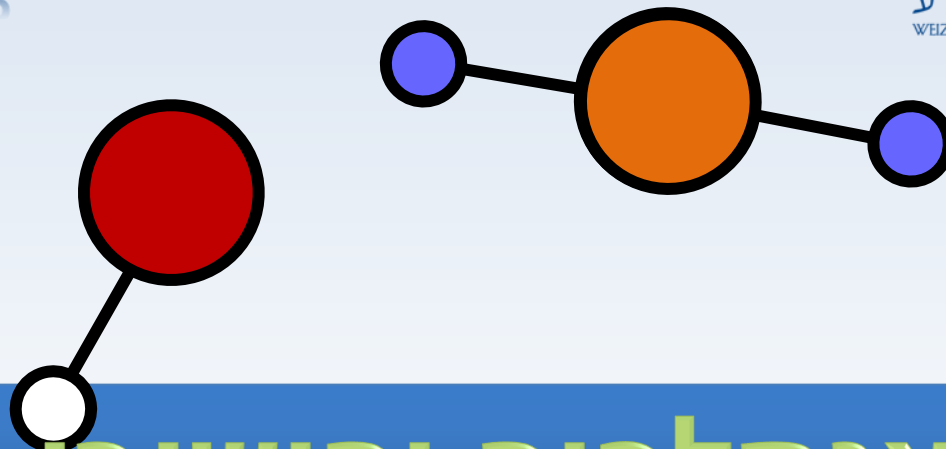
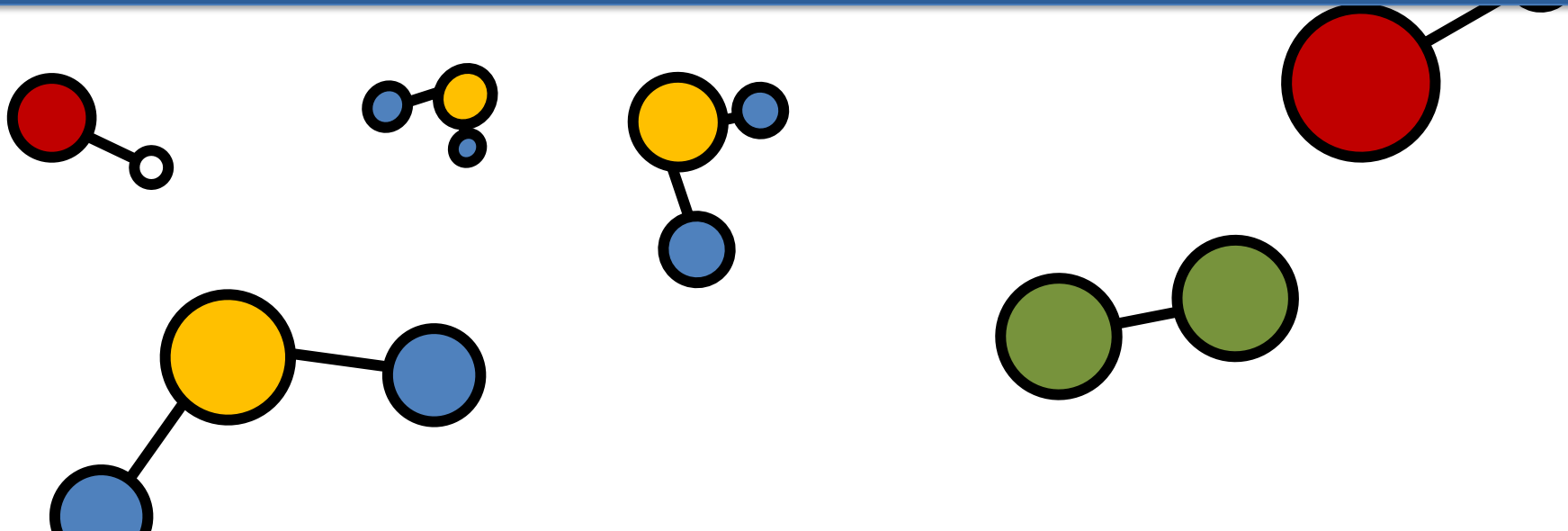
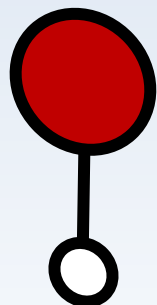




השינוי באנתלפיה וחישבו

חוק הס

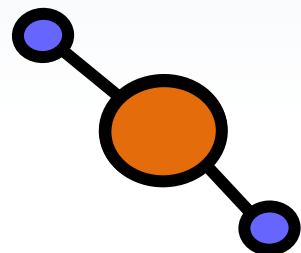




שיטות ייצוג שונות של ΔH



שינויי אנתלפיה במהלך שינויים במצבי צבירה



חישוב האנתלפיה:



1. באמצעות חוק הס



2. באמצעות אנרגיות קשר יוצג אך לא יורחב



3. באמצעות ניסוי- יוצג אך לא יורחב



מה אנחנו צריכים כבר לדעת?

מושגים בסיסיים באנרגיה: 

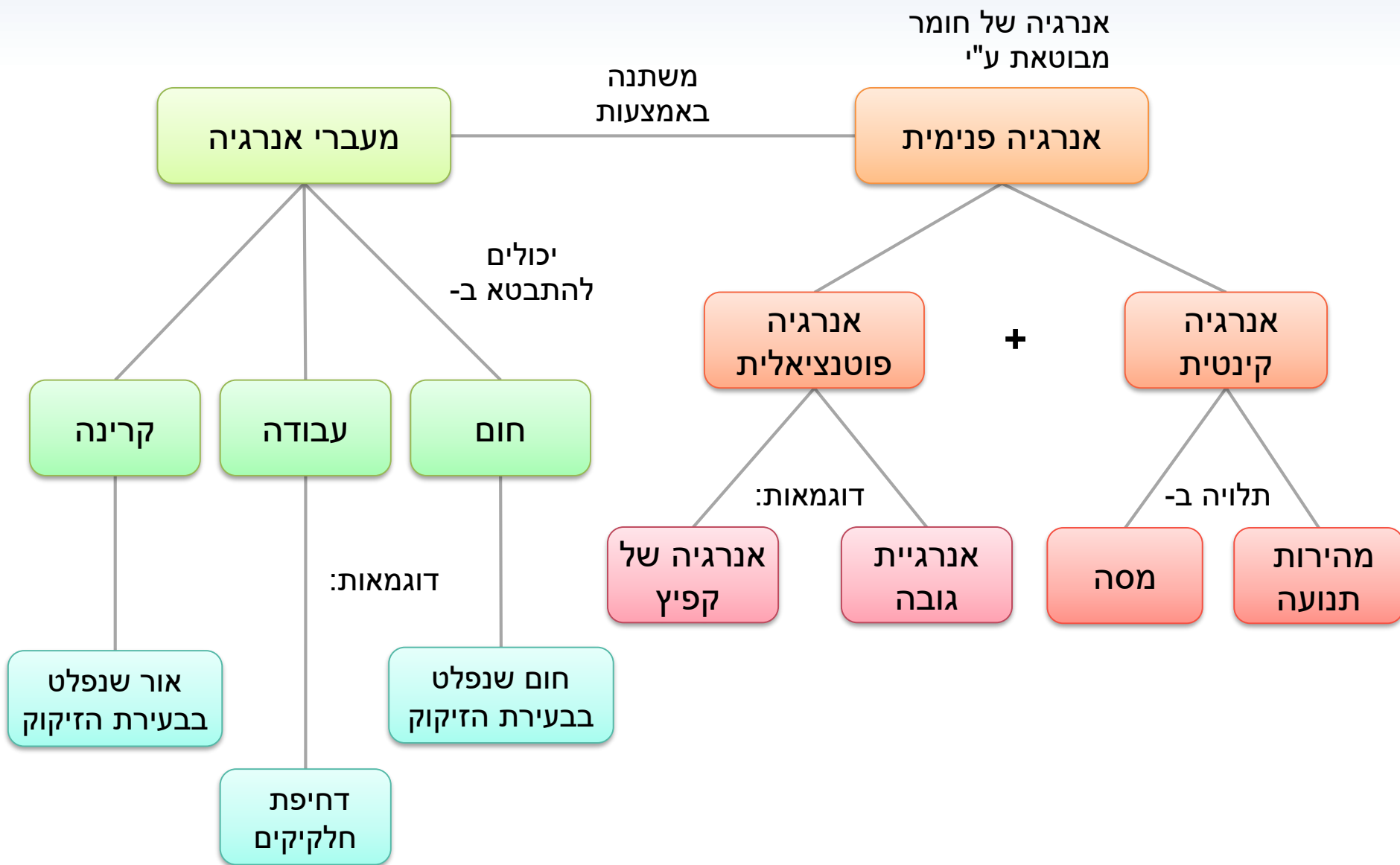
אנרגיה קינטית, פוטנציאלית, פנימית, קינטית ממוצעת, טמפרטורה, תגובה אנדותרמית ותגובה אקסותרמית.

אנרגיה ותנועה: סוגי תנועה 

מערכת וסביבה: מעברי אנרגיה, מערכת פתוחה, סגורה ומבודדת 

אנתלפיה: אנתלפיה תקנית (סטנדרטית), דיאגרמת אנרגיה, סימון ויחידות מידה 

תזכורת: מעברי אנרגיה



חום ("פיסיקה לכל" עמ' 251):

האנרגיה הזורמת ממקום למקום בשל הפרשי טמפרטורות (תלוי במוליכות החומר).

**חומר אינו מכיל חום.
הוא מכיל אנרגיה קינטית מולקולרית.**

מרגע שחום הועבר לגוף או לחומר -
הוא הופך לאנרגיה פנימית.

תזכורת: החוק הראשון של התרמודינמיקה

סך האנרגיה נשמרת.
אנרגיה אינה יכולה להיווצר או להיהרס.

בכימיה אנו מעוניינים בחום ובתגובות כימיות.



ג'יימס פ. ג'אול 1818-1889.
מנצ'סטר, אנגליה.
מנסח חוק שימור האנרגיה

החוק הראשון של התרמודינמיקה קובע,
שסכום החום והאנרגיה הכימית חייב
להיות קבוע (בלחץ קבוע).

החום בלחץ קבוע נקרא: אנתלפיה.

אנתלפיה, שינוי (דלתא)

האנרגיה הפנימית בתגובות בהן הלחץ נשמר קבוע.

$$\Delta H_x^0$$

Δ = השינוי

H = אנרגיית חום פנימית

0 = תנאים תקינים (סטנדרטיים)

x = סוג השינוי

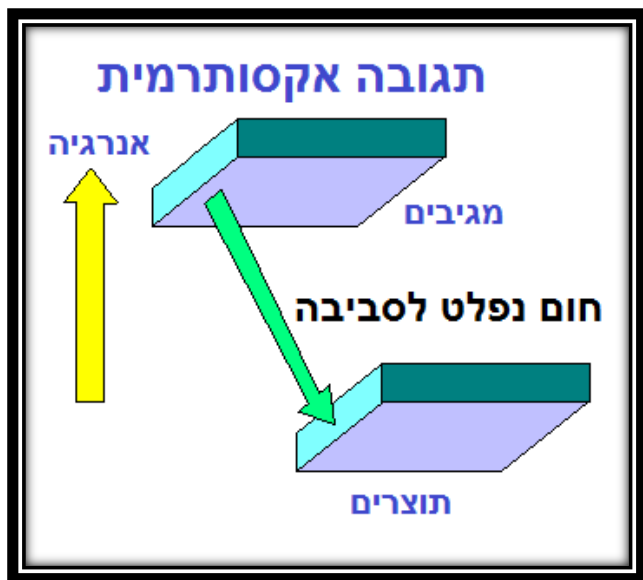
H_1 היא האנתלפיה של המצב ההתחלתי (מגיבים).

H_2 היא האנתלפיה של המצב הסופי (תוצרים).

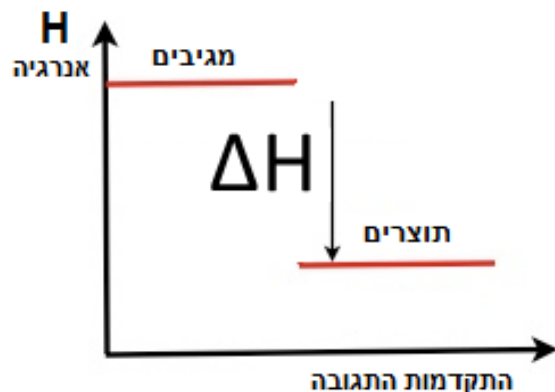
ההפרש בין האנתלפיה של המצב הסופי וההתחלתי נרשם ב- ΔH (דלתא H), והוא השינוי באנתלפיית התגובה.

• תגובה אקסותרמית:

תגובה בה חלה ירידה באנתלפיית המערכת (אנתלפיית התוצרים נמוכה מאנתלפיית המגיבים).
הפרש האנתלפיה נפלט לסביבה.
אנרגיית הסביבה-עולה.

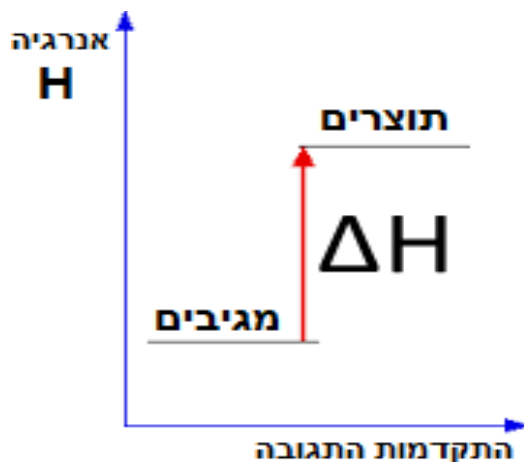
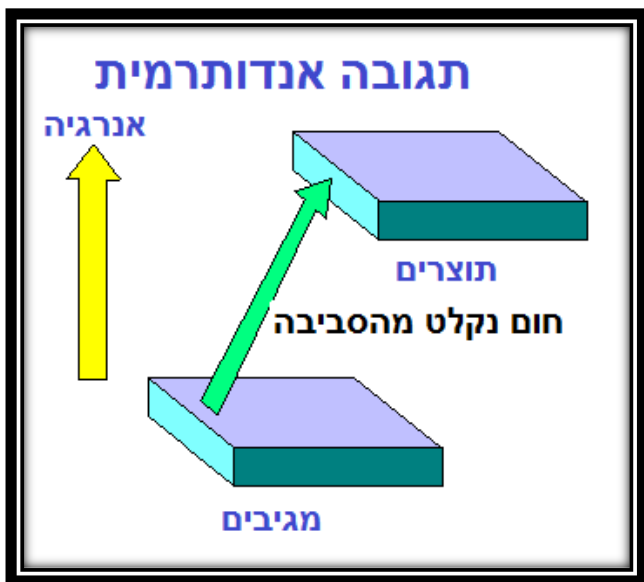


• דיאגרמת האנרגיה: (ייצוג גרפי)



• תגובה אנדותרמית:

תגובה בה חלה עלייה באנתלפיית המערכת (אנתלפיית התוצרים גבוהה מאנתלפיית המגיבים).
הפרש האנתלפיה נקלט מהסביבה.
אנרגיית הסביבה-יורדת.



• דיאגרמת האנרגיה: (ייצוג גרפי)

גרף מעבר מצבי צבירה

כאשר חומר עובר את נקודת ההיתוך ואת נקודת הרתיחה (לשני הכיוונים), מצב הצבירה שלו משתנה.

למדנו בשנים קודמות שניתן לשרטט גרף מעבר מצבי צבירה על פי השינוי בטמפרטורה.

למשל:

עבור הגפרית

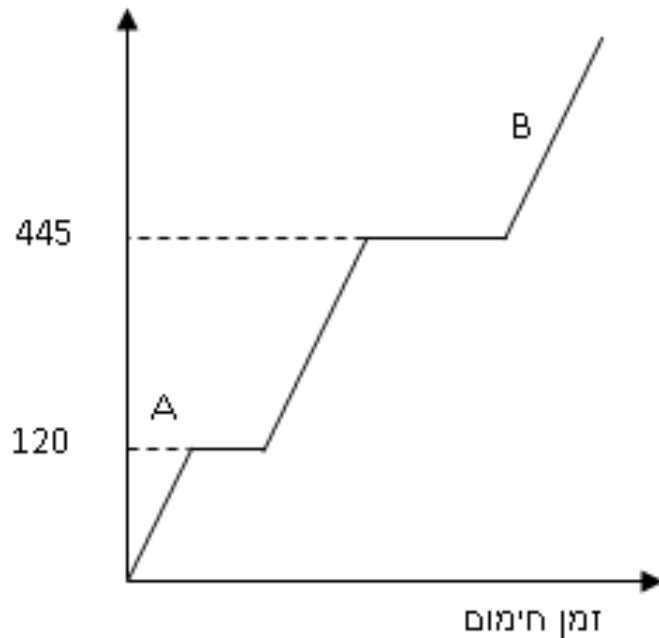
A = נקודת ההיתוך (120°C)

מוצק $\rightleftharpoons$ נוזל

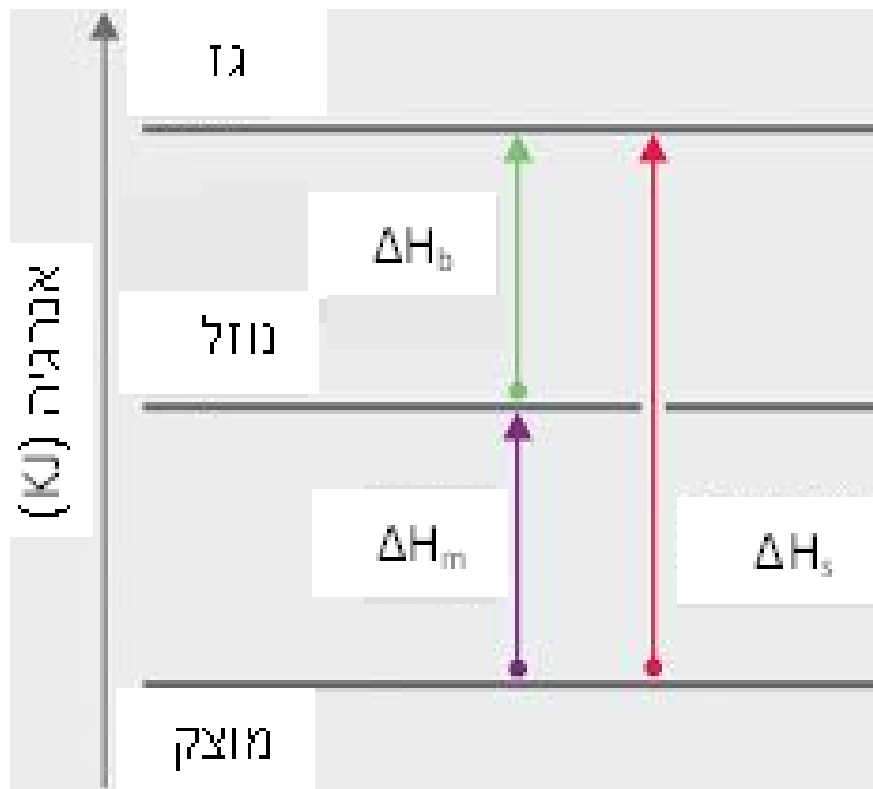
B = נקודת הרתיחה (445°C)

נוזל $\rightleftharpoons$ גז

טמפרטורה ($^{\circ}\text{C}$)



ניתן לשרטט דיאגרמת אנרגיה לאותו חומר על פי השינוי באנרגיה המושקעת (או הנלקחת) במעבר מצב הצבירה.



הפרש האנטלפיה בתהליך ההיתוך.

$$\Delta H_m = (\text{melting})$$

הפרש האנטלפיה בתהליך הרתיחה.

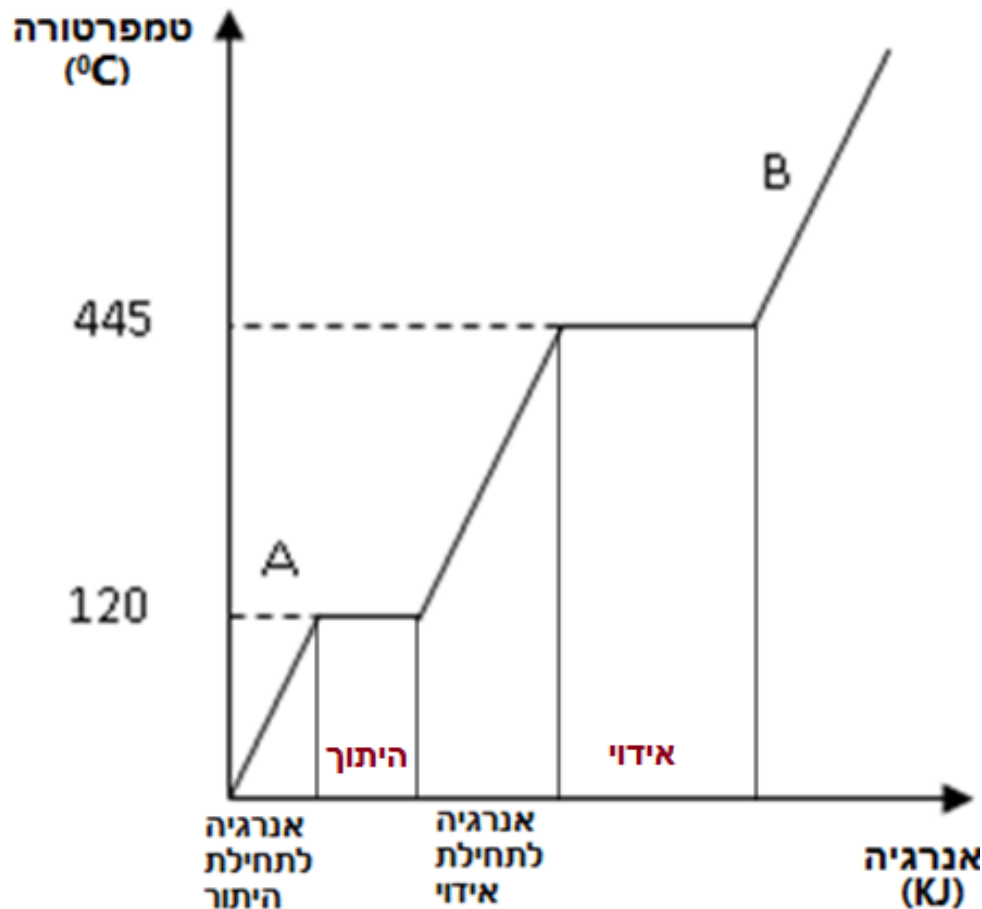
$$\Delta H_b = (\text{boiling})$$

הפרש האנטלפיה בתהליך ההמראה.

$$\Delta H_s = (\text{sublimation})$$

ניתן לשרטט גרף מעבר מצבי צבירה לאותו חומר על פי השינוי באנרגיה המושקעת (או הנלקחת) במעבר מצב הצבירה.

עבור הגפרית

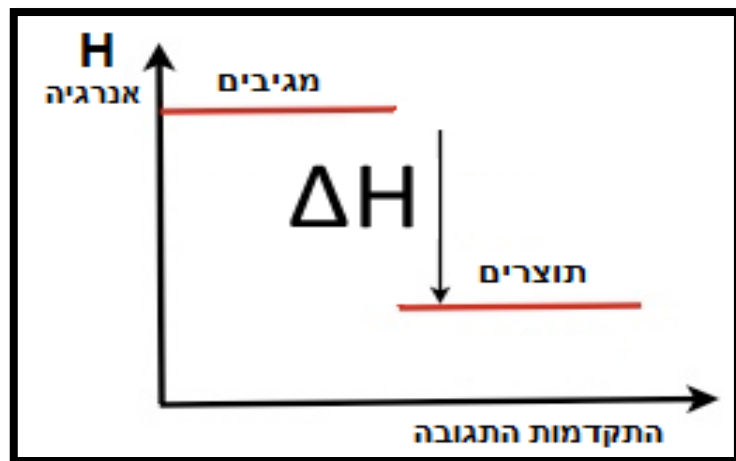


אנרגיה מושקעת בפירוק הקשרים הבינמולקולריים במצב המוצק.

אנרגיה מושקעת בפירוק הקשרים הבינמולקולריים במצב הנוזל.

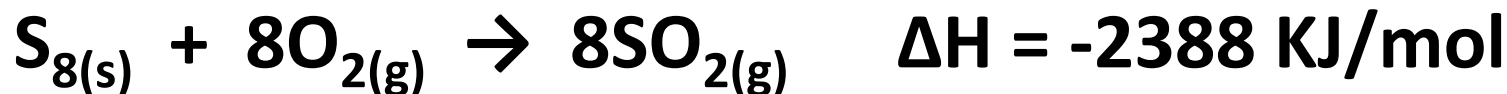
שיטות ייצוג שונות של השינוי באנתלפיה

השינוי באנרגיה ניתן לביטוי בצורות שונות:



1. על ידי גרף:

2. לצד התגובה המנוסחת:



3. בתוך התגובה המנוסחת:



שאלה 1

נתונה תגובה: $\text{RbI}_{(s)} \rightarrow \text{Rb}^+_{(g)} + \text{I}^-_{(g)}$

השינוי באנתלפיה, ΔH° , לתהליך זה:

א. $\Delta H^\circ > 0$

ב. $\Delta H^\circ < 0$

ג. $\Delta H^\circ = 0$

ד. לא ניתן לקבוע ללא נתונים נוספים

פתרון שאלה 1



השינוי באנתלפיה, ΔH° , לתהליך זה:

$$\text{א. } \Delta H^\circ > 0$$

$$\text{ב. } \Delta H^\circ < 0$$

$$\text{ג. } \Delta H^\circ = 0$$

ד. לא ניתן לקבוע ללא נתונים נוספים

שאלה 2:

בניתוק קשר בין שני אטומים:

- א. נפלטת אנרגיה שהייתה אצורה בקשר
- ב. נפלטת אנרגיה בגלל הדחייה בין הגרעינים
- ג. יש להשקיע אנרגיה להרחקת האטומים זה מזה
- ד. אין צורך להשקיע אנרגיה אם החומר נשאר באותו מצב הצבירה

שאלה 2:

בניתוק קשר בין שני אטומים:

א. נפלטת אנרגיה שהייתה אצורה בקשר

ב. נפלטת אנרגיה בגלל הדחייה בין הגרעינים

ג. יש להשקיע אנרגיה להרחקת האטומים זה מזה

ד. אין צורך להשקיע אנרגיה אם החומר נשאר באותו

מצב הצבירה

שאלה 3:

חום ההתאדות המולרי של מים הוא 44 kJ לכל מול. על פי
הנתון הזה ניתן להסיק שבעיבוי של 4.5 גרם אדי מים

משחררים:

א. 33 kJ

ב. 44 kJ

ג. 11 kJ

ד. 176 kJ

ה. 22 kJ

פתרון שאלה 3:

חום ההתאדות המולרי של מים הוא 44kJ לכל מול. על פי
הנתון הזה ניתן להסיק שבעיבוי של 4.5 גרם אדי מים

משחררים:

$$n = \frac{m}{M_w} = \frac{4.5}{18} = 0.25$$

$$Q = n \times \Delta H = 0.25 \times 44 = 11 \text{ kJ}$$

א. 33kJ

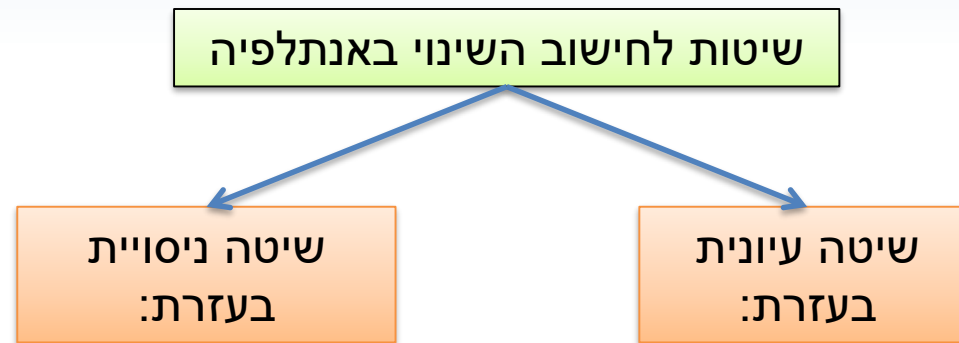
ב. 44kJ

ג. 11kJ

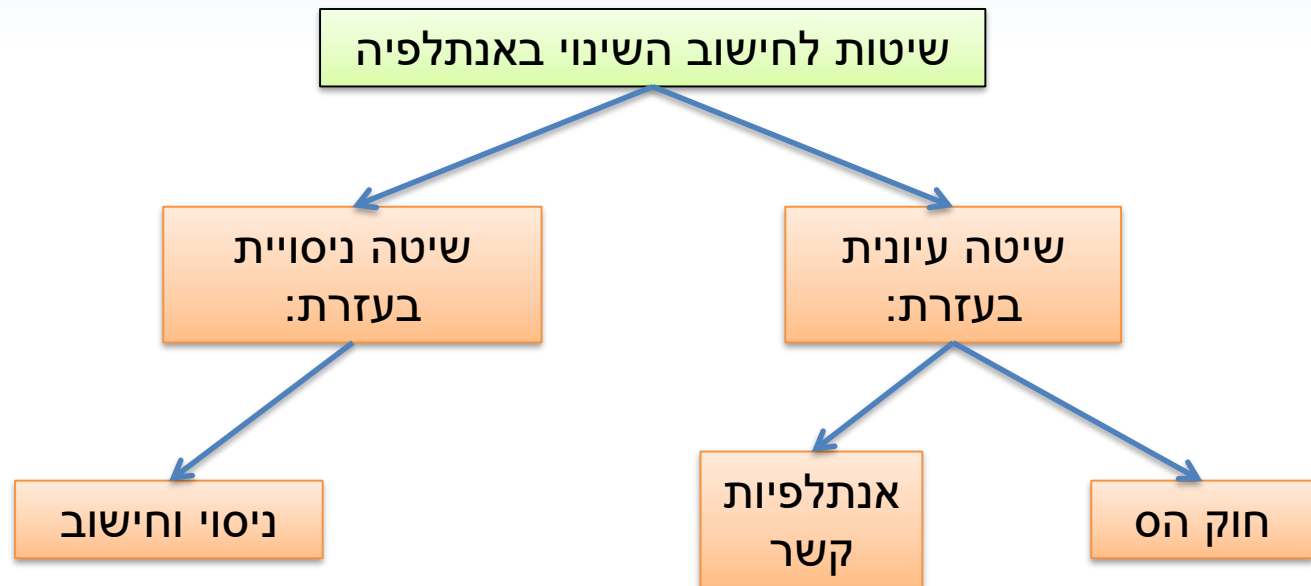
ד. 176 kJ

ה. 22 kJ

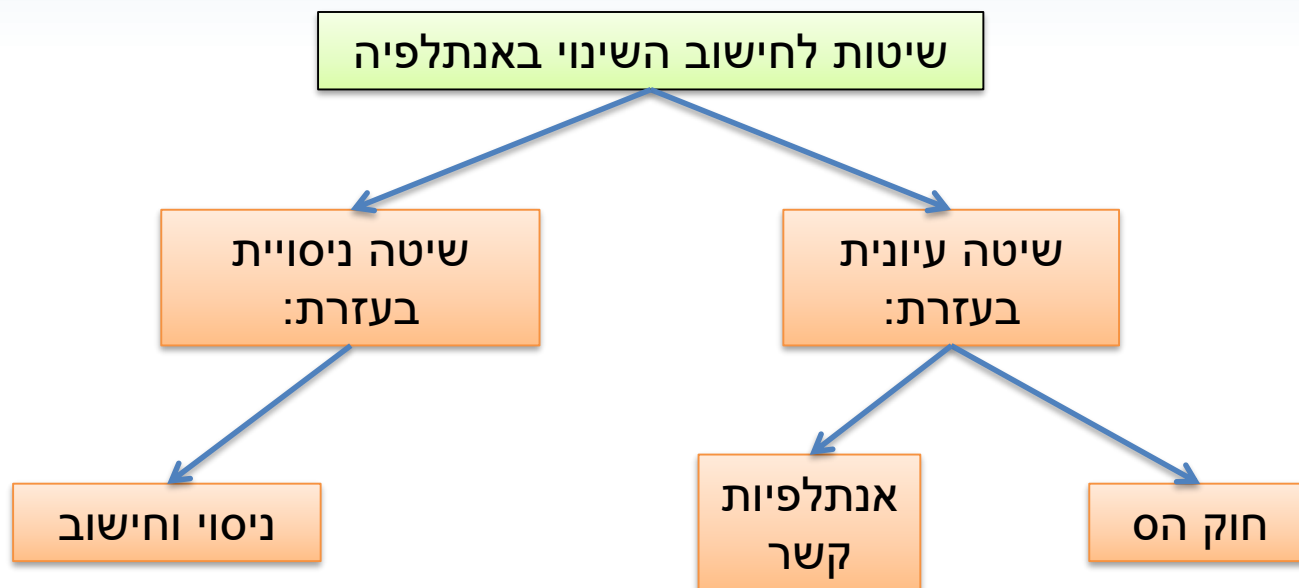
שיטות לחישוב השינוי באנתלפיה



שיטות לחישוב השינוי באנתלפיה



שיטות לחישוב השינוי באנתלפיה



אנתלפיות:
 ΔH_s : המראה, ΔH_b : אידוי, ΔH_m : היתוך

אנתלפיות:
 ΔH_a : (atomization) היווצרות, ΔH_f : (formation) אטומיזציה

אנתלפיות:
 ΔH_c : (combustion) שריפה

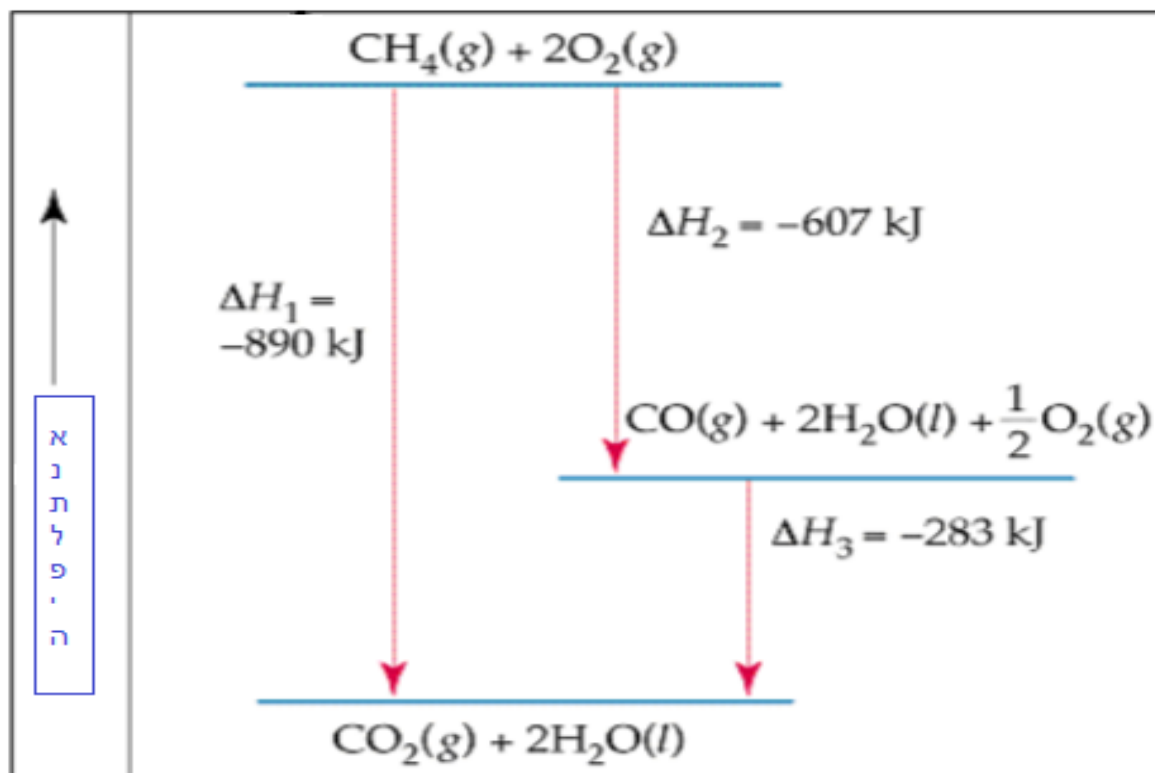
חוק הס:

כאשר תגובה מתרחשת בכמה
שלבים, השינוי הכולל באנתלפיה,
שווה לסכום האנתלפיות של כל
השלבים.



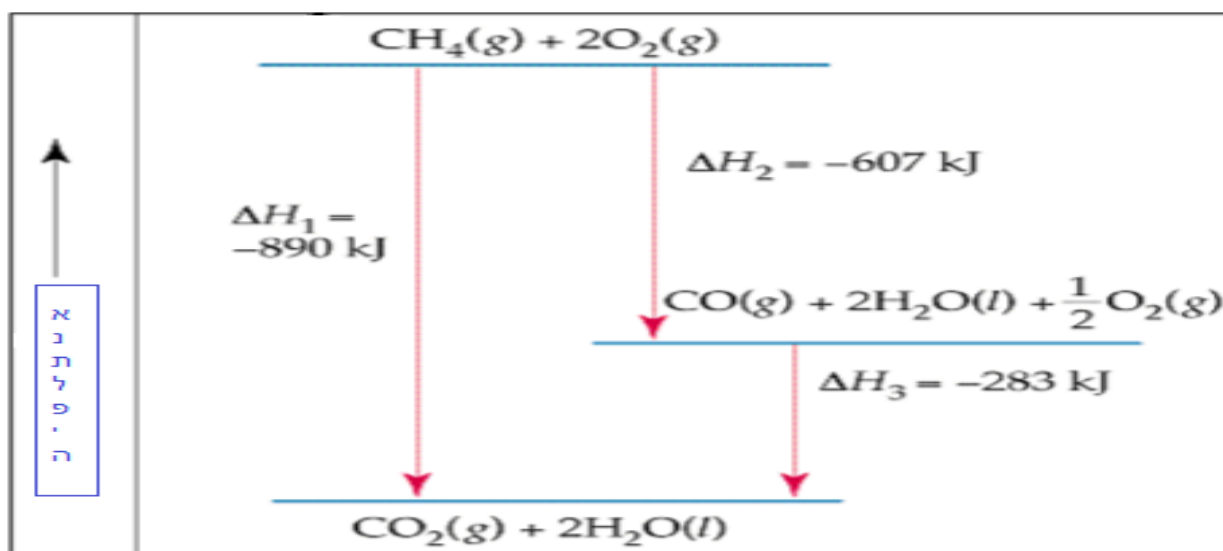
ג'רמין הנרי הס 1802-1850
כימאי רוסי שוויצרי
ניסח את חוק הס

דיאגרמת אנרגיה עבור התהליך:



יש לשים לב: $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$

כדי לחשב את השינוי באנתלפיה עבור התגובה, ניתן לחבר תגובות כימיות, כמו היו משוואות אלגבריות.



$$\Delta H_1 = -890 \text{ KJ}$$

$$\Delta H_2 = -607 \text{ KJ}$$

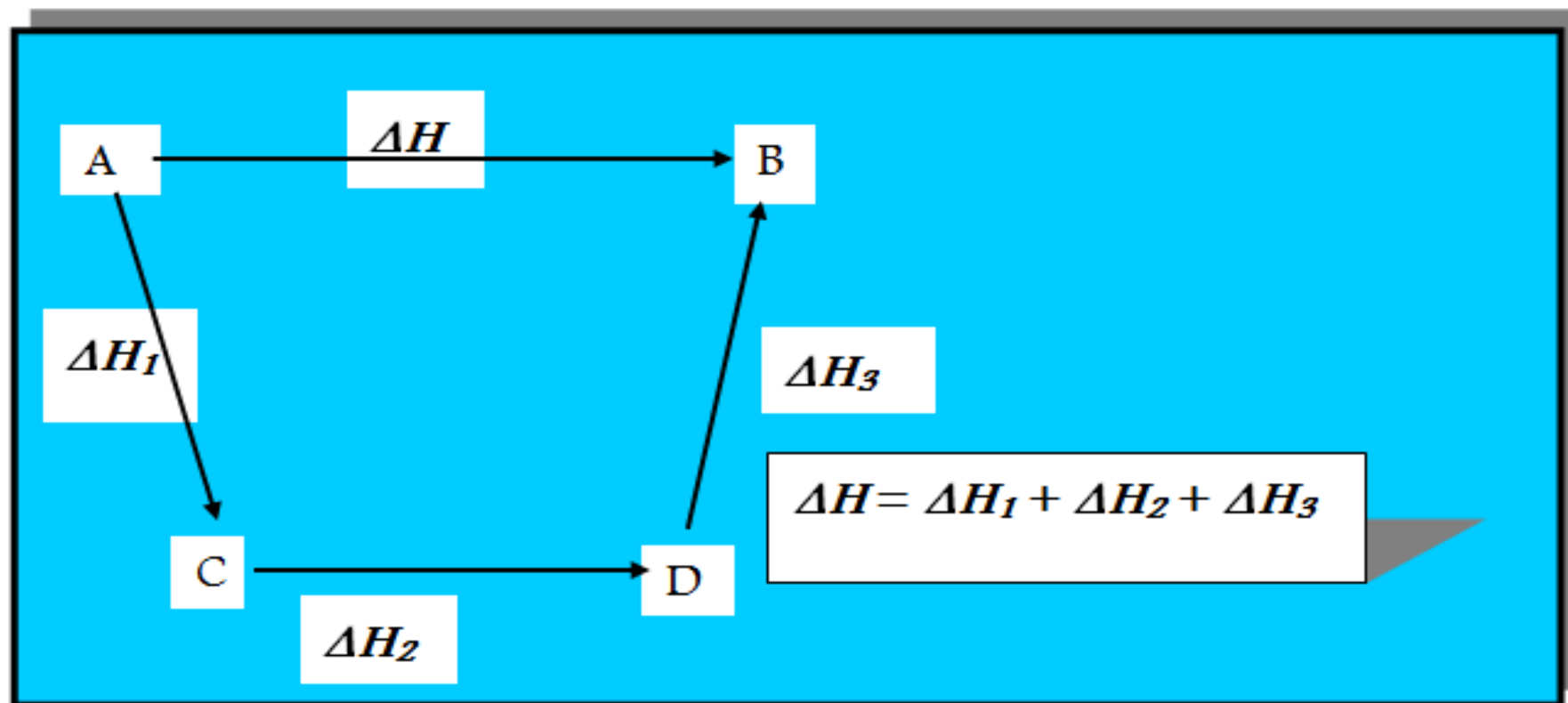
$$\Delta H_3 = -283 \text{ KJ}$$

$$= \Delta H_1$$

חיבור
תגובות
3-2-1

שיטה 1: בניית דרך חלופית

1. A יכול להפוך ל-B.
2. A יכול גם להפוך ל-B דרך C ו-D.

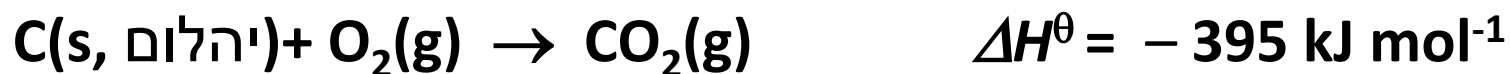
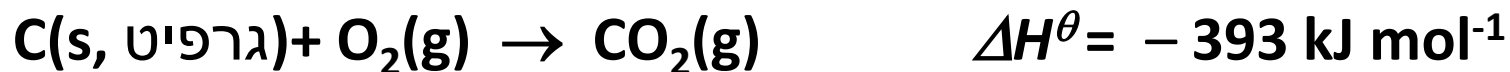


אם ידועים ΔH_1 , ΔH_2 ו- ΔH_3 – ניתן לחשב את ΔH

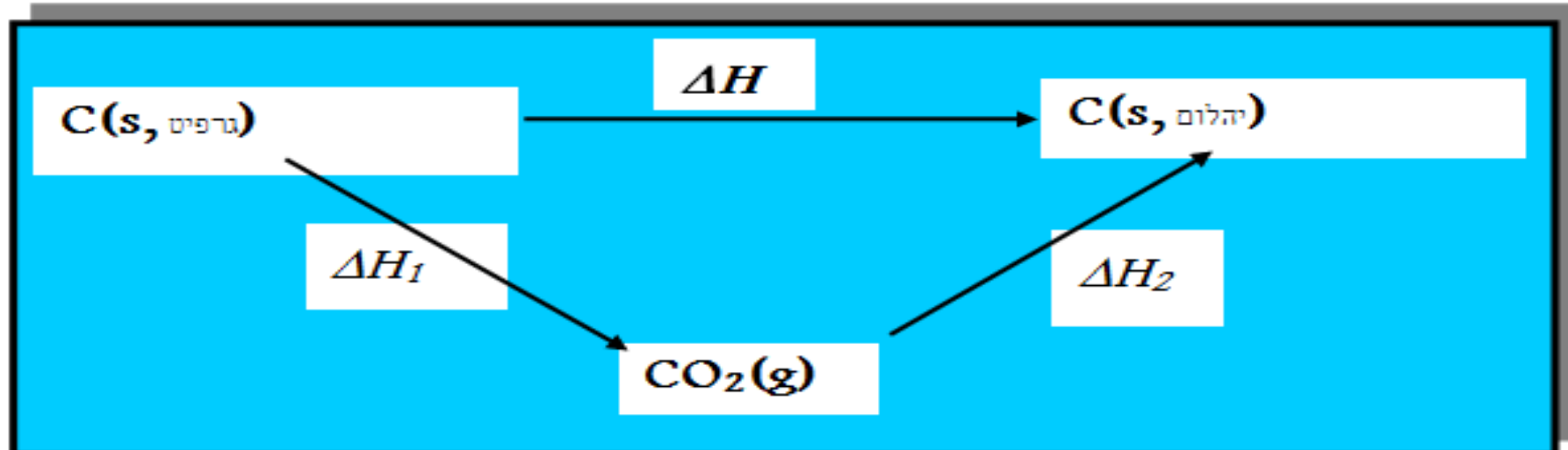
חשב את השינוי באנתלפייה עבור התגובה הבאה:



ידוע לנו כי:



קל לעקוב אחר הדרך החלופית עבור התהליך הנ"ל.....



לפי חוק הס:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$$

מהנתונים עולה כי:

$$\Delta H_1 = -393 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H_2 = +395 \text{ kJ mol}^{-1}$$

(הערך חיובי מכיוון שהפכנו את התגובה!)

החישובים הרלוונטיים הם:

$$\Delta H = (-393) + (+395)$$

$$\Delta H = +2 \text{ kJ mol}^{-1}$$

שיטה 2: צירוף משוואות

נשתמש בנתונים מהשיטה הראשונה:



מהפיכת תגובה [2] מתקבל:



צירוף [1] ו-[3] נותן:



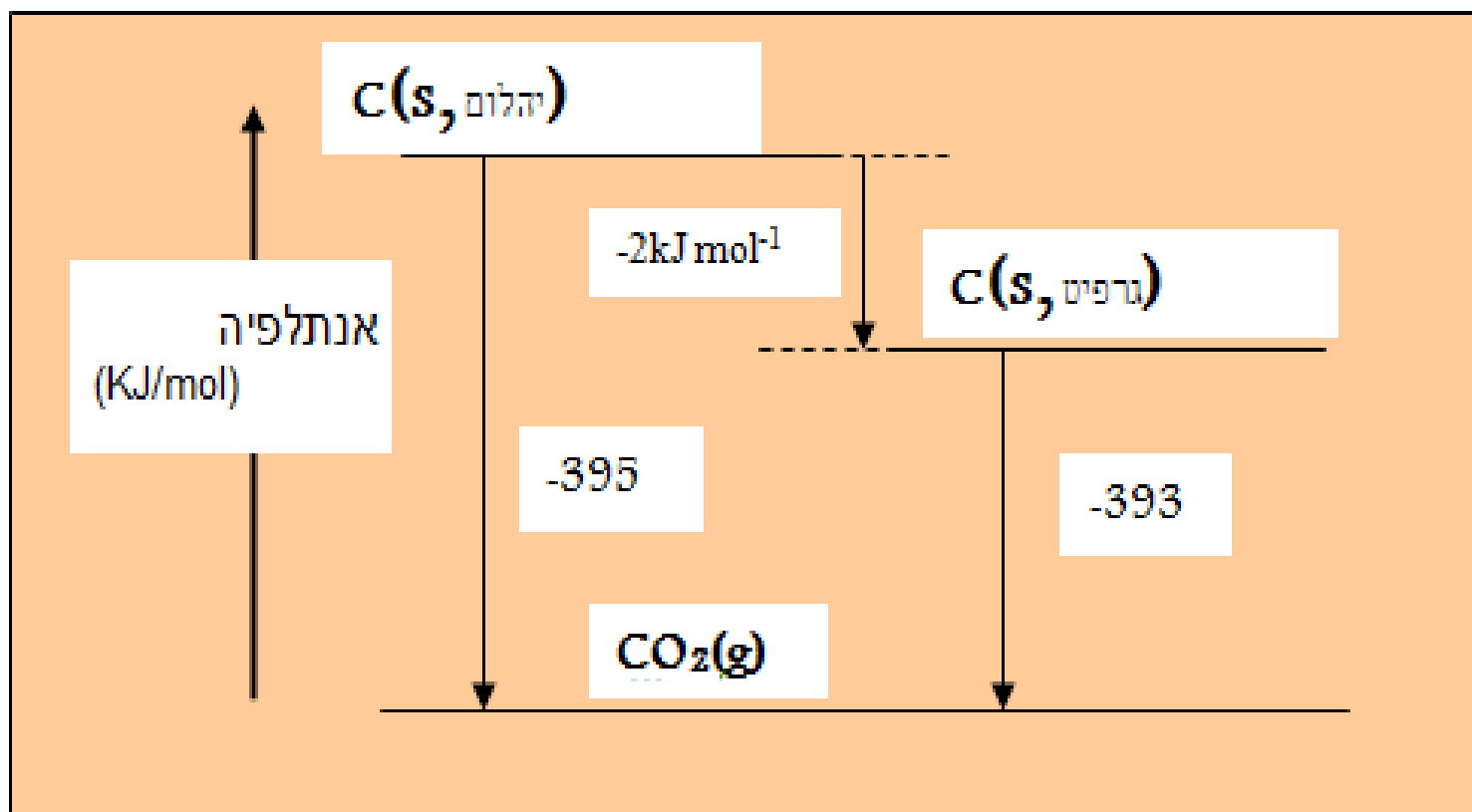
כאשר נצמצם חומרים זהים משני עברי המשוואה, נקבל:



נעשה את אותה הפעולה עבור ערכי האנטלפיה של התגובות....

שתי השיטות נותנות תוצאה זהה: $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_3 = (-393) + (+395) = +2 \text{ kJ mol}^{-1}$

נוכל לשרטט גרף שינויי האנרגיה עבור התהליכים הנ"ל:

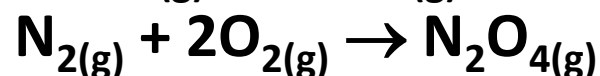
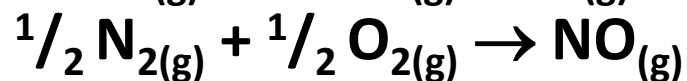


מה כל זה אומר לגבי היציבות היחסית של יהלום וגרפיט?



חשב ΔH עבור התגובה הבאה

בעזרת הנתונים הבאים:

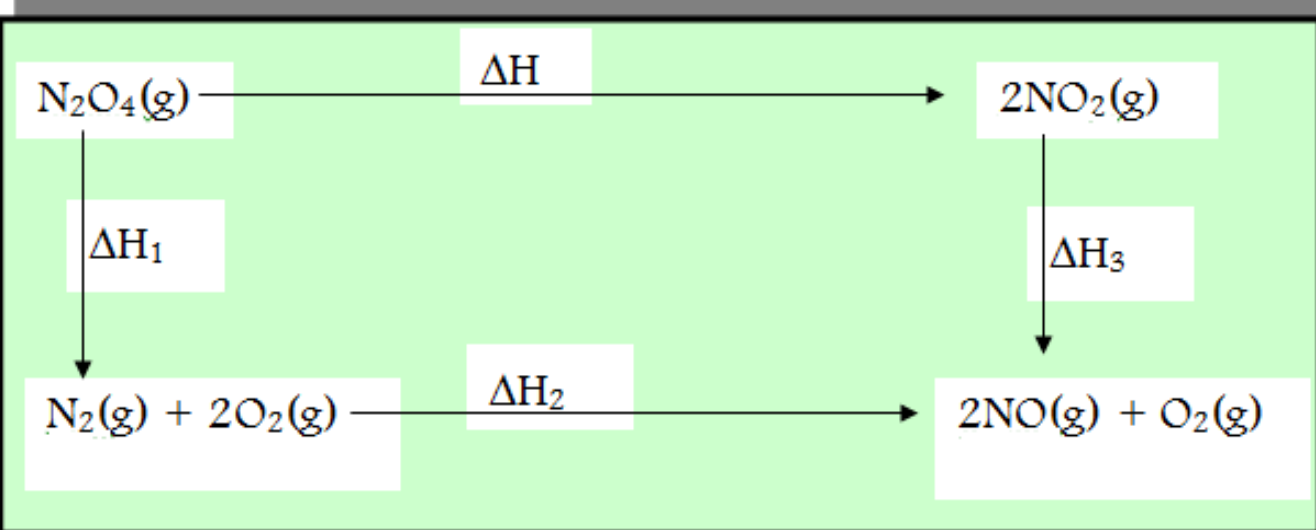


$$\Delta H^\theta = +109 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H^\theta = +90.0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H^\theta = +8.0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

בשיטה בראשונה נקבל:



$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

נפתור את הבעיה על ידי שימוש בחוק הס:

$$\Delta H_1 = -(+8)$$

$$\Delta H_2 = 2(+90)$$

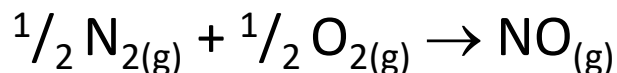
$$\Delta H_3 = -(+109)$$

ובהצבת הערכים המתאימים נקבל:

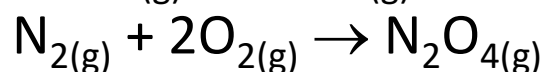
$$\Delta H = -8 + (2 \times 90) - 109 = +63 \text{ kJ mol}^{-1}$$

בשיטה השנייה נקבל:

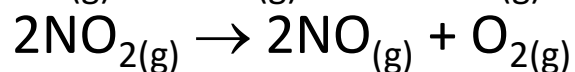
נתון:



$$\Delta H^0 = +90.0 \text{ kJ mol}^{-1} \quad [4]$$

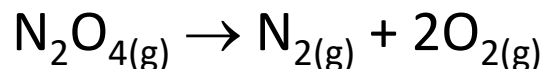


$$\Delta H^0 = +8.0 \text{ kJ mol}^{-1} \quad [5]$$



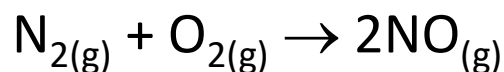
$$\Delta H^0 = +109 \text{ kJ mol}^{-1} \quad [6]$$

נהפוך את תגובה [5]:



$$\Delta H^0 = -8.0 \text{ kJ mol}^{-1} \quad [7]$$

נכפיל את תגובה [4] פי 2:



$$\Delta H^0 = 180 \text{ kJ mol}^{-1} \quad [8]$$

נצרף את [7] ו- [8] ונקבל:

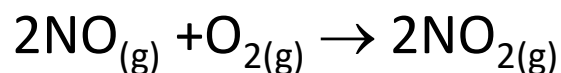


[9]

תוספת למשוואה [9]

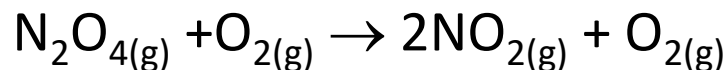
$$\Delta H = +180 + (-8) = +172 \text{ kJ mol}^{-1}$$

הפיכת משוואה [6]

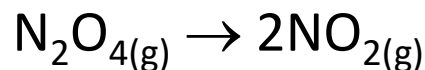


$$\Delta H^0 = +109 \text{ kJ mol}^{-1} \quad [10]$$

צירוף ל- [9] נותן:



וכך מתקבל [11]



$$\Delta H = (+172) + (-109) = +63 \text{ kJ mol}^{-1}$$

והכל מסתכם ב

בדיוק אותו הדבר כמו קודם!

שאלה 4

במהלך ההמסה של 1 מול $\text{NaOH}_{(s)}$ במים נפלטת לסביבה אנרגיה בשיעור של 43.1KJ .

א. מהו ΔH של התגובה?

1. $\Delta H = 43.1 \text{ K.J}$

2. $\Delta H = -43.1 \text{ K.J}$

3. $\Delta H = 0 \text{ K.J}$

4. לא ניתן לקבוע

תשובה לשאלה 4

במהלך ההמסה של 1 מול $\text{NaOH}_{(s)}$ במים נפלטת לסביבה אנרגיה
בשיעור של 43.1KJ .

א. מהו ΔH של התגובה?

1. $\Delta H = 43.1 \text{ K.J}$

2. $\Delta H = -43.1 \text{ K.J}$

3. $\Delta H = 0 \text{ K.J}$

4. לא ניתן לקבוע

שאלה 5

במהלך ההמסה של 1 מול $\text{NaOH}_{(s)}$ במים נפלטת לסביבה אנרגיה בשיעור של 43.1 KJ .

ב. כמה אנרגיה תשתחרר לסביבה כאשר ימיסו 0.01 מול NaOH ?

1. 43.1 K.J

2. -43.1 K.J

3. 0.431 K.J

4. -0.431 K.J

תשובה לשאלה 5

במהלך ההמסה של 1 מול $\text{NaOH}_{(s)}$ במים נפלטת לסביבה אנרגיה בשיעור של 43.1 KJ .

ב. כמה אנרגיה תשתחרר לסביבה כאשר ימיסו 0.01 מול NaOH ?

1. 43.1 K.J

2. -43.1 K.J

3. 0.431 K.J

4. -0.431 K.J

האנרגיה המשתחררת נמצאת ביחס ישר לכמות החומר, לכן כמות האנרגיה שתשתחרר לסביבה היא $43.1 \times 0.01 = 0.431 \text{ KJ}$

מהו חום והקשר לשינוי באנתלפיה 

תגובות אקסותרמיות ואנדותרמיות – ושינויי אנתלפיה 

שיטות לחישוב השינוי באנתלפיה 

1. חוק הס

א. חישוב על ידי בניית דרך חלופית

ב. חישוב על ידי צירוף משוואות