**שאלון 37381 תשע"ו 2016**

 שאלה 14 - אנרגיה ודינמיקה שלב 1


## מדינת ישראל

## משרד החינוך

## המזכירות הפדגוגית

## אגף מדעים

## הפיקוח על הוראת הכימיה


# מינהלת מל"מ

המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי

ע"ש עמוס דה-שליט

**המרכז הארצי למורי הכימיה**

**פתיח לשאלה**

תערובת של הגזים מימן, H2(g) , וחמצן, O2(g) , נשמרת בכלי זכוכית סגור לאורך זמן, ללא שינוי.

1

2

כאשר משקיעים אנרגיה על ידי הפעלת ניצוץ חשמלי בתערובת הגזים מתרחשת תגובה (1).

(1) H2(g) + O2(g) → H2O(g) ΔHo1 = −241.8 kJ

**סעיף א'**

איזו מן העקומות, A או B , שלפניך מציגה באופן סכמתי את השתנות האנתלפיה במהלך תגובה (1) ?

נמק.

מגיבים

**אנתלפיה**

**התקדמות**

**התגובה**

תוצרים

מגיבים

תוצרים

**אנתלפיה**

**התקדמות**

**התגובה**

**A B**

**התשובה:**

עקומה B .

תגובה (1) היא תגובה אקסותרמית (או: ΔHo1 < 0), לכן האנתלפיה של התוצרים נמוכה מהאנתלפיה של המגיבים.

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.**

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון שהתגובה הנתונה היא אקסותרמית - על פי הסימן השלילי של השינוי באנתלפיית תגובה, ובחרו בעקומה המציגה נכון את שינוי האנתלפיה בתגובה אקסתורמית.

הטעויות המעטות שאותרו נובעות מחוסר הבנה מהי תגובה אקסותרמית. ניתן לחלק טעויות אלה לשני סוגים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:
* "כאשר התגובה אקסותרמית התוצרים הם יותר מהמגיבים, וכפי שניתן לראות את השינוי באנתלפיה בגרףA , התוצרים יצאו יותר מהמגיבים."
1. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:
* "גרף B - תגובה זו אקסותרמית, שבה האנרגיה עוברת מהמגיבים לתוצרים."

**המלצות**

מומלץ להרבות בתרגילים עם ייצוגים גרפיים שונים, ולבקש מהתלמידים לציין בגרף את כל הגדלים הרלוונטיים.

תרגיל לדוגמה:

נתונים שני גרפים I-II:

**אנתלפיה**

**התקדמות**

**התגובה**

**אנתלפיה**

**התקדמות**

**התגובה**

**I II**

1. בכל אחד משני הגרפים סמן: מגיבים, תוצרים, אנרגיית שפעול, ΔHo של התגובה.
2. קבע עבור כל אחד מהגרפים אם הוא מתאר תגובה אנדותרמית או תגובה אקסותרמית. נמק.

**סעיף ב'**

איזה מבין ההיגדים, I או II , שלפניך הוא ההיגד הנכון?

הסבר את ההיגד שבחרת באמצעות תורת ההתנגשויות.

I בעקבות השקעת אנרגיה על ידי הפעלת ניצוץ חשמלי קטֵנה אנרגיית השפעול של התגובה (1), והתגובה מתרחשת.

II בעקבות השקעת אנרגיה על ידי הפעלת ניצוץ חשמלי גדלה האנרגיה הקינטית של מולקולות המגיבים בתגובה (1), והתגובה מתרחשת.

**התשובה:**

היגד II הוא ההיגד הנכון.

(לתגובה (1) יש אנרגיית שפעול גבוהה.)

כתוצאה מהגדלת האנרגיה הקינטית של מולקולות המגיבים:

- גדל הסיכוי להתנגשויות בין המולקולות של המגיבים,

- גדל הסיכוי להיווצרות תצמידים משופעלים ביחידת זמן.

ולכן יש סיכוי גדול יותר להתנגשויות פוריות ביחידת זמן.

לפי כך בעקבות הפעלת הניצוץ החשמלי תגובה (1) מתרחשת.

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.**

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון בינוני. חלק ניכר מהתלמידים מתקשים בהבנת המושגים: "אנרגיית שפעול" ו-"אנרגיה קינטית", ומתקשים בהבנת הגורמים והגורמים המשפיעים עליהן.

ניתן לחלק את הטעויות האופייניות לשני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה המלווה בהסבר המצביע על חוסר הבחנה בין אנרגיית השפעול לזרז:
* ""הניצוץ החשמלי מהווה זרז.... שמעלה את הסיכוי להתנגשויות ולהתנגשויות פוריות ובכך לאנרגיית שפעול נמוכה."
* "הניצוץ החשמלי משמש כזרז לתהליך. הוא "נותן" אנרגיה לתהליך ואז יש אנרגיית שפעול קטנה ואז התגובה מתרחשת."
1. קביעה נכונה המלווה בהסבר חלקי באמצעות תורת ההתנגשויות ולעיתים לא מדויק ואף לא נכון:
* "הפעלת הניצוץ גרמה לאנרגיה הקינטית לעלות, ובכך להתנגשויות של החלקיקים לעלות ולכן נוצרו יותר קשרים בין המולקולות."
* "כי הטמפרטורה של המגיבים עולה, וכך יש סיכוי רב יותר לתצמידים משופעלים ומהירות החלקיקים עולה וכך גם האנרגיה הקינטית שלהם."

**המלצות**

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלה 1 בבחינת הבגרות תשע"ד, שאלון 37203 , כולל ציור גרפים מתאימים.

מומלץ להראות לתלמידים סרטון על אנרגיית שפעול ולדון בו:

<https://www.youtube.com/watch?v=VbIaK6PLrRM>

מומלץ להיעזר בדגם הוראה למורי כימיה חט"ע בנושא הקינטיקה, הנמצא באתר המרכז הארצי למורי הכימיה, בדף:

<http://chemcenter.weizmann.ac.il/?CategoryID=349&ArticleID=4675>

פרק ג' בדגם: "אנרגיית שפעול וזרזים" מכיל רקע תיאורטי ושאלות להערכה.

**סעיף ג'**

בתגובה (2) מקבלים מתערובת של הגזים מימן וחמצן, מים במצב נוזל.

1

2

(2) H2(g) + O2(g) → H2O(l) ΔHo2

לפניך שלושה ערכים של שינוי אנתלפיה: −197.7 kJ , −241.8 kJ , −285.9 kJ .

קבע איזה מבין הערכים האלה מתאים עבור ΔHo2 . נמק.

**התשובה:**

הערך המתאים ל- ΔHo2 הוא −285.9 kJ .

האנתלפיה של מים במצב נוזל נמוכה מהאנתלפיה של מים במצב גז.

או: כאשר מים במצב גז הופכים למים במצב נוזל, נפלטת אנרגיה כי נוצרים קשרים בין מולקולריים.

לכן בתגובה (2) תיפלט כמות יותר גדולה של אנרגיה (או: שינוי האנתלפיה בתגובה (2) יהיה

גדול יותר; או: ΔHo2 יהיה שלילי יותר).

או: פתרון גרפי

 ΔHo1 =−241.8

אנתלפיה (kJ)

H2(g) + O2(g)

1

2

H2O(g)

H2O(l)

 ΔHo2 =−285.9

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.**

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון נמוך יחסית. חלק ניכר מהתלמידים לא הצליחו לנתח את הנתונים ולקשר בין המידע הנתון בתגובה (1) לבין הנתון שמופיע בתגובה (2). רוב התלמידים ידעו שתכולת אנרגיה של גז גבוהה מזו של נוזל, אך חלקם לא הצליחו לקשר בין עובדה זו לבין הפרש בתכולת אנרגיה בין תוצרים למגיבים בתגובה הנתונה עקב חוסר ראיה כוללה של כל המערכת.

הטעויות האופייניות שאותרו בסעיף זה הן:

* + קביעה נכונה ללא נימוק.
	+ קביעה שגויה בגלל חוסר יכולת לקשר בין שתכולת אנרגיה של גז ושל נוזל לבין הפרש בתכולת אנרגיה בין תוצרים למגיבים בתגובה הנתונה:
* "−197.7 kJ , מכיוון שהאנרגיה הכי גבוהה שקיימת אמורה להיות במצב צבירה גז, במצב צבירה נוזל האנרגיה פוחתת ובמצב צבירה מוצק האנרגיה הכי קטנה, ומשום כך האנרגיה המתאימה למצב צבירה נוזל היא "−197.7 kJ."
* ""−197.7 kJ , בתגובה הראשונה נוצר גז ואילו בתגובה השנייה - נוזל. לחומרים במצב צבירה גז יש יותר אנרגיה מאשר לחומרים במצב צבירה נוזל כתוצאה מאנרגיה קינטית שלהם. לגז אנרגיה קינטית גבוהה יותר, לכן השינוי באנתלפיה בתגובה (2) קטן יותר."
* "מאחר ולמים במצב גז אנרגיה גדולה יותר, התשובה תהיה "−197.7 kJ, שהוא גדול
* מ- −241.8 kJ."
	+ קביעה שגויה בגלל הבלבול בין השקעת אנרגיה לשחרור אנרגיה:
* ""−197.7 kJ מתאים יותר, משום שנותן נוזלים בסוף התגובה, כלומר בתוצרים המים במצב צבירה נוזל ולא גז. מה שאומר שנדרש פחות אנרגיה לפירוק הקשר או יצירתו. כי הרי על מנת להגיע למצב צבירה גז יש לפרק ממוצק לנוזל ומנוזל לגז. אך למצב צבירה נוזל רק ממוצק לנוזל, ולכן תידרש פחות אנרגיה."

**המלצות**

מומלץ להבהיר לתלמידים את ההבדל באנתלפיות התגובות (1) ו- (2), ולקשר את נושא האנרגיה לנושא מבנה וקישור.

שאלה לתרגול:

תחמוצות חנקן, הנפלטות לאוויר מכלי רכב, מזהמות את האוויר. בטמפרטורה הגבוהה שבמנוע כלי הרכב, נוצרת התחמוצת NO(g) מחנקן וחמצן שבאוויר, לפי תגובה (1):

1

2

1

2

1

2

1

2

(1) N2(g) + O2(g) → NO(g) ΔHo1 = 90.4 kJ

בתנאים מסוימים נוצר NO(l) , לפי תגובה (2):

(2) N2(g) + O2(g) → NO(l) ΔHo2

1. לפניך שלושה ערכים של שינוי אנתלפיה: 82 kJ , 90.4 kJ , 98.8 kJ .

 קבע איזה מבין הערכים האלה מתאים עבור ΔHo2 . נמק.

1. קבע אם נוצרים קשרים או מתפרקים קשרים כאשר NO(g) הופך ל- NO(l) . ציין את סוג קשרים.

שימוש בהצגה גרפית עשוי לעזור לפתור תרגילים מסוג זה.

מומלץ לדון עם התלמידים על הקשר בין מצב הצבירה של החומר לבין תכולת האנרגיה שלו.

שאלה מתאימה נוספת היא שאלה 1 י"א מבחינת בגרות תש"ס:

לפניך ניסוחים של שתי תגובות שריפה:

 I. C3H8(g) + 5O2(g) → 3CO2(g) + 4H2O(l)

 II. C3H8(g) + 5O2(g) → 3CO2(g) + 4H2O(g)

מהי הקביעה הנכונה?

1. תגובה I היא אנדותרמית, ותגובה II היא אקסותרמית.
2. **בתגובה I נפלטת אנרגיה רבה יותר מהאנרגיה שנפלטת בתגובה II .**
3. בתגובה I נקלטת אנרגיה רבה יותר מהאנרגיה שנקלטת בתגובה II .
4. בשתי התגובות נפלטת אנרגיה, אך לא ניתן לקבוע באיזו מהן נפלטת אנרגיה רבה יותר.

הנימוק:

 אנתלפיה

ΔH0II

ΔH0I

3CO2(g) + 4H2O(g)

C3H8(g) + 5O2(g)

3CO2(g) + 4H2O(l)

מדובר בתגובות שריפה של פחמימן, לכן שתי התגובות הן אקסותרמיות.

המגיבים בשתי התגובות זהים. התוצרים נבדלים במצב צבירה של המים.

תכולת האנרגיה של תוצרי התגובה II נמוכה יותר מזו של תוצרי התגובה I כי תכולת האנרגיה של

המים במצב נוזל נמוכה מזו של אדי המים, לכן בתגובה I נפלטת אנרגיה גדולה יותר מהאנרגיה שנפלטת בתגובה II .

**פתיח לסעיפים ד-ה**

לפניך שתי תגובות (3) ו- (4):

(3) C3H4(g) + 4O2(g) → 3CO2(g) + 2H2O(g) ΔHo3 = −1848.8 kJ

(4) C3H8(g) + 5O2(g) → 3CO2(g) + 4H2O(g) ΔHo4 = −2043.6 kJ

**סעיף ד'**

מימן מגיב עם פרופין, C3H4(g) , ליצור פרופאן, C3H8(g) , על פי תגובה (5).

(5) 2H2(g) + C3H4(g) → C3H8(g) ΔHo5

העזר בתגובות המתאימות מבין התגובות (4)-(1) וחשב את הערך של ΔHo5 . פרט את חישוביך.

**התשובה:**

(3) C3H4(g) + 4O2(g) → 3CO2(g) + 2H2O(g) ΔHo3 = −1848.8 kJ

 הפוכה(4) 3CO2(g) + 4H2O(g) → C3H8(g) + 5O2(g) −ΔHo4 = +2043.6 kJ

 ×2 (1) 2H2(g) + O2(g) → 2H2O(g) 2ΔHo1 = 2 × (−241.8 kJ) = −483.6 kJ

 (5) C3H4(g) + 2H2(g) → C3H8(g) ΔHo5 = −288.8 kJ

או:

ΔHo5 = ΔHo3 − ΔHo4 + 2ΔHo1

ΔHo5 = (−1848.8 kJ) − 2043.6 kJ + 2×(−241.8 kJ) = −288.8 kJ

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.**

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון בינוני. החישוב הוא רב שלבי, ולכן חלק מהתלמידים לא הצליחו לחשב את שינוי האנתלפיה של התגובה בעזרת חוק הס. הם הסתבכו בהצבת הערכים ובחישוב - הפיכת סימן, חישוב הפוך.

היו תלמידים שהציבו ΔHo2 במקום להכפיל ΔHo1 בשתיים:

1. ΔHo5 = ΔHo3 − ΔHo4 + ΔHo1 + ΔHo2

**המלצות**

מומלץ לתרגל עם התלמידים את חישובי אנתלפיה בתגובות בכל השיטות הנלמדות, ולכלול חישובים רב שלביים.

**סעיף ה'**

לפניך שלושה היגדים I - III .

I בתגובה (5), האנרגיה הנפלטת בעת יצירת הקשרים במולקולות התוצרים קטנה מהאנרגיה הנקלטת בעת ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים.

II אפשר לחשב את ערכו של ΔHo5 בעזרת ערכים של אנתלפיות קשר בלבד.

III כאשר מבצעים את תגובה (5) בכלי מבודד, הטמפרטורה בסביבת הכלי עולה.

**תת-סעיף i**

קבע עבור כל אחד מן ההיגדים I - III אם הוא נכון או לא נכון.

**התשובה:**

היגד I - לא נכון

היגד II - נכון

היגד III - לא נכון

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.**

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון די גבוה. רוב התלמידים קבעו נכון עבור כל אחד מן ההיגדים אם הוא נכון או לא נכון.

**תת-סעיף ii**

תקן כל היגד שאינו נכון.

**התשובה:**

היגד I:

האנרגיה הנפלטת בעת יצירת הקשרים במולקולות התוצרים גדולה מהאנרגיה הנקלטת בעת פירוק הקשרים במולקולות המגיבים.

היגד III:

כאשר מבצעים את תגובה (5) בכלי מבודד, לא יהיה שינוי בטמפרטורה בסביבת הכלי.

או: כאשר מבצעים את תגובה (5) בכלי מבודד, הטמפרטורה בתוך הכלי עולה.

או: כאשר מבצעים את תגובה (5) בכלי לא מבודד, הטמפרטורה בסביבת הכלי עולה.

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.**

**ניתוח טעויות אופייניות**

הציון נמוך יחסית. הטעויות האופייניות בתיקון ההיגדים:

* "I בתגובה (5), האנרגיה הנפלטת בעת יצירת הקשרים במולקולות התוצרים שווה לאנרגיה הנקלטת בעת ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים.
* "III כאשר מבצעים את תגובה (5) בכלי מבודד, הטמפרטורה בסביבת הכלי יורדת."

טעויות אלה נובעות מאי הבנת המושגים: מערכת, סביבה, תגובה המתרחשת בכלי מבודד. כתוצאה מכך, תלמידים אלה מתקשים לקשר בין סוג התגובה - אנדותרמית או אקסותרמית, להשפעה של התרחשות התגובה על טמפרטורה של הסביבה.