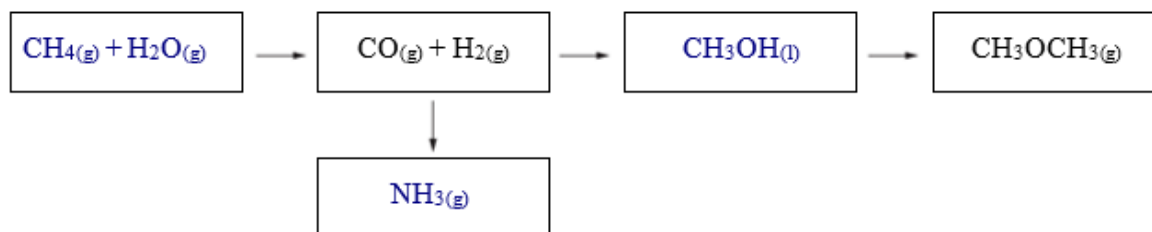
הממס : בנזין M15 (תערובת פחמימנים)	המומס : מתאנול	
מולקולות	מולקולות	סוג החלקיקים שמהם מורכב החומר
אינטראקציות ון-דר-ואלס	קשרי מימן ואינטראקציות ון-דר-ואלס	הכוחות בין מולקולות החומר
אינטראקציות ון-דר-ואלס		סוגי הקשרים הנוצרים בין מולקולות הממס למולקולות המומס במהלך ההמסה
המסיסות של מתאנול בבנזין טובה.		המסקנה

סעיף ד'

התרשים שלפניך מציג בצורה סכמטית חלק מן התהליכים המוזכרים בקטע. העתק את התרשים למחברתך, וכתוב בכל אחת מן המסגרות את הנוסחה של החומר המתאים.



התשובה:



סעיף ה'

יש הסבורים שהגז הטבעי שהתגלה בישראל צריך לשמש רק חומר דלק בתחנות כוח ובתעשייה. רשום טיעון אחד התומך בדעה זו או טיעון אחד המתנגד לה. נמק.

התשובה:

אחד מן הטיעונים:

נימוק	טיעונים התומכים בשימוש בגז מתאן רק כחומר דלק
חסכון בהוצאות המדינה על חומרי דלק.	הפחתת היבוא של נפט ופחם. או: הקטנת התלות של מדינת ישראל ביבוא של חומרי דלק ממדינות אחרות.
הפחתת עלויות בייצור חשמל (שעשוי להשפיע על מחיר החשמל לצרכן).	הגז הטבעי הוא חומר דלק זול יותר מנפט ופחם.
השימוש בגז טבעי מפחית את הפליטה של $CO_2(g)$ לאטמוספירה. בשרפת גז מתאן נוצר פחות $CO_2(g)$ בהשוואה לשרפה של פחם או של חומרי דלק שמקורם בנפט (הדבר מקטין את התרומה של $CO_2(g)$ לאפקט החממה)	כאשר שורפים גז טבעי הפגיעה בסביבה קטנה יותר בהשוואה לחומרי דלק שמקורם בפחם ונפט.

נימוק	טיעונים המתנגדים לשימוש בגז מתאן רק כחומר דלק
הזדמנות לפיתוח חברה מדעית-טכנולוגית מתקדמת. או: הזדמנות לפתח את התעשייה הכימית (ולספק מקומות עבודה). או: הזדמנות להפיק מוצרים רבים ומגוונים לשיפור איכות החיים של האזרחים.	ממתאן אפשר להפיק חומרי מוצא לתעשייה הכימית. או: ממתאן אפשר להפיק מימן, מתאנול, אמוניה ודו-מתיל אתר. או: אפשר להפיק ממתאן חומרים המשמשים חומרי גלם בתעשיית הפלסטיקה, הטקסטיל, הדשנים, הצבעים והתרופות. או: מוצרים המופקים ממתאן, כמו מתאנול ודו-מתיל אתר יכולים לשמש חומרי דלק איכותיים.
אפשר להגדיל את הכנסות המדינה ממכירתם.	מוצרי ההמשך יקרים יותר מהגז הטבעי.

שאלה 3

מבנה האטום ותכונות חומרים

פתיח לשאלה

השאלה עוסקת ביסוד מימן ובאחדים משימושיו.

סעיף א'

ליסוד מימן שלושה איזוטופים טבעיים ולהם שמות שונים: מימן, H, דאוטריום, D, וטריטיום, T. הסימול של אטום מימן הוא ${}^1_1\text{H}$.

אטום D כבד פי 2 מאטום H, ואילו אטום T כבד פי 3 מאטום H.

תת-סעיף i

רשום את הסימול של אטום D ושל אטום T.

התשובה:

דאוטריום: ${}^2_1\text{H}$ (או: ${}^2_1\text{D}$)

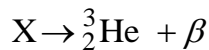
טריטיום: ${}^3_1\text{H}$ (או: ${}^3_1\text{T}$)

תת-סעיף ii

רק אחד משלושת האיזוטופים H, D ו-T פולט קרינה רדיואקטיבית.

נסמן איזוטופ זה באות X.

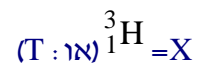
לפניך ניסוח התהליך שבו איזוטופ X פולט קרינה רדיואקטיבית.



קבע מהו האיזוטופ של היסוד מימן המסומן באות X. נמק.

התשובה:

קביעה:



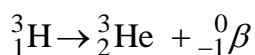
נימוק:

כאשר גרעין של אטום רדיואקטיבי פולט קרינת β , המספר האטומי עולה ב-1 ומספר המסה אינו משתנה (בסיום התהליכים המתרחשים בגרעין נויטרון נהפך לפרוטון ואלקטרון).

או:

כאשר גרעין של אטום רדיואקטיבי פולט קרינת β , יש שינוי במספר האטומי ואין שינוי במספר המסה.

או:



סעיף ב'

טמפרטורת הרתיחה, T_b , של מימן נוזלי, $H_2(l)$, היא נמוכה מאוד, $T_b = 20\text{ K}$. הסבר מדוע.

התשובה:

המספר הכולל של האלקטרונים (או: ענן האלקטרונים) במולקולות של מימן הוא קטן מאוד (במולקולה אחת יש רק 2 אלקטרונים).

במצב נוזל, בין המולקולות של מימן יש אינטראקציות ון-דר-ואלס חלשות מאוד. נדרשת אנרגיה מעטה כדי להפריד את המולקולות זו מזו. לכן טמפרטורת הרתיחה של מימן היא נמוכה מאוד (קרובה לאפס מוחלט).

סעיף ג'

משתמשים בגז מימן, $H_2(g)$, כדי למנוע פליטה לאוויר של תרכובות גפרית רעילות בעת שרפת חומרי דלק שמופקים מנפט גולמי.

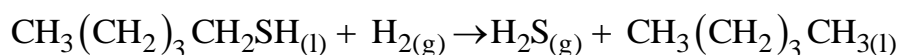
בחומרי דלק אלה יש תרכובות גפרית, כגון פנטאן-תיול, $CH_3(CH_2)_3CH_2SH(l)$. בתנאים מתאימים, מימן מגיב עם פנטאן-תיול.

תוצרי התגובה הם מימן גפרי, $H_2S(g)$, ופנטאן, $CH_3(CH_2)_3CH_3(l)$.

תת-סעיף i

נסח ואזן את התגובה בין $H_2(g)$ לבין $CH_3(CH_2)_3CH_2SH(l)$.

התשובה:



תת-סעיף ii

קבע אם בתגובה זו $H_2(g)$ מגיב כחמצן או כמחזור. נמק.

התשובה:

קביעה:

המימן מגיב כמחזור.

נימוק:

במהלך התגובה דרגת החמצון של אטומי המימן עולה (מ- 0 במגיב ל- $+1$ בתוצר).

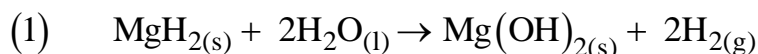
או:

בתגובה זו אטומי H במולקולות H_2 מאבדים אלקטרונים.

סעיף ד'

גז מימן, $H_2(g)$, יכול לשמש גם חומר דלק למכוניות.

אפשר להפיק $H_2(g)$ בתגובה בין מגנזיום מימני, $MgH_2(s)$, לבין מים, $H_2O(l)$, על פי תגובה (1).



תת-סעיף i

קבע אם בתגובה (1) יש מעבר של אלקטרונים. נמק.

התשובה:

קביעה:

בתגובה (1) יש מעבר של אלקטרונים.

נימוק:

(תגובה (1) היא תגובת חמצון-חיזור).

בתגובה (1) יש שינויים בדרגות החמצון של אטומי מימן.

או:

במהלך התגובה דרגת החמצון של אטומי המימן משתנה מ- $\textcircled{-1}$ במגיב - ביוני H^- ב- $\text{MgH}_2(\text{s})$

ל- $\textcircled{0}$ בתוצר.

או:

במהלך התגובה דרגת החמצון של אטומי המימן משתנה מ- $\textcircled{+1}$ במגיב - באטומי H ב- $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ל- $\textcircled{0}$ בתוצר.

תת-סעיף ii

מדענים מציעים להשתמש ב- $\text{MgH}_2(\text{s})$ כ"חומר אחסון" שממנו יופק מימן.

חשב את המסה של $\text{MgH}_2(\text{s})$ הדרושה לקבלת 10,000 ליטר $\text{H}_2(\text{g})$. פרט את חישוביך.

נתון: בתנאי התגובה הנפח של 1 מול גז הוא 25 ליטר.

התשובה:

מספר המולים של $\text{H}_2(\text{g})$ ב- 10,000 ליטר:

$$\frac{10,000 \text{ liter}}{25 \frac{\text{liter}}{\text{mol}}} = 400 \text{ mol}$$

על פי יחס המולים בניסוח התגובה מ- 1 מול $\text{MgH}_2(\text{s})$ מקבלים 2 מול $\text{H}_2(\text{g})$.

מספר המולים של $\text{MgH}_2(\text{s})$ שהגיבו:

$$200 \text{ mol}$$

המסה המולרית של $\text{MgH}_2(\text{s})$:

$$26 \text{ gr/mol}$$

המסה של $\text{MgH}_2(\text{s})$ הדרושה:

$$200 \text{ mol} * 26 \text{ gr/mol} = 5,200 \text{ gr} = 5.2 \text{ kg}$$

שאלה 4

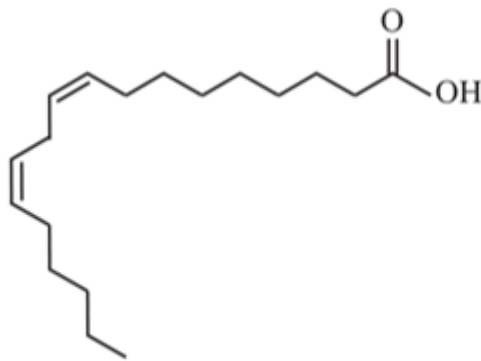
כימיה של מזון

פתיח לשאלה

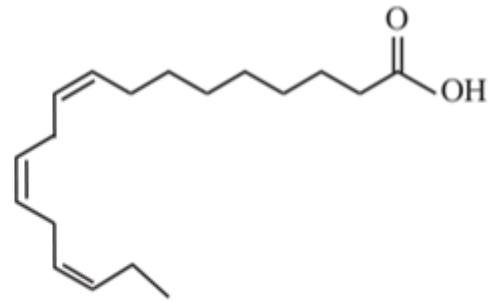
מומחי תזונה ממליצים על אכילת אגוזים מדי יום, מכיוון שהם עשירים בין השאר בחומצות שומן רב-בלתי-רוויות המסייעות במניעת מחלות.

סעיף א'

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחאות המבנה של שתי חומצות שומן, I ו-II.



II



I

תת-סעיף i

כתוב רישום מקוצר לכל אחת מחומצות השומן I ו-II.

התשובה:

C18:3 ω 3 all cis	: או	C18:3 ω 3 cis, cis, cis	: I
C18:2 ω 6 all cis	: או	C18:2 ω 6 cis, cis	: II

תת-סעיף ii

נוסחאות I ו-II הן ייצוג מקוצר לנוסחאות המבנה של שתי חומצות שומן המצויות באגוזים : חומצה לינולאית וחומצה אלפא-לינולנית.

טמפרטורת ההיתוך של חומצה אלפא-לינולנית נמוכה מטמפרטורת ההיתוך של חומצה לינולאית.

קבע איזו מן הנוסחאות, I או II, היא ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של חומצה אלפא-לינולנית.

נמק את קביעתך.

התשובה:

קביעה:

נוסחה I

נימוק:

(במולקולה של כל אחת משתי חומצות השומן יש קשרים כפולים במבנה ציס.)

קשר כפול במבנה ציס יוצר כיפוף במולקולה של חומצת השומן.

במולקולה, שנוסחה I מתאימה לה, יש יותר קשרים כפולים במבנה ציס מאשר במולקולה, שנוסחה II מתאימה לה.

ככל שיש יותר קשרים כפולים במבנה ציס, יש יותר אזורים כפופים במולקולה.

האריזה של המולקולות במצב מוצק צפופה פחות (אז: המולקולות מרוחקות יותר זו מזו).

בין המולקולות יש אינטראקציות ון-דר-ואלס חלשות יותר.

נדרשת פחות אנרגיה כדי להחליש את הכוחות שבין המולקולות, ולכן טמפרטורת ההיתוך של חומצת השומן נמוכה יותר.

נתון שטמפרטורת ההיתוך של החומצה אלפא-לינולנית נמוכה יותר, ולכן נוסחה I היא ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של

החומצה אלפא-לינולנית.

סעיף ב'

קבע עבור כל אחד מן ההיגדים i ו-ii שלפניך אם הוא נכון או לא נכון. **נמק כל קביעה.**

תת-סעיף i

חומצה אלפא-לינולנית היא איזומר של חומצה לינולאית.

התשובה:

קביעה:

לא נכון.

נימוק:

הנוסחאות המולקולריות של שתי חומצות השומן שונות.

(הנוסחה המולקולרית של חומצה לינולאית - $C_{18}H_{32}O_2$

הנוסחה המולקולרית של חומצה אלפא-לינולנית - $C_{18}H_{30}O_2$).

או:

(במולקולות של שתי חומצות השומן יש אותו מספר של אטומי פחמן ואטומי חמצן.)

במולקולה של החומצה אלפא-לינולנית יש יותר קשרים כפולים, ולכן מספר אטומי המימן קטן יותר (שונה). לכן הנוסחאות

המולקולריות של שתי חומצות השומן שונות.

תת-סעיף ii

אפשר לקבל חומצה לינולאית מחומצה אלפא-לינולנית בתהליך ההידרוגנציה מבוקר (סיפוח מימן).

התשובה:

קביעה:

נכון.

נימוק:

בתהליך ההידרוגנציה, מולקולות H₂ יכולות להסתפח לקשר הכפול (שבין אטומי פחמן 3 ו-4) במולקולות של חומצה אלפא-לינולנית לקבלת מולקולות של חומצה לינולאית.

סעיף ג'

בטבלה שלפניך מוצג מידע על המסה של חומצות השומן העיקריות ב-100 גרם של אגוזים משלושה סוגים: ברזיל, אגוזי מלך ואגוזי אדמה (בוטנים).

המסה של חומצות השומן (גרם)			סוג האגוזים
חומצה אולאית	חומצה לינולאית	חומצה אלפא-לינולנית	
24.2	20.5	0.04	אגוזי ברזיל
8.8	38.1	9.1	אגוזי מלך
24.0	15.7	0.003	אגוזי אדמה (בוטנים)

הרישום המקוצר של חומצה אולאית הוא: C18:1 ω 9cis.

איזה מבין שלושת סוגי האגוזים הוא העשיר ביותר בחומצות שומן רב-בלתי-רוויות?
פרט את חישוביך ונמק.

התשובה:

קביעה:

באגוזי מלך.

נימוק:

במולקולה של חומצה אולאית יש רק קשר כפול אחד, לכן היא אינה חומצת שומן רב-בלתי-רוויה.
או:

מבין חומצות השומן שבטבלה, רק חומצה לינולאית וחומצה אלפא-לינולנית הן חומצות שומן רב-בלתי-רוויות.

חישוב:

המסה של החומצה הלינולאית והחומצה אלפא-לינולנית ב-100 גרם של אגוזים מסוגים שונים:

$$0.04 \text{ gr} + 20.5 \text{ gr} = 20.54 \text{ gr} \text{ : אגוזי ברזיל}$$

$$9.1 \text{ gr} + 38.1 \text{ gr} = 47.2 \text{ gr} \text{ : אגוזי מלך}$$

$$0.003 \text{ gr} + 15.7 \text{ gr} = 15.703 \text{ gr} \text{ : אגוזי אדמה}$$

(ב-100 גרם אגוזי מלך יש המסה הגדולה ביותר של חומצות שומן רב-בלתי-רוויות.

מבין האגוזים משלושת הסוגים, אגוזי מלך הם העשירים ביותר בחומצות שומן רב-בלתי-רוויות.)

סעיף ד'

האגוזים עשירים גם בנוגדי חמצון (אנטיאוקסידנטים) כגון ויטמין E .
מבין ההיגדים (1)-(4) שלפניך, ציין מה הם ההיגדים **המתאימים** לתיאור פעילותו של ויטמין E כנוגד חמצון.

ויטמין E :

- (1) מגיב כמחמצן בתהליכי חמצון-חיזור.
- (2) מנטרל את פעילותם המזיקה של רדיקלים חופשיים.
- (3) עובר חמצון בתוך כדי פעילותו.
- (4) מונע תהליכי חמצון בלתי רצויים בגוף.

התשובה:

היגדים (2), (3), (4).

שאלה 5

פתיח לשאלה

הגזים אתאן, $C_2H_6(g)$, ומתאנאל, $H_2CO(g)$, משמשים חומרי מוצא בתעשיית החומרים הפלסטיים.

סעיף א'

ציין שני מאפיינים ברמה המיקרוסקופית של גז הנמצא בכלי סגור.

התשובה:

- שניים מן המאפיינים:
- הגז מורכב ממולקולות.
- המולקולות (או: חלקיקי הגז) יכולות לבצע תנועות מסוג מעתק, סיבוב ותנודה.
- המולקולות מתנגשות זו בזו ובדפנות הכלי.
- המולקולות אינן מסודרות.
- המרחקים בין המולקולות גדולים מאוד (ביחס לגודל המולקולות).
- האינטראקציות (או: כוחות המשיכה) בין המולקולות חלשות מאוד (זניחות).

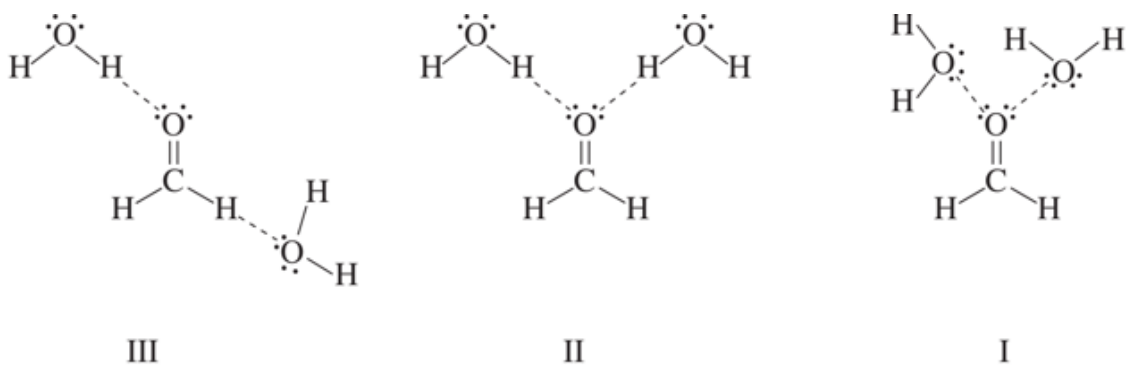
סעיף ב'

מתאנאל, $H_2CO(g)$, מתמוסס גם במים, $H_2O(l)$, וגם בבנזן, $C_6H_6(l)$.

תת-סעיף i

קבע איזה מן האיורים III-I שלפניך הוא תיאור סכמטי נכון של קשרי המימן שיכולים להיווצר בין מולקולה של מתאנאל ומולקולות של מים.

הסבר מדוע פסלת את שני האיורים האחרים.



התשובה:

קביעה: איור II

נימוק:

קשרי המימן יכולים להיווצר בין אטום מימן חשוף מאלקטרוניים במולקולה של מים לבין זוג אלקטרוניים לא קושר של אטום החמצן במולקולה של מתאנאל.

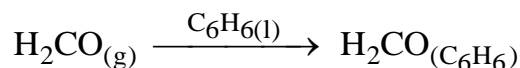
איור I אינו נכון, כיוון שמוצגים בו קשרים בין מולקולריים בין שני אטומי חמצן.

איור III אינו נכון, כי אטומי המימן שקשורים לאטום החמצן במולקולה של מתאנאל אינם חשופים מאלקטרוניים (ההפרש באלקטרושליליות של אטומי הקשר הוא קטן יחסית), ולכן לא נוצרים קשרי מימן.

תת-סעיף ii

נסח את תהליך ההמסה של מתאנאל בבנון.

התשובה:



סעיף ג'

מקורים בהדרגה את שני הגזים, $\text{C}_2\text{H}_6(g)$ ו- $\text{H}_2\text{CO}(g)$, כל גז בכלי אחר. הראשון שמתעבה (הופך לנוזל) הוא מתאנאל, $\text{H}_2\text{CO}(g)$. הסבר מדוע הגז $\text{H}_2\text{CO}(g)$ מתעבה ראשון.

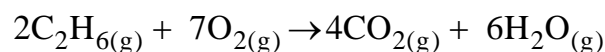
התשובה:

הגז $\text{H}_2\text{CO}(g)$ הוא הראשון להתעבות כיוון שטמפרטורת הרתיחה של $\text{H}_2\text{CO}(l)$ גבוהה מטמפרטורת הרתיחה של $\text{C}_2\text{H}_6(l)$. אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של $\text{H}_2\text{CO}(l)$ חזקות מאינטראקציות ון-דר-ואלס שבין המולקולות של $\text{C}_2\text{H}_6(l)$.

הסיבה לכך היא שבמולקולות של מתאנאל יש דו-קוטב קבוע, ואילו במולקולות של אתאן יש דו-קוטב רגעי (אין כמעט הבדל במספר הכולל של אלקטרונים במולקולות של שני החומרים).

פתיח לסעיפים ד'-ה'

אתאן, $\text{C}_2\text{H}_6(g)$, מגיב עם חמצן, $\text{O}_2(g)$, על פי התגובה:



ביצעו שני ניסויים. בכל אחד מן הניסויים הכניסו לתוך כלי דגימה של $\text{C}_2\text{H}_6(g)$ וכמות מתאימה של $\text{O}_2(g)$ והדליקו את תערובת הגזים.

סעיף ד'

בניסוי הראשון ביצעו את התגובה בכלי סגור שנפחו קבוע. במהלך הניסוי שמרו על טמפרטורה קבועה ומדדו את לחץ הגז בתוך הכלי.

קבע איזה מן הגרפים III-I שלפניך מתאר נכון את השתנות לחץ הגז בתוך הכלי. **נמק.**



התשובה:

קביעה: גרף III

נימוק: במהלך התגובה גדל מספר המולים של גז בכלי (מ-9 מול גז במגיבים ל-10 מול גז בתוצרים). (גדל מספר מולקולות הגז בכלי, נפח הכלי והטמפרטורה אינם משתנים). מספר ההתנגשויות של מולקולות הגז בדפנות הכלי עולה ולכן לחץ הגז בכלי עולה.

סעיף ה'

בניסוי השני ביצעו את התגובה בכלי סגור שצורתו מזרק. לתוך הכלי הכניסו 0.02 מול $C_2H_6(g)$ וכמות מתאימה של $O_2(g)$, והדליקו את תערובת הגזים. הגזים הגיבו בשלמות.

במהלך הניסוי שמרו על לחץ וטמפרטורה קבועים. בתום התגובה מדדו את נפח הכלי.

בתנאי הניסוי, הנפח של 1 מול גז הוא 30 ליטר.

תת-סעיף i

חשב את נפח החמצן שהגיב. **פרט את חישוביך.**

התשובה:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, 2 מול $C_2H_6(g)$ מגיבים עם 7 מול $O_2(g)$. כשהגיבו 0.02 מול $C_2H_6(g)$, מספר המולים של $O_2(g)$ שהגיבו:

$$\frac{0.02 \text{ mol} \times 7 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = 0.07 \text{ mol}$$

נפח ה- $O_2(g)$ שהגיב:

$$0.07 \text{ mol} \times 30 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} = 2.1 \text{ liter}$$

תת-סעיף ii

מהו נפח הכלי שנמדד בתום הניסוי? **פרט את חישוביך והסבר.**

התשובה:

על פי יחס המולים בניסוח התגובה, כשמגיבים 2 מול $C_2H_6(g)$, נוצרים 4 מול $CO_2(g)$ ו-6 מול $H_2O(g)$.

כאשר הגיבו 0.02 מול $C_2H_6(g)$ נוצרו 0.04 מול $CO_2(g)$ ו-0.06 מול $H_2O(g)$.

מספר המולים של התוצרים בתום הניסוי: $0.04 \text{ mol} + 0.06 \text{ mol} = 0.1 \text{ mol}$

נפח התוצרים בתום התגובה:

$$0.1 \text{ mol} \times 30 \frac{\text{liter}}{\text{mol}} = 3 \text{ liter}$$

שאלה 6

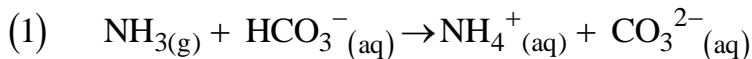
חמצון-חיזור, חומצות ובסיסים וסטויכיומטריה

פתיח לשאלה

השאלה עוסקת בתגובות של שני חומרים: אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, וחומצה חנקתית, $\text{HNO}_3(\text{l})$. שני החומרים האלה משמשים בתעשייה הכימית, בין השאר לייצור דשנים.

סעיף א'

בתנאים מסוימים אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, מגיבה עם תמיסה המכילה יוני מימן פחמתי, $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$, על פי תגובה (1):



תת-סעיף i

תגובה (1) היא תגובת חומצה-בסיס. הסבר מדוע.

התשובה:

בתגובה (1) יש מעבר פרוטונים (H^+) מיוני $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ למולקולות $\text{NH}_3(\text{g})$.
או:

בתגובה (1) מולקולות $\text{NH}_3(\text{g})$ מגיבות כבסיס וקושרות פרוטונים, ויוני $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ מגיבים כחומצה ומאבדים (או):
מוסרים) פרוטונים.

תת-סעיף ii

750 מ"ל $\text{NH}_3(\text{g})$ הגיבו עם 150 מ"ל תמיסת נתרן מימן פחמתי, $\text{NaHCO}_3(\text{aq})$. המגיבים הגיבו בשלמות. בתנאי התגובה, הנפח של 1 מול גז הוא 25 ליטר.

חשב את הריכוז המולרי של יוני $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ בתמיסה. **פרט את הישוביך.**

התשובה:

מספר המולים של $\text{NH}_3(\text{g})$ שהגיבו:

$$\frac{0.75 \text{ liter}}{25 \text{ liter / mol}} = 0.03 \text{ mol}$$

על פי ניסוח התגובה, יחס המולים בין $\text{NH}_3(\text{g})$ ליוני $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ הוא 1:1.

מספר המולים של יוני $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ שהגיבו:

$$0.03 \text{ mol}$$

ריכוז יוני $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ בתמיסה:

$$\frac{0.03 \text{ mol}}{0.15 \text{ liter}} = 0.2 \text{ M}$$

סעיף ב'

שני החומרים, $\text{NH}_3(\text{g})$ ו- $\text{HNO}_3(\text{l})$, מגיבים בתגובות חמצון-חיזור.

תת-סעיף i

התייחס לאטומי N, וקבע איזה משני החומרים יכול להגיב רק כמחזור. נמק.

התשובה:

קביעה:

אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, יכולה להגיב רק כמחזור.

נימוק:

דרגת החמצון של אטומי N ב- $\text{NH}_3(\text{g})$ היא (-3) . זאת דרגת החמצון המזערית של אטומי N בתרכובות. במהלך התגובה היא יכולה רק לעלות. (דרגת החמצון של אטומי N ב- $\text{HNO}_3(\text{l})$ היא $(+5)$. זאת דרגת החמצון המרבית של אטומי N.)

תת-סעיף ii

אמוניה, $\text{NH}_3(\text{g})$, מגיבה עם תמיסת מימן על-חמצני, $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$.

קבע איזה חומר יכול להיות אחד מתוצרי התגובה: $\text{O}_2(\text{g})$ או $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$. נמק.

התשובה:

קביעה:

$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

נימוק:

($\text{NH}_3(\text{g})$ יכול להגיב רק כמחזור) ולכן $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ יגיב כמחמצן (או: יעבור חיזור).

דרגת החמצון של אטומי חמצן ב- $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ היא (-1) ובתוצר היא צריכה להיות נמוכה יותר -

דרגת החמצון של אטומי חמצן ב- $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ היא (-2) .

נימוק מפורט:

מדובר בתגובת חמצון-חיזור.

דרגות החמצון של אטומים במגיבים הנמצאים בתמיסה המימית:



דרגת החמצון המרבית של אטומי חמצן היא $(+2)$ (בתרכובות עם פלואור) דרגת החמצון המזערית של אטומי חמצן היא

(-2)

(כי לאטום חמצן 6 אלקטרונים ברמת האנרגיה הגבוהה ביותר.)

לכן אטומי החמצן במולקולות $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ יכולים לשמש גם כמחמצן וגם כמחזור.

דרגת החמצון המרבית של אטומי מימן היא $+1$

דרגת החמצון המזערית של אטומי מימן היא -1

(כי לאטום מימן אלקטרון אחד ברמת האנרגיה). לכן אטומי מימן במולקולות $H_2O_{2(aq)}$ יכולים לשמש רק מחמצן. דרגות החמצון של אטומים בתוצרים:



לכן $H_2O_{2(aq)}$ יגיב כמחמצן (יעבור חיזור) ויתקבלו מים, $H_2O_{(l)}$. אפשר להציג את ההסבר בטבלאות:

דרגות החמצון של אטומים במגיבים:

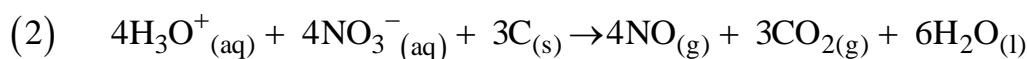
דרגות חמצון של:			מגיבים
אטומי מימן	אטומי חמצן	אטומי חנקן	
$+1$		-3	$NH_{3(aq)}$
$+1$	-1		$H_2O_{2(aq)}$

דרגות החמצון של אטומים בתוצרים והתרחשות התגובה:

האם התגובה אפשרית?	מה צריך להתרחש בתגובה	דרגות חמצון של:		תוצרים
		אטומי מימן	אטומי חמצן	
כן	אטומי חמצן צריכים לעבור חיזור	$+1$	-2	$H_2O_{(l)}$
לא	אטומי חמצן צריכים לעבור חמצון		0	$O_{2(g)}$

תת-סעיף iii (הציון 60)

תמיסת $HNO_{3(aq)}$ מגיבה עם פחמן, $C_{(s)}$, על פי תגובה (2):



קבע כמה מול אלקטרונים עוברים בתגובה שבה מגיבים 0.15 מול $C_{(s)}$. פרט את חישוביך.

התשובה:

תגובה (2) דרגת החמצון של אטומי C משתנה מ- 0 ל- $+4$.

בתגובה שבה מגיב 1 מול $C_{(s)}$ עוברים 4 מול אלקטרונים.

בתגובה שבה מגיבים 0.15 מול $C_{(s)}$ עוברים 0.6 מול אלקטרונים: $0.15 \text{ mol} \times 4 = 0.6 \text{ mol}$

או:

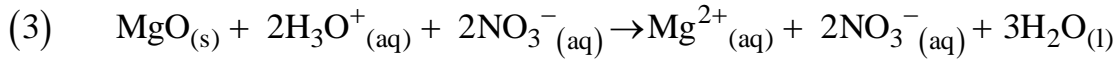
תגובה (2) דרגת החמצון של אטומי C משתנה מ- 0 ל- $+4$.

בתגובה שבה מגיבים 3 מול $C_{(s)}$ עוברים 12 מול אלקטרונים.
בתגובה שבה מגיבים 0.15 מול $C_{(s)}$ עוברים 0.6 מול אלקטרונים:

$$\frac{0.15\text{mol} \times 12\text{mol}}{3\text{mol}} = 0.6\text{mol}$$

סעיף ג'

תמיסת $HNO_{3(aq)}$ מגיבה עם מגנזיום חמצני, $MgO_{(s)}$, על פי תגובה (3):



בכל אחד משני כלים A ו-B יש 200 מ"ל תמיסת $HNO_{3(aq)}$ בריכוז 0.5 M.

לכלי A הכניסו 1.0 גרם $MgO_{(s)}$.

לכלי B הכניסו 1.5 גרם $MgO_{(s)}$.

בתום התגובה, ה-pH של התמיסה בכל אחד מן הכלים A ו-B עדיין היה חומצי.

קבע באיזה משני הכלים - A או B - ה-pH בתום התגובה היה נמוך יותר. **נמק את קביעתך.**

התשובה:

קביעה:

בכלי A.

נימוק:

בכל אחד משני הכלים A ו-B היה אותו מספר מולים של יוני $H_3O^+_{(aq)}$.

המסה של $MgO_{(s)}$ שהכניסו לכלי A הייתה קטנה יותר, ולכן מספר המולים של $MgO_{(s)}$ שהגיבו בכלי A היה קטן יותר.

מספר המולים של יוני $H_3O^+_{(aq)}$ שהגיבו בכלי A היה קטן יותר. ולכן בתום התגובה, מספר המולים של יוני $H_3O^+_{(aq)}$ שנותרו בכלי A היה גדול יותר. בתום התגובה, הריכוז של יוני $H_3O^+_{(aq)}$ שנותרו בכלי A היה גדול יותר, ולכן ה-pH של התמיסה בכלי A היה נמוך יותר.

אפשר לקבל גם נימוק על פי חישוב:

מספר המולים של יוני $H_3O^+_{(aq)}$ בכל אחד משני הכלים A ו-B היה:

$$0.5 \frac{\text{mol}}{\text{liter}} \times 0.2\text{liter} = 0.1\text{mol}$$

בכלי A הגיבו 0.025 מול $MgO_{(s)}$ ובכלי B הגיבו 0.037 מול $MgO_{(s)}$. בכלי A הגיבו 0.05 מול יוני $H_3O^+_{(aq)}$ ובכלי B

הגיבו 0.074 מול יוני $H_3O^+_{(aq)}$. בתום התגובה בכלי A נותרו 0.05 מול יוני $H_3O^+_{(aq)}$ ובכלי B נותרו 0.026 מול יוני

$H_3O^+_{(aq)}$. בתום התגובה הריכוז של יוני $H_3O^+_{(aq)}$ בכלי A היה גדול יותר, ולכן ה-pH של התמיסה בכלי A היה נמוך יותר.

שאלה 7

מבנה וקישור ואנרגיה

פתיח לשאלה

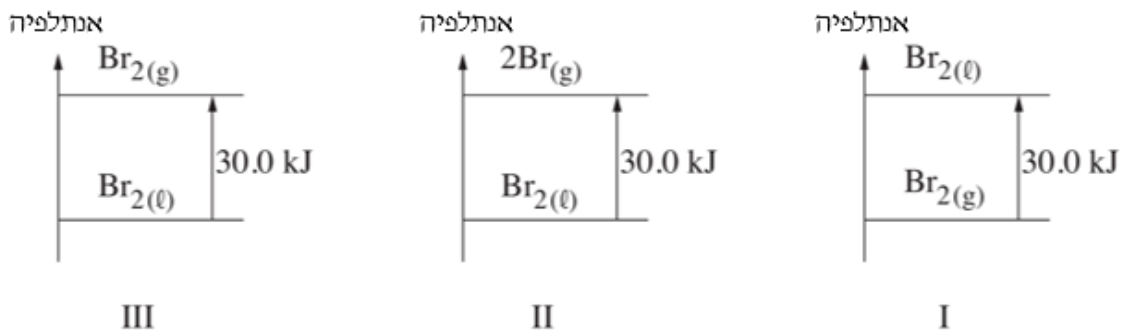
השאלה דנה בהיבטים אנרגטיים הנוגעים ליסודות ממשפחת ההלוגנים.

סעיף א'

הערך של אנתלפיית האידוי, ΔH°_v , של ברום, $\text{Br}_{2(l)}$, בטמפרטורת הרתיחה,

הוא: $\Delta H^\circ_v = 30.0 \text{ kJ/mol}$.

קבע איזה משלושת התיאורים הגרפיים III-I שלפניך מציג נכון את שינוי האנתלפיה בתהליך האידוי של $\text{Br}_{2(l)}$. נמק את קביעתך.



התשובה:

קביעה:

גרף III

נימוק:

אנתלפיית האידוי היא שינוי האנתלפיה בתהליך ההפיכה של 1 מול נוזל לגז.

הברום מורכב ממולקולות גם במצב נוזל וגם במצב גז.

או:

אנתלפיית האידוי של ברום היא שינוי האנתלפיה בתהליך: $\text{Br}_{2(l)} \rightarrow \text{Br}_{2(g)}$

או:

אנתלפיית האידוי של ברום היא כמות האנרגיה הדרושה לאידוי 1 מול $\text{Br}_{2(l)}$ בטמפרטורת הרתיחה.

סעיף ב'

בטבלה שלפניך מוצגים ערכי ΔH°_v עבור שלושה יסודות ממשפחת ההלוגנים.

היסוד	אנתלפיית אידוי, ΔH°_v (kJ/mol)
$\text{Cl}_2(l)$	20.4
$\text{Br}_2(l)$	30.0
$\text{I}_2(l)$	41.8

לפניך שני ערכים של אנתלפיית אידוי, ΔH°_v : 6.6 kJ/mol ו- 26.4 kJ/mol.

קבע איזה משני הערכים האלה הוא הערך המתאים עבור ΔH°_v של פלואור, $\text{F}_2(l)$. **נמק את קביעתך.**

התשובה:

קביעה:

6.6 kJ/mol

נימוק:

המספר הכולל של אלקטרונים (או: ענן האלקטרונים) במולקולות של פלואור (18 אלקטרונים במולקולה אחת) קטן מהמספר הכולל של אלקטרונים במולקולות של כלור (34 אלקטרונים במולקולה אחת). לכן ככל שענני האלקטרונים גדולים יותר, יש סיכוי גדול יותר ליצירת דו-קטבים רגועים שאחראיים לאינטראקציות ון-דר-ואלס. אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של פלואור חלשות מאינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות של כלור. לכן יש להשקיע פחות אנרגיה כדי לפרק את הכוחות שבין המולקולות של פלואור (או: אנתלפיית האידוי של פלואור נמוכה מאנתלפיית האידוי של כלור).

פתיח לסעיפים ג'-ד'

בטבלה שלפניך מוצגים ערכים של אנתלפיית קשר.

הקשר	H – Cl	Br – Br	H – Br	Cl – Cl
אנתלפיית הקשר (kJ/mol)	431	193	366	242

סעיף ג'

תת-סעיף i

הסבר מדוע הערך של אנתלפיית הקשר Br – Br גדול מן הערך של אנתלפיית האידוי, ΔH°_v , של ברום, $\text{Br}_2(l)$.

התשובה:

אנתלפיית הקשר Br – Br היא כמות האנרגיה הנדרשת לניתוק 1 מול קשרים קוולנטיים

(או: קשרים קוולנטיים שבין אטומי Br) במולקולות $\text{Br}_2(g)$.

אנתלפיית האידוי של ברום היא כמות האנרגיה הנדרשת לניתוק אינטראקציות ון-דר-ואלס בין המולקולות (או כוחות

בין המולקולות) ב- 1 מול של $\text{Br}_2(l)$.

הקשרים הקוולנטיים בין אטומי הברום חזקים מאינטראקציות ון-דר-ואלס שבין מולקולות הברום, ולכן נדרשת אנרגיה

רבה יותר לניתוקם (ולכן הערך של אנתלפיית הקשר Br – Br גדול מהערך של אנתלפיית האידוי של $\text{Br}_2(l)$).

תת-סעיף ii

ציין מהו הגורם לכך שהערך של אנתלפיית הקשר Cl-Cl גדול מן הערך של אנתלפיית הקשר Br-Br.

התשובה:

הגורם הוא הרדיוס האטומי של האטומים המשתתפים בקשר.

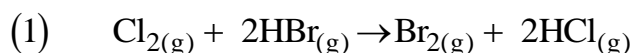
או:

הרדיוס של אטום

סעיף ד'

תת-סעיף i (הציון 90)

כלור, $\text{Cl}_{2(g)}$, מגיב עם מימן ברומי, $\text{HBr}_{(g)}$, על פי תגובה (1):



היעזר בנתונים שבטבלה וחשב את הערך של ΔH° עבור תגובה (1). **פרט את חישוביך.**

התשובה:

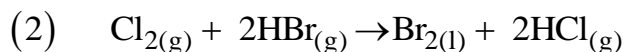
$$\Delta H^\circ_{(1)} = (\Delta H^\circ_{\text{Cl-Cl}} + 2\Delta H^\circ_{\text{H-Br}}) - (\Delta H^\circ_{\text{Br-Br}} + 2\Delta H^\circ_{\text{H-Cl}})$$

$$\Delta H^\circ_{(1)} = 1\text{mol} \times 242 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 2\text{mol} \times 366 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - (1\text{mol} \times 193 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + 2\text{mol} \times 431 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}})$$

$$\Delta H^\circ_{(1)} = -81\text{kJ}$$

תת-סעיף ii

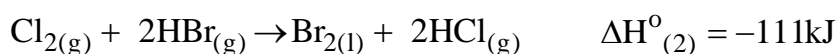
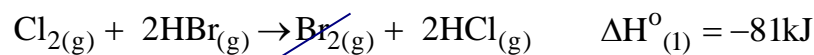
כלור, $\text{Cl}_{2(g)}$, מגיב עם מימן ברומי, $\text{HBr}_{(g)}$, גם על פי תגובה (2):



היעזר בנתונים שבשאלה וחשב את הערך של ΔH° עבור תגובה (2). **פרט את חישוביך.**

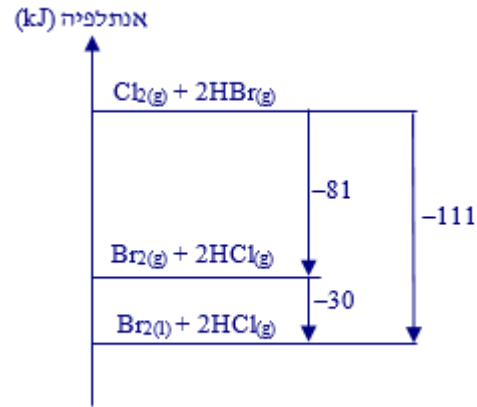
התשובה:

על פי חוק הס:



או:

באמצעות הצגה גרפית:



או:

בתגובה (2) נוצר $\text{Br}_2(\text{l})$, ולכן יש להוסיף את האנרגיה הנפלטת בתהליך העיבוי של 1 מול $\text{Br}_2(\text{g})$.

$$\Delta H^\circ_{(2)} = -81\text{kJ} + (-30\text{kJ}) = -111\text{kJ}$$