

## מה מתרחש בתגובה כימית?



### חלק ראשון - מהות המושג תגובה כימית

כימיה היא מדע העוסק בחקר החומר והשינויים המתחוללים בו. הכימיה ממלאת תפקיד חשוב בהבנת העולם הסובב אותנו, ועוזרת לנו לפתח חומרים חדשים למען איכות החיים והסביבה שלנו. כשמדובר על שינויים המתחוללים בחומר, חלק מהשינויים הם בתגובות הכימיות.

תגובה כימית כרוכה, בדרך כלל, בשבירה של קשרים כימיים במגיבים וביצירה של קשרים כימיים חדשים בתוצרים. בשלב זה נעסוק רק בתגובות כימיות שבהן המגיבים והתוצרים הם חומרים מולקולריים. נתבונן באיור הבא, איור מספר 1, ובו האותיות השרירותיות A, B, C וגם D מייצגות אטומים מהטבלה המחזורית וקו ביניהן מייצג קשר קוולנטי.

### איור מספר 1 - סוגי תגובות בסיסיות בכימיה

בתגובות המפורטות בהמשך, כל החלקיקים (אטומים ומולקולות) הם במצב גזי.



1. בעבור כל תגובה השלימו את הטבלה הבאה:

תוצרים		מגיבים		
אם נוצרים קשרים בין מי למי נוצר הקשר?	האם קשרים נוצרים בתוצרים (כן או לא)?	אם נשברים קשרים בין מי למי נשבר הקשר?	האם קשרים נשברים במגיבים (כן או לא)?	מספר תגובה
				1
				2
				3
				4

נחזור לתגובה של השאלה האמריקאית:  $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$ .

2. בצעו את הפעולות הבאות:

### מגיבים

א. רשמו נוסחת ייצוג אלקטרונית של מולקולות המגיבים.

ב. בנו מודלים לשני סוגי מולקולות המגיבים וצלמו את המודלים שבניתם.

### תוצרים

ג. רשמו נוסחת ייצוג אלקטרונית של מולקולת התוצרים.

**מעבר ממגיבים לתוצרים** – התארגנות אחרת של האטומים - בעזרת המודלים

ד. עליכם לקחת את מולקולות המגיבים שבניתם בסעיף ב', לערוך בהן שינוי כך שייוצרו התוצרים. פרטו מה עשיתם כדי לבצע את הפעולה. השתמשו בתיאור במושגים "ניתקנו קשר בין האטומים... ויצרנו קשר בין האטומים..."

ה. הסתכלו שוב על איור מספר 1, איזה מספר תגובה מתאים ביותר לתגובה  $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$ . נמקו את תשובתכם.

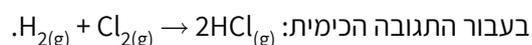
### חלק שני - תגובות כימיות, המשך העמקה

הכימאים עסוקים בשאלה כיצד הופכים מגיבים לתוצרים? לא תמיד אנחנו יודעים את השלבים המתרחשים בפועל, אך על סמך ממצאים של ניסויים שונים, כימאים יכולים לשער מהם השלבים השונים ולבנות מנגנון של תגובה. כדי להעמיק את ההבנה בתגובות כימיות נתמקד **בשני שלבים תיאורטיים** המתרחשים כאשר מגיבים הופכים לתוצרים (בעבור חומרים מולקולריים בלבד).

**שלב ראשון** – פירוק מולקולות המגיבים לאטומים בודדים במצב צבירה גזי. בשלב זה מתפרקים כל הקשרים הקוולנטיים אשר מצויים במולקולות המגיבים.

**שלב שני** – יצירת מולקולות התוצרים מהאטומים הבודדים כשהם במצב צבירה גזי. בשלב זה נוצרים כל הקשרים הקוולנטיים אשר מצויים במולקולות התוצרים.

עליכם לענות על דף העבודה בהתאם לדוגמה הבאה:



א. רשמו נוסחאות ייצוג אלקטרוניות בעבור כל המולקולות (התשובה בחלק הראשון).

ב. צרו טבלה של קשרים ניתקים ונוצרים; בהתאם לדוגמה הבאה:

טבלת יצירה וניתוק של קשרים עבור התגובה:

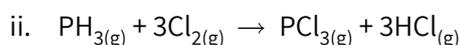
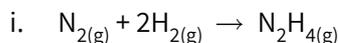
תוצרים - קשרים שנוצרים	
מספר קשרים שנוצרים	סוג הקשר
2	H-Cl

מגיבים - קשרים שניתקים	
מספר קשרים שניתקים	סוג הקשר
1	H-H
1	Cl-Cl

ג. לשני השלבים התיאורטיים יש מצב משותף שהוא של אטומים בודדים. בשלב ראשון בניתוק קשרים מנתקים את הקשרים עד ליצירת אטומים בודדים, ובשלב שני ביצירת קשרים יוצרים קשרים מאטומים בודדים. מהו המצב המשותף? כמה אטומים בודדים יש מכל סוג?

תשובה: בדוגמא יש שני אטומי מימן בודדים ושני אטומי כלור בודדים.

1. בהתאם לדוגמא ענו על סעיפים א'-ג' בעבור התגובות הבאות:



2. נתונה התגובה הכימית הבאה:  $O_{2(g)} \rightarrow 2O_{(g)}$ . מהי הקביעה המתאימה לתיאור המתרחש בתגובה מבחינה כימית?  
א. בתגובה יש רק שבירה של קשרים במולקולות המגיבים.  
ב. התגובה אינה כוללת ניתוק ויצירה של קשרים מכיוון שהחומרים במצב גזי.  
ג. בתגובה קשרים נשברים במגיבים וגם קשרים חדשים נוצרים בתוצרים.

### חלק שלישי – סרטון מסכם תגובות כימיות

לפניכם סרטון המסביר את מהות התגובה הכימית. השלבים המתוארים בסרטון הם תיאורטיים ונועדו להקל עלינו להבין מה מתרחש בתגובה כימית. צפו בסרטון "[Introduction to Chemical Reactions](#)" בין הדקות: 3:55-6:07.

**הערה חשובה: בסרטון התגובה מתרחשת בין מולקולות בודדות. למעשה, כאשר מתרחשת תגובה בין חומרים, משתתפות בתגובה הרבה מאוד מולקולות ביחסים המתאימים.**

ענו על השאלות הבאות:

- א. מהי התגובה הכימית המתרחשת בסרטון?  
ב. בזמן החימום בלהבה, שגרם לתגובה להתרחש, נוצרו אטומים בודדים. עצרו את הסרטון ברגע שהם נוצרו, צלמו את המסך וצרפו את התמונה.  
ג. אילו קשרים נותקו כאשר נוצרו אטומים בודדים?  
ד. אילו קשרים נוצרו במהלך יצירת התוצרים (מולקולות המים)?  
ה. מה יש בכלי בתום התגובה?

## מה מתרחש בתגובה כימית?



### עבודה מתוקשבת - התבוננות בחומרים מולקולריים שונים במצב צבירה גז

ביישומון מודגמים חומרים שונים במצב גזי, תוך התבוננות בקשרים הכימיים. כל אטום ביישומון מתאר אטום כלשהו, וכאשר אטומים נוגעים זה בזה, יש ביניהם קשר כימי.

- היכנסו ליישומון מצבי צבירה.
  - בחרו ב-states במצב צבירה גז.
  - התבוננו בחומרים השונים במצב צבירה גזי. החומרים שעליכם להתבונן בהם הם: ארגון, מים וחמצן. בעבור כל חומר:
    - א. ציירו מודל של החומר (או צרפו תמונה מהיישומון).
    - ב. קבעו אם יש קשרים כימיים בחומר במצב צבירה גז.
    - ג. אם אכן יש קשרים, סמנו את הקשרים בחץ ורשמו עליו את סוג הקשר הכימי.
- כאשר מוסיפים לגז החמצן  $O_{2(g)}$  המופיע ביישומון את הגז מתאן  $CH_{4(g)}$  מתרחשת תגובה כימית (תגובת שריפה). התוצרים בתגובה זו הם פחמן דו חמצני  $CO_{2(g)}$  ואדי מים  $H_2O_{(g)}$ .
- ד. נסחו ואזנו את התגובה המתרחשת.
  - ה. רשמו נוסחאות לואיס בעבור המגיבים והתוצרים.
  - ו. בתגובת השריפה ניתקים קשרים בין אטומים במולקולות המגיבים. ציינו אילו קשרים מתנתקים.
  - ז. בתגובת השריפה נוצרים קשרים ליצירת התוצרים. ציינו אילו קשרים נוצרים.

## מה מתרחש בתגובה כימית?



**חלק ראשון – העמקה של המתרחש בתגובה של יצירת מימן כלורי מהיסודות, כאשר היא מתרחשת עד תום ("המגיבים" מגיבים בשלמות).**

נתונה התגובה הכימית הבאה:  $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$ . בפעילות זו תבנו לעצמכם את המודל של מולקולות החומרים השונים, ותדמו התרחשות של תגובה כימית. לשלב זה יש להיערך עם דף נייר, מספרים, קיסמים, צבע ירוק, עליכם לתעד כל שלב בצילום ולצרף לדף העבודה.

**שלב א** - בניית מודל של המגיבים: ציירו ולאחר מכן גזרו שני עיגולים. צבעו אותם בירוק. בתוך כל עיגול כתבו את הסימול הכימי Cl; כל עיגול מהווה מודל לאטום כלור. לאחר מכן גזרו שני עיגולים קטנים יותר, הם יהיו בצבע לבן, וכתבו בתוכם את הסימול הכימי H. חברו כל זוג עיגולים ירוק בעזרת קיסם וזוג עיגולים לבן בעזרת קיסם (הקיסם מדמה קשר קוולנטי), צלמו את שלב א וצרפו את התמונה במקום המתאים בדף העבודה.

**שלב ב** - מצב ביניים של אטומים בודדים: נתקו את הקיסמים מהעיגולים והגיעו למצב של אטומים בודדים. צלמו את שלב ב וצרפו את התמונה במקום המתאים בדף העבודה.

**שלב ג** - בניית מודל של התוצרים: חברו שוב את העיגולים, עיגול ירוק לעיגול לבן, בעזרת הקיסמים. צלמו את שלב ג וצרפו את התמונה במקום המתאים בדף העבודה.

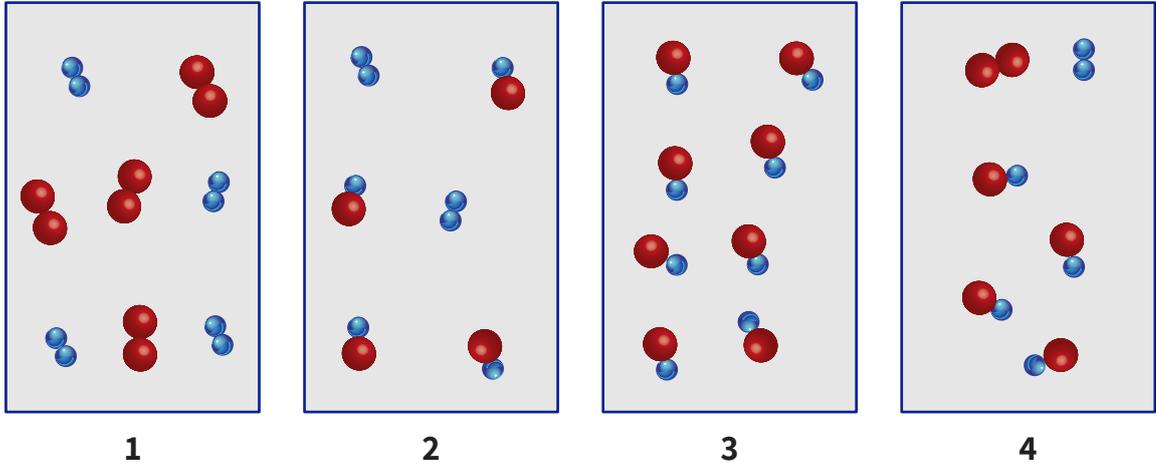
ענו על השאלות הבאות בעקבות בניית המודל:

1. צרפו את התמונות המתאימות לשלושת השלבים.
2. אילו מולקולות היו בידכם בשלב א?
3. אילו מולקולות יצרתם בשלב ג?
4. אילו קשרים ניתקתם בשלב א? בין מה למה?
5. אילו קשרים יצרתם בשלב ג? בין מה למה?
6. האם נותרו בידכם בתום הפעילות מולקולות מסוג  $H_2$  ו- $Cl_2$ ?
7. חשוב מאוד לזכור: כאשר התגובה מתרחשת עד תום, לא נשארים בכלי מגיבים. הסבירו מדוע.

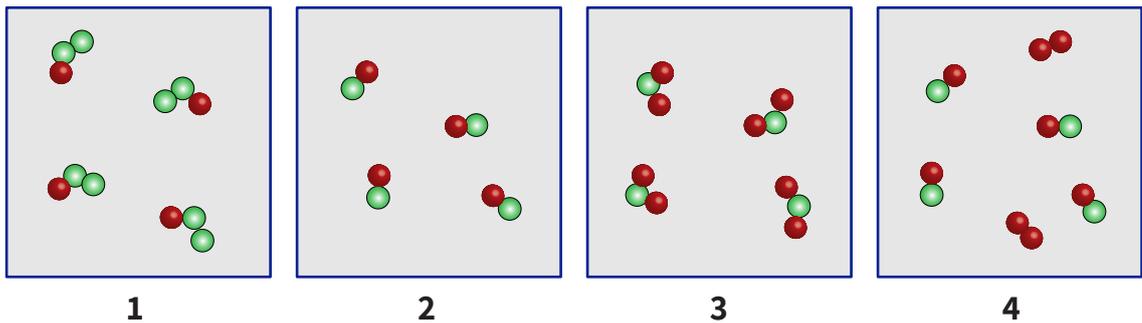
## חלק שני - דף עבודה להמשך הטמעת נושא התגובות עד תום

קראו את השאלות בעיון וענו עליהן בהתאם.

1. באיור 1 מתוארת תערובת של חומרים שהינם מגיבים בתגובה. ניסוח התגובה שהתרחשה היא:  $A_{2(g)} + B_{2(g)} \rightarrow 2AB_{(g)}$ . כל עיגול מסמן אטום. נסמן אטום אדום באות השרירותית A ואטום כחול באות השרירותית B. נתון שהתגובה התרחשה **עד תום**. איזה מהאיורים 2-4 מייצג את התוצרים? נמקו את בחירתכם, וכן נמקו לגבי כל האיורים האחרים מדוע לא בחרתם בהם.



2. באיורים שלפנים, עיגולים ירוקים מייצגים אטומי חנקן ועיגולים אדומים מייצגים אטומי חמצן. בחרו איור המייצג את תיבת המגיבים ואיור המייצג את תיבת התוצרים לתגובה:  $2NO_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$ . נמקו את בחירתכם.



3. לסיכום (הקיפו בעיגול את האפשרות הנכונה):  
 כאשר התגובה מתרחשת עד תום, משמעות הדבר היא שבתום התגובה ישארו / לא ישארו בכלי מולקולות המגיבים.

## מה מתרחש בתגובה כימית



### התרחשות תגובה בהיבט מאקרוסקופי

#### חלק א

1. צפו בסרטון "[Introduction to Chemical Reactions](#)" מדקה 5:20 ועד סוף הסרטון.  
הערה חשובה: בסרטון התגובה מתרחשת בין מולקולות בודדות. למעשה, כאשר מתרחשת תגובה בין חומרים, משתתפות בתגובה הרבה מאוד מולקולות ביחסים המתאימים.
2. ציינו, על פי הסרטון, מהם הקריטריונים לזיהוי התרחשות של תגובה כימית.

#### חלק ב

- בכל אחד מהסרטונים הבאים מתרחשים תהליכים. צפו בשלושה סרטונים. (חלק מהתלמידים יצפו בסרטונים הממוספרים במספרים אי-זוגיים וחלק בסרטונים הזוגיים). התייחסו לקריטריונים שרשמתם בחלק א וענו על השאלות הבאות:
3. בסרטון "[שיקוע עופרת יודית](#)"  
מהן העדויות לכך שהתרחשה תגובה כימית?
  4. בסרטון "[ג'ני בבקבוק](#)"  
א. מהי העדות לכך שהתרחשה תגובה כימית?  
ב. נסחו ואזנו את התגובה שהתרחשה.  
ג. הציעו דרך לזיהוי אחד מתוצרי התגובה.  
ד. מה תפקיד אשלגן פרמנגנט,  $KMnO_{4(s)}$ , בתגובה?
  5. בסרטון "[הכימיה של העוגיות](#)"  
א. ציינו שני תהליכים כימיים לפחות המתרחשים בעת הכנת עוגה או עוגיות.  
ב. ציינו שתי עדויות לכך שבעת אפיית עוגה או עוגיות מתרחשים תהליכים כימיים.  
ג. איזה גז נוצר בזמן הכנת עוגה או עוגיות הגורם לתפיחה שלהן?
  6. בסרטון "[combustion of ethanol](#)"  
א. מהן העדויות לכך שהתרחשה תגובה כימית?  
ב. נסחו ואזנו את התגובה שהתרחשה.
  7. הסרטון הבא עוסק בשינויים המתחוללים בקרחונים באלסקה.  
א. מה קורה לקרחונים בסרטון עם עליית הטמפרטורה?  
ב. האם, לדעתכם, התהליך המתרחש הוא תגובה כימית? הסבירו את תשובתכם.  
ג. לאיזו תוצאה גורם תהליך זה?
  8. האם הסרטון "[drops falling](#)" מתאר תגובה כימית? הסבירו.

#### חלק ג

דווחו בקבוצה זה לזה על הסרטונים שצפיתם בהם, בהתייחסות לתשובות שעניתם בחלק ב. לאחר מכן דונו בסוגיה וסכמו: מה מבדיל תהליך שהוא תגובה כימית מתהליך שאינו תגובה כימית? התייחסו להיבטים מאקרוסקופיים ומיקרוסקופיים.

## מה מתרחש בתגובה כימית



### חקירת מנגנון תגובת התמרה

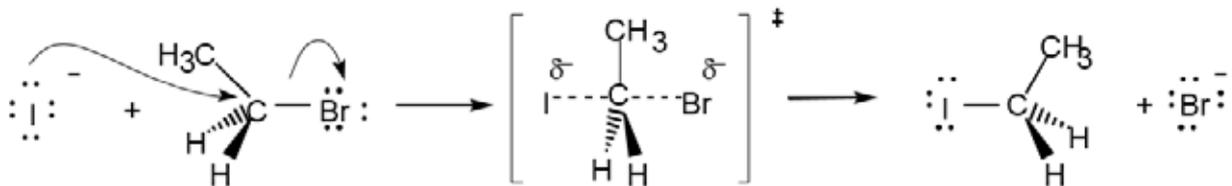
#### קראו את הקטע הבא ופעלו בהתאם להוראות

בשנת 2004 ניתן פרס נובל בכימיה למדענים ישראלים מהטכניון, פרופ' אברהם הרשקו ופרופ' אהרון צ'חנובר. שני המדענים הציעו מנגנון לתגובה אורגנית המתרחשת בגופנו: פירוק חלבונים. הכרת מנגנון התגובה מאפשרת למדענים לנצל אותו בחיפוש אחר תרופות למחלות שונות, כגון סיסטיק פיברוזיס, ולהגנה על תאים מפני וירוסים שונים. התחום בכימיה העוסק בחקר מנגנוני תגובה חשוב ביותר, ויש לו שימושים רבים בתחומים שונים. בפעילות זו נתבונן על מנגנון תגובת התמרה ונססה להבין חלק ממנו.

התגובה היא: יון של יוד מגיב עם מולקולה של  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$  ליצירת יון של ברום ומולקולה של  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{I}$

א. נסחו את התגובה המתוארת במנגנון התגובה הנ"ל.

לפניכם מנגנון התגובה. מתוארות נוסחאות במבנה לואיס, בהתאם למה שלמדתם, יש קשרים שמתוארים כקו ויש קשרים שמתוארים כמשולש מלא או מקוקו. קווים משלושים אלו באים לסמן את המבנה המרחבי. האם הקשר פונה לאחור או לפנים.



ב. התמרה בתרכובות פחמן – זו תגובה שבמהלכה מוחלפת קבוצה פונקציונלית אחת הקשורה לשלד הפחמני בקבוצה פונקציונלית אחרת. מדוע לדעתכם נקראת תגובה זו תגובת התמרה? הסבירו את תשובתכם.

ג. הצורן המופיע באמצע הוא מצב מעבר. מצב מעבר הוא מצב לא יציב. הסבירו מדוע צורן זה אינו יציב בהתאם לעקרונות הקישור.

ד. אילו קשרים נשברים בתגובה הנ"ל?

ה. אילו קשרים נוצרים בתגובה הנ"ל?

ו. אטום הברום מופיע בשתי צורות באיור; באחת הצורות הוא בעל מטען שלילי מלא ובצורה השנייה הוא בעל מטען שלילי חלקי. כתבו באילו צורות מדובר והסבירו את תשובתכם.

ז. האם תוכלו להסביר את מנגנון התגובה בהתאם לערכי האלקטרושליליות של ברום ויוד? אם כן, הסבירו.

ח. צפו **בסרטון** המתאר תגובת התמרה נוספת:

i. נסחו את תגובת ההתמרה שמתוארת בסרטון.

ii. כל תלמיד יכתוב פרט נוסף שהצליח ללמוד מהסרטון.

iii. כקבוצה, שתפו זה את זה בידע שנוסף לכם בעקבות הצפייה בסרטון.