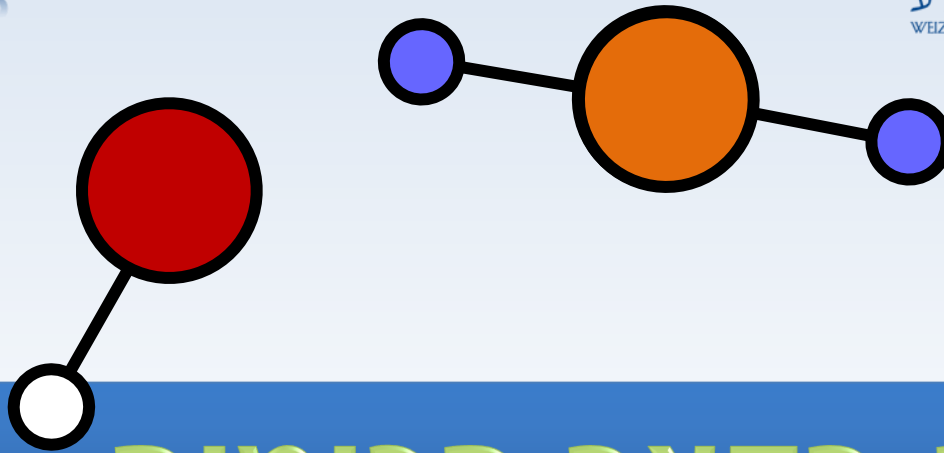
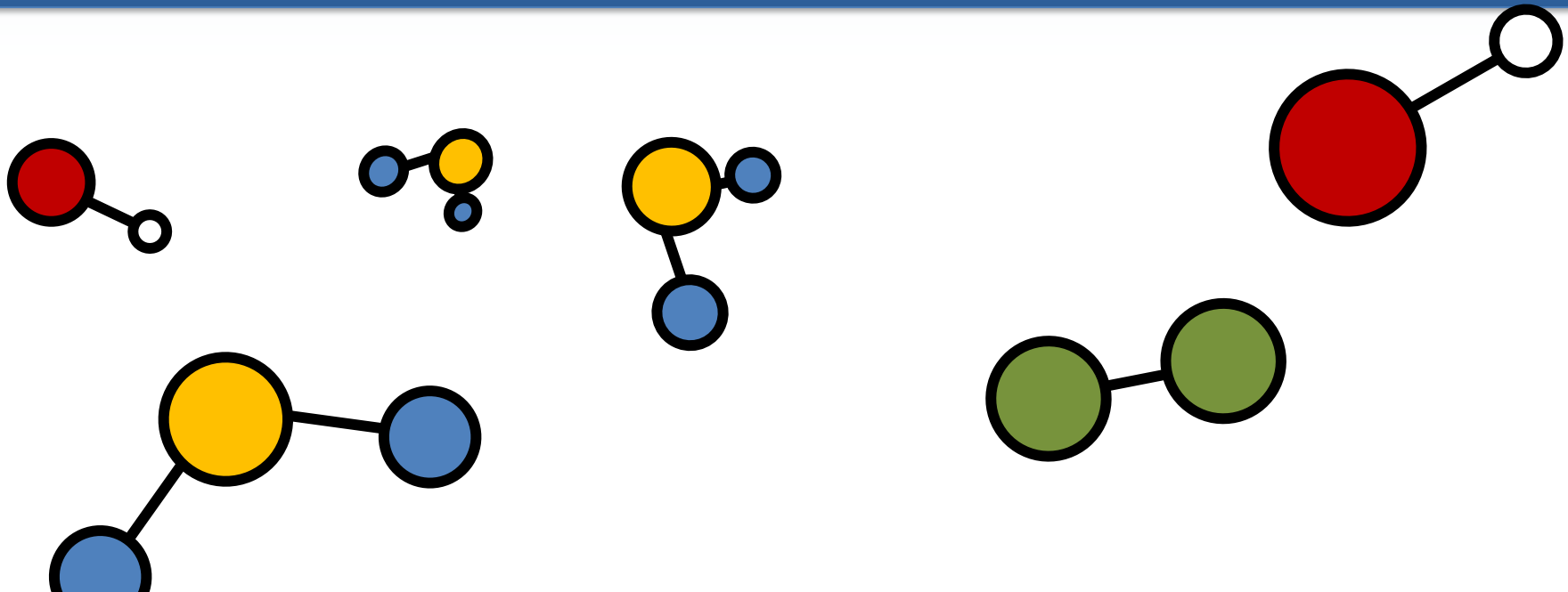
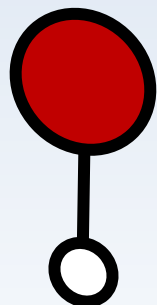




אנרגיה בקצב הכימיה





קצב תגובה וגורמים המשפיעים על קצב התגובה



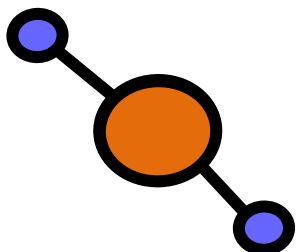
מהי אנרגיית שפעול ומהו תצמיד משופעל?



מודל ההתנגשויות בין החלקיקים



זרזים



מה אנחנו צריכים כבר לדעת?

מושגים בסיסיים באנרגיה: 

אנרגיה קינטית, פוטנציאלית, פנימית, קינטית ממוצעת, טמפרטורה, תגובה אנדותרמית ותגובה אקסותרמית.

אנרגיה ותנועה: סוגי תנועה 

מערכת וסביבה: מעברי אנרגיה, מערכת פתוחה, סגורה ומבודדת

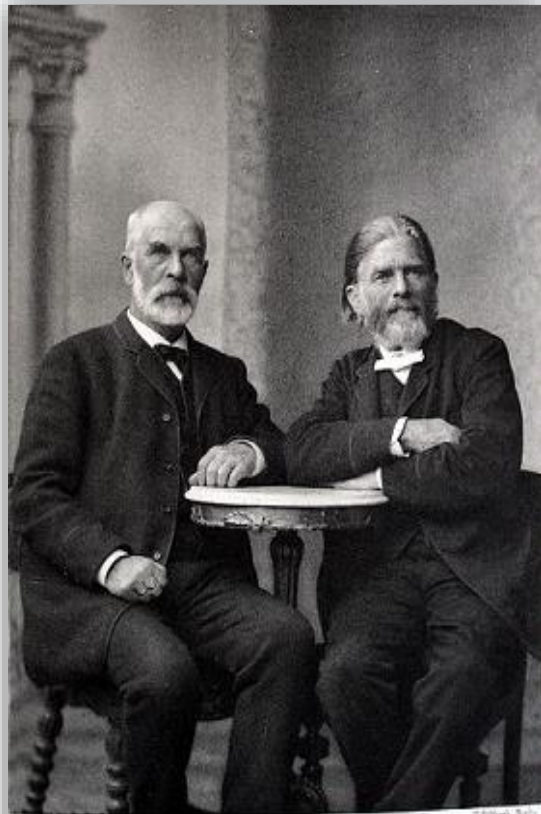
אנתלפיה: אנתלפיה תקנית (סטנדרטית), דיאגרמת 

אנרגיה, סימון ויחידות מידה, חוק הס, אנרגיית קשר

ויישומן לחישוב השינוי באנתלפיה

קינטיקה וקצב תגובה

קינטיקה כימית הוא ענף החוקר את קצב התגובה הכימית. במחקר זה, מנתחים את השפעות תנאי תגובה שונים על קצב התגובה והדבר נותן מידע על מנגנון התגובה ומצב המעבר (תוצרי הביניים) של התגובה.



Verlag von Engelmann, Leipzig

Photograph von H. H. H. H. H.

J. M. Guisberg. Waage

פטר ואאגה (מימין) וג'וסו קאטו גולדברג

1833-1900, כימאי נורווגי

חוק מסת הפעולה

מהירות תגובה כימית עומדת ביחס ישר לכמות המגיבים

קינטיקה וקצב תגובה

קינטיקה כימית הוא ענף החוקר את קצב התגובה הכימית. במחקר זה, מנתחים את השפעות תנאי תגובה שונים על קצב התגובה והדבר נותן מידע על מנגנון התגובה ומצב המעבר (תוצרי הביניים) של התגובה.

ב-1864, ניסח פיטר ואאגה את **חוק מסת הפעולה**, הקובע כי מהירות התגובה הכימית עומדת ביחס ישר לכמות החומרים המגיבים. ניסוח החוק, התחיל את המחקר בתחום הקינטיקה הכימית.

משוואת קצב או חוק קצב הם כלים לתיאור המהירות בה מתרחשת תגובה מסוימת. משוואת הקצב מקשרת בין קצב התגובה לריכוזים או לחצים של המגיבים והתוצרים בתגובה.



שאלות בהן מתעמקת הקינטיקה הכימית:

- מהו קצב תגובה? כיצד ניתן למדוד אותו? מהם הגדלים המשפיעים עליו?
- כיצד ניתן להסביר תגובות כימיות במונחים מיקרוסקופיים/מולקולריים (מנגנוני תגובה)?

הקינטיקה הכימית אינה נותנת מענה לשאלות:

- מדוע ריאקציה מתרחשת בתנאים מסוימים?
- מדוע כיוון מסוים (קדימה/אחורה) עדיף על השני?

אלה שאלות שענף מחקר התרמודינמיקה נותן עליהן מענה.

קצב תגובה כימית:

מספר מולי המגיבים, מולי התוצרים המתקבלים ליחידת זמן.

יחידות קצב תגובה:

כאשר הנפח בתגובה נשמר קבוע,
מגדירים את קצב התגובה כמולים ליחידת נפח, ליחידת זמן

על כן הקצב הוא: השינוי בריכוז ליחידת זמן

בכל תגובה המתרחשת, קיים היבט קינטי:



נוכל לבדוק את השתנות ריכוזי החומרים ליחידת זמן:

1. קצב התגובה:

השינוי בריכוז $[X]$ (X מגיב או תוצר) ביחידת זמן נמדדת Δt

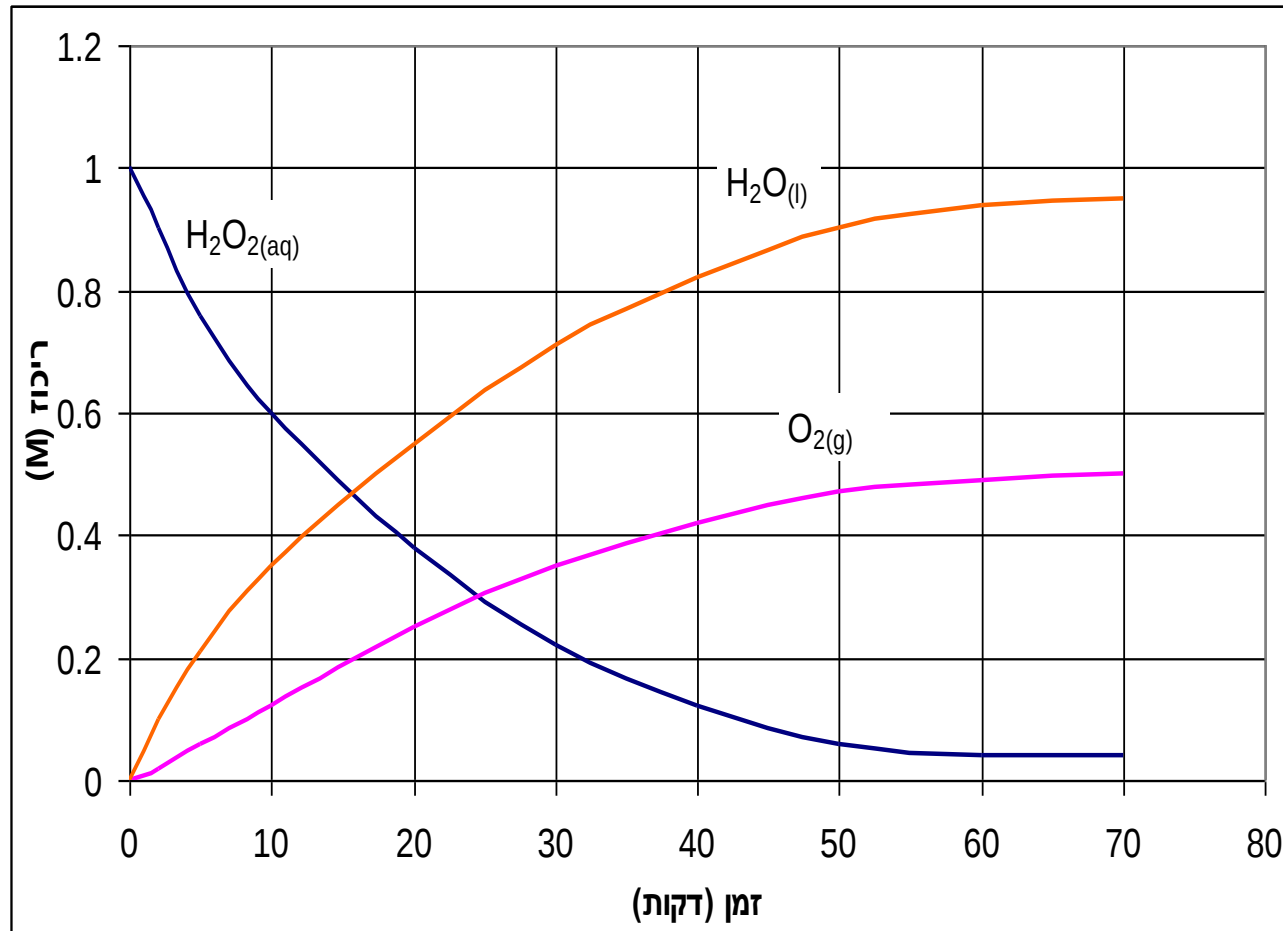
2. קצב היעלמות: $\frac{\Delta[A]}{\Delta t} < 0$

(מתייחס להיעלמות המגיבים עם התקדמות התגובה)

3. קצב היווצרות: $\frac{\Delta[B]}{\Delta t} > 0$

(מתייחס לתוצרים כי הם נוצרים עם התקדמות התגובה)

הצגה גרפית של שינוי בריכוזי החומרים כתלות בזמן:



אילו גורמים יכולים להשפיע על קצב תגובה כימית?



1. סוג החומרים בתגובה

חומרים שונים מגיבים באותם תנאים בצורה שונה.
למשל, מתכות פעילות מגיבות מהר יותר
מאשר מתכות לא פעילות.

נתרן במים



אשלגן במים



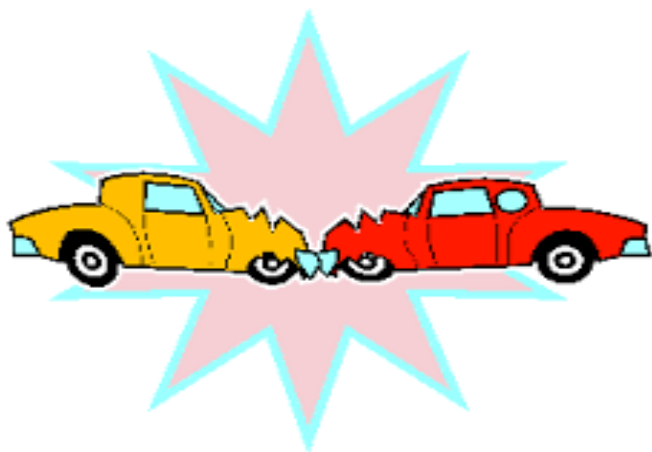
צזיום במים



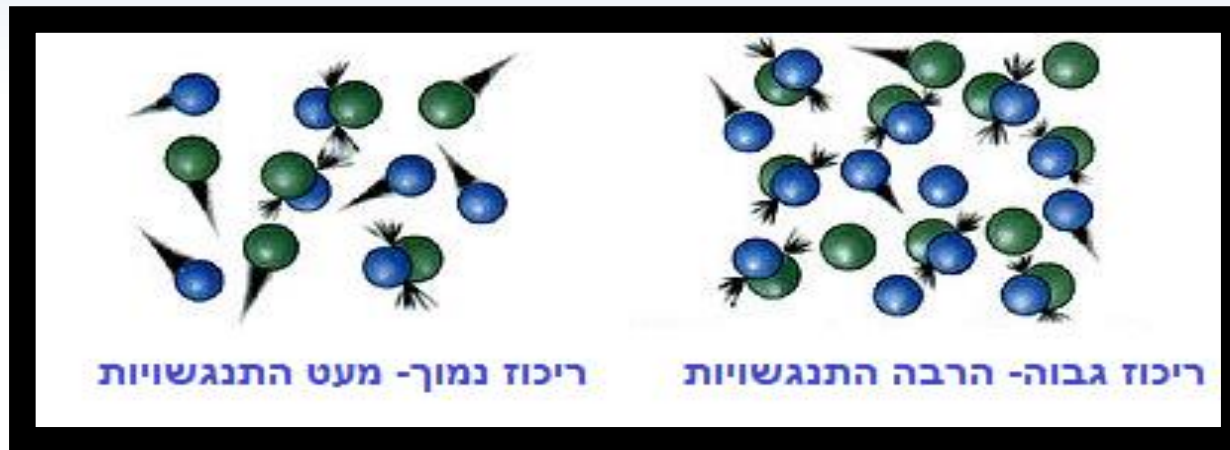
2. ריכוזים

המגיבים חייבים להיפגש (או להתנגש) עם זה כדי שתגובה תצא לפועל.

ככל שיש יותר מולקולות של מגיבים ליחידת נפח, כך גדל הסיכוי להתנגשות שתוביל ליצירת תוצרים (התנגשות פוריה). עצם עובדת התנגשות החלקיקים כתנאי לקיום תגובה- הוליד את רעיון '**תורת ההתנגשויות**'.



בנוסף, יש חשיבות ל**הכוונה** בה מצויים החלקיקים בעת ההתנגשות.



על מנת שהתגובה הכימית תתרחש, החלקיקים המעורבים בה צריכים להתנגש זה בזה. בנוסף, רק חלק ממספר ההתנגשויות, (התנגשויות פוריות), גורם לשינוי של מולקולות המגיבים.



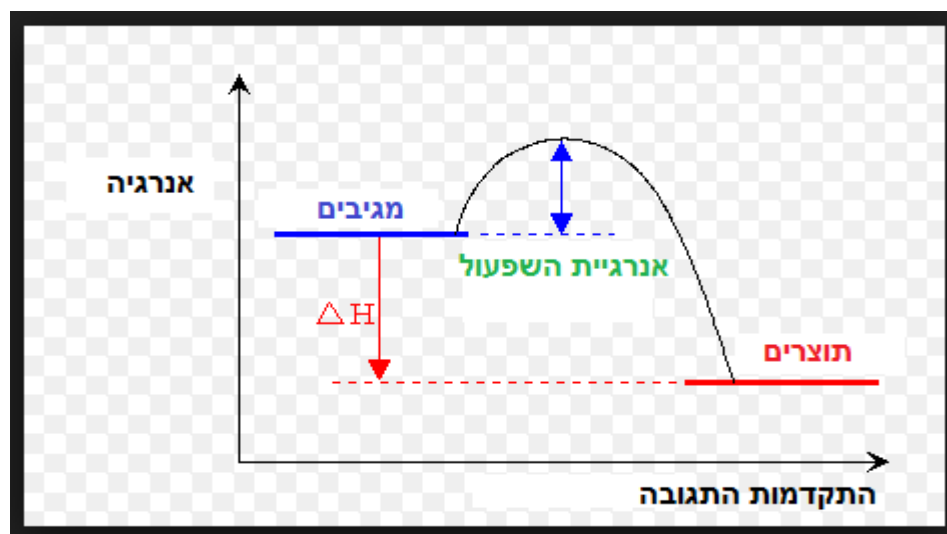
על מנת שהתגובה הכימית תתרחש, החלקיקים המעורבים בה צריכים להתנגש זה בזה. בנוסף, רק חלק ממספר ההתנגשויות, (התנגשויות פוריות), גורם לשינוי של מולקולות המגיבים.

הסיבה לכך היא שרק לחלק מהמולקולות ישנה תכולת האנרגיה הנדרשת לשבירת הקשרים הכימיים ויצירת קשרים חדשים, כמו גם המיקום המתאים במרחב (הכוונה). סף האנרגיה הדרוש להתרחשותה של תגובת כימית נקרא **אנרגיית השפעול**.

אנרגיית השפעול: לתגובה נתונה יש סף אנרגיה הנדרשת להתחלת התגובה. כאשר לחלקיקים אין אנרגיה מספקת על מנת לעבור את המחסום האנרגטי המגביל את התחלת התגובה, היא לא תתרחש כלל.

סימון אנרגיית השפעול: E_a (אנרגיית אקטיבציה)

חישוב אנרגיית השפעול: $E_a = E^* - E_r$ (E^* אנרגיית תצמידים משופעלים
(E_r אנרגיית המגיבים)

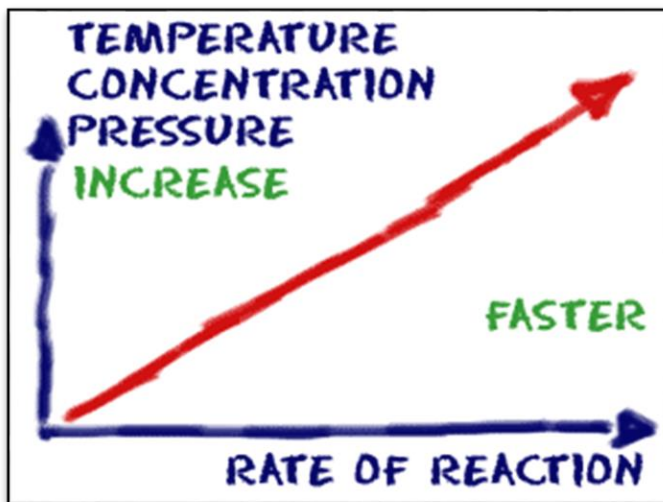


חומר למחשבה:

לאיזו תגובה יש אנרגיית שפעול גבוהה יותר:
לתגובה אנדותרמית או
לתגובה האקסותרמית
ההפוכה לה?

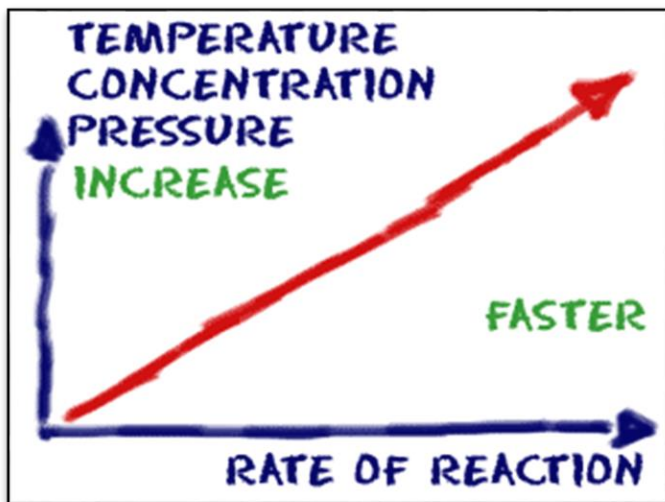
3. טמפרטורה

תגובות כימיות דורשות ארגון מחדש של האטומים. קשרים חדשים נוצרים בעוד שקשרים ישנים נשברים. תהליכים אלה, מותחים ומעוותים את זוויות הקשרים והן פועל יוצא של אספקת אנרגיה תרמית (חום) למערכת. מכאן צפוי, שהעלאת הטמפרטורה תגדיל את קצב התגובות הכימיות.



3. טמפרטורה

תגובות כימיות דורשות ארגון מחדש של האטומים. קשרים חדשים נוצרים בעוד שקשרים ישנים נשברים. תהליכים אלה, מותחים ומעוותים את זוויות הקשרים והן פועל יוצא של אספקת אנרגיה תרמית (חום) למערכת. מכאן צפוי, שהעלאת הטמפרטורה תגדיל את קצב התגובות הכימיות.



העלאת הטמפרטורה גם מעלה את האנרגיה הקינטית (אנרגיית התנועה) של המולקולות (ובפועל את מהירותן), והסיכוי למפגש פורה ביניהן עולה.

4. זרז

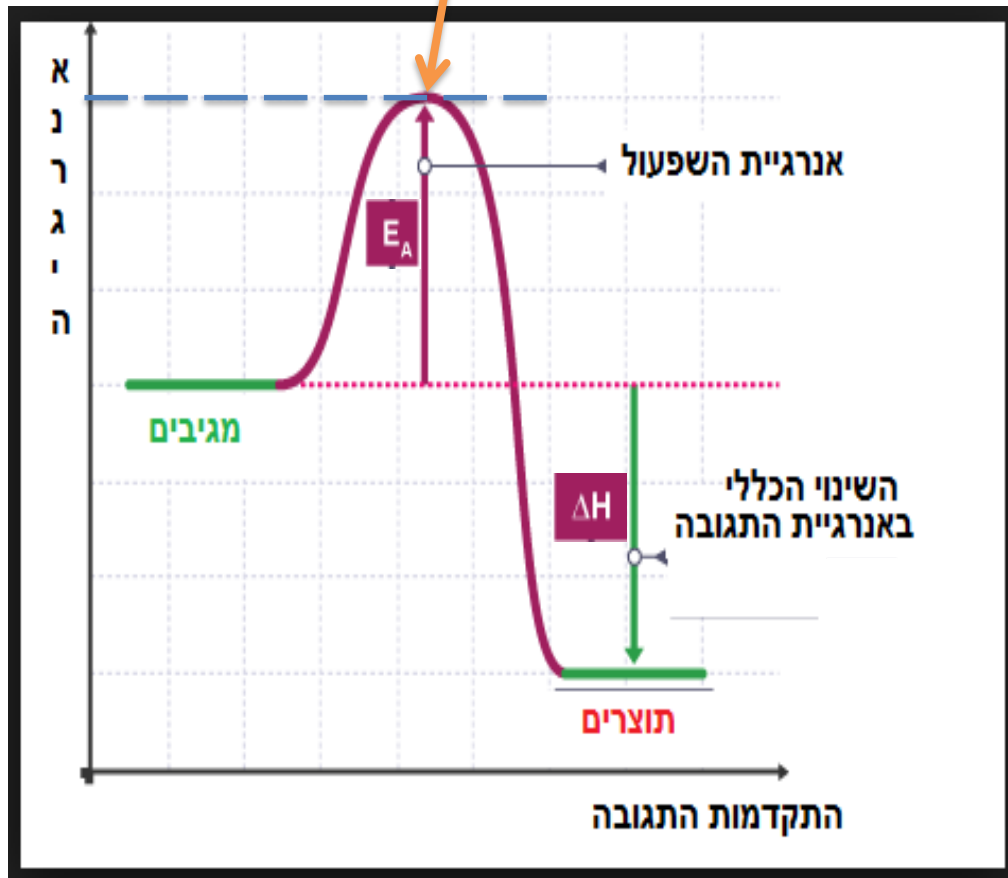
זרז הוא חומר המגביר את קצב התגובה. תפקיד זרז הוא להפגיש בין המגיבים על ידי מנגנון חלופי למנגנון התגובה הרגיל (ללא הזרז). למנגנון החלופי, אנרגיית שפעול נמוכה יותר מאשר למנגנון התגובה ללא הזרז וכך למולקולות רבות יותר ישנה אפשרות להגיב בזמן קצר יותר.

4. זרז

זרז הוא חומר המגביר את קצב התגובה. תפקיד זרז הוא להפגיש בין המגיבים על ידי מנגנון חלופי למנגנון התגובה הרגיל (ללא הזרז). למנגנון החלופי, אנרגיית שפעול נמוכה יותר מאשר למנגנון התגובה ללא הזרז וכך למולקולות רבות יותר ישנה אפשרות להגיב בזמן קצר יותר. הזרז אינו משתתף בתגובה אך עם זאת, יכול להשתתף ביצירת חומרי ביניים, ואחרי כן להשתחרר חזרה כשאלה הופכים לתוצרים הסופיים. ישנם זרזים ספציפיים מאד, למשל אנזימים מזרזים תגובות של מגיב מסוג מסוים וכאלה שהם כלליים יותר העובדים על סוגים שונים של מגיבים.

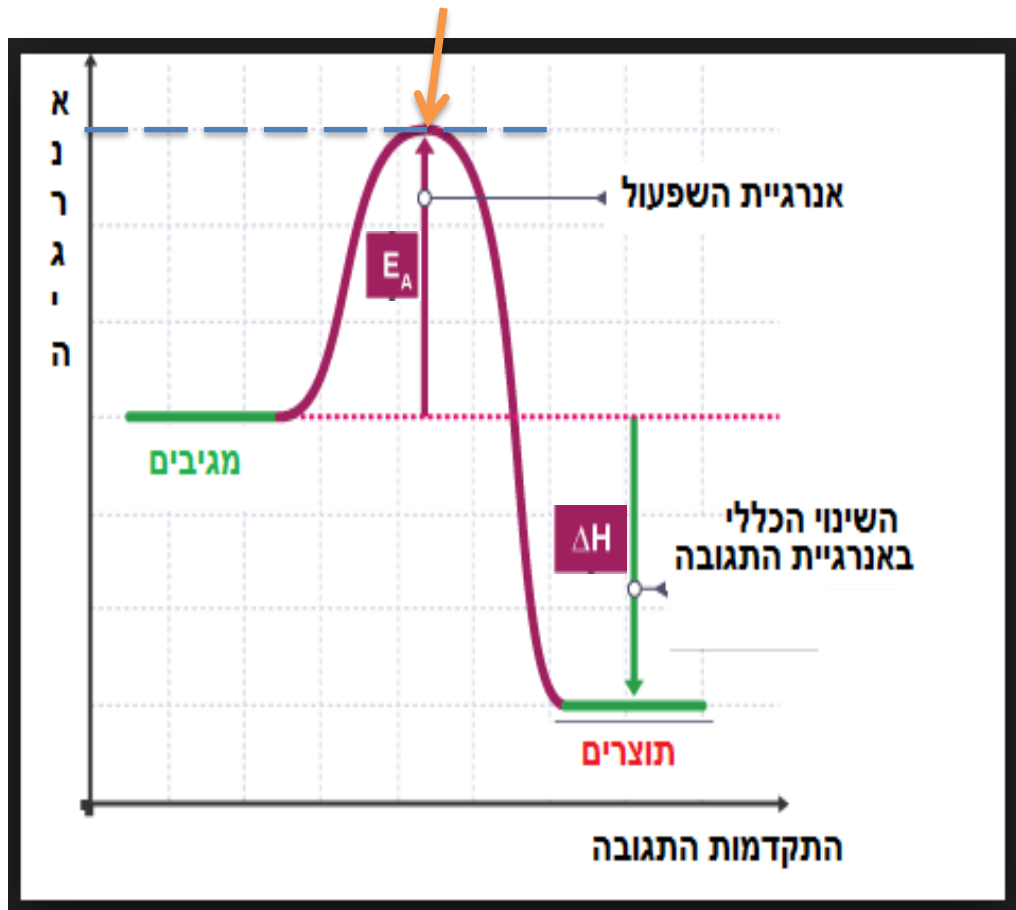
גורמים המשפיעים על קצב תגובה

תצמידים משופעלים

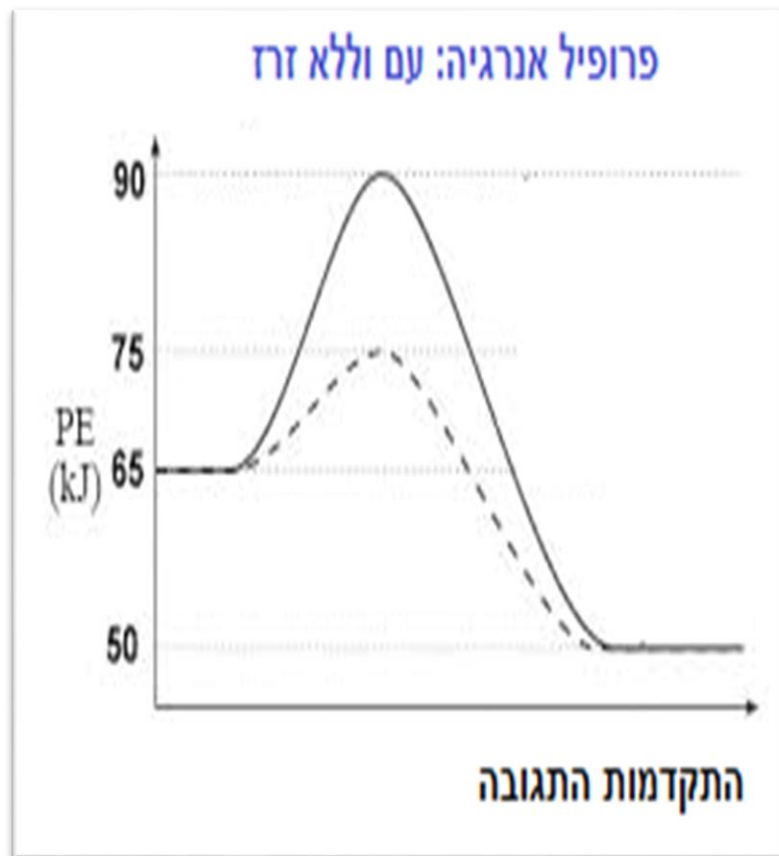


גורמים המשפיעים על קצב תגובה

תצמידים משופעלים



תצמידים משופעלים



שאלה 1

היעזר בגרף הנתון ובחר את התשובה הנכונה:



מספר התשובה	אנרגיית השפעול (kJ) E_a (ללא זרז)	אנרגיית השפעול (kJ) E_a (עם זרז)	השינוי באנתלפיה ΔH (kJ)
א	25	10	15
ב	10	15	25
ג	15	25	10
ד	10	25	15

תשובה לשאלה 1

היעזר בגרף הנתון ובחר את התשובה הנכונה:



מספר התשובה	אנרגיית השפעול (kJ) E_a (ללא זרז)	אנרגיית השפעול (kJ) E_a (עם זרז)	השינוי באנתלפיה ΔH (kJ)
א	25	10	15
ב	10	15	25
ג	15	25	10
ד	10	25	15

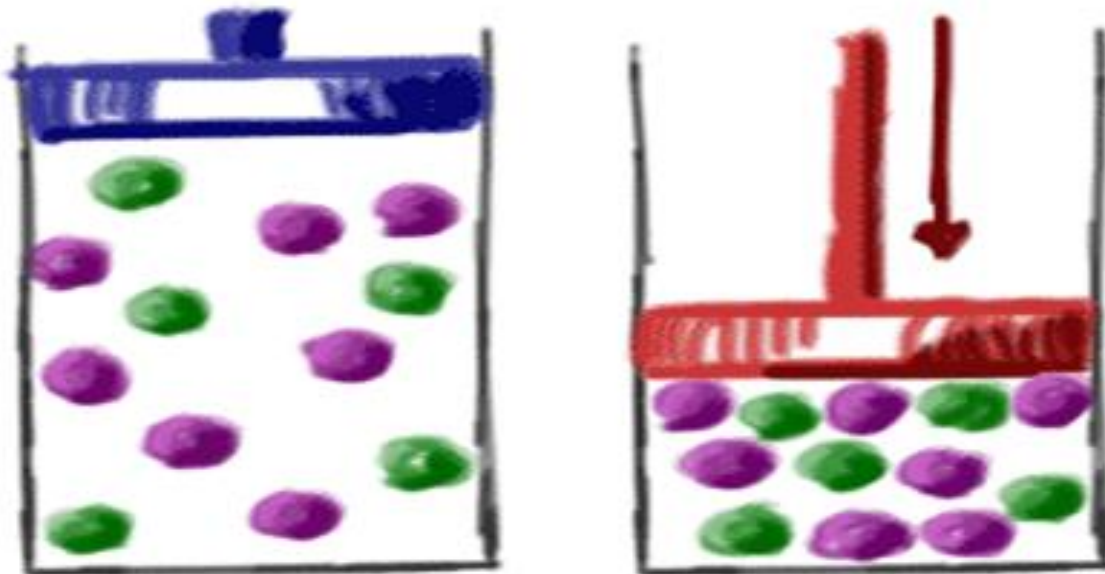
5. שטח פנים

תגובות בין מוצק לגז או בין מוצק לנוזל, מתרחשות על פני השטח של המוצק. ככל ששטח הפנים גדול יותר, כמות האטומים הזמינים לתגובה גדל ואיתם הקצב. פס מתכת בוערת (מגיבה עם חמצן) באיטיות, אך כשטוחנים אותה לאבקה ומגדילים בכך את פני השטח, התגובה מהירה מאוד ומלווה לעיתים בפיצוץ.



6. לחץ

בהגדלת הלחץ במערכות גזיות (על ידי פעולת דחיסה למשל), החלקיקים מתקרבים ונאלצים להתנגש. התנגשויות אלה מגדילות את הסיכוי להתנגשויות פוריות המובילות ליצירת תוצרים.



מהו קצב תגובה ומהם הגורמים המשפיעים עליו 

(ריכוזים, טמפרטורה, לחץ, שטח פנים)

מהי אנרגיית השפעול וגרף המייצג אנרגיה זו 

מודל ההתנגשויות ומשמעותו 

זרזים: מהם ומהי השפעתם על קצב התגובה הכימית? 