



מינהלת מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט



משרד החינוך
הסזכירות הפדגוגית
הפיקוח על הוראת הכימיה



סיכום ניתוח השאלות בנושא "אנרגיה" בבחינות הבגרות בכימיה 1998-2016:

קשיי למידה, דרכי הוראה ומאגר שאלות ותשובות מעובדות ומותאמות לתוכנית הלימודים 30-70

הוכן על-ידי: בוגרי הקורסים למורים מובילים במסגרת המרכז הארצי למורי הכימיה
בראשות: ד"ר דורית בר וזיוה בר-דב
צוות הכתיבה: אלה פרוטקיין-זילברמן, עדינה שינפלד ונאוה 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, מפקח מרכז מקצוע כימיה

יולי 2017

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

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

תוכן עניינים

4	מבוא.....	מבוא
5	תכנית הלימודים בנושא "אנרגיה":	תכנית הלימודים בנושא "אנרגיה":
6	טעויות אופייניות והמלצות בנושא "אנרגיה"	טעויות אופייניות והמלצות בנושא "אנרגיה"
6	מעברי אנרגיה, מערכת וסביבה	מעברי אנרגיה, מערכת וסביבה
6	טעויות אופייניות.....	טעויות אופייניות
6	המלצות	המלצות
8	אנרגיה וטמפרטורה.....	אנרגיה וטמפרטורה
8	טעויות אופייניות.....	טעויות אופייניות
8	המלצות	המלצות
9	חישוב ΔH° של תגובה	חישוב ΔH° של תגובה
9	1. בעזרת חוק הס:	1. בעזרת חוק הס:
10	2. בעזרת אנתלפיות קשר:	2. בעזרת אנתלפיות קשר:
11	תרגול.....	תרגול
14	חישוב ΔH° של תגובה כאשר נתונה כמות ידועה של אחד המרכיבים בתגובה	חישוב ΔH° של תגובה כאשר נתונה כמות ידועה של אחד המרכיבים בתגובה
14	טעויות אופייניות.....	טעויות אופייניות
14	המלצות	המלצות
14	תרגול.....	תרגול
16	שילוב הנושאים "אנרגיה" ו"מבנה וקישור"	שילוב הנושאים "אנרגיה" ו"מבנה וקישור"
16	טעויות אופייניות.....	טעויות אופייניות
16	המלצות	המלצות
18	תרגול.....	תרגול
21	טעויות אופייניות והמלצות בנושא "קצב תגובה"	טעויות אופייניות והמלצות בנושא "קצב תגובה"
21	אנרגיית שפעול	אנרגיית שפעול
21	טעויות אופייניות.....	טעויות אופייניות
22	המלצות	המלצות
24	תרגול.....	תרגול
27	גורמים המשפיעים על קצב תגובה.....	גורמים המשפיעים על קצב תגובה
27	טעויות אופייניות.....	טעויות אופייניות
27	1. זרז	1. זרז
28	2. שינוי ריכוז	2. שינוי ריכוז
28	3. שינוי טמפרטורה	3. שינוי טמפרטורה
28	4. שינוי שטח פנים.....	4. שינוי שטח פנים
28	המלצות לנושא "גורמים המשפיעים על קצב תגובה"	המלצות לנושא "גורמים המשפיעים על קצב תגובה"
30	הצעה לרצף הוראה המשלב מושגים בנושא "אנרגיה" החל מהקניית מושגי יסוד בכיתה יוד	הצעה לרצף הוראה המשלב מושגים בנושא "אנרגיה" החל מהקניית מושגי יסוד בכיתה יוד
30	מבוא.....	מבוא

30	רציונל.....
32	מושגים בנושא "אנרגיה" בתוכנית הלימודים
32	להלן נושאים מתוכנית הלימודים 30-70, שבהם מוזכרים מושגים מהנושא "אנרגיה":
33	הוראת הנושא "מצבי-צבירה".....
35	הוראת הנושא "מול"
35	הוראת הנושא "שינוי מצבי צבירה".....
36	הוראת המושג "אנתלפיה".....
36	הוראת הנושא "שפת הכימאים"
36	הוראת הנושא "מבנה האטום"
37	סיכום
	מאגר שאלות מבחינות הבגרות בנושא "אנרגיה", שעברו עיבוד והתאמה לתוכנית הלימודים 30-70, ותשובות
38	לשאלות אלה.
38	שאלה 8, בגרות תשע"ו 2016, שאלון 037381
40	שאלה 14, בגרות תשע"ו 2016, שאלון 037381
44	שאלה 1, בגרות תשע"ו 2016, שאלון 037201
48	שאלה 1, בגרות תשע"ה 2015, שאלון 037201
51	שאלה 1, בגרות תשע"ד 2014, שאלון 037201
52	שאלה 1, בגרות תשע"ג 2013, שאלון 037201
54	שאלה 1, בגרות תשע"ב 2012, שאלון 037201
56	שאלה 2, בגרות תשע"ב 2012, שאלון 037201
57	שאלה 1, בגרות תשע"א 2011, שאלון 037201
60	שאלה 2, בגרות תשע"א 2011, שאלון 037201
61	שאלה 7, בגרות תשס"ו 2006, שאלון 918651
62	שאלה 1 ז', בגרות תשס"ג 2003, שאלון 918651
63	שאלה 6, בגרות תשס"ג 2003, שאלון 918651
65	שאלה 1 י"ב, בגרות תשס"ב 2002, שאלון 918651
66	שאלה 1 י"ג, בגרות תשס"ב 2002, שאלון 918651
67	שאלה 5, בגרות תשס"ב 2002, שאלון 918651
69	שאלה 12, בגרות תשס"ב 2002, שאלון 918651
70	שאלה 1 י"ד, בגרות תשס"א 2001, שאלון 918651
71	שאלה 7, בגרות תשס"א 2001, שאלון 918651
73	שאלה 3, בגרות תש"ס 2000, שאלון 037201
74	שאלה 1 י"א, בגרות תש"ס 2000, שאלון 918651
75	שאלה 5, בגרות תש"ס 2000, שאלון 918651
78	שאלה 5, בגרות תשנ"ח 1998 שאלון 918651

מבוא

חוברת זו הוכנה על בסיס החוברות של ניתוח התוצאות של בחינות בגרות תשנ"ח-תשע"ו. בחוברת רוכזו, תוקנו והותאמו לתוכנית הלימודים הנוכחית, בהיקף 70%, בנושא "אנרגיה": דרכי הוראה ואסטרטגיות הוראה, טעויות המשגה אופייניות של תלמידים - קשיי למידה ודרכים להתגבר עליהם. כמו כן מוצגת בחוברת זו הצעה להוראת מושגים המשולבים בנושא "אנרגיה" - לא בנושא נפרד אלא בשילוב עם מושגים הנלמדים בתוכנית הלימודים 70-30 החל ממושגי יסוד. מורי הכימיה יוכלו לעשות שימוש בחוברת זו בהוראת הנושא. החוברת כוללת:

- סיכום טעויות המשגה אופייניות של תלמידים, שאותרו במהלך הערכה רב-שנתית של בחינות הבגרות, והסבר למקורות הטעויות.
- המלצות לדרכי הוראה ולפעילויות המתאימות לנושא, המסייעות להתגבר על טעויות המשגה ולמנוע אותן.
- מאגר שאלות מבחינות הבגרות בנושא "אנרגיה", שעברו עיבוד והתאמה לתוכנית הרפורמה בהיקף 70%, ותשובות לשאלות אלה.
- הצעה להוראת המושגים בנושא "אנרגיה" בשילוב מושגים בנושאים אחרים מתוכנית הלימודים 70-30.

נושא הלימוד "אנרגיה" משלב מושגים מופשטים וקשים להבנה לחלק מהתלמידים. נושאי הלימוד בתוכנית הלימודים רבים ומגוונים, והנושא "אנרגיה" נלמד בנושא אחרון. תוכנית הלימודים 70-30 בכימיה בנושא "אנרגיה" מאפשרת לתלמידים, הבוחרים להרחיב את לימודי הכימיה ברמה של 5 יחידות לימוד, לרכוש מושגים חשובים הנדרשים להמשך לימודי הכימיה. הנושא הוא פתיח לנושא המורחב "תרמודינמיקה" הנלמד בתוכנית הלימודים 70-30 במסגרת ה-30% ובאוניברסיטאות בפקולטות לכימיה, להנדסה, לפיזיקה ועוד.

יש מורים המלמדים לא לפי רצף הנושאים שבתוכנית הלימודים 70-30. חלקם מלמדים את הנושא "אנרגיה" לפני הנושא "כימיה של מזון". הנושא "אנרגיה" מכיל מושגים חדשים רבים, ואילו הנושא "כימיה של מזון" מיישם מושגים שנלמדו בתוכנית הלימודים 70-30, כולל מושגים מתחום האנרגיה. גברת אלה פרוטקין-זילברמן מציעה לשלב לימוד מושגים מהנושא "אנרגיה" כבר בשלבים הראשונים של תוכנית הלימודים 70-30. פירוט הרצף המוצע בהמשך.

תכנית הלימודים בנושא "אנרגיה":

נושאים	מושגים
מושגי יסוד	<ul style="list-style-type: none"> • אנרגיה פנימית • אנרגיה פוטנציאלית • אנרגיה קינטית (כוללת) • אנרגיה קינטית ממוצעת • טמפרטורה • מערכת וסביבה • תגובה בכלי פתוח / סגור / מבודד
שינויי אנתלפיה בתגובות כימיות	<ul style="list-style-type: none"> • אנתלפיה ושינוי אנתלפיה • תגובות אקסותרמיות ותגובות אנדותרמיות • יחידות מידה • שינויי אנתלפיה במהלך שינויים במצבי צבירה • חישוב השינוי באנתלפיה לפי חוק הס • חישוב השינוי באנתלפיה של תגובה בעזרת אנתלפיות קשר
קצב תגובה	<ul style="list-style-type: none"> • קצב תגובה – הבנת המושג • אנרגיית שפעול • תצמיד משופעל • מודל ההתנגשויות בין החלקיקים • גורמים המשפיעים על קצב התגובה: ריכוז, טמפרטורה, שטח פנים, סוג המגיבים (אנרגיית שפעול) • זרז

[תכנית הלימודים המותאמת החל מ 2015 \(30-70\)](#)

טעויות אופייניות והמלצות בנושא "אנרגיה"

מעברי אנרגיה, מערכת וסביבה

טעויות אופייניות

- חוסר הבנה של מושגים מופשטים : טמפרטורה, אנרגיה פנימית, אנרגיה קינטית ממוצעת ובלבול בין מושגים אלה. יש תלמידים הטוענים שעוברת טמפרטורה כשבפועל עוברת אנרגיה בצורת חום.
- חוסר הבחנה בין מעבר אנרגיה כאשר לא מתרחשת תגובה לבין מעבר אנרגיה כאשר מתרחשת תגובה.
- קושי בנושא מעברי אנרגיה בכלל ומעברי אנרגיה בתגובות אקסותרמיות ואנדותרמיות בפרט. חלק מהתלמידים טוענים שבתגובה האנרגיה תמיד עוברת מהמגיבים אל התוצרים.
- קביעה כי בכלי סגור אין שינוי באנרגיה הפנימית (או : אין מעברי אנרגיה) במהלך תגובה אקסותרמית או אנדותרמית.
- חוסר הבנה של חוק שימור האנרגיה.
- קושי בזיהוי המערכת והסביבה, למשל : התייחסות לכלי כאל מערכת והתעלמות מהחומרים הנמצאים בכלי ; התייחסות למערכת ולסביבה כאל תהליכים המתרחשים בכלים.

המלצות

- שימוש נכון בהצגה גרפית עשוי לעזור לפתור תרגילים העוסקים במעברי אנרגיה : ראו ספר הלימוד, "אנרגיה בקצב הכימיה" : ד"ר מרים כרמי וד"ר אדית וייסלברג, הטכניון, עמודים 31-32.
- רצוי לעבור עם התלמידים על הגרפים המופיעים בעמוד 61 בספר הלימוד "אנרגיה בקצב הכימיה", כדי למנוע את טענת התלמידים שהאנרגיה עוברת ממגיבים לתוצרים.
- ביצוע הדגמה למעבדת המסה במים של חומרים יוניים : המסה של חומר אחד היא תגובה אקסותרמית, למשל $\text{NaOH}_{(s)}$, והמסה של חומר שני שהיא תגובה אנדותרמית, למשל $\text{NaNO}_{3(s)}$. על המורה להכין שתי מבחנות ובכל אחת מוצק לבן. להוסיף מים ולתת לתלמידים להרגיש חום/קור, ובהמשך למדוד טמפרטורה של המים ושל התמיסות.
- להבהיר לתלמידים שהתהליך המתרחש מתאר את המערכת : לפני התרחשות התגובה המערכת מכילה מגיבים ובתום התגובה - תוצרים. הסביבה : כל מה שאינו המערכת.
- במהלך ביצוע מעבדות לבקש מהתלמידים לזהות בכל ניסוי את המערכת, את הסביבה וכן את הכיוון של מעברי האנרגיה. לדוגמה :
 - ניסוי 1 : הוספת נתרן חנקתי, $\text{NaNO}_{3(s)}$, למים. המערכת - $\text{NaNO}_{3(s)}$ במגיבים ויונים ממוימים $\text{Na}^+_{(aq)}$ ו- $\text{NO}_3^-_{(aq)}$ בתוצרים, מולקולות המים הקשורות בקשרים חשמליים ליונים.
 - הסביבה - כל מה שלא שייך למערכת : מים (הממס) - מולקולות שאינן קשורות ליונים. הכלי, האוויר...

מעברי אנרגיה - הטמפרטורה של הסביבה יורדת, היות והטמפרטורה היא מדד לאנרגיה קינטית ממוצעת, לכן האנרגיה הקינטית הממוצעת של הסביבה יורדת (וגם האנרגיה הפנימית יורדת). כלומר, אנרגיה עוברת מהסביבה למערכת (תגובה אנדותרמית).

○ ניסוי 2 : שריפת זיקוקים.

מצב התחלתי : המערכת – הזיקוק. הסביבה – כל מה שלא שייך למערכת : השולחן, האוויר...

מצב סופי : המערכת – זיקוקים, ניצוצות, המקל והאפר. הסביבה – כל מה שלא שייך למערכת : השולחן, האוויר...

מעברי אנרגיה - הטמפרטורה של האוויר (הסביבה) עולה, היות והטמפרטורה היא מדד לאנרגיה קינטית ממוצעת, לכן האנרגיה הקינטית הממוצעת של הסביבה עולה (וגם האנרגיה הפנימית עולה). כלומר, אנרגיה עוברת מהמערכת לסביבה (תגובה אקסותרמית).

אנרגיה וטמפרטורה

טעויות אופייניות

מרבית התלמידים מכירים את המושג - אנרגיה קינטית ואת הגורמים המשפיעים עליה, אך חלק מהתלמידים מתקשים בנושא זה. טעויות ההמשגה שנתגלו:

- חוסר הבנה של הקשר בין אנרגיה קינטית ממוצעת של חלקיקי החומר (רמה מיקרוסקופית) לבין טמפרטורה (רמה מאקרוסקופית) - קביעת יחס הפוך בין האנרגיה הקינטית הממוצעת לבין הטמפרטורה.
- חוסר הבנה כי אנרגיה קינטית ממוצעת יכולה לעלות או לרדת גם ללא שינוי במצב צבירה.
- התייחסות לאנרגיה קינטית ממוצעת ולטמפרטורה כסיבה ותוצאה, ולא כאל שני מדדים - האחד לרמה המיקרוסקופית והשני לרמה המאקרוסקופית.
- התייחסות לחלקיק בודד ולא לצבר חלקיקים: התייחסות למהירות החלקיקים במולקולה, לחימום המולקולה.

המלצות

- מומלץ לבנות עם התלמידים הסבר מלא ומפורט של הקשר בין אנרגיה קינטית ממוצעת של חלקיקי החומר לבין טמפרטורה עבור תהליכים שונים, במהלך תרגול בכיתה ובמהלך ביצוע מעבדות.
- מומלץ לדון עם התלמידים על הקשר בין אנרגיה קינטית ממוצעת של חלקיקי הסביבה לבין השינויים בחומר שעליהם מבוססת מדידת טמפרטורה.

אפשר להתחיל את הדיון מהדגמה של טרמוסקופ - טרמומטר של גלילאו (ניתן לרכוש אותו בחנויות מתנות). זהו כלי שנועד להמחיש שינוי טמפרטורה בלי למדוד אותו. טרמוסקופ מכיל נוזל ומספר כדורים צפים בעלי צפיפות שונה. ככל שטמפרטורת הסביבה עולה, צפיפות הנוזל קטנה ויותר כדורים יורדים למטה. טרמוסקופ ממחיש את העיקרון של השפעת טמפרטורה על צפיפות החומר. ממשיכים את הדיון - עוברים לעקרונות של מדידת טמפרטורה על ידי מד טמפרטורה המכיל נוזל (כספית או כוהל). מד טמפרטורה מסוג זה מבוסס על התרחבות נוזל עם עליית הטמפרטורה.

- מומלץ להיעזר באתר:

[Temperature is a measure of molecular motion](#)



חישוב ΔH° של תגובה

בשאלות בהן התלמיד נדרש לחשב את ΔH° , הקושי העיקרי הוא זיהוי הדרך המתאימה לחישוב: בעזרת חוק הס או על פי אנתלפיות קשר. לפניך שתי דרכים לחישוב ΔH° :

1. בעזרת חוק הס:

טעויות אופייניות

- זיהוי שגוי של התגובות בעזרתן יש לחשב את ΔH° .
- טעות בסימן (+) או (-).
- טעות בהכפלת המקדמים.

המלצות

להנחות את התלמידים לבצע את החישוב בדרך הבאה:

1. לסמן בתגובות הנתונות את המגיבים ואת התוצרים הרשומים בתגובה המבוקשת.
2. לבצע פעולות חשבוניות על מנת להגיע לתגובה המבוקשת:
 - מיקום תוצרים ומגיבים (ניתן להחליף מיקום על-ידי הכפלה ב-1).
 - מספר המולים (המקדם) בתגובה (ניתן לכפול את התגובה במקדם המתאים).
 - כל פעולה חשבונית שבוצעה בסעיפים 1-2 תבוצע גם על ערכו וסימנו של ΔH° . הערה: כאשר יש חומר המופיע מספר פעמים בתגובות הנתונות, למשל חמצן בתהליכי שריפה, אין לנסות ולקבוע את ערכו וסימנו של ΔH° . מספר המולים של חומר זה יסתדר מאליו.
3. לחבר (ולקפיד על רישום נכון של מצבי הצבירה):
 - את כל החומרים הנמצאים במגיבים.
 - את כל החומרים הנמצאים בתוצרים.
 - את כל הערכים של ΔH° .
4. לצמצם חומרים זהים הנמצאים במגיבים ובתוצרים, לחבר חומרים זהים הנמצאים במגיבים או בתוצרים.
5. בתום פעולות אלו יתקבל ניסוח התגובה המבוקשת וערך שינוי האנתלפיה המתאים. (אם לא התקבל ניסוח התגובה המבוקשת, יש לחזור על הפעולות ולזהות את הטעות).
6. רצוי ללוות את תהליך החישוב במידת האפשר בדיאגרמת אנרגיה מתאימה. ראה דוגמאות בספר הלימוד "אנרגיה בקצב הכימיה" עמ' 41, 52.

2. בעזרת אנתלפיות קשר:

טעויות אופייניות

- שימוש שגוי בנוסחה המקשרת בין ΔH° של תגובה לבין אנתלפיות קשר: אנתלפיות הקשר של תוצרים – אנתלפיות הקשר של מגיבים = ΔH°
- היפוך סימנים: רישום (+) ליצירת קשרים ו- (-) לפירוק קשרים.
- אי התחשבות במספר המולים של הקשרים בכל מול תרכובת ו/או במספר המולים על-פי ניסוח התהליך.
- שימוש שגוי בנתונים, למשל: בלבול בין ערך אנתלפיית קשר יחיד לבין ערך אנתלפיית קשר כפול או קשר משולש.
- חוסר הבנה של המושג אנתלפיית קשר (כאנרגיה הדרושה לפירוק מול קשרים או אנרגיה שנפלטת בהיווצרות מול קשרים).

המלצות

- להסביר לתלמידים שבתגובה כימית יש לפרק את הקשרים במגיבים, ולהשקיע אנרגיה בפירוקם (+), ובהמשך ליצור את הקשרים בתוצרים, ובמהלך היצירה נפלטת אנרגיה (-).
- ניתן להשתמש בנוסחה:
אנתלפיות הקשר של תוצרים – אנתלפיות הקשר של מגיבים = ΔH°
- להנחות את התלמידים לבצע את החישוב בדרך הבאה:
 1. רישום ניסוח התגובה הנתונה.
 2. רישום נוסחאות מבנה של כל החומרים המשתתפים בתגובה: מגיבים ותוצרים. רישום נכון של נוסחאות מבנה יאפשר לזהות אלו קשרים קיימים בכל מולקולה וכמה.
 3. חיבור של:
 - אנתלפיות קשר של כל הקשרים במגיבים אותם יש לנתק (תהליך אנדותרמי) - סוגי קשרים ומספר מולים.
 - אנתלפיות קשר של כל הקשרים הנוצרים בתוצרים (תהליך אקסותרמי) - סוגי קשרים ומספר מולים.
 - חישוב השינוי באנתלפיה של התגובה בעזרת הנוסחה.
 4. רצוי ללוות את החישוב בדיאגרמת אנרגיה מתאימה.
- להבהיר לתלמידים שאין לחשב ΔH° של תגובה בעזרת אנתלפיות קשר כאשר:
 - אין מספיק נתונים עבור אחד המגיבים או אחד התוצרים (כאשר אנתלפית התגובה נתונה).
 - אחד מהחומרים אינו נמצא במצב צבירה גז.

תרגול

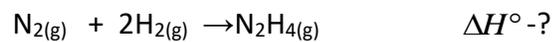
שאלה 1

דוגמא לחישוב השינוי באנתלפיית תגובה בעזרת אנתלפיות קשר.

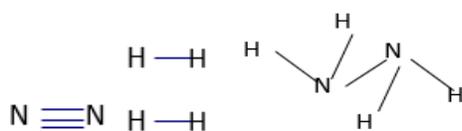
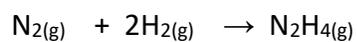
בטבלה שלפניך נתונים ערכים של אנתלפיות קשר:

הקשר	אנתלפיית הקשר kJ/mol
$N \equiv N$	945
$N - N$	163
$H - H$	436
$N - H$	391

חשב את השינוי באנתלפיה עבור התגובה. פרט את חישוביך.



התשובה:



$$\Delta H^\circ = (\Delta H^\circ_{N=N} + 2\Delta H^\circ_{H-H}) - (\Delta H^\circ_{N-N} + 4\Delta H^\circ_{N-H})$$

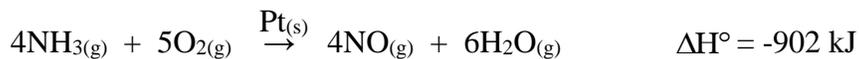
$$\Delta H^\circ = 945 + 2 \times 436 - 163 - 4 \times 391$$

$$\Delta H^\circ = 90 \text{ kJ}$$

שאלה 2

דוגמא לחישוב אנתלפיית קשר כאשר נתון השינוי באנתלפיית התגובה וכן ערכים של אנתלפיות קשר מלבד אנתלפיית הקשר הנדרשת. בשאלה זו מומלץ תחילה להציב את כל הנתונים בנוסחה, ורק בהמשך לחשב את אנתלפיית הקשר בהתאם לנדרש.

מפיקים חנקן חד-חמצני, $\text{NO}_{(g)}$, בתגובה בין אמוניה, $\text{NH}_{3(g)}$, לחמצן, $\text{O}_{2(g)}$, בנוכחות $\text{Pt}_{(s)}$:



בטבלה שלפניך נתונים ערכים של אנתלפיות קשר:

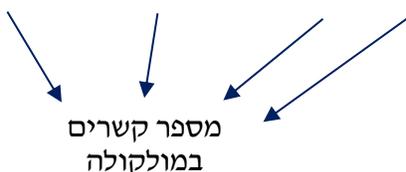
קשר	אנתלפיית הקשר kJ/mol
N-H	391
O=O	497
O-H	463

חשב את אנתלפיית הקשר במול מולקולות $\text{NO}_{(g)}$. פרט את חישוביך.

התשובה:



$$\Delta H^\circ_{(3)} = (12\Delta H^\circ_{\text{N-H}} + 5\Delta H^\circ_{\text{O=O}}) - (4X + 12\Delta H^\circ_{\text{O-H}})$$



$$\text{O}=\text{O} \text{ אנתלפיית קשר } - \Delta H^\circ_{\text{O=O}}$$

$$\text{N-H} \text{ אנתלפיית קשר } - \Delta H^\circ_{\text{N-H}}$$

$$\text{O-H} \text{ אנתלפיית קשר } - \Delta H^\circ_{\text{O-H}}$$

$$\text{NO} \text{ אנתלפיית קשר במול מולקולות } - X$$

$$\Delta H^\circ = (12\Delta H^\circ_{\text{N-H}} + 5\Delta H^\circ_{\text{O=O}}) - (4X + 12\Delta H^\circ_{\text{O-H}})$$

X - אנתלפיית קשר במול מולקולות NO.

$$-902 = 12 \times 391 + 5 \times 497 - 4X - 12 \times 463$$

$$X = 630 \text{ kJ/mol}$$

הערה: בשאלה זו מתייחסים לקשר קוולנטי במולקולה NO. תלמידים אינם יכולים לשרטט נוסחת מבנה עבור מולקולה זו ובנוסף אין אפשרות לקבוע את סדר הקשר. אבל, ידוע כי במולקולה יש קשר אחד בין שני האטומים, לכן אפשר לתת שאלה זו.

חישוב ΔH° של תגובה כאשר נתונה כמות ידועה של אחד המרכיבים בתגובה

טעויות אופייניות

- חוסר הבנה כי ΔH° של תגובה מתייחס למול חומר בתהליכים של שינוי מצבי צבירה ולמספר המולים (המקדמים) בניסוח התגובה המאוזן.
- טעויות המופיעות בכל אחד משלבי הפתרון:
 - זיהוי שגוי של מספר המולים עבורם מחשבים את שינוי האנתלפיה בתגובה.
 - סימון שגוי של ΔH° .
 - זיהוי שגוי של נתונים הנדרשים לפתרון השאלה, בעיקר אם הנתונים מובאים בסעיפים קודמים.
 - הכפלה במספר המולים במקום חילוק, או חילוק במספר המולים במקום הכפלה.

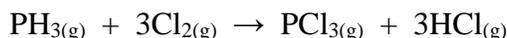
המלצות

- לתרגל חישובים של שינויי אנרגיה לפי נתוני השאלה.
- לעבור על שאלות לדוגמה בספר הלימוד "אנרגיה בקצב הכימיה" בעמודים 56-57.
- להבהיר לתלמידים שהערך של ΔH° של תגובה מתייחס לתגובה כפי שהיא כתובה, לפי יחסי המולים בתגובה הנתונה. שינוי במספר המולים גורם גם לשינוי של כמות האנרגיה המעורבת בתגובה.
- רצוי לענות על שאלות מסוג זה בעזרת כפל אלכסוני (ערך משולש).

תרגול

שאלה 1

בשאלה זו יש לחשב את ערכו של ΔH° בעזרת נתון כמותי של אחד ממרכיבי המערכת. נתון ניסוח התגובה:



כשהגיבו 1.7 גרם $\text{PH}_3(\text{g})$ עם כמות מתאימה של $\text{Cl}_2(\text{g})$, נפלטת אנרגיה בשיעור 30.05 kJ. חשב את שינוי האנתלפיה התקנית, ΔH° , של התגובה. פרט את חישוביך.

התשובה:

המסה המולרית של $\text{PH}_3(\text{g})$: 34 gr/mol

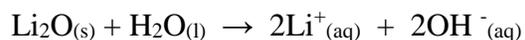
מספר המולים של $\text{PH}_3(\text{g})$ שהגיבו: $1.7\text{gr} \div 34\text{gr/mol} = 0.05\text{mol}$

כשמגיבים 0.05 מול $\text{PH}_3(\text{g})$, נפלטת אנרגיה 30.05 kJ, כשמגיב 1 מול $\text{PH}_3(\text{g})$, נפלטת אנרגיה:

$$\Delta H^\circ = -601\text{kJ/mol} \quad -30.05\text{kJ} \div 0.05\text{mol} = -601\text{kJ/mol}$$

שאלה 2

בשאלה זו יש לחשב את ערכו של ΔH° (סעיף א') ובהמשך את שינויי האנרגיה בתגובה כאשר נתונה כמות של אחד ממרכיבי המערכת (סעיף ב').
נתון ניסוח התגובה:



כאשר 67.5 gr של $\text{Li}_2\text{O}_{(s)}$ מגיבים עם מים, נפלטת כמות אנרגיה 298 kJ.

- א. חשב את שינוי אנתלפיה התקנית, ΔH° , של התגובה. **פרט את חישוביך.**
ב. חשב את האנרגיה הנפלטת כאשר בתגובה מתקבלים 200 מ"ל תמיסת יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$ בריכוז 0.3 M.

התשובה:

א. המסה המולרית של $\text{Li}_2\text{O}_{(s)}$: 30gr/mol

מספר המולים של $\text{Li}_2\text{O}_{(s)}$ שהגיבו: $67.5\text{gr} \div 30\text{gr/mol} = 2.25\text{mol}$

כשמגיבים 2.25 מול $\text{Li}_2\text{O}_{(s)}$, נפלטת אנרגיה 30.05 kJ, כשמגיב 1 מול $\text{Li}_2\text{O}_{(s)}$, נפלטת אנרגיה: 132.4 kJ

$$-298\text{kJ} \div 2.25\text{mol} = -132.4\text{kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ = -132.4\text{ kJ/mol}$$

$$0.3\text{mol/liter} \times 0.2\text{ liter} = 0.06\text{mol}$$

ב. מספר המולים של יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$:

כשנוצרים 2 מול יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$, נפלטת אנרגיה 132.4 kJ, כשנוצרים 0.06 מול יוני $\text{OH}^-_{(aq)}$, נפלטת אנרגיה:

$$(132.4\text{kJ} \times 0.06\text{ mol}) \div 2\text{ mol} = 3.97\text{kJ}$$

שילוב הנושאים "אנרגיה" ו"מבנה וקישור"

טעויות אופייניות

שילוב הנושאים : "אנרגיה" ו"מבנה וקישור" מקשה על חלק מהתלמידים. לתלמידים טעויות המשגה בנושא "מבנה וקישור" וגם בנושא "אנרגיה". בשאלות המשלבות את שני הנושאים מופיעות טעויות הנובעות משילוב הנושאים :

- קושי לקשר בין ניתוק קשרים להשקעת אנרגיה (תגובה אנדותרמית) ובין יצירת קשרים לפליטת אנרגיה (תגובה אקסותרמית).
- חוסר הבנה של היבטים אנרגטיים בתהליכי המסה של גז, בהסבר על יצירת קשרים בין חלקיקי המומס לחלקיקי הממס.
- טעויות בהצגת הנתונים בגרף המתאר שינויי אנרגיה : סימון נוזל מעל לסימון גז, סימון מוצק מעל לסימון נוזל או גז, מיקום שגוי של מגיבים ותוצרים.
- חוסר הבנה של היבטים אנרגטיים בתהליכי השינוי של מצב צבירה של חומרים שונים.
- קושי בפתרון שאלות שבהן נתונות שתי תגובות דומות כאשר ההבדל הוא במצב הצבירה של אחד החומרים, והתלמידים מתבקשים לקבוע ולנמק באיזו תגובה נקלטת או נפלטת אנרגיה רבה יותר. חלק מהתלמידים מתקשים להבין שאנרגיה פנימית של גז גבוהה מזו של נוזל, ואנרגיה פנימית של נוזל גבוהה מזו של מוצק.
- קביעה שגויה של סוג הקשרים הניתקים והנוצרים כאשר מדובר בחומרים יוניים, מתכתיים או אטומריים.

המלצות

- לשלב בתרגילים את הנושאים "אנרגיה" ו"מבנה וקישור".
- להבהיר לתלמידים את ההבדל בין פירוק קשרים לבין יצירת קשרים בחומרים שונים מבחינת שינוי האנרגיה.



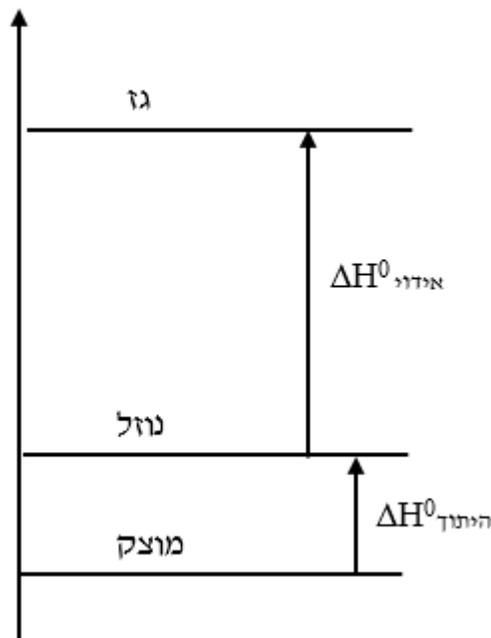
- מומלץ להדגים פירוק ויצירת קשרים בעזרת מודלים, ציורים, אנימציות ולדון עם התלמידים בהיבט האנרגטי של תהליכים אלה.
- בעת ביצוע הניסויים בנושא ההמסה לדון עם התלמידים בהיבטים אנרגטיים של כל תהליך.

- מומלץ להדגיש את הקשר בין קליטת האנרגיה על ידי המערכת ופליטת האנרגיה מהמערכת לבין פירוק ויצירת קשרים. הדבר נכון לכל סוגי קשרים.
- יש להבהיר לתלמידים את הקשר בין האנרגיה הפנימית לבין מצבי צבירה של חומר :
 - לגז אנרגיה פנימית גבוהה מהאנרגיה הפנימית של נוזל, היות ובאיזוי מושקעת אנרגיה לניתוק קשרים בין החלקיקים (או : לגז יותר אופני תנועה מאשר לנוזל. לגז תנועה מסוג מעתק בעיקר וגם סיבוב ותנודה, ואילו לנוזל תנועה מסוג סיבוב בעיקר וגם תנודה).
 - לנוזל אנרגיה פנימית גבוהה מהאנרגיה הפנימית של מוצק, היות ובהיתוך מושקעת אנרגיה להחלשת קשרים בין החלקיקים (או : לנוזל יותר אופני תנועה מאשר למוצק. לנוזל תנועה מסוג סיבוב בעיקר וגם תנודה ואילו למוצק תנועה מסוג תנודה).
- השינוי באנרגיה הפנימית במעבר ממוצק לנוזל קטן מהשינוי באנרגיה הפנימית במעבר מנוזל לגז, כי במעבר ממוצק לנוזל נחלשים קשרים בין החלקיקים (אך הם עדיין קיימים בנוזל), ואילו במעבר מנוזל לגז (אידיאלי) ניתקים כל הקשרים בין החלקיקים.

$$\Delta H^{\circ}_{\text{איזוי}} \leq \Delta H^{\circ}_{\text{היתוך}}$$

- מומלץ לפתור שאלות העוסקות באותו חומר במצבי צבירה שונים בעזרת גרפים מתאימים :

אנתלפיה

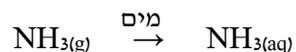


תרגול

דוגמאות לתרגילים המשלבים את הנושא "אנרגיה" ואת הנושא "מבנה וקישור":

שאלה 1

השאלה מרחיבה את ההבנה כי ביצירת קשרים בין חלקיקים נפלטת אנרגיה :
נתון ניסוח של תהליך ההמסה של אמוניה במים :



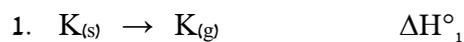
קבע אם התהליך הנתון הוא אנדותרמי או אקסותרמי. **נמק**.

התשובה:

התהליך אקסותרמי.
בתהליך ההמסה נוצרים קשרי מימן בין מולקולות האמוניה לבין מולקולות המים (מעבר מחומר במצב גז, שבו כמעט ואין קשרים בין המולקולות, לחומר מומס, שבו יש קשרים בין-מולקולריים בין מולקולות הממס והמומס).

שאלה 2

השאלה מרחיבה את ההבנה כי בניתוק קשרים בין חלקיקים, גם בחומר שאינו מולקולרי, נקלטת אנרגיה :
לפניך ניסוחים של שני תהליכים :



ציין לגבי כל אחד משני התהליכים אם הוא אקסותרמי או אנדותרמי. **נמק** (פרט את סוגי הקשרים).

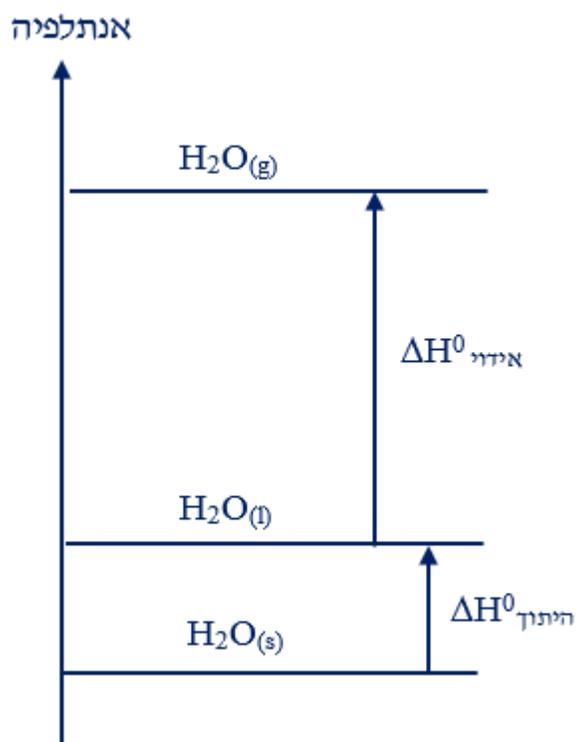
התשובה:

שני התהליכים הם אנדותרמיים. בכל אחד מהם יש ניתוק קשרים : ב-1 יש ניתוק של קשר מתכתי בין החלקיקים באשלגן, וב-2 יש ניתוק של אינטראקציות ון-דר-ולס בין המולקולות בברום נוזלי וקשרים קוולנטיים בתוך מולקולות Br_2 .

שאלה 3

צייר גרף המציג באופן סכמתי את השינויים במצב צבירה של המים : ממוצק לנוזל ומנוזל לגז.

התשובה:



שאלה 4

לשני כלים זהים A ו-B הכניסו אותה כמות של מים ב- 25°C .

כלי A חומם באמצעות האנרגיה שהשתחררה בשריפת 5 גרם מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$.

כלי B חומם באמצעות האנרגיה שהשתחררה בשריפת 5 גרם מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(g)}$.

מהי הקביעה הנכונה?

א. טמפרטורת המים בכלי A עלתה יותר משעלתה טמפרטורת המים בכלי B.

ב. **טמפרטורת המים בכלי B עלתה יותר משעלתה טמפרטורת המים בכלי A. (התשובה הנכונה)**

ג. בשני הכלים עלתה טמפרטורת המים באותה מידה כי שני הכלים חוממו באמצעות האנרגיה שהשתחררה

בשריפת 5 גרם מתאנול.

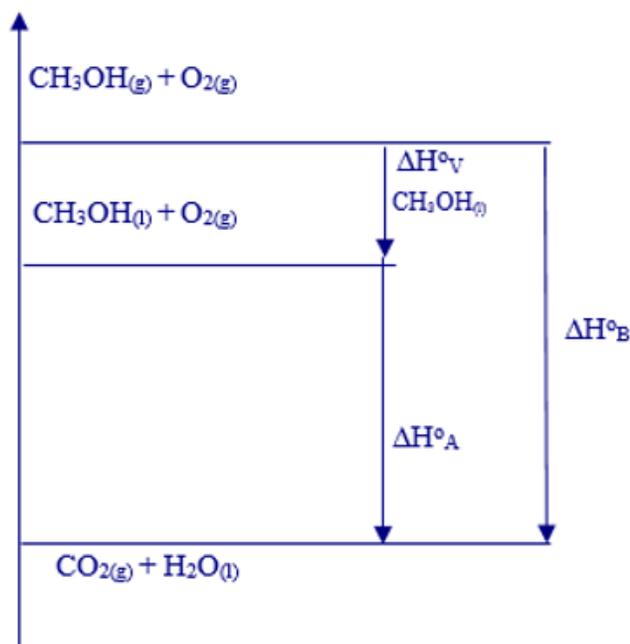
ד. בשני הכלים עלתה טמפרטורת המים באותה מידה כי בשני הכלים חוממו כמויות שוות של מים.

נימוק

שני הכלים חוממו באמצעות האנרגיה שהשתחררה בשריפת מסה זהה של מתאנול. לגז אנרגיה פנימית גבוהה יותר מאשר לנוזל, כי כדי להפוך נוזל לגז מושקעת אנרגיה. בשריפת מתאנול במצב גז נפלטת אנרגיה רבה יותר, לכן העלייה באנרגיה הפנימית של מים בכלי B גדולה יותר. היות וטמפרטורה היא מדד לאנרגיה קינטית ממוצעת, העלייה בטמפרטורה בכלי B גדולה יותר.

תיאור גרפי:

אנתלפיה

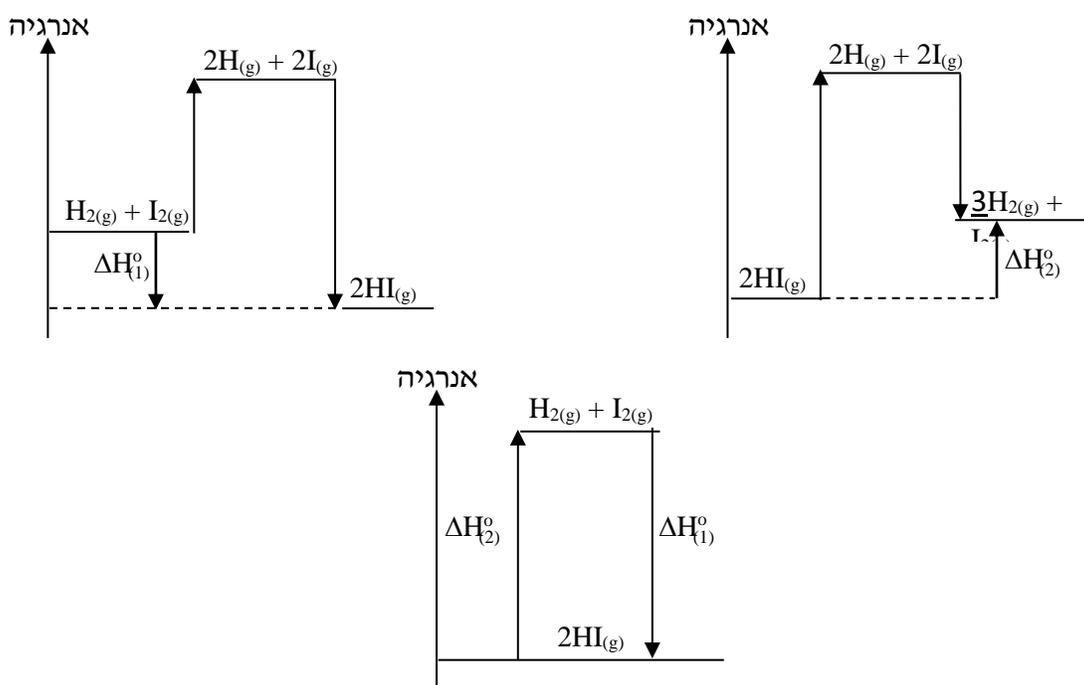


טעויות אופייניות והמלצות בנושא "קצב תגובה"

אנרגיית שפעול

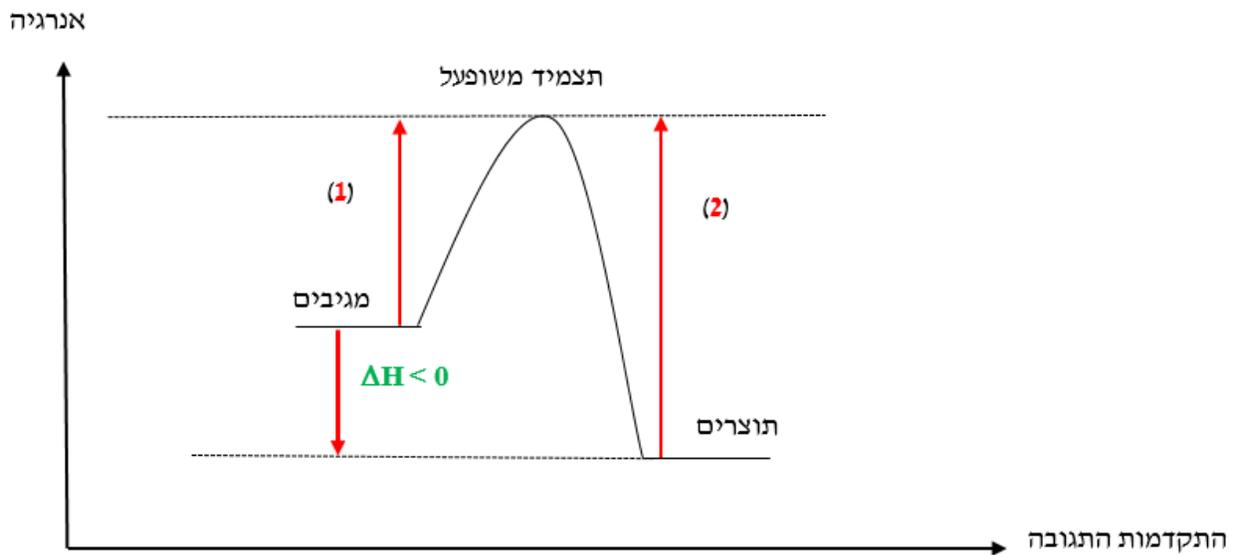
טעויות אופייניות

- חוסר הבנה של מושג אנרגיית שפעול והקשר בין אנרגיית שפעול לקצב תגובה.
- הסברים חלקיים ללא התייחסות להתנגשויות פוריות ולתצמידים משופעלים. טענה שצריך להוסיף אנרגיה שפעול רק לתגובה אנדותרמית, כדי שהיא תתרחש.
- שרטוטים שגויים של דיאגרמות אנרגיה שאינן מציגות את אנרגיית שפעול והתקדמות התגובות, לדוגמה:

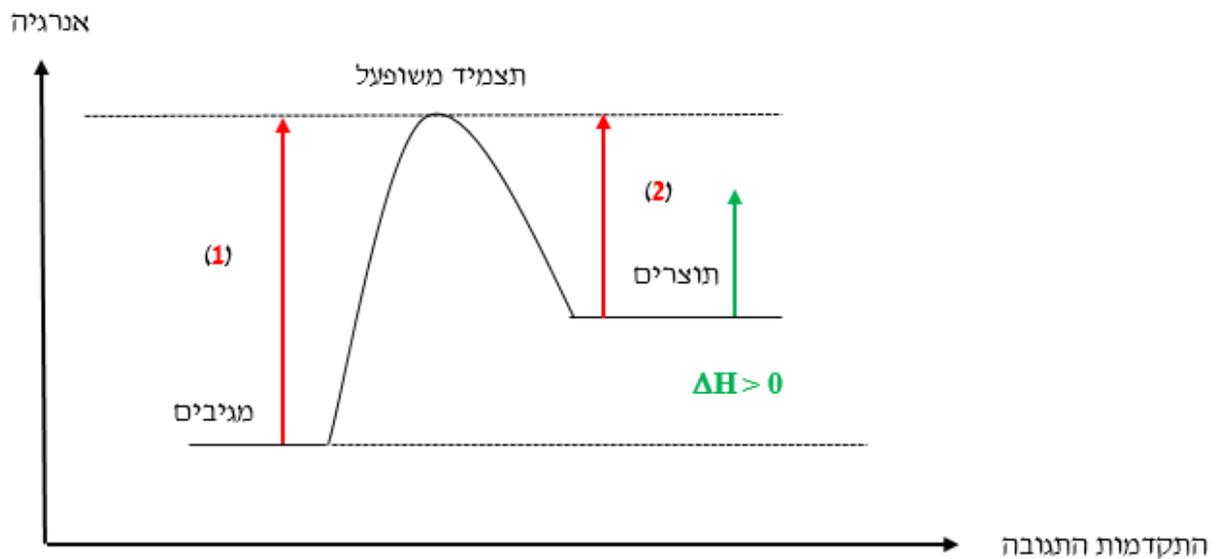


המלצות

- להגדיר אנרגיית שפעול: האנרגיה המינימלית הנדרשת, כדי שבהתנגשות בין חלקיקים עם אנרגיה מספיקה ובזווית מתאימה, יתקבל תצמיד משופעל (ראו איור בספר הלימוד, עמוד 101).
- להבהיר לתלמידים שאנרגיית שפעול היא מאפיין של תגובה.
- להציג בפני התלמידים סכמות המתארות אנרגיית שפעול בתגובה אקסותרמית ובתגובה אנדותרמית.
- להבהיר לתלמידים כי כאשר מדובר בתגובות הפוכות: אנרגיית השפעול של התגובה האנדותרמית גבוהה מאנרגיית השפעול של התגובה האקסותרמית.
- דיאגרמה המתארת תגובה אקסותרמית:



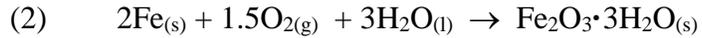
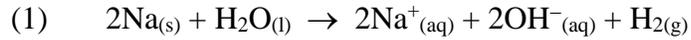
- דיאגרמה המתארת תגובה אנדותרמית:



(1) : אנרגיית שפעול של התגובה הישירה

(2) : אנרגיית שפעול של התגובה ההפוכה

• מומלץ להדגים לתלמידים תגובות המתרחשות בתנאי החדר בקצב שונה :



מצפייה בהתרחשות תגובה (1) ניתן לראות כי התגובה מתרחשת במהירות.

מהיכרות של תגובה (2), תגובת חמצון של ברזל בה נוצרת חלודה, ידוע כי התגובה מאוד איטית. מנתונים אלו ניתן להסיק כי לתגובה (1) אנרגיית שפעול נמוכה ואילו לתגובה (2) אנרגיית שפעול גבוהה.

• להמחשה של אנרגיית שפעול אפשר להשתמש באנלוגיה

של רכבת הרים :

• מומלץ להראות לתלמידים [סרטון "אנרגיית שפעול"](#).

ולדון עם התלמידים בתיאור דינמי של התרחשות

תהליך אקסותרמי.

• מומלץ לתת לתלמידים דוגמאות הממחישות חשיבות של אנרגיית שפעול,

תוך הדגשה שלכל תגובה, אפילו המהירה ביותר, יש אנרגיית שפעול.

• מומלץ להראות לתלמידים [סרטון על אנרגיית שפעול](#) ולדון בו.

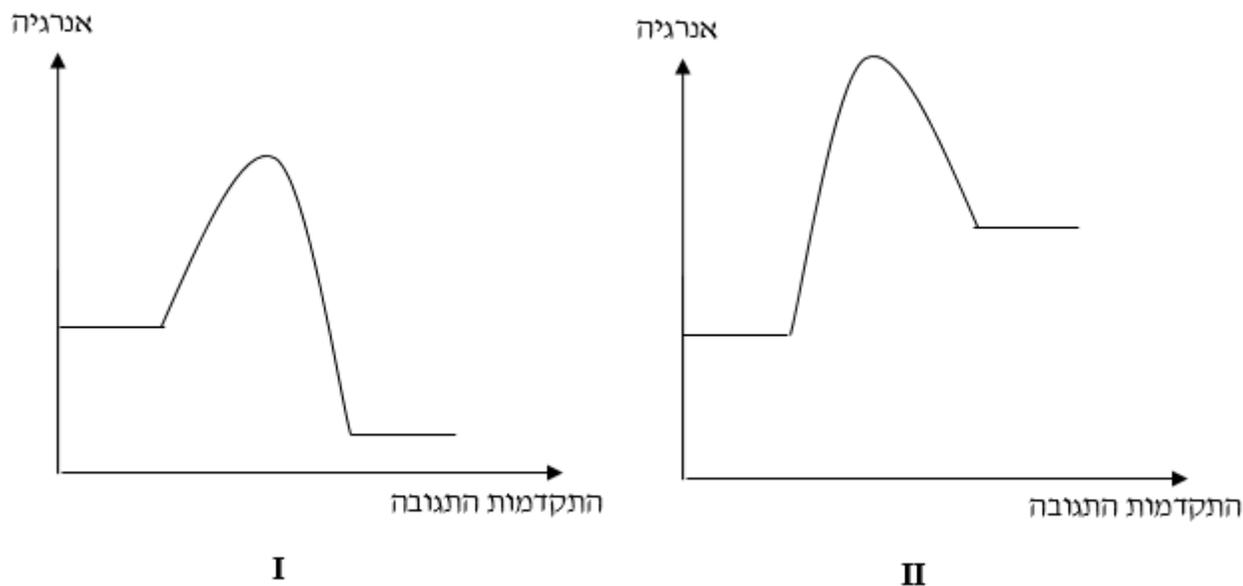


תרגול

מומלץ להרבות בתרגילים הדורשים עבודה עם גרפים. לדוגמה:

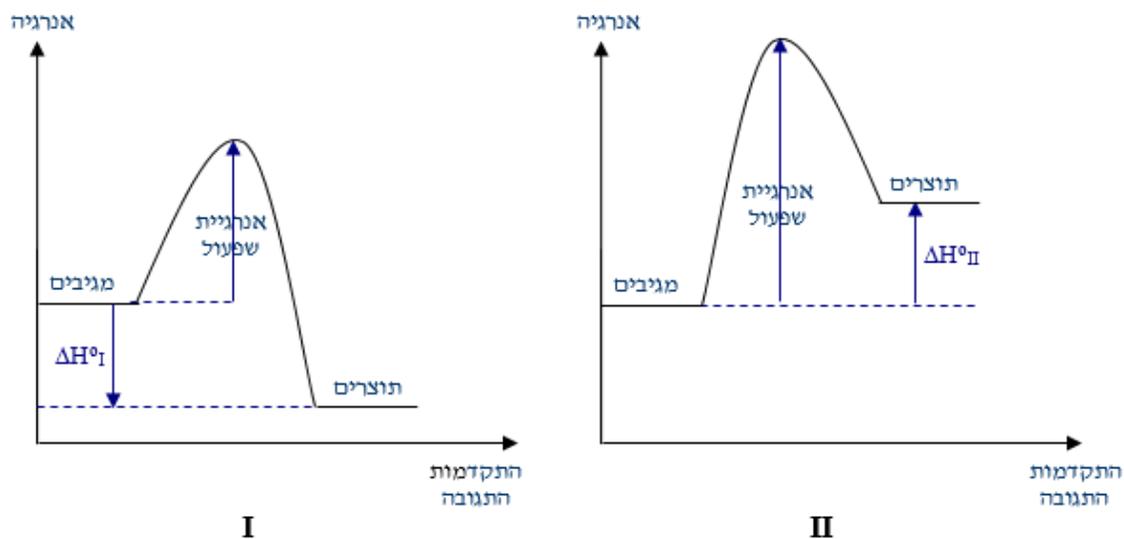
שאלה 1

נתונים שני גרפים I ו-II :

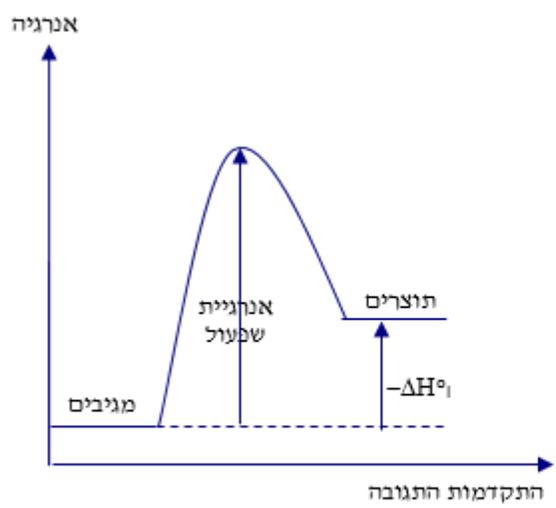


- בכל אחד מהגרפים-סמן: מגיבים, תוצרים, אנרגיית שפעול, ΔH° של התגובה.
- קבע עבור כל אחד מהגרפים אם הוא מתאר תגובה אנדותרמית או תגובה אקסותרמית.
- לכל אחת משתי התגובות המתוארות בגרפים שרטט גרף המתאר את התגובה ההפוכה.

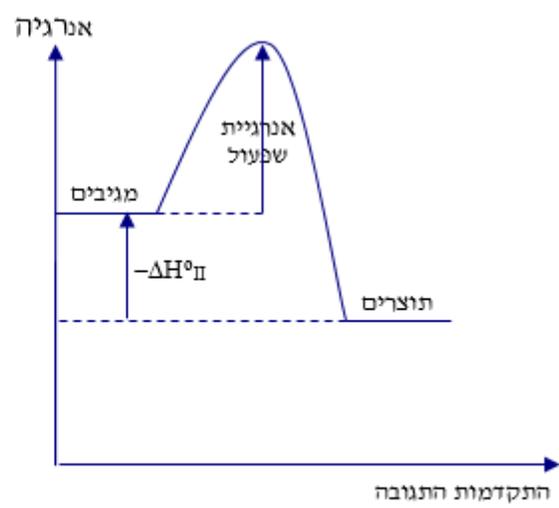
התשובה:



- א. גרף I מתאר תגובה אקסותרמית.
- ב. גרף II מתאר תגובה אנדותרמית.



גרף המתאר תגובה הפוכה לזו שמתוארת

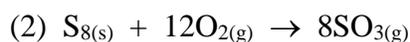
גרף המתאר תגובה הפוכה לזו שמתוארת בגרף II
I בגרף

שאלה 2

- א. בשריפת גופרית, $S_{8(s)}$, ניתן לקבל $SO_{2(g)}$ או $SO_{3(g)}$. נסח את שני תהליכי השריפה של מול גופרית.
- ב. כאשר שורפים גופרית, $S_{8(s)}$, באוויר בתנאי החדר, מתקבלת רק התחמוצת $SO_{2(g)}$. הסבר עובדה זו. התייחס בתשובתך לשני תהליכי השריפה של הגופרית.

התשובה:

א.



- ב. בשריפת גופרית בתנאי החדר, אנרגיית השפעול ליצירת $SO_{3(g)}$ גדולה יותר מאנרגיית השפעול ליצירת $SO_{2(g)}$. לכן לחלקיקים אין אנרגיה מספיקה ליצירת תצמידים משופעלים בתגובה (2), והיא לא תתרחש. לעומת זאת אנרגיית השפעול של תגובה (1) נמוכה יותר, יהיו חלקיקים שיצרו תצמיד משופעל בהתנגשויות ביניהם ולכן תגובה (1) תתרחש.

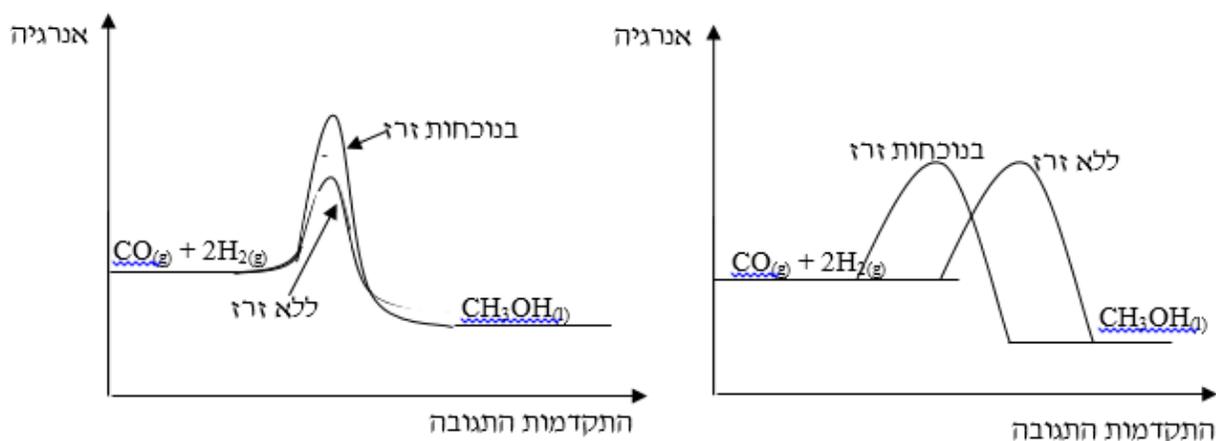
גורמים המשפיעים על קצב תגובה

טעויות אופייניות

- טעות נפוצה: חוסר התייחסות או התייחסות חלקית לתורת ההתנגשויות בהסבר השינוי בקצב התגובה.
- קביעה כי לשינוי טמפרטורה או הוספת זרז יש השפעה על קצב התגובה ואילו בשינוי ריכוז החלקיקים או שטח הפנים אין השפעה על קצב התגובה.
- חוסר הבחנה בין גורמים תרמודינמיים לבין גורמים קינטיים: בלבול בין כמות התוצרים המתקבלת בתום התגובה לבין קצב התגובה - כמות התוצרים המתקבלת ביחידת זמן.
- שרטוט דיאגרמה המתארת רק את ההבדל באנרגיה פנימית של המגיבים ושל התוצרים, ללא התייחסות למימד הזמן.

1.1 זרז

- חוסר הבנה של פעילות הזרז - טענה שזרז מוריד אנרגיית שפעול.
- טענה כי זרז נדרש רק לתגובות אנדותרמיות ולא נדרש לתגובות אקסותרמיות.
- שרטוטים שגויים של גרף המתאר את השתנות האנרגיה במהלך התרחשותן של שתי התגובות: אחת עם זרז ואחת ללא זרז.



2. שינוי ריכוז

- קושי בקביעה על פי הריכוזים של מרכיבי המערכת, שנמדדו במהלך התגובה, אם קצב התגובה עולה, יורד או לא משתנה.
- חוסר הבנה של ההשפעה של שינוי לחץ בכלי (המשפיע על שינוי בריכוז החלקיקים) על קצב תגובה.

3. שינוי טמפרטורה

- יש תלמידים שמתייחסים לתורת ההתנגשויות, אך לא מציינים כי העלאת הטמפרטורה גורמת להגברה של עוצמת ההתנגשויות.
- חוסר הבנה כיצד שינוי טמפרטורה קשור לקצב תגובה.
- סיסמאות כגון "אם הטמפרטורה עולה קצב התגובה עולה" - ללא הסבר ברמה מיקרוסקופית.

4. שינוי שטח פנים

- חוסר הבנה כיצד שינוי שטח פנים קשור לקצב תגובה.
- סיסמאות כגון "אם שטח הפנים גדל קצב התגובה עולה" - ללא הסבר ברמה מיקרוסקופית, ללא התייחסות לתורת ההתנגשויות.
- חוסר הבנה שלכמויות זהות של חומרים יכול להיות שטח פנים שונה.

המלצות לנושא "גורמים המשפיעים על קצב תגובה"

- להבהיר לתלמידים שקצב תגובה הוא שינוי כמות המגיבים או התוצרים ביחידת זמן.
- להסביר את שינוי קצב התגובה בעזרת תורת ההתנגשויות: כאשר חלקיקים מתנגשים קיים סיכוי לקבל תצמיד משופעל. אם ההתנגשות פורייה, תצמיד משופעל הופך לתוצר. אם ההתנגשות לא פורייה, תצמיד משופעל הופך בחזרה למגיבים. ככל שיהיו יותר התנגשויות פוריות ביחידת זמן, קצב התגובה יגדל.
- להבהיר לתלמידים את תפקיד הזרז: זרז מאפשר לתגובה להתרחש במנגנון שונה שבו אנרגיית השפעול נמוכה יותר.
- להסביר לתלמידים את השפעת שינוי הריכוז של החלקיקים. ככל שריכוז החלקיקים עולה, יש סיכוי גדול יותר להתנגשויות, כולל התנגשויות פוריות ביחידת זמן. קצב התגובה יגדל.
- להבהיר לתלמידים שבהקטנת הנפח של כלי סגור ריכוז החלקיקים גדל (וגם הלחץ). קצב התגובה גדל.
- להסביר לתלמידים שטמפרטורה היא מדד לאנרגיה קינטית ממוצעת, ולכן כאשר הטמפרטורה עולה האנרגיה הקינטית הממוצעת (או: המהירות הממוצעת) של החלקיקים עולה, יש סיכוי גדול יותר להתנגשויות ובעוצמה גבוהה יותר ולכן סיכוי גדול יותר לקבל תצמידים משופעלים והתנגשויות פוריות ביחידת זמן. קצב התגובה יגדל.
- להסביר שככל ששטח הפנים גדל, יש סיכוי גדול יותר להתנגשויות, ולכן סיכוי גדול יותר לקבל תצמידים משופעלים ויותר התנגשויות פוריות ביחידת זמן. קצב התגובה יגדל.

להביא לתלמידים דגימות של אותו חומר, באותה כמות, עם שטח פנים שונה: גוש מוצק לעומת חתיכות מוצק, גוש מוצק לעומת אבקה ועוד.

- מומלץ לבצע עם התלמידים ניסויים המדגימים השפעת הגורמים השונים על קצב תגובה, כולל ניסויים בהם מודגמת השפעת זרז על קצב התגובה.
- מומלץ להיעזר בדגם הוראה למורי כימיה חטיבה עליונה בנושא הקינטיקה, הנמצא [באתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#).
- פרק ג' בדגם: "אנרגיית שפעול וזרזים" מכיל רקע תיאורטי ושאלות להערכה.
- מומלץ לעבוד עם התלמידים על אנימציות וסימולציות, הנמצאות [באתר המרכז הארצי למורי הכימיה](#).

הצעה לרצף הוראה המשלב מושגים בנושא "אנרגיה" החל מהקניית מושגי יסוד בכיתה יוד

מבוא

הנושא "אנרגיה" נלמד על פי תוכנית הלימודים 30-70 בהיקף 55% לאחר שנרכשו מושגים רבים בכימיה. חלק ניכר מהמושגים הנלמדים בנושא אינם קלים להבנה.

גבי אלה פרוטקין-זילברמן מלמדת את הנושא "אנרגיה" בצורה לא קונבנציונלית. היא משלבת את הנושא החל מהמושגים הראשונים הנרכשים בנושא "מושגי יסוד" וחוזרת ומעמיקה במושגים בנושא "אנרגיה" לאורך כל לימודי הכימיה.

תלמידים, שלמדו את הנושא "אנרגיה" ברצף החדש, הבינו את הנושא ואת המושגים יותר טוב מתלמידים שלמדו כאשר הנושא נלמד בצורה סטנדרטית. בשיטה החדשה הנושא הועבר לתלמידים בשילוב דפי עבודה, הדגמות, מצגות, תרגול, מעבדות.

רציונל

מושגים הקשורים לנושא "אנרגיה" משולבים בכל נושאי הלימוד הנלמדים בכימיה בחטיבה העליונה, בכיתות י"א-י"ב. בנושאים הנלמדים בכיתה י': מבנה האטום, מצבי צבירה, מופיע ההיבט האנרגטי במושגים טמפרטורת היתוך, תהליך היתוך, טמפרטורת רתיחה, תהליך אידוי, אנרגיית יינון ועוד. בהסבר המתמייח לקשרים בין האטומים ובין החלקיקים משתמשים במושג "אנרגיית קשר". מאוחר יותר, בלימוד הנושא "אנרגיה" התלמידים לומדים את המושג "אנרגיית קשר", ומבינים טוב יותר כי אנתלפיה היא אנרגיה פנימית בתנאים מסוימים.

קיים צורך להגדיר מושגים אלו לפני השימוש בהם. כיום נהוג להציג מושגים אלו ללא הסבר, ורק כאשר מלמדים את הנושא "אנרגיה" התלמידים מבינים את מהות הקשרים התוך מולקולריים והכוחות הבין מולקולריים.

בשיעור פתיחה לתלמידים בו מדובר על כימיה כמקצוע מדעי, מתייחסים לתכונות החומרים, לתגובה כימית (מגיבים ותוצרים) ומציגים דוגמאות של תגובות כימיות שבמהלכן אנרגיה נקלטת ונפלטת.

בשיעור העוסק בחוק שימור החומר, מלמדים גם את חוק שימור האנרגיה.

בהוראה משתמשים במושגים כמו עלייה בטמפרטורה של הסביבה, מושג המחייב הצגת המשפט "טמפרטורה היא מדד לאנרגיה קינטית ממוצעת".

במעבדה אנו צופים ברמה המאקרוסקופית וההסבר של התצפיות המאקרוסקופיות חייב להיות ברמה המיקרוסקופית. הסבר זה המשלב מושגים בנושא "אנרגיה".

כדי להסביר היטב רמה מיקרוסקופית, תלמידים חייבים להבין היטב את המושג "אנרגיה" והמושגים הנגזרים ממנו. ההבנה אינה פשוטה והסברים שתלמיד ייחשף אליהם בצורה הדרגתית יאפשר לו הבנה טובה יותר ומניעה של קשיי המשגה בהמשך.

מושגים בנושא "אנרגיה" בתוכנית הלימודים.

הנושא "אנרגיה" נלמד כפרק אחרון בתוכנית הלימודים 30-70 בכימיה בהיקף 55%, ותלמידים נבחנו על נושא זה בבחינת הבגרות על פי שאלון 037381.

מושגים מהנושא "אנרגיה" נלמדים כבר בשלבים הראשונים של הוראת הכימיה. מושגים אלו מוצגים לתלמידים שבחרו להרחיב את לימודי הכימיה וגם לתלמידים שלא בחרו להרחיב.

להלן נושאים מתוכנית הלימודים 30-70, שבהם מוזכרים מושגים מהנושא "אנרגיה":

מושגי יסוד

מושגים	נושאים
מוצק, נוזל, גז טמפרטורת היתוך טמפרטורת רתיחה	מצבי צבירה
ניסוח ואיזון תהליכים	שפת הכימאים

מבנה האטום

מושגים	נושאים
הערכות אלקטרוניים ברמות אנרגיה של האטום אלקטרוני ערכיות	אלקטרוניים
אנרגית יינון ראשונה	האטום

מבנה וקישור

מושגים	נושאים
אנרגית קשר אורך קשר	קשר קוולנטי
קשרים בין-מולקולריים: אינטראקציות ון-דר-ולס (ו.ד.ו.)	חומרים מולקולריים
קשרים בין-מולקולריים: קשרי מימן	
תכונות: טמפרטורת היתוך, טמפרטורת רתיחה מסיסות	
תכונות: טמפרטורת היתוך	
תכונות: מצב צבירה בטמפרטורת החדר	

חישובים בכימיה (סטוכיומטריה)

נושאים	מושגים
המול	הגדרת המול
המצב הגזי	לחץ
	נפח
	טמפרטורה
	טמפרטורה-סקאלה

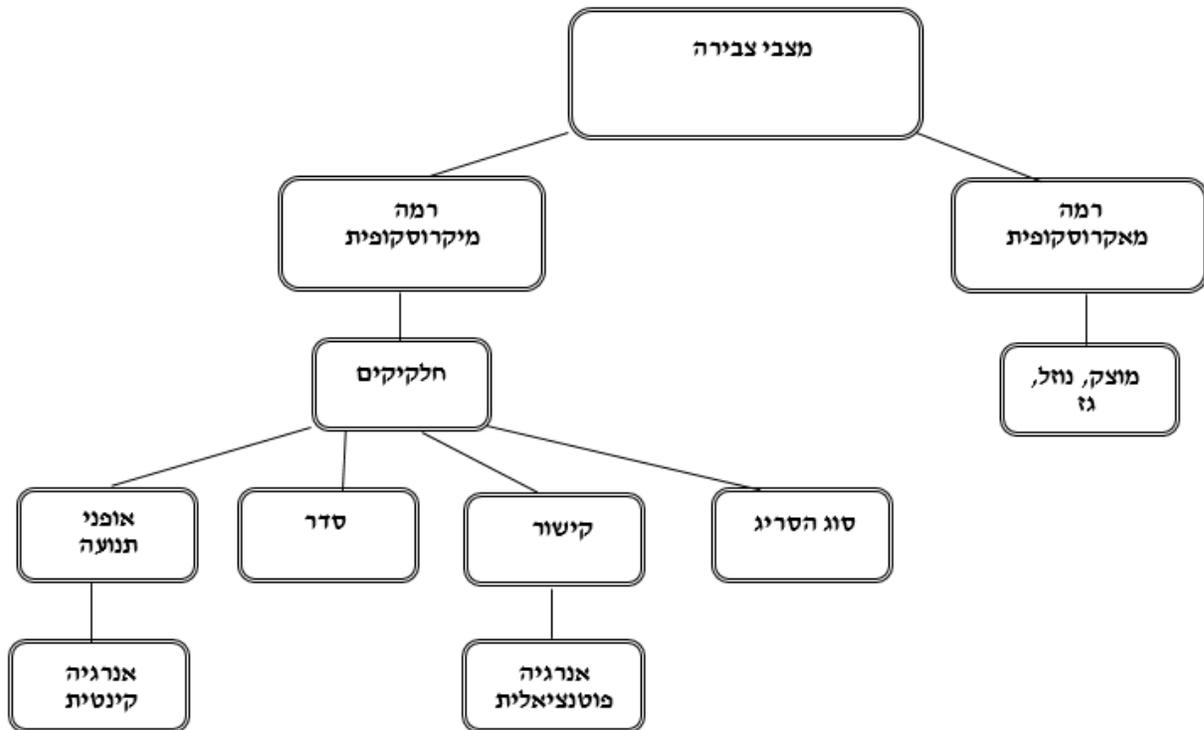
כימיה של מזון

נושאים	מושגים
	חישוב ערך קלורי של מזון
	השוואת טמפרטורות היתוך של חומצות שומן

[תכנית הלימודים המותאמת החל מתשע"ה \(70-30\)](#)

הוראת הנושא "מצבי-צבירה"

מושגים הלקוחים מהנושא "אנרגיה" נלמדים החל מהנושא הראשון "מושגי יסוד" בו התלמידים לומדים את המשמעות של מצבי צבירה. תרשים (1) מציג את רצף הוראת הנושא "מצבי צבירה":



תרשים (1): רצף הוראת הנושא "מצבי צבירה".

איור (1) מציג את רצף ההוראה של המושגים בנושא "מצבי צבירה". כבר במושגים אלו, הנלמדים בשלבים הראשונים של הוראת הכימיה, משולבים מושגים מעולם ה"אנרגיה".

התלמידים מכירים את הרמה המאקרוסקופית של מצבי הצבירה של חומרים, מוצק-נוזל-גז, מחיי יומיום. הם רואים מים נוזליים הקופאים לקרח, מים רותחים והופכים לאדים המתפזרים בחלל החדר. בבית הספר היסודי ובחטיבת הביניים הם למדו על המאפיינים המאקרוסקופיים של שלושת מצבי הצבירה ועל השינויים החלים בהם.

בתיכון התלמידים לומדים מושגים חדשים: "חלקיקים" ו"רמה מיקרוסקופית". התלמידים מתחילים להבין כי חומר מורכב מחלקיקים זעירים ביותר.

בשלב ההתחלתי, כבר מתחילה הוראה של מושגים מעולם האנרגיה ברמה המיקרוסקופית. התלמידים לומדים סוגי תנועה של חלקיקים ואנרגיה קינטית, וכן קישור במושגים של אנרגיה פוטנציאלית.

בהוראה סטנדרטית התלמידים לומדים מושגים אלו בצורה אינטואיטיבית ברמה מאקרוסקופית, בעזרת ידע הלקוח מחיי יומיום: תנועה של כדור, משיכה בין גופים.

הוראת הנושא "מול"

בנוסף להוראת מושגים בנושא אנרגיה החל ממושגי יסוד, נבחר גם הנושא "מול" כמתאים לחשוף תלמידים טיפין טיפין לנושא האנרגיה.

בהתאם לתוכנית הלימודים, המושג "מול" נלמד בנושא נפרד בנושא "חישובים בכימיה (סטויכיומטריה)" לאחר הוראת הנושא "מבנה וקישור".

אבל בשלב זה, בו התלמידים מתחילים ללמוד על הקשר בין רמה מאקרוסקופית ורמה מיקרוסקופית, הם לומדים שהחומר בנוי מחלקיקים זעירים ביותר. ניתן להציג להם את הנוסחה:

$$\text{מסה של חומר} = \text{מספר החלקיקים} \times \text{מסה של חלקיק אחד}$$

היות ולכל חלקיק גודל זעיר ביותר, התלמידים מבינים כי מספר החלקיקים בחומר הוא עצום. הצגת המושג מול מקשרת בין הרמה המיקרוסקופית לרמה המאקרוסקופית ומאפשרת לתלמידים הבנה של הממדים הזעירים של חלקיק. ניתן להציג את הנוסחה:

$$\text{מסה של חומר} = \text{מספר מולי החלקיקים} \times \text{מסה של מול אחד}$$

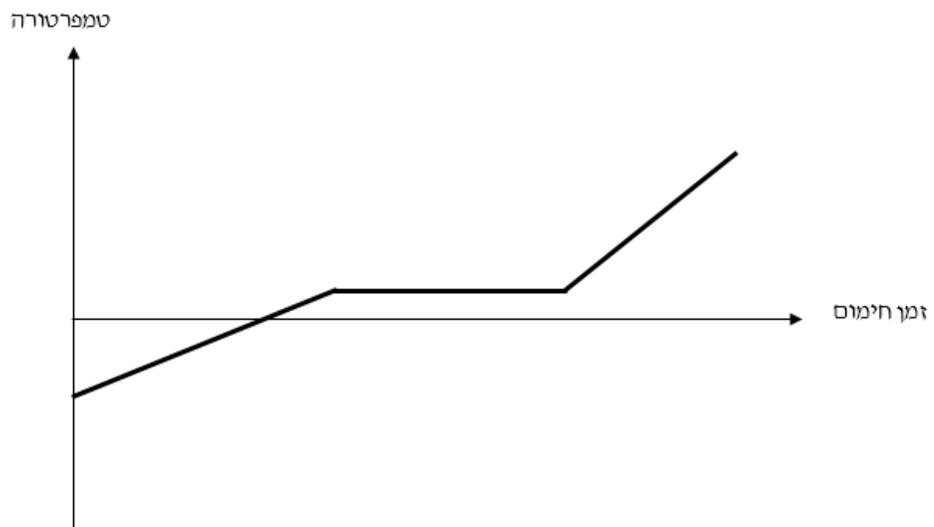
בהמשך מושג ה"מול" מתקשר גם למושגים נוספים מעולם האנרגיה. ערכים של אנתלפיית קשר ואנתלפיית אידוי מוצגים כיחידות אנרגיה למול אטומים או למול קשרים או למול חלקיקים.

הוראת הנושא "שינוי מצבי צבירה"

בהמשך תלמידים לומדים על השינויים במצבי הצבירה של החומר. נלמדים המושגים "אנרגיה פנימית" ו"אנתלפיה".

לתלמידים מוצג ההבדל בין טמפרטורה (רמה מאקרוסקופית) לאנרגיה קינטית ממוצעת (רמה מיקרוסקופית). הם לומדים את הקשר בין רמה מאקרוסקופית לרמה מיקרוסקופית: "טמפרטורה היא מדד לאנרגיה קינטית ממוצעת".

הוראת הנושא מלווה בהמשך בגרף המתאר את השינוי בטמפרטורה של חומר כתלות בזמן החימום. גרף (1) מציג את השינוי בטמפרטורה כתלות בזמן החימום:



גרף (1): השינוי בטמפרטורה כתלות בזמן החימום.

גרף (1) מציג כי במהלך החימום יש טווחים של טמפרטורות, שבהם יש שינוי בטמפרטורה, ויש טווחים אחרים שבהם אין שינוי בטמפרטורה.

כדי להסביר עובדות אלו נעשה שימוש במושגים: "אנרגיה פנימית", "אנרגיה קינטית ממוצעת של החלקיקים" ו"אנרגיה פוטנציאלית של החומר המורכב מחלקיקים אלו". התלמידים יודעים כי טמפרטורה היא מדד לאנרגיה קינטית ממוצעת.

הוראת המושג "אנתלפיה"

לאחר הוראת הנושא "שינוי מצבי צבירה", שבמהלכו התלמידים נחשפו למושגים בסיסיים מעולם האנרגיה, הם נחשפים למושג "אנתלפיה" ובהמשך למושג "שינוי אנתלפיה".
בלמידה סטנדרטית המושג "אנתלפיה" נלמד רק לקראת סיום לימודי הכימיה בהיקף 70%, בנושא "אנרגיה", לפני לימוד הנושא "קצב תגובה" (הנושא האחרון בתוכנית בהיקף 70%, ונושאים "שווי-משקל" ו"אנטרופיה" (בתוכנית בהיקף 30%).

הוראת הנושא "שפת הכימאים"

בנושא זה תלמידים לומדים את שפת הכימיה: רישום נכון של נוסחאות של יסודות, מולקולות, חומרים, ובהמשך ניסוח ואיזון תהליכים כימיים.
רצף הוראת המושגים הנלמדים בנושא שפת הכימאים:
הצגה של הנושא "שפת הכימאים" והקשר שלו לשינויים במצבי הצבירה. התלמידים לומדים תחילה ניסוחים של תהליכי היתוך ואידוי, ובהמשך הם לומדים לנסח ולאזן ניסוחי תגובות בהתאם לחוק שימור החומר. בשלב זה נלמד המושג "חוק שימור האנרגיה". חוק שימור החומר (או: חוק שימור המסה) עוסק רק בשימור החומר בתגובה. לעומתו, חוק שימור האנרגיה עוסק במערכת, בסביבה וביקום. כלומר, התלמידים לומדים בשלב זה מושגים מנושא האנרגיה.

הוראת הנושא "מבנה האטום"

תרשים (2) מציג את רצף הוראת המושגים הנלמדים בנושא "מבנה האטום":



תרשים (2): רצף הוראת הנושא "מבנה האטום".

לאחר שהתלמידים רכשו מושגים חשובים באנרגיה : אנרגיה פנימית, אנרגיה קינטית, אנרגיה קינטית ממוצעת, אנתלפיה ועוד, תרשים (2) מציג יישום מושגים אלו בנושא "מבנה האטום". התלמידים לומדים רמות אנרגיה של האטום ומהי אנרגיית יינון, לומדים להשוות ערכי אנרגיית יינון בעזרת יחידות מידה באנרגיה : קילו-ג'אול" (kJ).

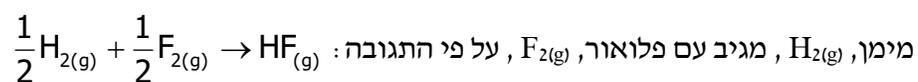
סיכום

בשלב זה התלמידים למדו את מרבית המושגים הנדרשים בנושא "אנרגיה". הם משלבים מושגים אלו בנושאי הלימוד הנלמדים בהמשך : כוחות בין מולקולריים : אינטראקציות ון-דר-ולס וקשרי מימן, השוואה של ערכי טמפרטורות היתוך ורתיחה של חומרים שונים. התלמידים מכירים את המושגים אנרגיה פנימית, אנתלפיה, מעברי אנרגיה ועוד. בהתאם אפשר להסביר להם על שבירת ויצירת קשרים, השקעת ופליטת אנרגיה, השוואה בין ערכים ביחידות של kJ/mol. לקראת תום ההוראה של נושאי התוכנית בהיקף 55% לבגרות בכתב (שאלון 037381), נותרו מעט מושגים בנושא "אנרגיה" : חוק הס המוצג לתלמידים בעזרת סכמות המתארות את השינוי באנתלפיה בין המגיבים לתוצרים ואת אנתלפיות קשר. בשלב זה יש לתלמידים מודל מנטאלי מתאים של המושגים השונים, ובהתאם יש הצלחה גבוהה בתרגול של חישוב ΔH° תגובה בעזרת חוק הס ובעזרת אנתלפיות קשר.

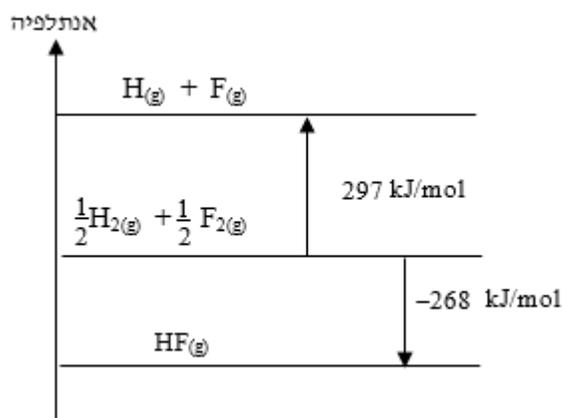
הוראה ברצף המוצג, משפיעה על למידה משמעותית של המושגים בנושא "אנרגיה", ולכן תקטין את קשיי הלמידה של תלמידים בנושא.

מאגר שאלות מבחינות הבגרות בנושא "אנרגיה",
 שעברו עיבוד והתאמה לתוכנית הלימודים 30-70,
 ותשובות לשאלות אלה.

שאלה 8, בגרות תשע"ו 2016, שאלון 037381



לפניך תרשים המציג שינויי אנתלפיה בתגובה זו.



מהו הערך של אנתלפיית הקשר H-F ?

א. -268 kJ/mol

ב. +29 kJ/mol

ג. +297 kJ/mol

ד. +565 kJ/mol (התשובה הנכונה)

הנימוק

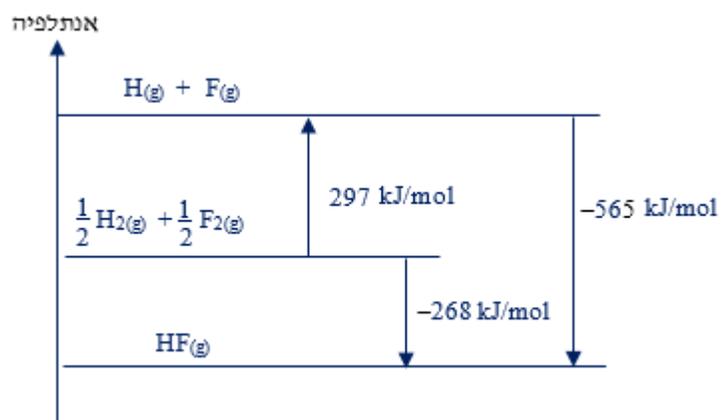
שינוי האנתלפיה בתגובה הנתונה :

$$\Delta H^\circ = \sum (\text{אנתלפיות הקשר במולקולות המגיבים}) + (-\sum (\text{אנתלפיות הקשר במולקולות התוצרים}))$$

$$-268 = 297 - \Delta H_{\text{H-F}}^\circ$$

$$\Delta H_{\text{H-F}}^\circ = 565 \text{ kJ/mol}$$

או על פי הגרף :



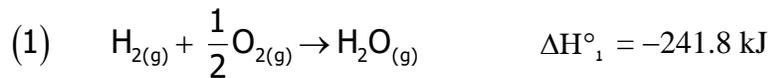
הגרף מציג את יצירת הקשר H-F .

הערך של אנתלפיית הקשר H-F הוא 565 kJ/mol

שאלה 14, בגרות תשע"ו 2016, שאלון 037381

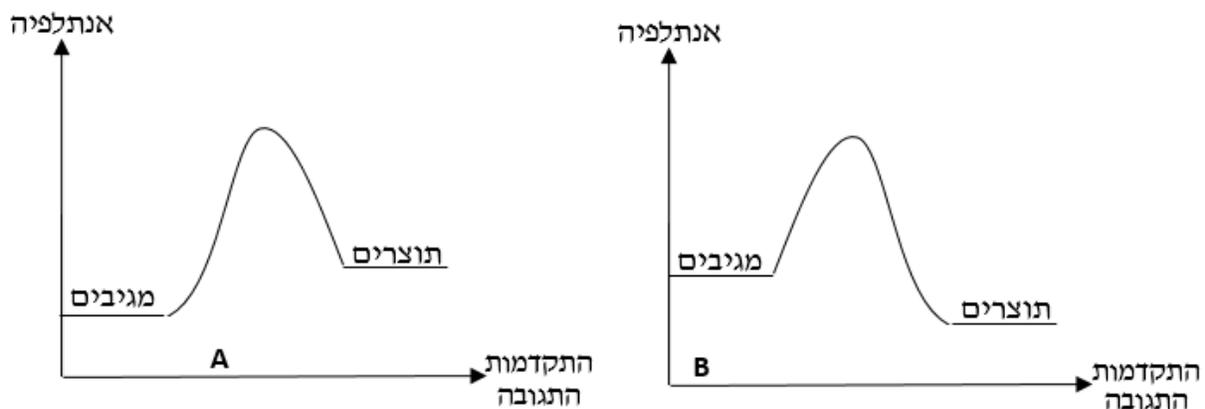
פתיח לשאלה

תערובת של הגזים מימן, $H_2(g)$, וחמצן, $O_2(g)$, נשמרת בכלי זכוכית סגור לאורך זמן, ללא שינוי. כאשר משקיעים אנרגיה על ידי הפעלת ניצוץ חשמלי בתערובת הגזים מתרחשת תגובה (1).



סעיף א'

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



התשובה:

עקומה B. תגובה (1) היא תגובה אקסותרמית ($\Delta H^\circ_1 < 0$), לכן האנתלפיה של התוצרים נמוכה מהאנתלפיה של המגיבים.

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 קטנה 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,

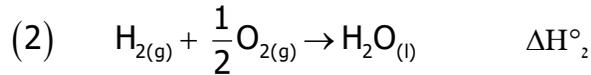
- גדל הסיכוי להיווצרות תצמידים משופעלים ביחידת זמן.

- ולכן גדל הסיכוי להתנגשויות פוריות ביחידת זמן.

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

סעיף ג'

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



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

העזר בנתונים בשאלה וקבע איזה מבין הערכים האלה מתאים עבור ΔH°_2 . נמק.

התשובה:

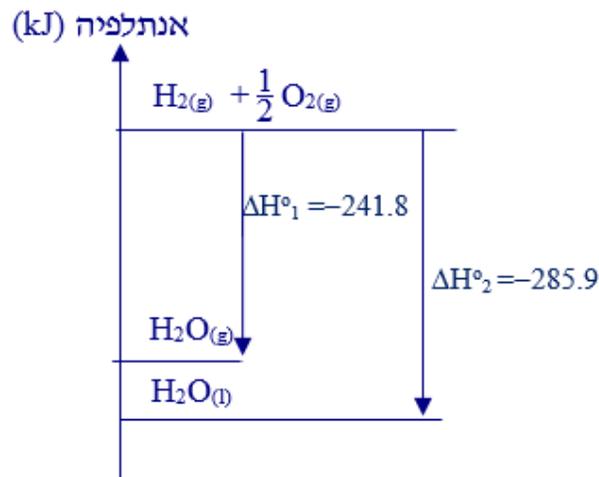
הערך המתאים ל- ΔH°_2 הוא -285.9 kJ .

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.

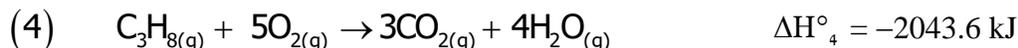
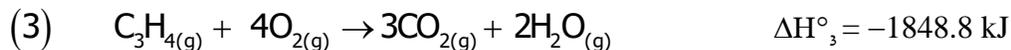
לכן בתגובה (2) תיפלט כמות יותר גדולה של אנרגיה (**או:** שינוי האנתלפיה בתגובה (2) יהיה גדול יותר).

או: פתרון גרפי



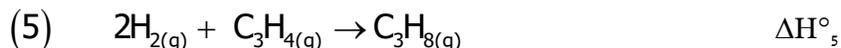
פתיח לסעיפים ד'-ה'

לפניך שתי תגובות (3) ו-(4):



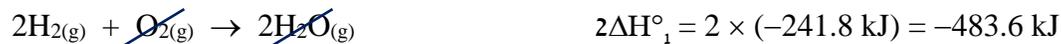
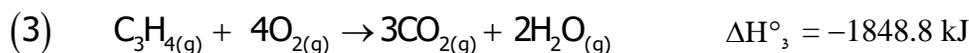
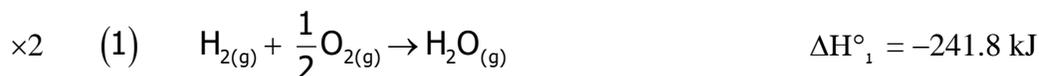
סעיף ד'

מימן מגיב עם פרופין, ליצור פרופאן, $\text{C}_3\text{H}_{8(g)}$, על פי תגובה (5).



העזר בתגובות המתאימות מבין התגובות (1)-(4) וחשב את הערך של ΔH°_5 . פרט את חישוביך.

התשובה:



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 ΔH°_5 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

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.

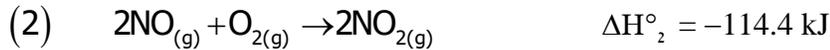
או: כאשר מבצעים את תגובה (5) בכלי לא מבודד, הטמפרטורה בסביבת הכלי עולה.

שאלה 1, בגרות תשע"ו 2016, שאלון 037201

פתיח לשאלה

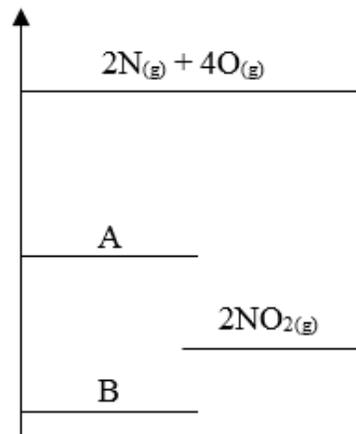
השאלה עוסקת בתגובות שמעורבות בהן תחמוצות חנקן.

נתונות שתי תגובות (1)-(2):



בתרשים שלפניך מוצג שינוי האנתלפיה התקנית בתגובות (1)-(2) במהלך ניתוק קשרים במולקולות המגיבים, ובמהלך יצירת קשרים במולקולות התוצרים.

אנתלפיה



סעיף א'

תת-סעיף i

קבע אם ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים הוא תהליך אקסותרמי או תהליך אנדותרמי. **נמק.**

התשובה:

ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים הוא תהליך אנדותרמי.

נימוק: יש להתגבר על כוחות המשיכה בין האטומים שביניהם יש קשרים קוולנטיים, לשם כך דרושה השקעת אנרגיה, והתהליך הוא אנדותרמי.

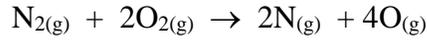
או: (על פי הגרף) האנתלפיה של האטומים הבודדים גבוהה מהאנתלפיה של מולקולות המגיבים. לכן יש להשקיע אנרגיה, והתהליך הוא אנדותרמי.

תת-סעיף ii

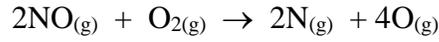
נסח את תהליך ניתוק הקשרים במולקולות המגיבים בכל אחת מהתגובות (1)-(2).

התשובה:

בתגובה (1):



בתגובה (2):

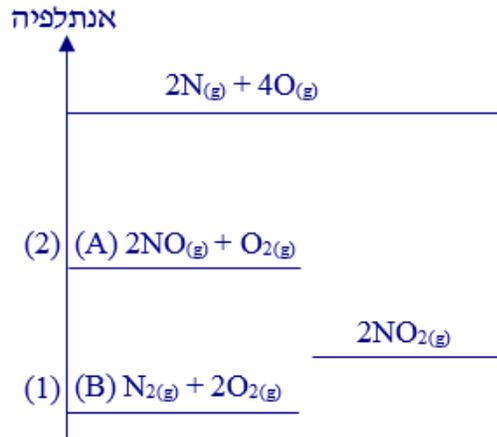


תת-סעיף iii

העתק את התרשים למחברתך, ורשום על כל אחד מהקווים המסומנים באותיות A ו-B את הנוסחאות של המגיבים המתאימים בתגובות (1) – (2). **נמק.**

התשובה:

רישום המגיבים על הקווים:

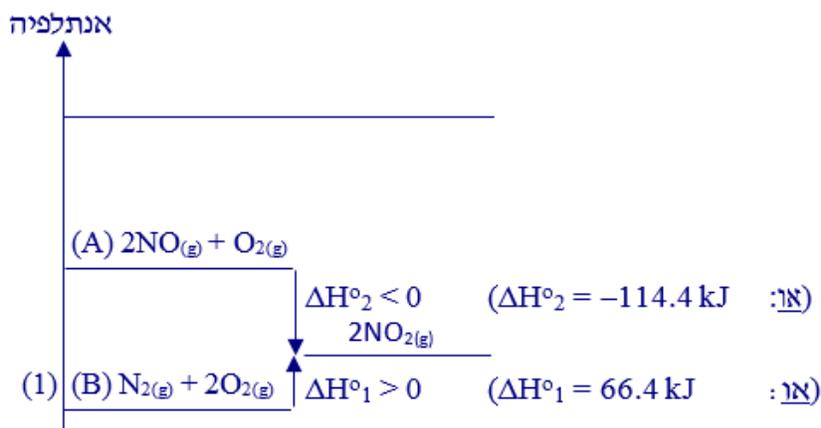


הנימוק:

תגובה (2) היא תגובה אקסותרמית, לכן האנתלפיה של המגיבים (A) גבוהה מהאנתלפיה של התוצרים. לכן המגיבים של תגובה (2) מתאימים לקו A.

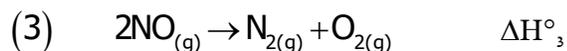
תגובה (1) היא תגובה אנדותרמית, לכן האנתלפיה של המגיבים (B) נמוכה מהאנתלפיה של התוצרים. לכן המגיבים של תגובה (1) מתאימים לקו B.

או: רישום המגיבים על הקווים ונימוק בגרף:



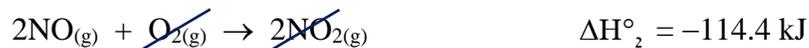
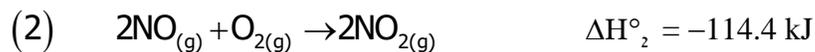
סעיף ב'

נתונה תגובה (3):



חשב את ערכו של ΔH°_3 . פרט את חישוביך.

התשובה:



$$\Delta H^\circ_3 = -114.4 + (-66.4) = -180.8 \text{ kJ}$$

סעיף ג'

הגזים הנפלטים ממנוע המכונית עוברים, בדרכם החוצה, דרך התקן הנקרא ממיר קטליטי. תפקידו של הממיר לצמצם פליטה לאוויר של גזים מזהמים, כגון התחמוצת $\text{NO}_{(g)}$ הנוצרת במנוע המכונית. במעבר הגזים דרך הממיר מתרחשת תגובה (3) על פני פלטינה, $\text{Pt}_{(s)}$, המשמשת זרז. תוצרי תגובה (3) נפלטים עם שאר הגזים לאוויר.

לפניך שני היגדים, a, b. קבע איזה היגד, a או b, הוא נכון. **הסבר מדוע פסלת את ההיגד האחר.**

(a) השינוי באנתלפיה של תגובה (3), המתרחשת על פני $\text{Pt}_{(s)}$, קטן מהשינוי באנתלפיה של תגובה (3), המתרחשת ללא $\text{Pt}_{(s)}$.

(b) אנרגיית השפעול של תגובה (3), המתרחשת על פני $\text{Pt}_{(s)}$, נמוכה מאנרגיית השפעול של תגובה (3), המתרחשת ללא $\text{Pt}_{(s)}$.

התשובה:

היגד b נכון.

הסבר: היגד a אינו נכון, כיוון ששינוי האנתלפיה בתגובה תלוי באנתלפיה של המגיבים ושל התוצרים, ואינו מושפע ממסלול התגובה - עם זרז או בלי זרז.
או: זרז אינו משפיע על שינוי האנתלפיה בתגובה (אלא רק על מסלול התגובה).

שאלה 1, בגרות תשע"ה 2015, שאלון 037201

פתיח לשאלה

מרבית היסודות הם מתכות. השאלה עוסקת בהיבטים אנרגטיים הנוגעים למתכות.

סעיף א'

זהב, $Au(s)$, מאוכסן בבנקים בצורת מטילים. להכנת המטילים מתיכים את הזהב המוצק לנוזל, שופכים אותו לתבניות מלבניות ומקררים. טמפרטורת ההיתוך של $Au(s)$ היא 1336 K .

תת-סעיף i

במהלך החימום של $Au(s)$ האנרגיה הקינטית הממוצעת של חלקיקי המוצק עולה. הסבר מדוע.

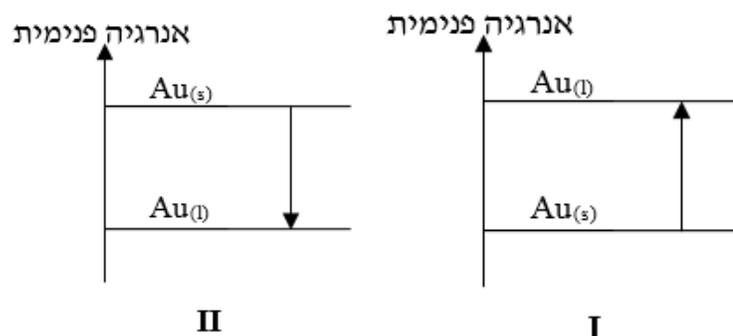
התשובה:

במהלך החימום של $Au(s)$ מועברת אנרגיה לחלקיקי הזהב. בעקבות זאת תנועת החלקיקים מתגברת (או: עוצמת התנודות גדלה). לכן האנרגיה הקינטית הממוצעת של חלקיקי המוצק עולה.

הערה: חשוב לשים לב כי השאלה מתייחסת לשינוי האנרגיה הקינטית הממוצעת ולא בשינוי הטמפרטורה.

תת-סעיף ii

קבע איזה משני התיאורים הגרפיים שלפניך, I או II, מציג נכון את השינוי באנרגיה הפנימית של חלקיקי הזהב במהלך ההיתוך.



התשובה:

תיאור גרפי I.

סעיף ב'

ליתיום, Li(s) , משמש, בין היתר, לייצור סוללות להפעלת מכשירי חשמל.

ליתיום מגיב עם חמצן, $\text{O}_2(\text{g})$, שבאוויר על פי תגובה (1):



חשב את כמות האנרגיה הנפלטת כאשר 1 מול Li(s) מגיב עם כמות מספקת של $\text{O}_2(\text{g})$.

פרט את חישוביך.

התשובה:

כמות האנרגיה הנפלטת כאשר מגיבים 4 מול Li(s) היא 1191.6 kJ,

אם יגיב 1 מול Li(s) , כמות האנרגיה שתיפלט:

$$\frac{-1191.6 \text{ kJ} \times 1 \text{ mol}}{4 \text{ mol}} = -297.9 \text{ kJ}$$

הערה: חשוב לשים לב כי התלמידים התבקשו לחשב את האנרגיה הנפלטת למול ליתיום ולא בהתאם לתגובה

הרשומה (המקדם של ליתיום בתגובה הוא 4)

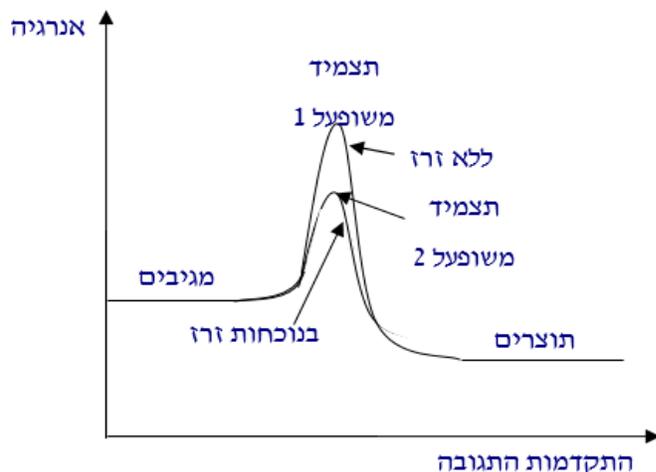
סעיף ג'

פלטינה, Pt(s) , משמשת זרז בתהליכים שונים בתעשייה. הסבר מהו תפקידו של הזרז.

התשובה:

משתמשים בזרז בתגובות שיש להן אנרגיית שפעול גבוהה. בנוכחות זרז קיים סיכוי גבוה יותר ליצור התנגשויות בהן יתקבלו תצמידים משופעלים ביחידת זמן. בנוכחות זרז התהליך מתרחש במנגנון שונה שיש לו אנרגיית שפעול נמוכה יותר (או: נוצר תצמיד משופעל שיש לו אנרגיה נמוכה יותר).

רצוי להוסיף גרף מתאים:



סעיף ד'

המתכת ניוביום, Nb(s), משמשת להולכת חשמל בטמפרטורות נמוכות במאיץ החלקיקים בסרן (CERN), הנמצא בגבול בין שוויץ לצרפת.

ערכו ניסוי שבו לקחו שתי דגימות, A ו-B, של Nb(s) בטמפרטורת החדר (298 K).

המסה של דגימה A הייתה 10 גרם, והמסה של דגימה B הייתה 50 גרם.

לקחו שני כלים מבודדים שבכל אחד מהם 1 ליטר חנקן נוזלי, N₂(l), בטמפרטורה 75 K.

מהו הכיוון של מעבר האנרגיה: מן המתכת אל הנוזל או מן הנוזל אל המתכת? נמק.

התשובה:

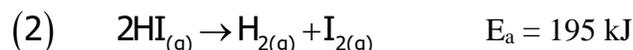
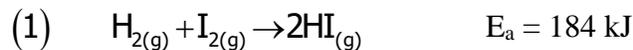
הכיוון של מעבר האנרגיה הוא מהמתכת אל הנוזל.

מעבר האנרגיה מתרחש מן הגוף בטמפרטורה גבוהה (המתכת) אל הגוף בטמפרטורה נמוכה יותר (הנוזל), במהלך התנגשויות בין החלקיקים.

שאלה 1, בגרות תשע"ד 2014, שאלון 037201

השאלה עוסקת בשתי תגובות הפוכות זו לזו, (1) ו-(2), המתרחשות באותה טמפרטורה.

נתונים ניסוחי התגובות והערך של אנרגיית השפעול, E_a , לכל תגובה.



סעיף א'

הסבר על פי תורת ההתנגשויות מהי אנרגיית שפעול של תגובה.

התשובה:

אנרגיית שפעול היא האנרגיה המינימלית הדרושה לחלקיקי המגיבים המתנגשים בזווית מתאימה כדי ליצור תצמידים משופעלים, שעשויים להפוך לתוצרים (או: התנגשויות פוריות).

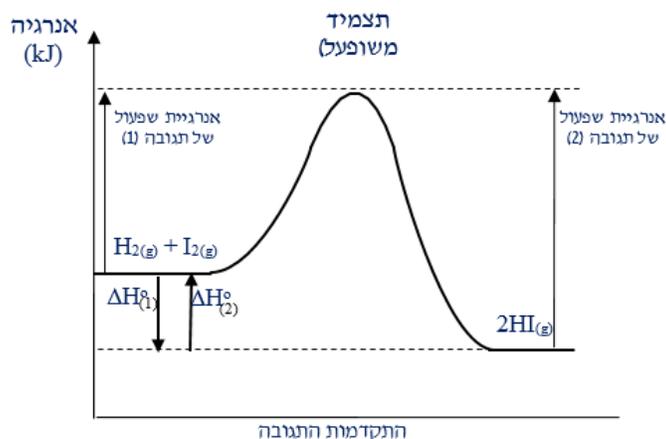
סעיף ב'

קבע איזו משתי התגובות הפוכות, (1) או (2), היא אקסותרמית ואיזו מהן היא אנדותרמית. שרטט גרף המתאר את השתנות האנרגיה במהלך שתי התגובות, והסבר בעזרתו את קביעתך.

התשובה:

תגובה (1) אקסותרמית.

תגובה (2) אנדותרמית.



הסבר מילולי לאנרגיות שפעול ול- ΔH°_1 ו- ΔH°_2 (אם לא צוינו בגרף):

תגובות (1) ו-(2) הן תגובות הפוכות, לכן אחת מהן תהיה אקסותרמית והשנייה אנדותרמית. אנרגיית השפעול (האנרגיה הדרושה לקבלת תצמיד משופעל כתוצאה מהתנגשויות בין מולקולות המגיבים) של התגובה האנדותרמית גבוהה יותר, כלומר התגובה האנדותרמית היא תגובה (2), ואילו תגובה (1) היא האקסותרמית.

שאלה 1, בגרות תשע"ג 2013, שאלון 037201

פתיח לשאלה

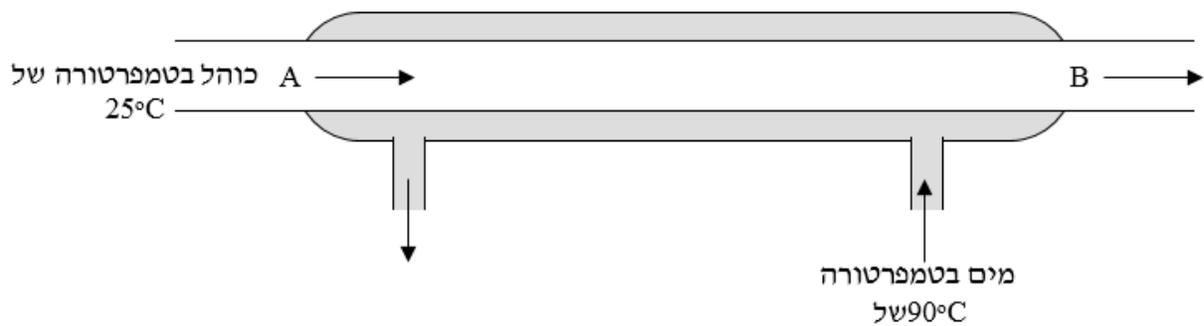
בשכבות העמוקות של כדור הארץ הטמפרטורות גבוהות. מים חמים המגיעים משכבות אלו, מנוצלים לאידוי כוהל.

כוהל במצב גז משמש להפעלת טורבינות לייצור חשמל.

מבצעים את התהליך בשני שלבים.

בשלב הראשון מחממים את הכוהל הנוזלי.

האיור שלפניך מתאר את זרימת הנוזלים בצינורות **בשלב הראשון**.



סעיף א'

קבע אם האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות הכוהל ביציאה מהצינור (B) גבוהה מן האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות הכוהל בכניסה לצינור (A), נמוכה ממנה או שווה לה. **נמק.**

התשובה:

גבוהה יותר.

אנרגיה עוברת (בצורה חום) מהמים בטמפרטורה גבוהה לכוהל בטמפרטורה נמוכה. לפי כך עברה אנרגיה מהמים לכוהל שנכנס לצינור והאנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות הכוהל היוצא מהצינור גבוהה יותר מהאנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות הכוהל שנכנסו לצינור.

סעיף ב'

בשלב השני של התהליך הכוהל הופך לגז. בטבלה שלפניך מוצגים נתונים על שני הכהלים: אתאנול ו-2-בוטאנול.

2-בוטאנול $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3(l)$	אתאנול $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(l)$	
372	351	טמפרטורת רתיחה (K)
49.6	42.3	אנתלפיית אידוי* ב- 298 kJ/mol K

*אנתלפיית אידוי - כמות האנרגיה הדרושה לאידוי **1 מול** נוזל. היעזר בטבלה וקבע איזה כוהל - אתאנול או 2-בוטאנול - מתאים לשמש להפעלת טורבינות בתהליך המתואר. **נמק.**

התשובה:

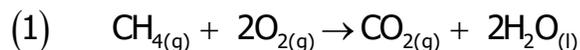
אתאנול.

בשלב השני הכוהל הופך לגז. כלומר, נדרש כוהל שהמים יכולים לאדות אותו. טמפרטורת הרתיחה של אתאנול היא 78°C (351 K) ושל 2-בוטאנול 99°C (372 K). נתון כי מים בטמפרטורה של 90°C מחממים את הכוהל. הכוהל המתאים הוא זה שטמפרטורת הרתיחה שלו נמוכה מ- 90°C , ומים בטמפרטורה זו יכולים לגרום לאידוי שלו (מנוזל לגז).

שאלה 1, בגרות תשע"ב 2012, שאלון 037201

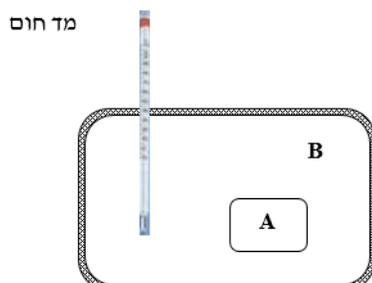
פתיח לשאלה

בשנים האחרונות התגלו לאורך חופי הארץ מאגרי ענק של גז טבעי. גז טבעי הוא תערובת גזים שהמרכיב העיקרי בה הוא מתאן, $\text{CH}_4(\text{g})$, שמשתמשים בו כדלק. נתונה תגובת שרפה של מתאן:



הכניסו לכלי סגור A $\text{CH}_4(\text{g})$ וחמצן, $\text{O}_2(\text{g})$.

הכניסו את כלי A לתוך מכל מבודד B, המכיל מים, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, (ראה תרשים).



הציתו את תערובת הגזים בכלי A, והתרחשה תגובה (1). במהלך התגובה עברה אנרגיה מכלי A למים שבמכל B. מדדו את טמפרטורת המים במכל B מרגע ההצתה במשך 30 דקות. החל מהדקה ה-11 עד סיום המדידות טמפרטורת המים נשארה קבועה.

סעיף א'

תת-סעיף i

מהי המערכת, ומהי הסביבה בניסוי?

התשובה:

המערכת: החומרים הנמצאים בכלי A - המגיבים והתוצרים.
הסביבה: המים שבמכל B.

תת-סעיף ii

הסבר מדוע היה צורך להצית את תערובת הגזים בכלי A כדי שתתרחש תגובה (1).

התשובה:

לתגובת השרפה של מתאן אנרגיית שפעול גבוהה. כדי שהתגובה תתחיל, מציתים את תערובת הגזים בכלי A והאנרגיה הקינטית הממוצעת עולה. לכן יהיו מולקולות להן אנרגיה קינטית גבוהה מאנרגיית השפעול, כעת יהיה סיכוי לקבלת התנגשויות שייצרו תצמיד משופעל ובהמשך התנגשויות פוריות ביחידת זמן, ולכן התגובה מתרחשת.

סעיף ב'

תת-סעיף i

קבע אם האנרגיה הפנימית של התוצרים בתגובה (1) גבוהה מהאנרגיה הפנימית של המגיבים, נמוכה ממנה או שווה לה. **נמק.**

התשובה:

האנרגיה הפנימית של תוצרי התגובה נמוכה מהאנרגיה הפנימית של המגיבים, כי עברה אנרגיה מהמערכת בכלי A למים במכל B (או: תגובה אקסותרמית).

תת-סעיף ii

קבע אם האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות המים במכל B עלתה, ירדה או לא השתנתה ב- 10 הדקות הראשונות של ניסוי I. **נמק.**

התשובה:

הטמפרטורה בכלי B עלתה.

אנרגיה עברה מהמערכת בכלי A למים במכל B ולכן האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות המים בכלי B עלתה.

היות והטמפרטורה היא מדד לאנרגיה קינטית ממוצעת, לכן הטמפרטורה בכלי B עלתה.

שאלה 2, בגרות תשע"ב 2012, שאלון 037201

פתיח לשאלה

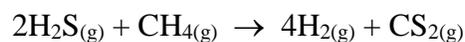
לכלי סגור, המוחזק בטמפרטורה קבועה T, הכניסו שני חומרים. בכלי התרחשה תגובה בין שני החומרים והתקבלו שני תוצרים. בטבלה שלפניך מוצגים ריכוזי החומרים שנמדדו במהלך התגובה.

[CS _{2(g)}] (M)	[H _{2(g)}] (M)	[CH _{4(g)}] (M)	[H _{2S(g)}] (M)	זמן (שניות)
0	0	0.80	1.00	0
0.10	0.40	0.70	0.80	10

סעיף א'

נסח ואזן את התגובה שהתרחשה בכלי במשך 30 השניות הראשונות.

התשובה:



נימוק: מהטבלה ניתן לראות כי ריכוז המגיבים ירד וריכוז התוצרים עלה ובנוסף את יחסי המולים בתגובה המתרחשת.

סעיף ב'

קבע אם במהלך התגובה קצב התגובה הישירה גדל, קטן או לא משתנה. **נמק.**

התשובה:

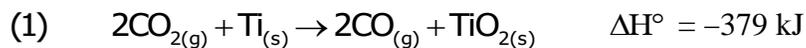
קצב התגובה הישירה (מהמגיבים לתוצרים) קטן.

במהלך אותו פרק זמן (10 שניות) ריכוז המגיבים הולך וקטן, לכן יהיו פחות סיכוי להתנגשויות בין החלקיקים. יתקבלו פחות תצמידים משופעלים ופחות התנגשויות פוריות ביחידת זמן ולכן קצב התגובה הישירה קטן.

שאלה 1, בגרות תשע"א 2011, שאלון 037201

סעיף א'

נתונה תגובה (1):



לפניך שני היגדים (a) ו-(b). איזה מההיגדים מסביר נכון מדוע מבצעים את תגובה (1) בטמפרטורה 1173 K ולא בטמפרטורה 298 K?

- (a) ב- 1173 K אנרגיית השפעול של תגובה (1) נמוכה מאנרגיית השפעול של תגובה זו ב- 298 K.
 (b) ב- 1173 K ליותר חלקיקים של המגיבים בתגובה (1) יש אנרגיה מספקת כדי ליצור תצמידים משופעלים.

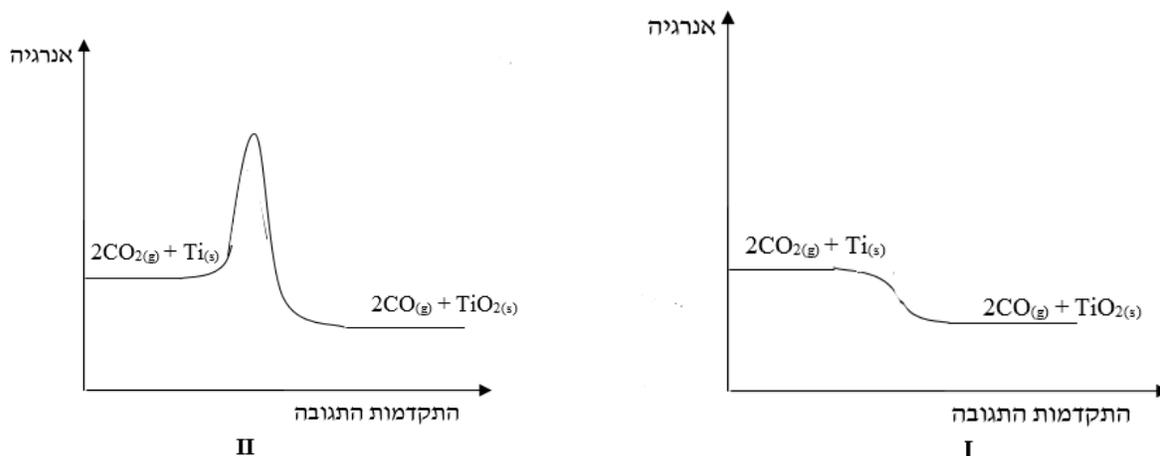
התשובה:

היגד (b) נכון.

נימוק: אנרגיית שפעול הוא גודל המאפיין תגובה. לכן עבור התגובה האמורה אנרגיית השפעול זהה בטמפרטורות השונות.

סעיף ב'

איזה מהגרפים II-I שלפניך מתאר נכון את השתנות האנרגיה במהלך תגובה (1)?
 הסבר מדוע פסלת את הגרף האחר.

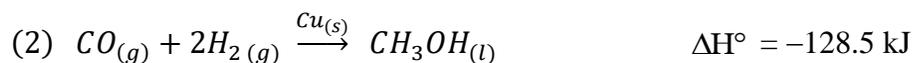


התשובה:

גרף II הוא הגרף שמתאר נכון את השתנות האנרגיה במהלך תגובה (1).
 לכל תגובה יש אנרגיית שפעול. גרף I אינו נכון כי לא מופיעה בו אנרגיית השפעול.

סעיף ג'

גם מתאנול, $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$, יכול לשמש דלק. אפשר לנצל $\text{CO}_{(g)}$ ומימן, $\text{H}_2_{(g)}$, להפקת $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$ על פי תגובה (2):



תגובה (2) מתרחשת ב- 323 K. מבצעים את תגובה (2) ב- 323 K בנוכחות זרז - נחושת, $\text{Cu}_{(s)}$.

תת-סעיף i

הסבר מדוע מבצעים את התגובה בנוכחות זרז.

התשובה:

ללא זרז התגובה איטית - יש לתגובה זו אנרגיית שפעול גדולה. בנוכחות זרז נוצר תצמיד משופעל שונה הדורש אנרגיית שפעול קטנה יותר (או: התגובה מתרחשת במסלול חלופי עם אנרגיית שפעול קטנה יותר), לכן יהיה סיכוי גבוה יותר לקבל תצמידים משופעלים ויותר התנגשויות פוריות ביחידת זמן וקצב התגובה יגדל.

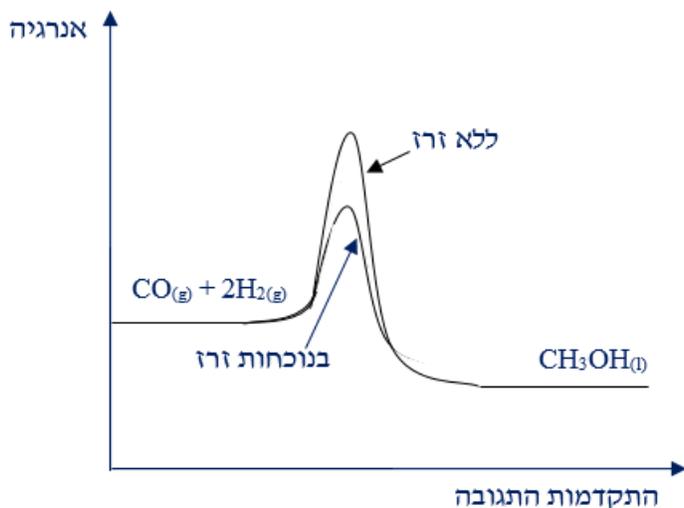
תת-סעיף ii

סרטט באותה מערכת צירים שתי עקומות, המתארות באופן סכמטי את השתנות האנרגיה במהלך תגובה (2):

- עקומה אחת - עבור התגובה ללא זרז.

- עקומה שנייה - עבור התגובה בנוכחות הזרז $\text{Cu}_{(s)}$.

התשובה:



סעיף ד'

הועלתה הצעה לבצע את תגובה (2) בטמפרטורה 333 K .
קבע אם ב- 333 K קצב התגובה יהיה גדול יותר מקצב התגובה ב- 323 K , קטן ממנו או שווה לו.
נמק.

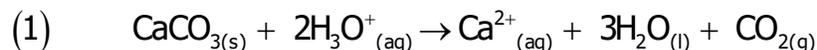
התשובה:

קצב התגובה יהיה גדול יותר.
בטמפרטורה גבוהה יותר, האנרגיה הקינטית הממוצעת של החלקיקים תהיה גדולה יותר (טמפרטורה היא מדד לאנרגיה קינטית ממוצעת).
לכן יהיו יותר התנגשויות ובעוצמה גבוהה יותר ביחידת זמן, יגדל הסיכוי ליצירת תצמידים משופעלים ומספר ההתנגשויות הפוריות ביחידת זמן, וקצב התגובה יעלה.

שאלה 2, בגרות תשע"א 2011, שאלון 037201

פתיח לשאלה

ביצעו שלושה ניסויים I, II, III. בכל אחד מהניסויים התרחשה תגובה (1).



ניסוי I הוסיפו 0.2 גרם גרגרי אבן גיר ל- 30 מיליליטר תמיסה של חומצת מימן כלורי, $\text{HCl}_{(aq)}$,

בריכוז 1 M בטמפרטורה של 25°C .

סעיף א'

ניסוי II הוסיפו 0.2 גרם גרגרי אבן גיר ל- 30 מיליליטר תמיסה של חומצת מימן כלורי, $\text{HCl}_{(aq)}$,

בריכוז 0.2 M בטמפרטורה של 25°C .

קבע אם בדקה הראשונה קצב התגובה בניסוי II גדול מקצב התגובה בניסוי I, קטן ממנו או שווה לו. **נמק.**

התשובה:

קצב התגובה בניסוי II נמוך מקצב התגובה בניסוי I.

ככל שריכוז החומצה קטן יותר, מספר ההתנגשויות בכלל והפוריות בפרט קטן יותר, הסיכוי לקבלת תצמידים משופעלים והתנגשויות פוריות ביחידת זמן קטן יותר וקצב התגובה קטן יותר.

ריכוז החומצה בניסוי II נמוך מריכוז התמיסה בניסוי I, ולכן קצב התגובה בניסוי II נמוך יותר.

סעיף ב'

ניסוי III הוסיפו חתיכת אבן גיר (במקום גרגירים) שמסתה 0.2 גרם ל- 30 מיליליטר תמיסה של

חומצת מימן כלורי, $\text{HCl}_{(aq)}$, בריכוז 1 M בטמפרטורה של 25°C .

קבע אם בדקה הראשונה קצב התגובה בניסוי III גדול מקצב התגובה בניסוי I, קטן ממנו או שווה לו. **נמק.**

התשובה:

קצב התגובה בניסוי III נמוך מקצב התגובה בניסוי I.

נימוק: בניסוי III הוסיפו חתיכת אבן ששטח הפנים שלה קטן יותר משטח הפנים של הגרגירים שהוספו בניסוי I. לכן הסיכוי למספר ההתנגשויות קטן יותר, הסיכוי לקבלת תצמידים משופעלים והתנגשויות פוריות ביחידת

זמן קטן יותר וקצב התגובה קטן יותר.

שאלה 7, בגרות תשס"ו 2006, שאלון 918651

פתיח לשאלה

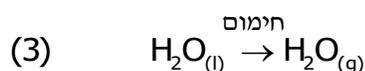
לפניך שתי תגובות של אתאנול, $C_2H_5OH_{(l)}$, עם חמצן, $O_{2(g)}$:



סעיף א'

נסח את תהליך האיידוי של מים.

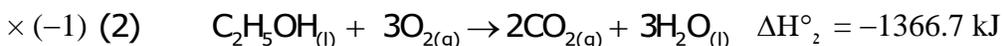
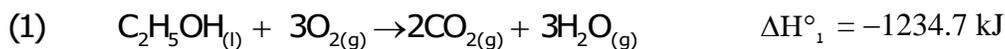
התשובה:



סעיף ב'

חשב את האנרגיה הדרושה כדי לאדות 3 מול מים. **פרט את חישוביך.**

התשובה:



$$3\Delta H^\circ_3 = -1234.7 + 1366.7 = 132 \text{ kJ}$$

שאלה 1 ז', בגרות תשס"ג 2003, שאלון 918651

לפניך שני ניסוחים של תגובת שרפה אקסותרמית של גפרית, $S_{8(s)}$:



מהי הקביעה הנכונה?

1. ΔH°_1 שווה ל- ΔH°_2 , כי בשני הניסוחים גפרית מגיבה עם חמצן.
2. ΔH°_1 שווה ל- ΔH°_2 , כי שניהם מבטאים שינוי באנתלפיה של אותה תגובה.
3. ΔH°_1 שונה מ- ΔH°_2 , כי בכל אחד מהניסוחים יש מספר מולים שונה של גופרית(תשובה נכונה)
4. בלי נתונים נוספים אי-אפשר לדעת אם ΔH°_1 שווה ל- ΔH°_2 .

הנימוק :

שינוי האנתלפיה בתגובה נתונה תלוי במספר מולים של החומרים בניסוח תגובה.

ΔH°_1 מבטא שינוי האנתלפיה בשריפת 1/8 מול גפרית.

ΔH°_2 מבטא שינוי האנתלפיה בשריפת 1 מול גפרית.

החומרים המשתתפים בתגובה זהים, אבל היות ובשני ניסוחי התגובה מגיבים כמויות שונות של מולים, ערכה של האנרגיה הנפלטת שונה.

שאלה 6, בגרות תשס"ג 2003, שאלון 918651

פתיח לשאלה

במבער המשמש לריתוך ולחימום משתמשים בגז אצטילן.

אצטילן, $C_2H_2(g)$, מגיב עם חמצן, $O_2(g)$, בתגובת שרפה:



סעיף א'

מהי כמות האנרגיה המשתחררת בשריפת 130 גרם אצטילן? פרט את חישוביך.

התשובה:

המסה המולרית של $C_2H_2(g)$: 26 gr/mol

$$\frac{130 \text{ gr}}{26 \text{ gr / mol}} = 5 \text{ mol} \quad \text{מספר המולים של } C_2H_2(g) \text{ שנשרפים:}$$

$$1257 \text{ kJ} \times 5 \text{ mol} = 6285 \text{ kJ} \quad \text{כמות האנרגיה הנפלטת:}$$

סעיף ב'

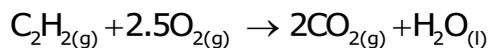
בתנאי מזג אוויר מסוימים, בתגובת שרפה של 1 מול אצטילן, הוא מגיב עם חמצן נוצרים מים במצב נוזל,

$H_2O(l)$, ופחמן דו-חמצני, $CO_2(g)$.

תת סעיף i

נסח תהליך שריפה של אצטילן.

התשובה:



תת סעיף ii

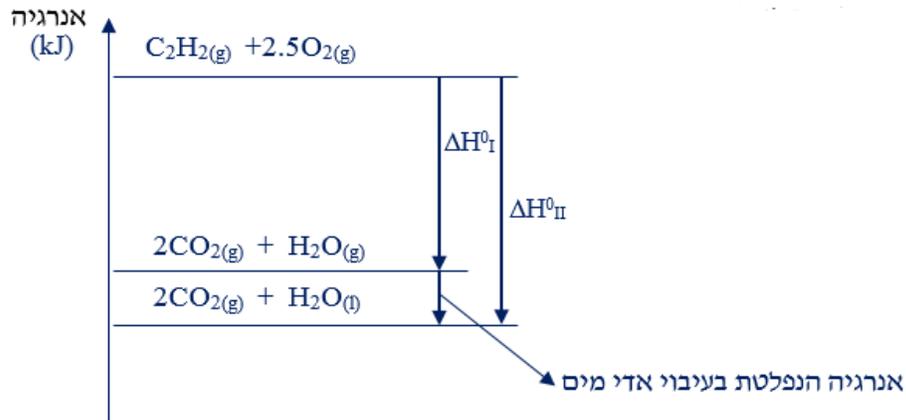
קבע אם בתנאים המתוארים תהיה כמות האנרגיה הנפלטת גדולה מכמות האנרגיה הנפלטת בתגובה I, קטנה

ממנה או שווה לה. נמק את קביעתך.

התשובה:

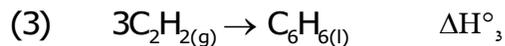
לנוזל אנרגיה פנימית גבוהה יותר כי באידוי הנוזל מושקעת אנרגיה כדי לנתק קשרים בין מולקולאריים (או: לגז יותר אופני תנועה מאשר לנוזל). כמות האנרגיה הנפלטת בתגובה זו תהיה גדולה יותר מאשר בתגובה I, כי בתהליך של הפיכת מים מגז לנוזל משתחררת אנרגיה (ל- $H_2O(l)$ תכולת אנרגיה נמוכה מזו של $H_2O(g)$).

או הסבר המסתמך על דיאגרמה:



סעיף ג'

בנון, $C_6H_6(l)$, הוא חומר מוצא להפקת תרכובות אורגניות רבות בתעשייה. נבדקת האפשרות לייצר בנון מאצטילן. ניסוח התגובה של קבלת בנון מאצטילן הוא:

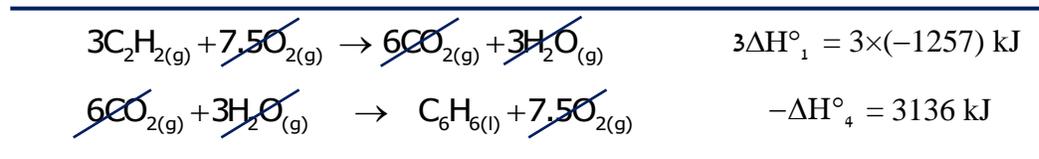


נתון ניסוח תגובת השרפה של בנון:



חשב ΔH°_3 (שינוי האנתלפיה של תגובה III). **פרט את חישוביך.**

התשובה:



שאלה 1 י"ב, בגרות תשס"ב 2002, שאלון 918651

לפניך ניסוחים של שלוש תגובות אנדותרמיות:



מהו הסדר הנכון של ערכי ΔH° על-פי גודלם?

$$.1 \quad \Delta H^\circ_3 > \Delta H^\circ_2 > \Delta H^\circ_1 \quad \text{(תשובה נכונה)}$$

$$.2 \quad \Delta H^\circ_2 > \Delta H^\circ_1 > \Delta H^\circ_3$$

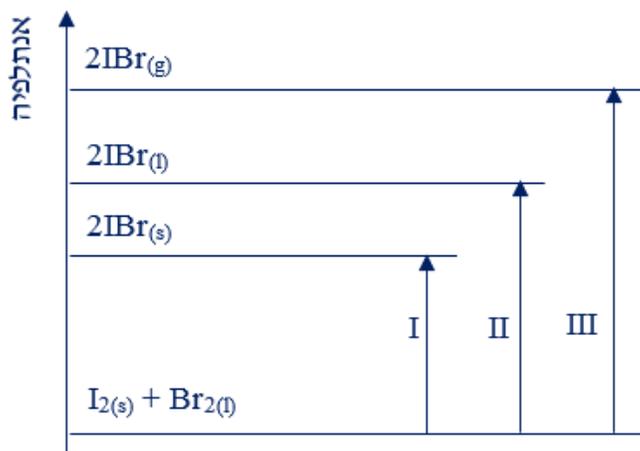
$$.3 \quad \Delta H^\circ_1 > \Delta H^\circ_3 > \Delta H^\circ_2$$

$$.4 \quad \Delta H^\circ_1 > \Delta H^\circ_2 > \Delta H^\circ_3$$

הנימוק:

האנרגיה הפנימית של גז גבוהה מהאנרגיה הפנימית של נוזל הגבוהה מהאנרגיה הפנימית של מוצק: בהיתוך המוצק לנוזל מושקעת אנרגיה כדי להחליש קשרים בין החלקיקים, באידוי הנוזל מושקעת אנרגיה כדי לנתק קשרים בין החלקיקים (או: לגז יותר אופני תנועה מאשר לנוזל, ולנוזל יותר אופני תנועה מאשר למוצק). השוני בין שלושת התהליכים הוא שהתוצר בכל אחד מהם נמצא במצב צבירה שונה: בתהליך III התוצר במצב צבירה גזי, בתגובה II התוצר במצב צבירה נוזל ובתגובה I התוצר הוא גז. לכן האנרגיה הפנימית של תוצר III גבוהה מהאנרגיה הפנימית של תוצר II, והאנרגיה הפנימית של תוצר II גבוהה משל I. לכן כאשר התוצר הוא גז (תוצר III), נקלטת אנרגיה בשיעור הגבוה ביותר.

קל יותר לתלמידים להבין זאת בדיאגרמה בה רואים את שינוי האנתלפיה בכל תהליך והשוואה ביניהם. יש להתייחס לדיאגרמה איכותית בלבד.



שאלה 1 י"ג, בגרות תשס"ב 2002, שאלון 918651

נתון התהליך: $\text{NH}_3(\text{g}) + 3\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NF}_3(\text{g}) + 3\text{HF}(\text{g})$.
 לפניך סימולים של אנתלפיות קשר:

N-H	F-F	N-F	H-F	קשר
$\Delta H^\circ_{\text{N-H}}$	$\Delta H^\circ_{\text{F-F}}$	$\Delta H^\circ_{\text{N-F}}$	$\Delta H^\circ_{\text{H-F}}$	אנתלפיית הקשר

מהו ΔH° לתהליך הנתון?

$$\Delta H^\circ = \Delta H^\circ_{\text{N-H}} + 3\Delta H^\circ_{\text{F-F}} - \Delta H^\circ_{\text{N-F}} - 3\Delta H^\circ_{\text{H-F}} \quad .1$$

$$\Delta H^\circ = 3\Delta H^\circ_{\text{N-F}} + \Delta H^\circ_{\text{H-F}} - 3\Delta H^\circ_{\text{N-H}} - \Delta H^\circ_{\text{F-F}} \quad .2$$

$$\Delta H^\circ = 3\Delta H^\circ_{\text{N-H}} + 3\Delta H^\circ_{\text{F-F}} - 3\Delta H^\circ_{\text{N-F}} - 3\Delta H^\circ_{\text{H-F}} \quad .3$$

$$\Delta H^\circ = 3\Delta H^\circ_{\text{N-F}} + 3\Delta H^\circ_{\text{H-F}} - 3\Delta H^\circ_{\text{N-H}} - 3\Delta H^\circ_{\text{F-F}} \quad .4$$

הנימוק:

מומלץ לפתור שאלה מסוג זה במספר שלבים:

רישום נוסחות מבנה של החומרים:



קביעה: מהם הקשרים שניתקים והאנרגיה המושקעת בפירוק הקשרים, ומהם הקשרים הנוצרים והאנרגיה הנפלטת ביצירת הקשרים.

$$\Delta H^\circ = (3\Delta H^\circ_{\text{N-H}} + 3\Delta H^\circ_{\text{F-F}}) - (3\Delta H^\circ_{\text{N-F}} + 3\Delta H^\circ_{\text{H-F}}) \quad \text{חישוב } \Delta H^\circ \text{ לתהליך הנתון:}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}$ סכום הערכים של אנתלפיות קשר של המגיבים - הקשרים שמתפרקים	$\underbrace{\hspace{10em}}$ סכום הערכים של אנתלפיות קשר של התוצרים - הקשרים שנוצרים
---	--

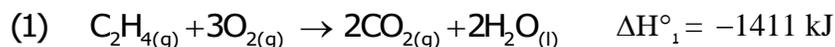
$$\Delta H^\circ = 3\Delta H^\circ_{\text{N-H}} + 3\Delta H^\circ_{\text{F-F}} - 3\Delta H^\circ_{\text{N-F}} - 3\Delta H^\circ_{\text{H-F}} \quad \text{לכן:}$$

הערה: במטרה למנוע טעויות בתשובה לשאלה זו יש לצייר את נוסחאות המבנה של המולקולות ובהמשך לשים לב לסיומנים ולמספר הקשרים בכל מולקולה.

שאלה 5, בגרות תשס"ב 2002, שאלון 918651

סעיף א'

אָתָן, $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$, מגיב עם חמצן, $\text{O}_2(\text{g})$, בתגובת שרפה שניסוחה:



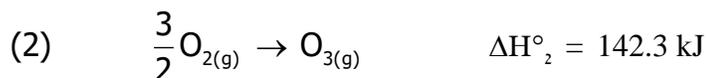
אפשר לבצע את תגובת השרפה של אָתָן עם אוזון, $\text{O}_3(\text{g})$, ולקבל אותם תוצרים.
נסח את תגובת השרפה של אָתָן עם אוזון.

התשובה:



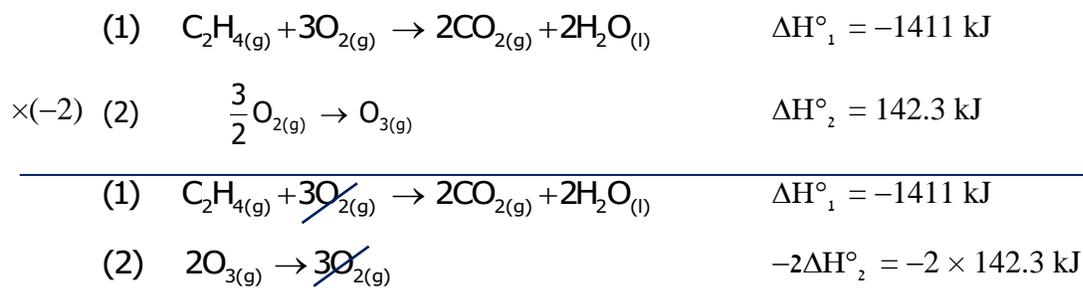
סעיף ב'

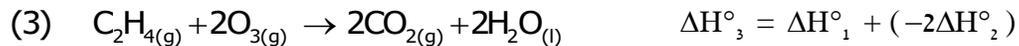
אוזון נוצר מחמצן בתגובה:



חשב את השינוי באנתלפיה בתגובה של 1 מול אָתָן עם אוזון. **פרט את חישוביך.**

התשובה:





$$\Delta H^\circ_3 = -1411 \text{ kJ} + (-2 \times 142.3 \text{ kJ}) = -1695.6 \text{ kJ}$$

סעיף ג'

נלקחים שני כלים, בכל אחד מהם חצי ליטר מים. מתחת לכלי ראשון שורפים 8 גרם אתן עם חמצן, ומתחת לכלי השני שורפים 10 גרם אתן עם אוזון.

תת סעיף i

קבע אם האנרגיה הפנימית של המים עולה במהלך השריפה של האתן, יורדת או נשארת ללא שינוי? **נמק את**

קביעתך.

התשובה:

האנרגיה הפנימית של המים עולה.

השריפה היא תהליך אקסותרמי, ולכן מועברת אנרגיה בתהליך השריפה אל המים והאנרגיה הפנימית של המים עולה.

תת סעיף ii

באיזה משני הכלים השינוי באנרגיה הפנימית גבוה יותר? **הסבר.**

התשובה:

השינוי בכלי השני גדול יותר.

לאוזון אנרגיה פנימית גבוהה יותר מלחמצן (היות והתגובה בה חמצן הופך לאוזון היא אנדותרמית), לכן בשריפה של אתן עם אוזון נפלטת יותר אנרגיה (או: על פי החישובים שנעשו בסעיף הקודם שריפת אתן עם אוזון פולטת יותר אנרגיה).

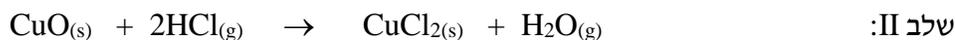
כמו כן נתון כי נלקחה מסה גבוהה יותר של אתן בשריפה עם האוזון, ולכן השינוי (או העלייה) באנרגיה הפנימית בכלי השני היה גדול יותר.

הערה: אפשר להוכיח בעזרת חישובים.

שאלה 12, בגרות תשס"ב 2002, שאלון 918651

סעיף א'

כדי לבצע את תהליך ההפקה של $\text{Cl}_2(\text{g})$ בטמפרטורה של 150°C , הכניסו לכלי נחושת כלורית, $\text{CuCl}_2(\text{s})$.
התהליך מתרחש בשני שלבים:



כיצד יושפע קצב התגובה לקבלת $\text{Cl}_2(\text{g})$ (יגדל, יקטן או לא ישתנה) אם:

תת-סעיף i

יגדילו את מספר מולי ה- $\text{O}_2(\text{g})$ בכלי בטמפרטורה קבועה ובנפח קבוע? **הסבר.**

התשובה:

קצב התגובה יגדל. בהעלאת ריכוז המגיב קיים סיכוי גבוה יותר להתנגשויות בין המולקולות, יתקבלו יותר תצמידים משופעלים ויותר התנגשויות פוריות ביחידת זמן ולכן קצב התגובה יעלה.

תת-סעיף ii

יגדילו את הלחץ בכלי על-ידי הקטנת הנפח בטמפרטורה קבועה? **הסבר.**

התשובה:

קצב התגובה יגדל. הגדלת הלחץ גורמת לעלייה בסיכוי למספר ההתנגשויות בין המולקולות. לכן יהיו יותר תצמידים משופעלים, יותר התנגשויות פוריות ויתקבל יותר תוצר ליחידת זמן.

סעיף ב'

נתון כי התגובה בשלב I איטית, והתגובה בשלב II מהירה. לאיזו מבין שתי תגובות עשויה להיות אנרגיית שפעול גדולה יותר? **הסבר.**

התשובה:

לתגובה בשלב I יש אנרגיית שפעול גדולה יותר.

התגובה היא איטית, כלומר יש מחסום אנרגטי גדול יותר. יהיה סיכוי קטן יותר שבהתנגשות בין החלקיקים יתקבלו תצמידים משופעלים ביחידת זמן ובהמשך התנגשויות פוריות ביחידת זמן, וקצב התגובה ירד.

סעיף ג'

איזה חומר מבין החומרים $\text{CuCl}_2(\text{s})$, $\text{HCl}(\text{g})$, $\text{CuO}(\text{s})$, משמש זרז בתהליך ההפקה של כלור ב- 150°C ? **הסבר.**

התשובה:

$\text{CuCl}_2(\text{s})$ הוא הזרז. זהו חומר שמגיב בשלב I של התגובה, ונוצר מחדש בשלב II. (סה"כ $\text{CuCl}_2(\text{s})$ אינו עובר שינוי.) **נימוק אחר:** הכנסת $\text{CuCl}_2(\text{s})$ אפשרה להוריד את הטמפרטורה בתהליך ההפקה, כלומר הוא הוריד את אנרגיית השפעול.

שאלה 1 י"ד, בגרות תשס"א 2001, שאלון 918651

נתונים התהליכים:



המצב התקני של זרחן הוא זרחן לבן, $P_{4(s)}$.

מהי האנרגיה הדרושה לקבלת 1 מול אטומי זרחן מהיסוד במצבו התקני (ב- kJ)?

1. 1265

2. $\frac{1265}{4}$ (התשובה הנכונה)

3. 1265-59

4. $\frac{1265 - 59}{4}$

הנימוק:

אנתלפיית הנדרשת: כמות האנרגיה הדרושה להעביר מול אחד של אטומי יסוד ממצב תיקני למצב של גז במצבו

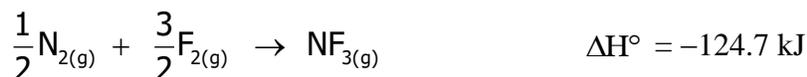
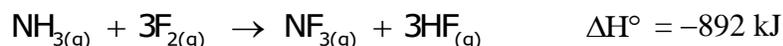


לכן צריך לחלק את הערך 1265 kJ ב- 4.

שאלה 7, בגרות תשס"א 2001, שאלון 918651

פתיח לשאלה

נתונות שתי תגובות:



לפניך נתונים של אנתלפיות קשר:

N-H	F-F	H-F	הקשר
391	158	565	$\Delta H^\circ \text{ kJ/mol}$

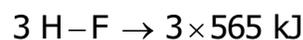
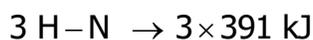
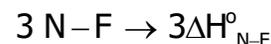
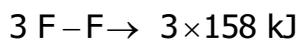
סעיף א'

חשב את אנתלפיית הקשר (הממוצעת) N-F בתרכובת $\text{NF}_{3(g)}$. פרט את חישוביך.

התשובה:



קשרים נוצרים (פליטת אנרגיה) קשרים ניתקים (השקעת אנרגיה)



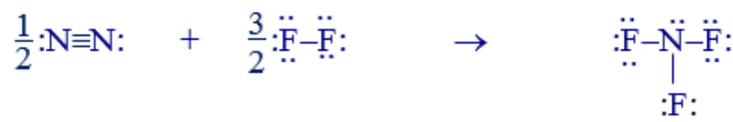
$$-892 = (3 \times 391 + 3 \times 158) - (3 \Delta H^\circ_{\text{N-F}} + 3 \times 565)$$

$$\Delta H^\circ_{\text{N-F}} = 281.3 \text{ kJ/mol}$$

סעיף ב'

חשב את אנתלפיית הקשר $\text{N} \equiv \text{N}$. פרט את חישוביך.

התשובה:



קשרים נוצרים (פליטת אנרגיה)



קשרים ניתקים (השקעת אנרגיה)



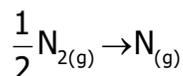
$$-124.7 = \frac{1}{2} \Delta H^\circ_{\text{N}=\text{N}} + \frac{3}{2} \times 158 - 3 \times 281.3$$

$$\Delta H^\circ_{\text{N}=\text{N}} = 964.4 \text{ kJ/mol}$$

סעיף ג'

תת-סעיף i

חשב את אנתלפיית התגובה :



התשובה:

$$\Delta H^\circ = \frac{1}{2} \Delta H^\circ_{\text{N}=\text{N}} = \frac{1}{2} \times 964.4 = 482.2 \text{ kJ}$$

בתהליך זה מתפרקים חצי מול של קשרי $\text{N} \equiv \text{N}$, כלומר ערך השווה למחצית אנתלפיית הקשר.

תת-סעיף ii

ציין מהו הגורם המשפיע על ההבדל באנתלפיית הקשר $\text{F} - \text{F}$ לעומת אנתלפיית הקשר $\text{N} \equiv \text{N}$.

התשובה:

הגורם המשפיע הוא סדר קשר גדול יותר בין אטומי החנקן לעומת הקשר בין אטומי פלואור.

סעיף ד'



האם התגובה המנוסחת היא אקסותרמית או אנדותרמית? נמק במונחים של מבנה וקישור.

התשובה:

התגובה אקסותרמית.

בתגובה נוצרים קשרים (קשרי מימן) בין מולקולות האמוניה לבין מולקולות המים (מעבר מחומר במצב גז, שבו אין קשרים בין המולקולות, לחומר מומס, שבו יש קשרים בין-מולקולריים בין מולקולות הממס והמומס). כאשר נוצרים קשרים נפלטת אנרגיה, כלומר התהליך אקסותרמי.

שאלה 3, בגרות תש"ס 2000, שאלון 037201

המתאן, $\text{CH}_4(\text{g})$ (גז טבעי), משמש בכמה מדינות כמקור למימן. המימן מתקבל בשני שלבי פירום: ראשוני ומשני. לפירום הראשוני שתי אפשרויות המתוארות בתהליכים (1) ו-(2):



התנאים שבהם מתבצעות התגובות של הפירום הראשוני הם:

- טמפרטורה גבוהה של כ- 700°C .

- לחץ גבוה של כ- 20 אטמוספרות.

- נוכחות זרז.

איזה מהתנאים או אילו מהתנאים המפורטים לעיל משפיעים על קצב התגובה? **הסבר**.

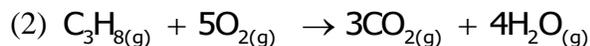
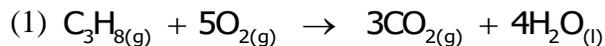
התשובה

שלושת התנאים משפיעים על מהירות התגובה בפירום הראשוני:

- טמפרטורה גבוהה מעלה את האנרגיה הקינטית של המולקולות. לכן יהיו יותר התנגשויות ובעוצמה גבוהה יותר. יתקבלו יותר תצמידים משופעלים ויותר התנגשויות פוריות ביחידת זמן ולכן קצב התגובה יעלה.
- לחץ גבוה גורם להגדלת הריכוזים של הגזים ולכן יהיה סיכוי גבוה יותר להתנגשויות של החלקיקים לבין שטח הפנים של הזרז. יתקבלו יותר תצמידים משופעלים ויותר התנגשויות פוריות ביחידת זמן ולכן קצב התגובה יעלה.
- נוכחות הזרז מאפשרת לתהליך להתרחש במנגנון שונה בו אנרגיית השיפעול נמוכה יותר. יהיה סיכוי שווה להתנגשויות בין החלקיקים, אבל היות ואנרגיית השיפעול נמוכה יותר, יתקבלו יותר תצמידים משופעלים ויותר התנגשויות פוריות ביחידת זמן ולכן קצב התגובה יעלה.

שאלה 1 י"א, בגרות תש"ס 2000, שאלון 918651

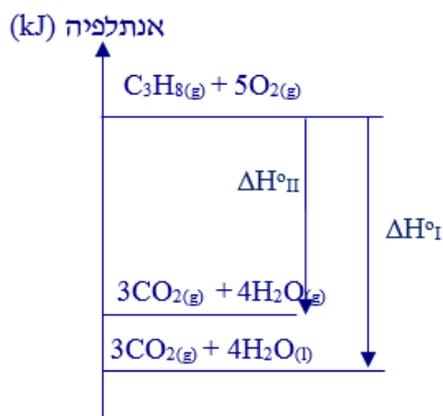
לפניך ניסוחים של שתי תגובות שריפה:



מהי הקביעה הנכונה?

1. בשתי התגובות נפלטת כמות שווה של אנרגיה מכיוון שבשתיהן המגיבים זהים.
2. **בתגובה (1) נפלטת אנרגיה רבה יותר מהאנרגיה שנפלטת בתגובה (2) (תשובה נכונה).**
3. בתגובה (1) נקלטת אנרגיה רבה יותר מהאנרגיה שנקלטת בתגובה (2).
4. בשתי התגובות נפלטת אנרגיה, אך לא ניתן לקבוע באיזו מהן נפלטת אנרגיה רבה יותר.

הנימוק:



נתון כי שתי התגובות אקסותרמיות.

המגיבים בשתי התגובות זהים. התוצרים נבדלים במצב צבירה של המים. האנרגיה הפנימית של תוצרי התגובה (2) נמוכה יותר מזו של תוצרי התגובה (1) כי למים במצב נוזלי אנרגיה פנימית נמוכה מזו של אדי המים. לכן בתגובה (1) נפלטת אנרגיה רבה יותר מהאנרגיה שנפלטת בתגובה (2). האנרגיה הפנימית של גז גבוהה מהאנרגיה הפנימית של נוזל כי במעבר מנוזל לגז מושקעת אנרגיה לניתוק הקשרים בין החלקיקים (או: לגז יותר אופני תנועה מאשר לנוזל).

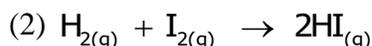
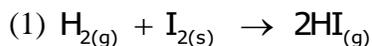
שאלה 5, בגרות תש"ס 2000, שאלון 918651

פתיח לשאלה

שינוי האנתלפיה בתהליך $I_{2(s)} \rightarrow I_{2(g)}$ הוא $\Delta H^\circ = 62.2 \text{ kJ/mol}$.

סעיף א'

לפניך ניסוחים של שני תהליכים, (1) ו-(2). רק אחד משני התהליכים הוא אקסותרמי.



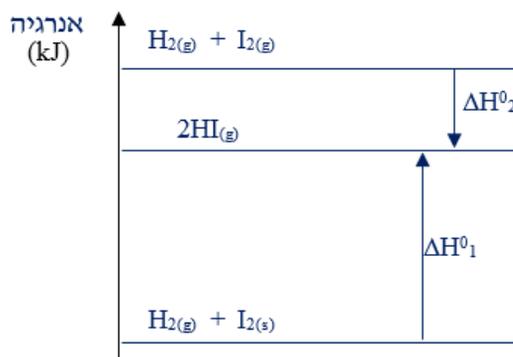
תת-סעיף i

איזה מבין שני תהליכים, (1) ו-(2) הוא התהליך האקסותרמי? נמק.

התשובה:

תהליך (2) הוא התהליך האקסותרמי.

נימוק:



נימוק אפשרי נוסף (מילולי):

לגז אנרגיה פנימית גבוהה יותר ממוצק היות ובמעבר ממוצק לגז מושקעת אנרגיה כדי לנתק קשרים בין החלקיקים (או: לגז יותר אופני תנועה מאשר למוצק).

בשתי התגובות התוצרים זהים ולכן האנרגיה הפנימית שלהם זהה.

בתגובה (1) היוד מוצק לכן למגיבים אנרגיה פנימית נמוכה יותר מהמגיבים בתגובה השנייה בה היוד גז.

לפיכך למגיבים בתגובה (2) אנרגיה פנימית גבוהה יותר מהתוצרים והתגובה אקסותרמית.

תת-סעיף ii

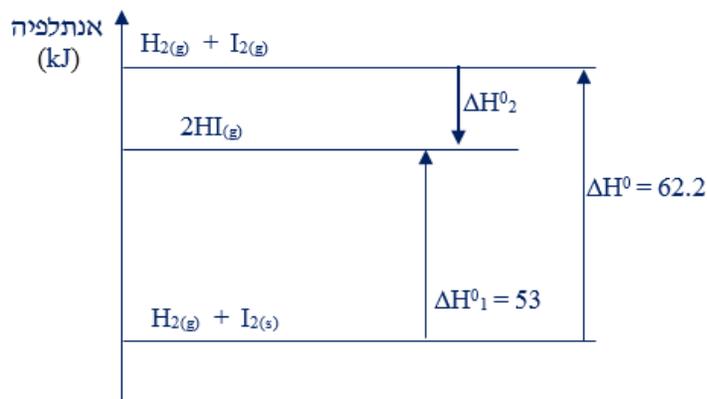
שינוי האנתלפיה, ΔH° , בתהליך האנדותרמי הוא $\Delta H^\circ = 53 \text{ kJ}$.

חשב את שינוי האנתלפיה, ΔH° , בתהליך האקסותרמי. פרט את הישוביך.

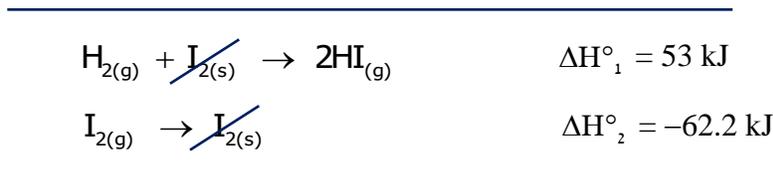
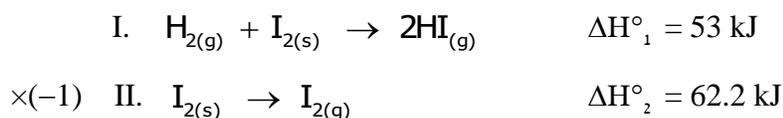
התשובה:

שינוי האנתלפיה בתהליך האקסותרמי הוא $\Delta H^\circ_2 = -9.2 \text{ kJ}$

$$\Delta H^\circ_2 = 53 - 62.2 = -9.2 \text{ kJ}$$



אפשרות נוספת לתשובה היא באמצעות ניסוח תהליכים:



הערה: חשוב לשים לב בתשובה לסעיף זה: לא לחשב את השינוי באנתלפיה בעזרת אנתלפיות קשר, היות ואחד החומרים אינו במצב צבירה גז.

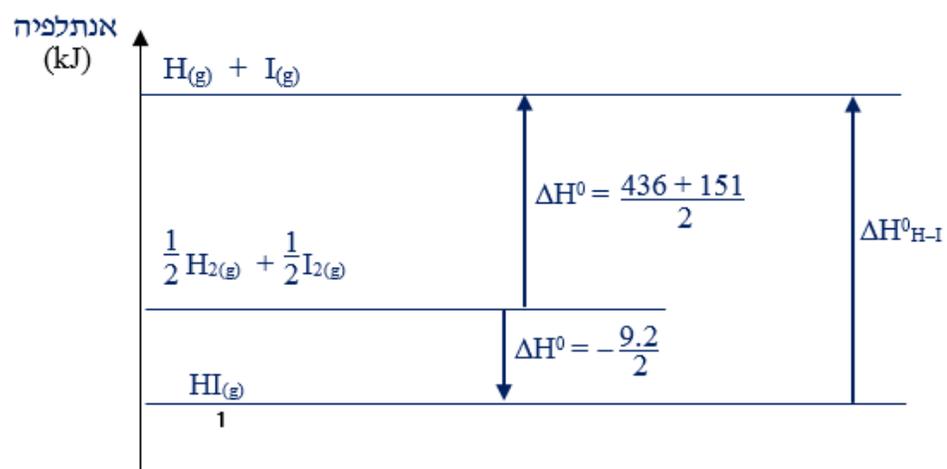
סעיף ג'

חשב את אנתלפיית הקשר H-I. הסתמך על הסעיפים הקודמים ועל אנתלפיית הקשר: אנתלפיית הקשר H-H היא $\Delta H^\circ_{\text{H-H}} = 436 \text{ kJ/mol}$.

אנתלפיית הקשר I-I היא $\Delta H^\circ_{\text{I-I}} = 151 \text{ kJ/mol}$.

פרט את חישוביך.

התשובה:



אנתלפיית הקשר H-I היא $\Delta H^\circ_{\text{H-I}} = 298.1$

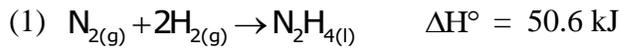
שאלה 5, בגרות תשנ"ח 1998 שאלון 918651

סעיף א'

תת-סעיף i

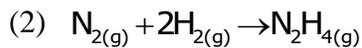
לפניך ניסוחים של שני תהליכים:

תהליך (1) הוא תהליך קבלה של הידרזין נוזלי, $N_2H_4(l)$:



התשובה:

תהליך (2) הוא תהליך קבלה של הידרזין במצב צבירה גזי, $N_2H_4(g)$:

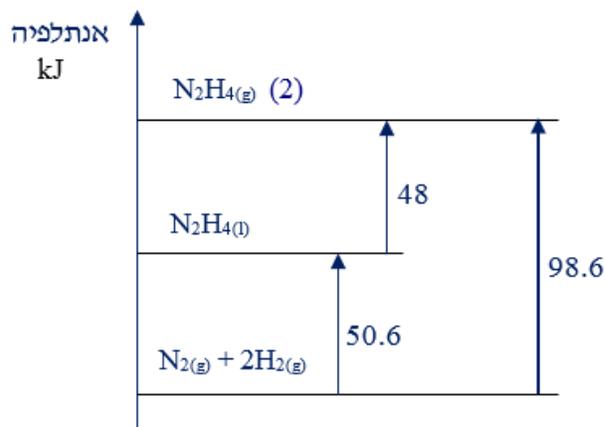


תת-סעיף ii

שינוי האנתלפיה בתהליך האיזוי של הידרזין הוא $\Delta H_b^\circ = 48 \text{ kJ/mol}$.

חשב את שינוי האנתלפיה בתהליך (2). **פרט את חישוביך.**

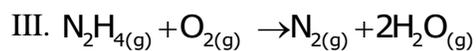
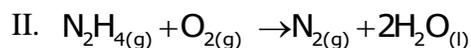
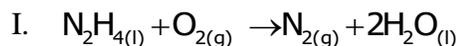
התשובה:



$$\Delta H_2^\circ = \Delta H_1^\circ + \Delta H_b^\circ = 50.6 + 48 = 98.6 \text{ kJ}$$

סעיף ב'

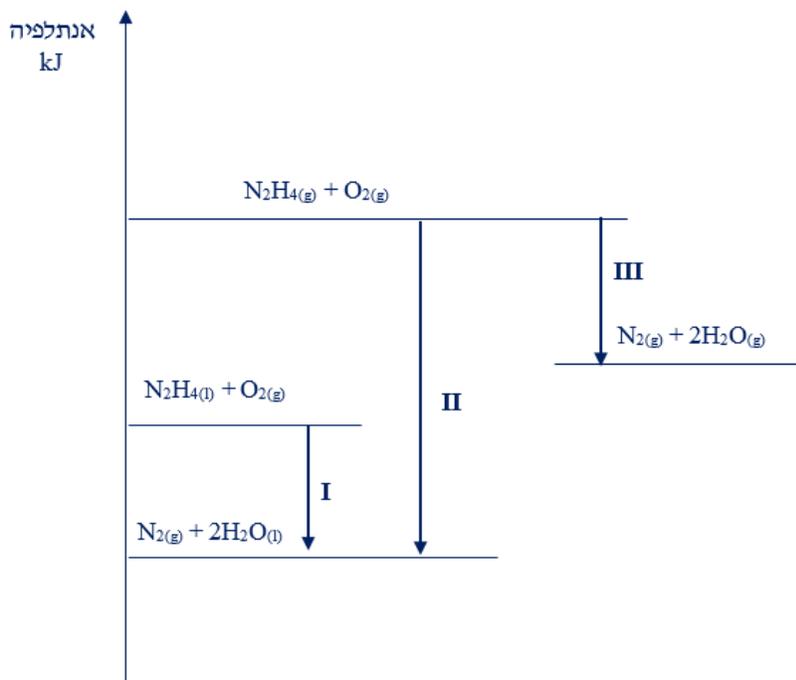
לפניך ניסוחים של שלוש תגובות בין הידרזין לחמצן. כל התגובות הן אקסותרמיות.



באיזו תגובה מבין השלוש משתחררת כמות האנרגיה הגדולה ביותר? **נמק.**

התשובה:

בתגובה II משתחררת כמות האנרגיה הגדולה ביותר.



נימוק אפשרי נוסף (מילולי):

לגז אנרגיה פנימית גבוהה יותר ובמעבר מנוזל לגז מושקעת אנרגיה כדי לנתק קשרים בין החלקיקים (או: לגז יותר אופני תנועה מאשר לנוזל).

בתהליכים II ו-III האנרגיה הפנימית גבוהה מהאנרגיה הפנימית של תגובה I, היות וההידרזין בשני התהליכים במצב צבירה גז.

בתגובות I ו-II לתוצרים אנרגיה פנימית נמוכה יותר מהתוצרים בתגובה III, היות ובתגובות אלו המים במצב צבירה נוזל לעומת גז בתגובה III.

לפיכך ההפרש הגדול ביותר באנרגיה הפנימית בין המגיבים לתוצרים יהיה בתגובה II (למגיבים יותר אנרגיה ולתוצרים פחות אנרגיה) ובתגובה זו תשתחרר האנרגיה הגבוהה ביותר.