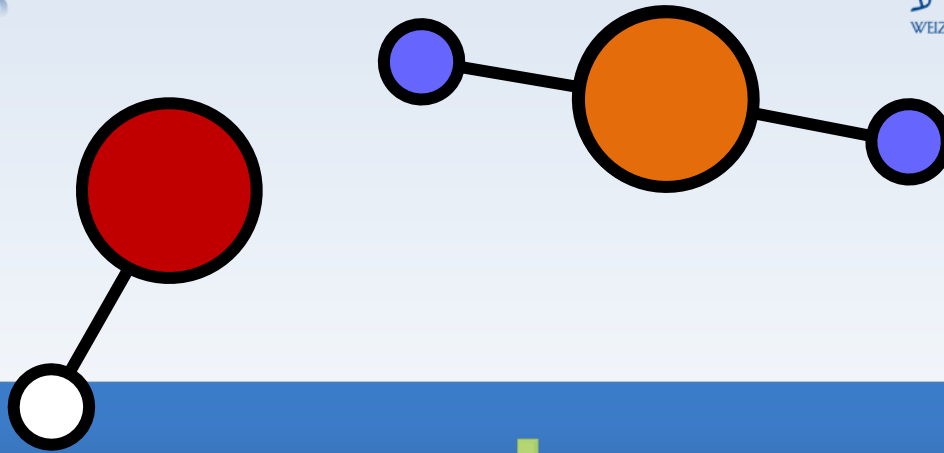
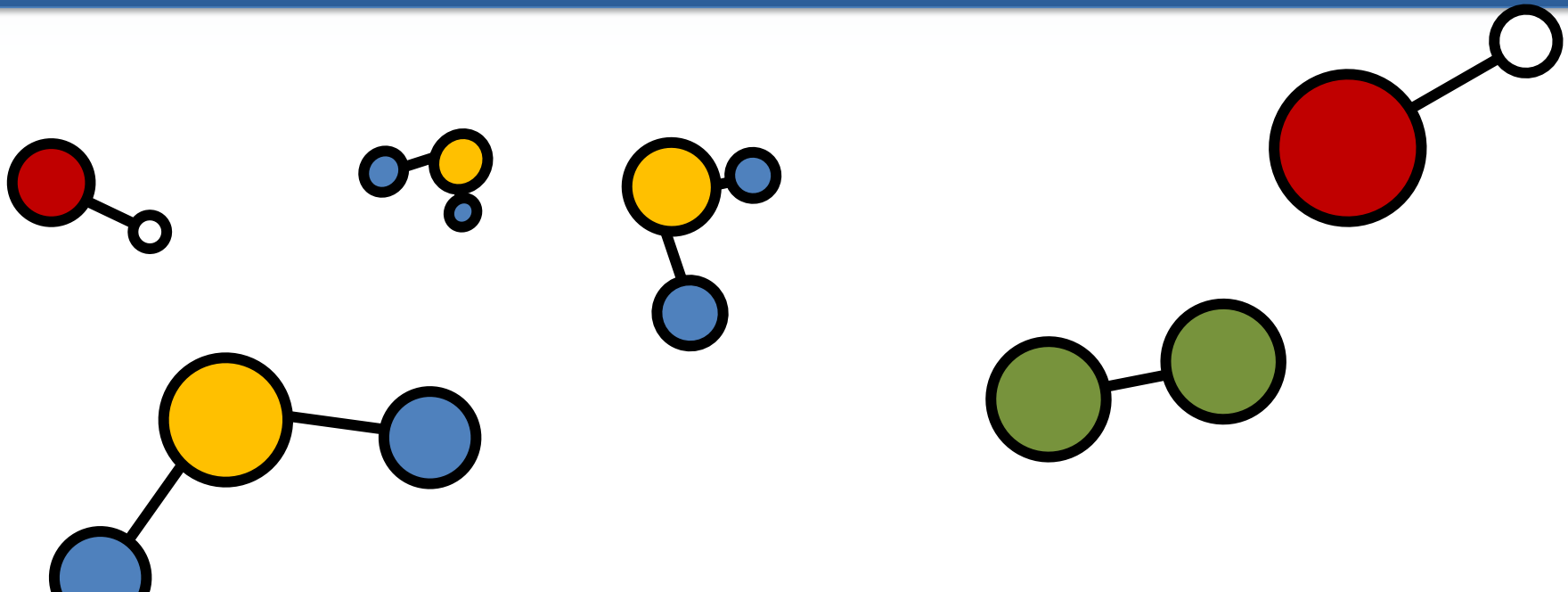
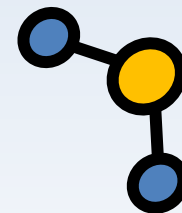




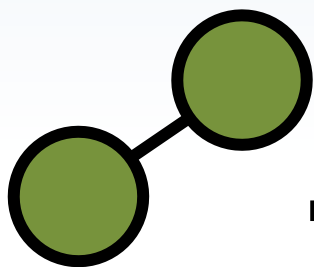
שיווי משקל כימי





מהו שיווי משקל ומאפייני שיווי משקל? 

תגובות הפיכות ודינמיות 



גורמים המשפיעים על מצב שיווי משקל 

קבוע הריכוזים וחישובו 

מה אנחנו צריכים כבר לדעת?

מושגים בסיסיים באנרגיה: 

תגובה אנדותרמית ותגובה אקסותרמית.

מערכת וסביבה: 

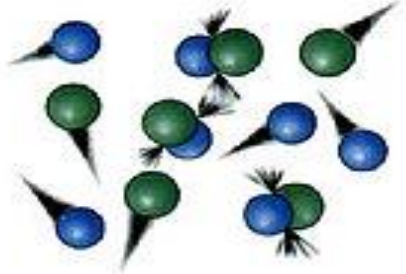
מעברי אנרגיה, מערכת פתוחה, סגורה ומבודדת

אנתלפיה: אנתלפיה תקנית, דיאגרמת אנרגיה 

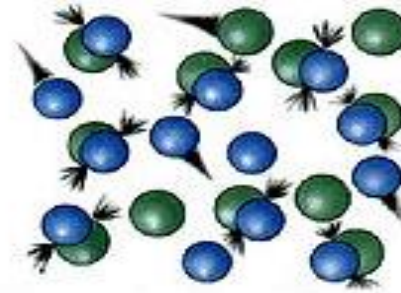
סטויכיומטריה: חישובי ריכוזים, יחס מולים 

ישנן מספר צורות להתייחס לשיווי משקל וביניהן:

- **שיווי משקל (ש.מ.) פיזיקלי** - מצב שלא קורה בו דבר.
- **שיווי משקל (ש.מ.) כימי** - ש.מ. דינמי, (רק למראית עין לא קורה בו דבר).
במצב ש.מ. ריכוזי מרכיבי המערכת נשמרים קבועים וכתוצאה גם התכונות הנמדדות: pH, טמפרטורה, מוליכות חשמל ועוד....

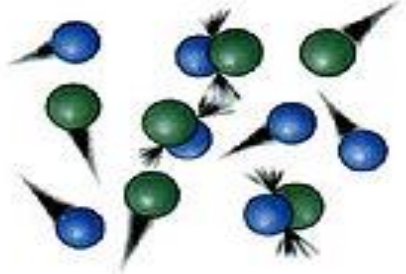


ריכוז נמוך - מעט התנגשויות

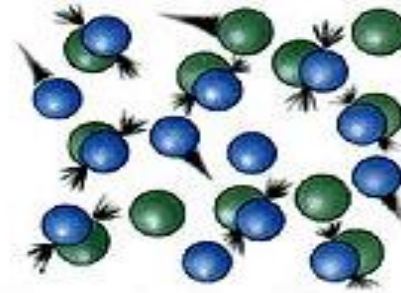


ריכוז גבוה - הרבה התנגשויות

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



ריכוז נמוך - מעט התנגשויות



ריכוז גבוה - הרבה התנגשויות

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**.

נצפה בסרטון



מהו שיווי משקל כימי?

<https://youtu.be/dUMmoPdwBy4>

- שני תהליכים מנוגדים מתרחשים בו זמנית כך שאין שינוי בכמות המגיבים והתוצרים כתלות בזמן.

- שני תהליכים מנוגדים מתרחשים בו זמנית כך שאין שינוי בכמות המגיבים והתוצרים כתלות בזמן.
- שיווי משקל זאת נקודה **בה אין העדפה אנרגטית לתגובה להתקדם לאחד הכיוונים**, וריכוזי המגיבים והתוצרים נשארים קבועים, אם כי יש תנועה בשני כיווני התגובה.

- שני תהליכים מנוגדים מתרחשים בו זמנית כך שאין שינוי בכמות המגיבים והתוצרים כתלות בזמן.
- שיווי משקל זאת נקודה בה אין העדפה אנרגטית לתגובה להתקדם לאחד הכיוונים, וריכוזי המגיבים והתוצרים נשארים קבועים, אם כי יש תנועה בשני כיווני התגובה.
- התגובות ההפיכות תתרחשנה **כל הזמן, בקצב שווה** כך שמהירותיהן שוות.

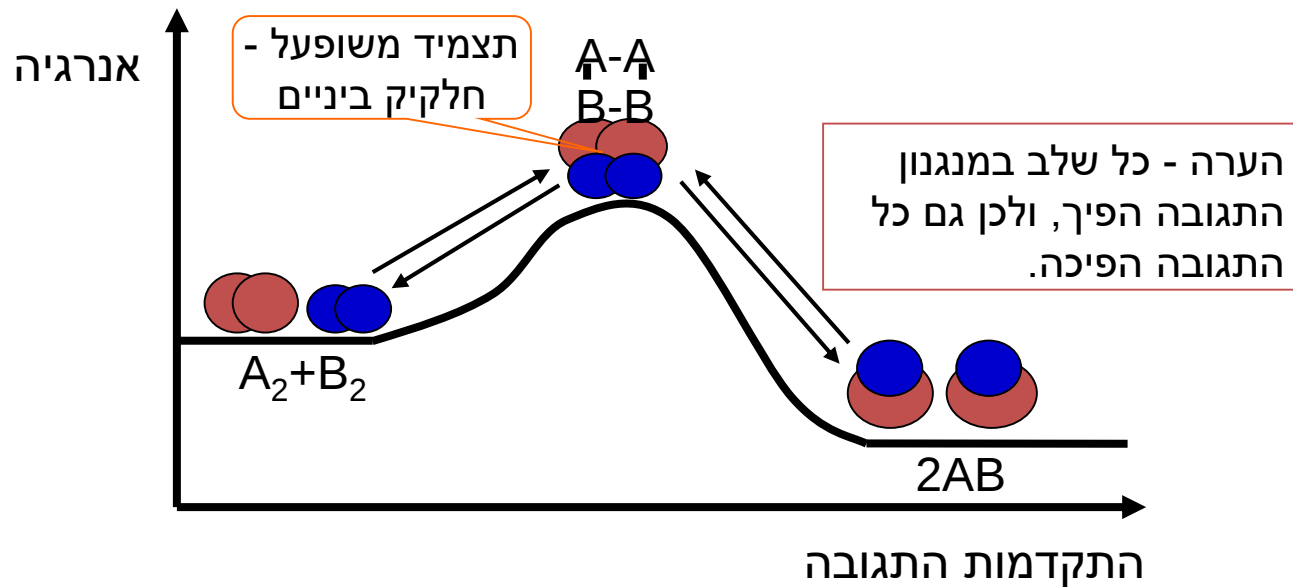
שיווי משקל כימי: נקודות חשובות

- שני תהליכים מנוגדים מתרחשים בו זמנית כך שאין שינוי בכמות המגיבים והתוצרים כתלות בזמן.
- שיווי משקל זאת נקודה בה אין העדפה אנרגטית לתגובה להתקדם לאחד הכיוונים, וריכוזי המגיבים והתוצרים נשארים קבועים, אם כי יש תנועה בשני כיווני התגובה.
- התגובות ההפיכות תתרחשנה כל הזמן, בקצב שווה כך שמהירותיהן שוות.
- רק גזים ותמיסות משפיעים על שיווי משקל כימי. מוצקים ונוזלים הם בעלי ריכוז קבוע.

ניסוח תהליך על פי הצגה גרפית: פרופיל אנרגיה

ניתן לייצג את התגובה בצורה גרפית ולעקוב אחר שינויי הריכוזים של המגיבים והתוצרים עד להשגת מצב ש.מ.

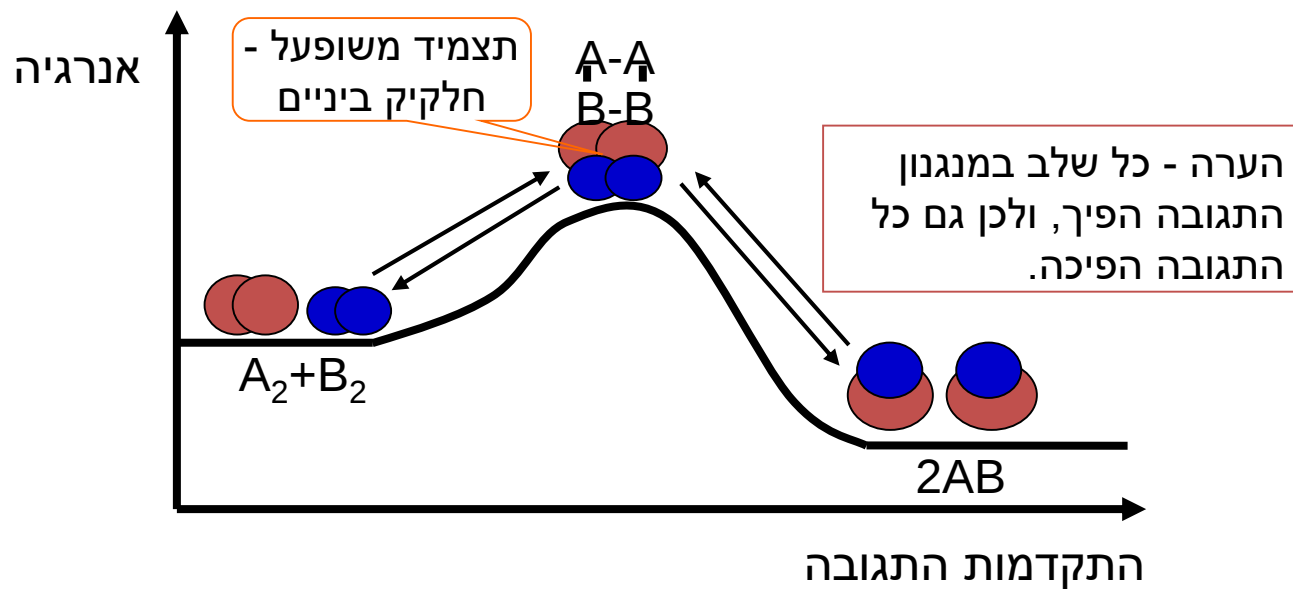
שני תהליכים מנוגדים מתרחשים בו זמנית כך שאין שינוי בכמות המגיבים והתוצרים כתלות בזמן.



ניסוח תהליך על פי הצגה גרפית: פרופיל אנרגיה

ניתן לייצג את התגובה בצורה גרפית ולעקוב אחר שינויי הריכוזים של המגיבים והתוצרים עד להשגת מצב ש.מ.

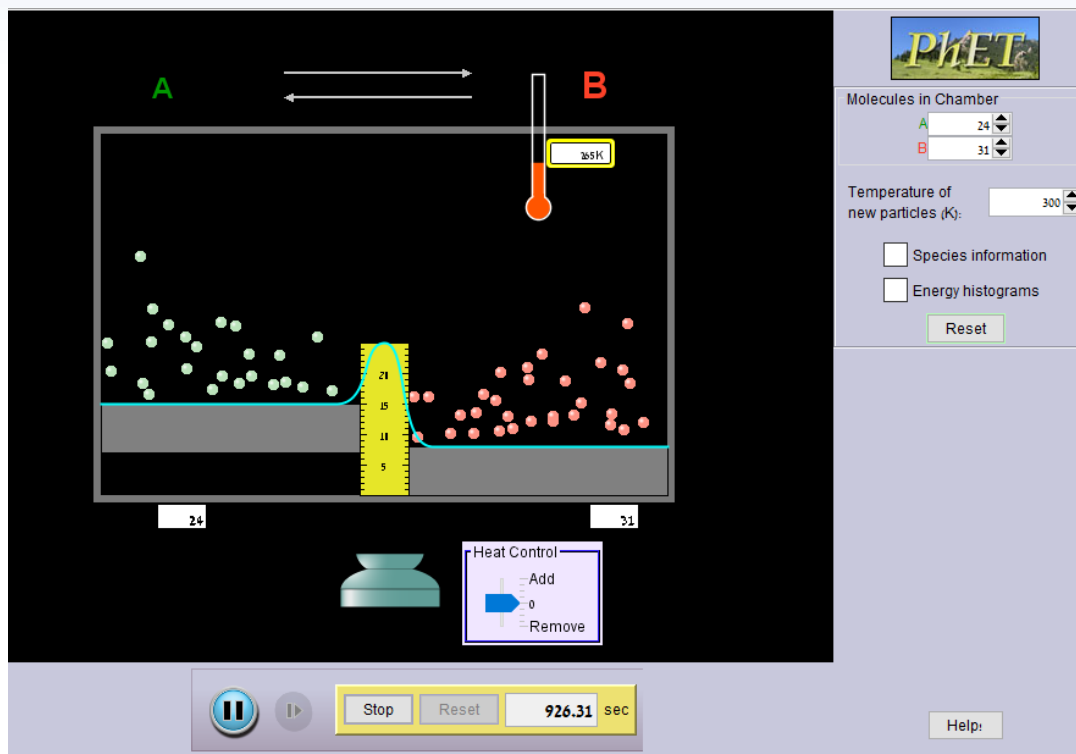
במצב שיווי משקל: התגובה הישירה והתגובה ההפוכה מתרחשות במקביל, ולכן המערכת מכילה תערובת של מגיבים + תוצרים



תגובת שיווי משקל



תגובות הפיכות- אנימציה של PhET

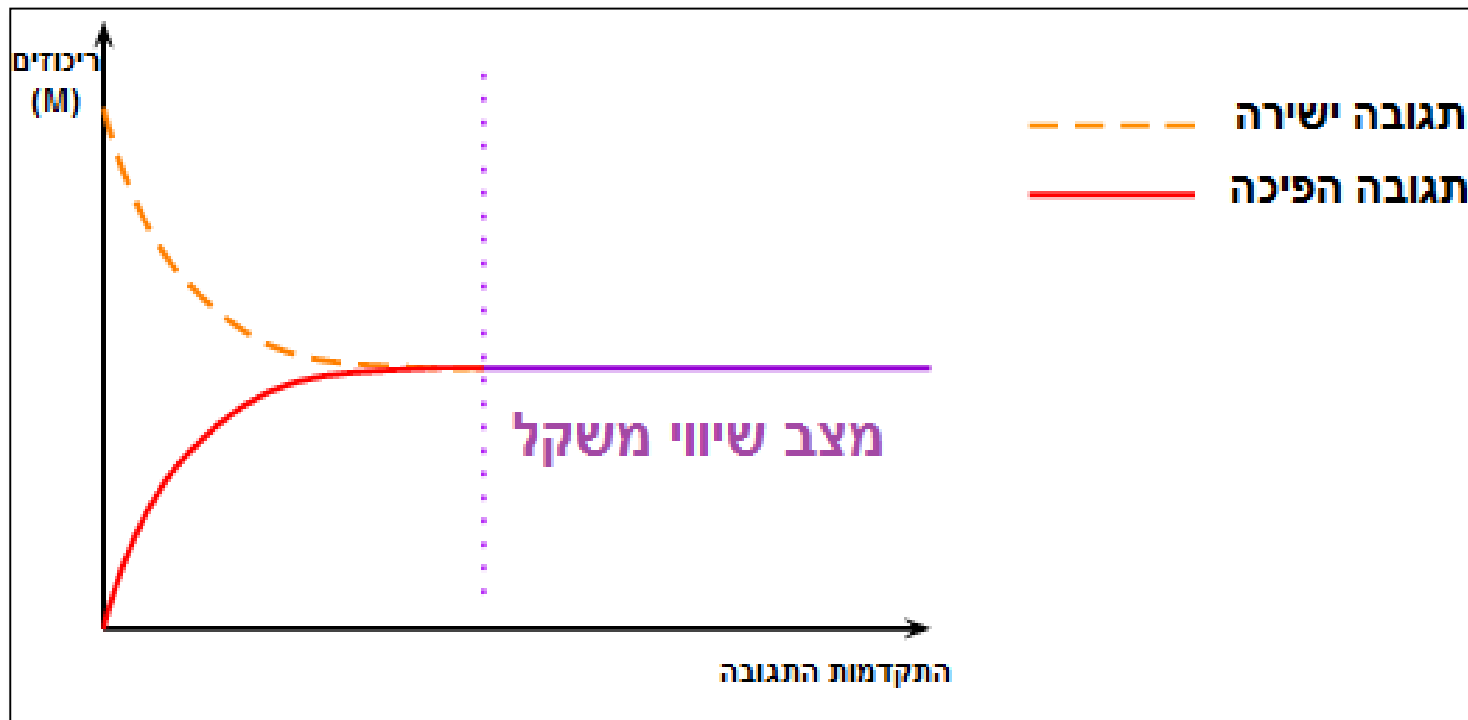


מהן תגובות הפיכות? 

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/reversible-reactions> 

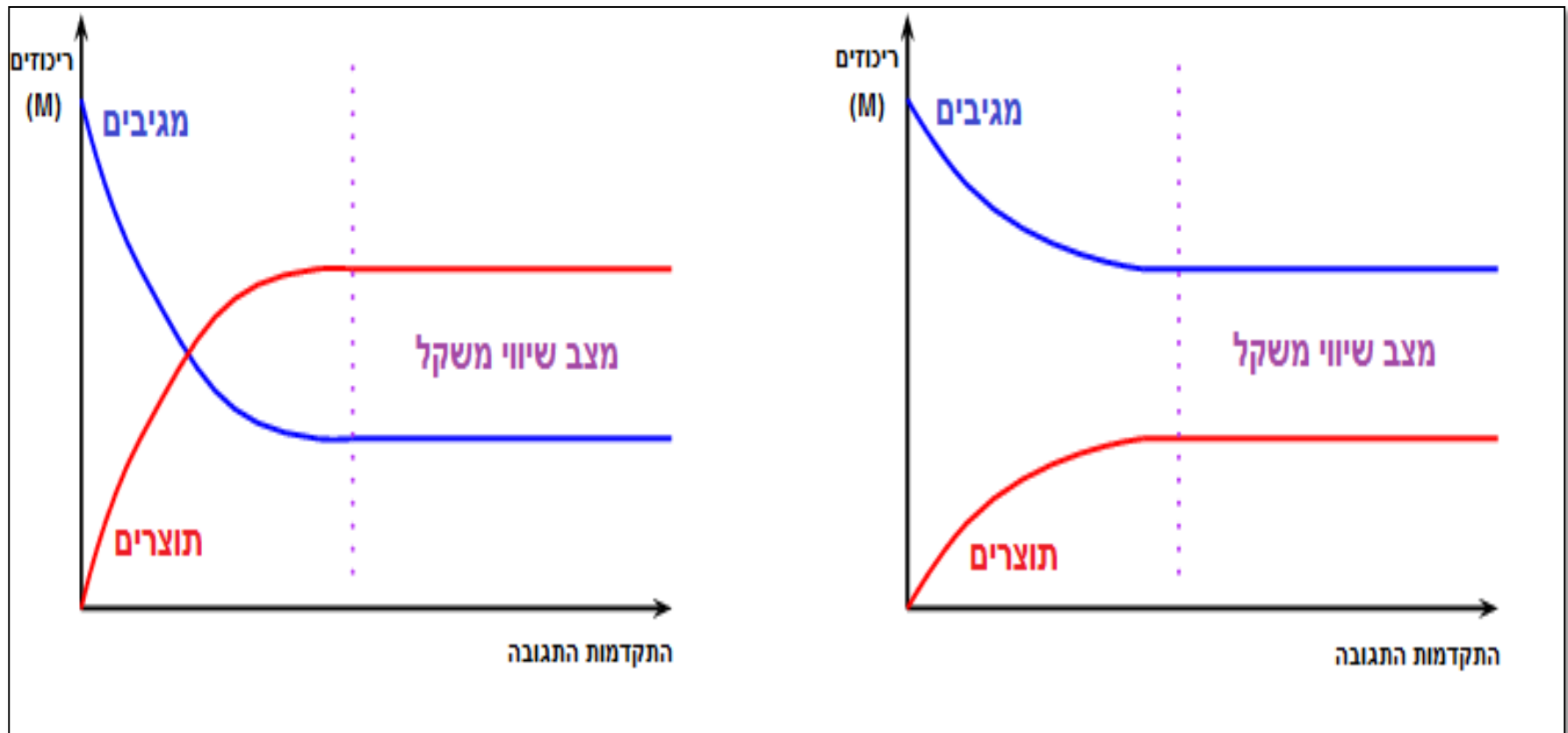
ניסוח תהליך על פי הצגה גרפית

ניתן לייצג את התגובה בצורה גרפית ולעקוב אחר שינויי הריכוזים של המגיבים והתוצרים עד להשגת מצב ש.מ.



ניסוח תהליך על פי הצגה גרפית

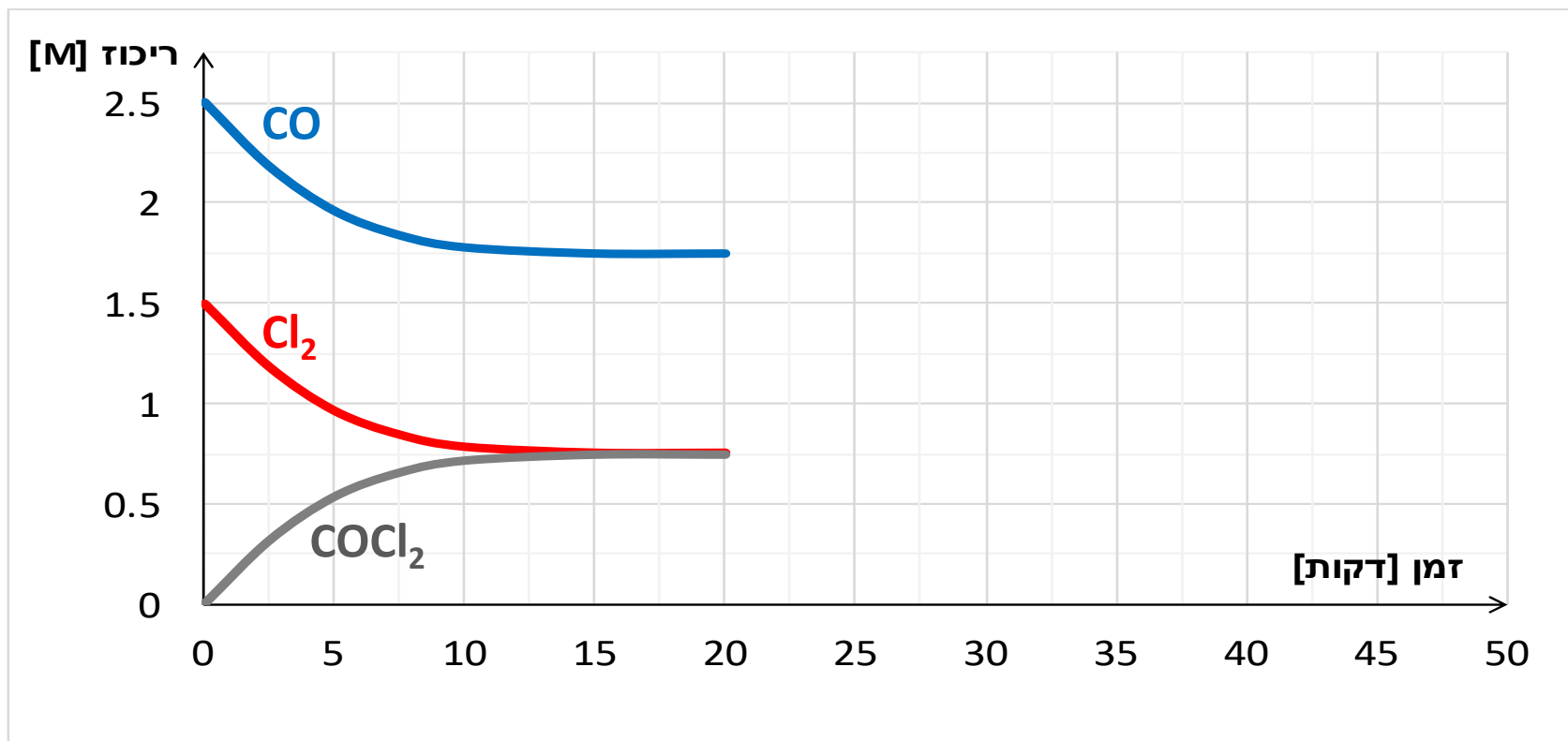
מצב ש.מ. מגיע כאשר ישנה התיישרות של הגרף. במצב זה, אין יותר השתנות של ריכוזי מרכיבי המערכת.



ניסוח תהליך על פי הצגה גרפית

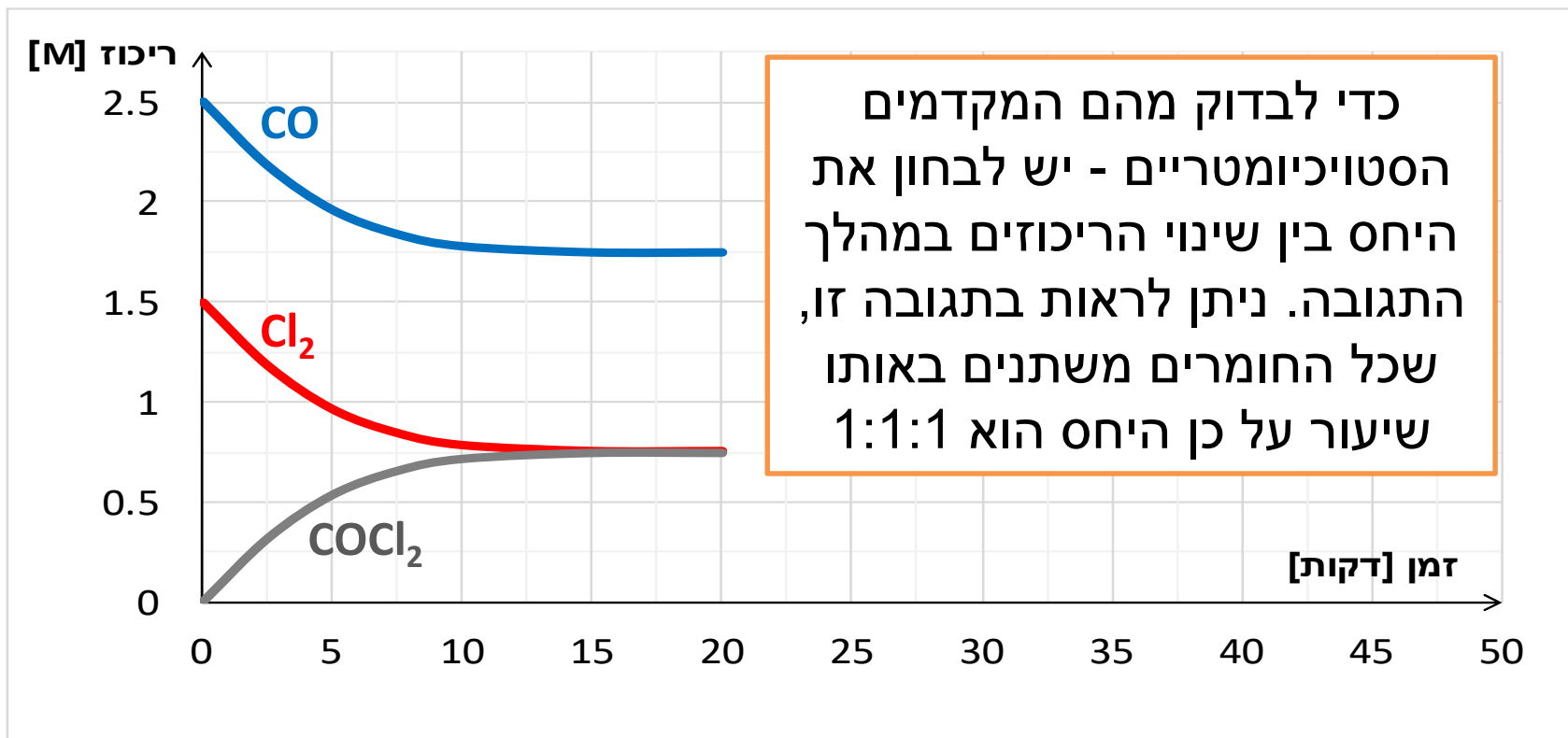
נתון גרף המציג את השתנות ריכוזים שלושה חומרים במערכת תגובה.

מהו ניסוח התגובה?

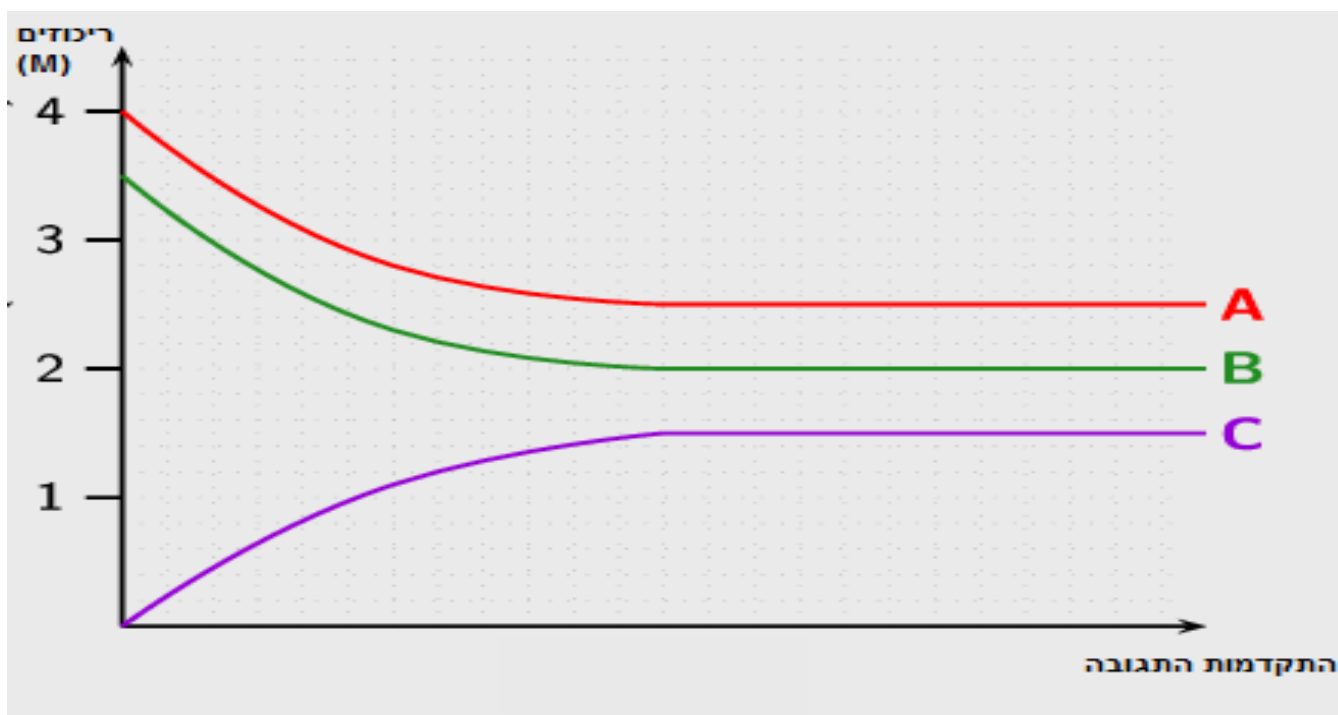


ניסוח תהליך על פי הצגה גרפית

ניתן לראות ששני חומרים יורדים בריכוזם במהלך התקדמות התגובה (המגיבים) ואילו חומר אחד עולה בריכוזו במהלך התקדמות התגובה (התוצר).



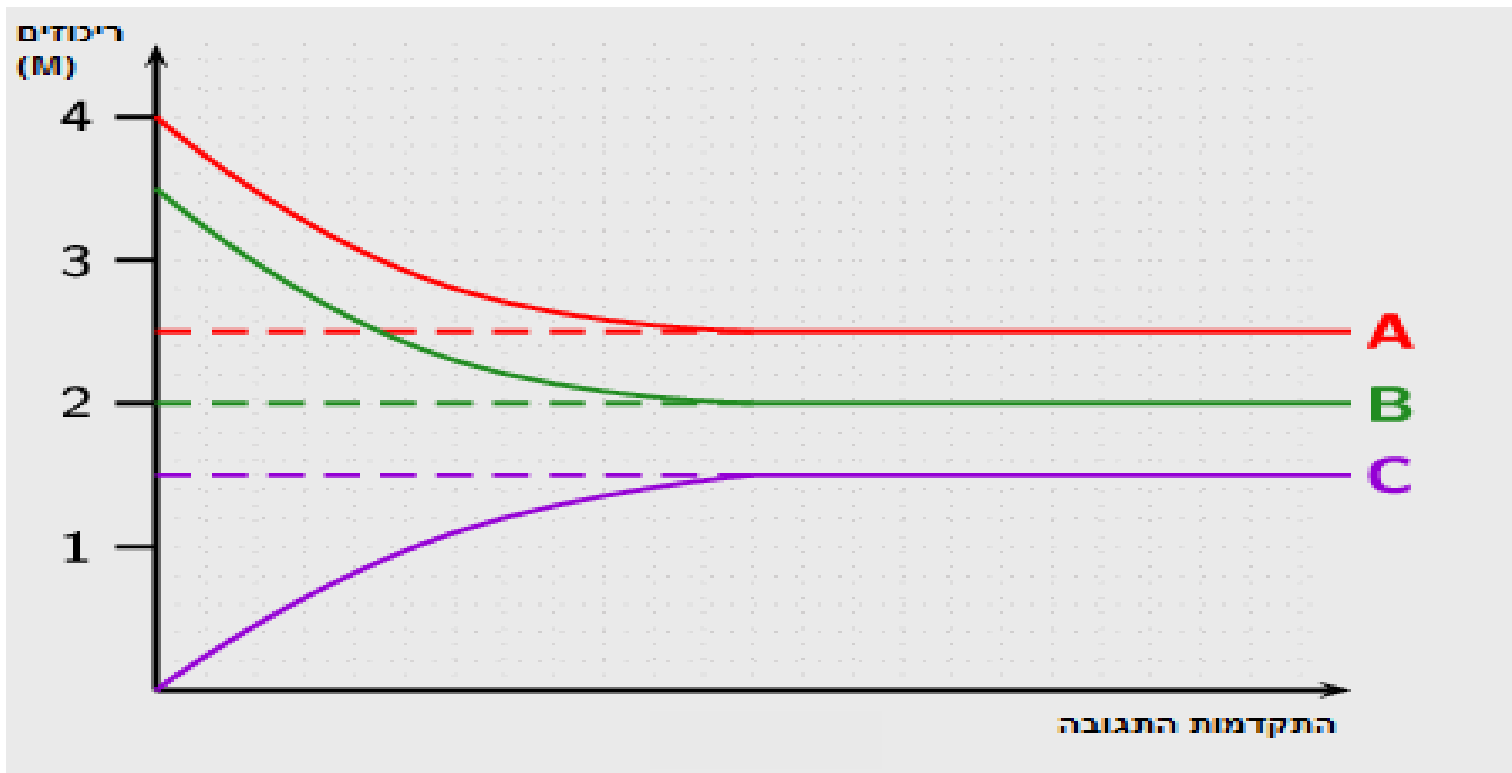
היעזר בגרף הנתון ונסח את התגובה שהתרחשה:



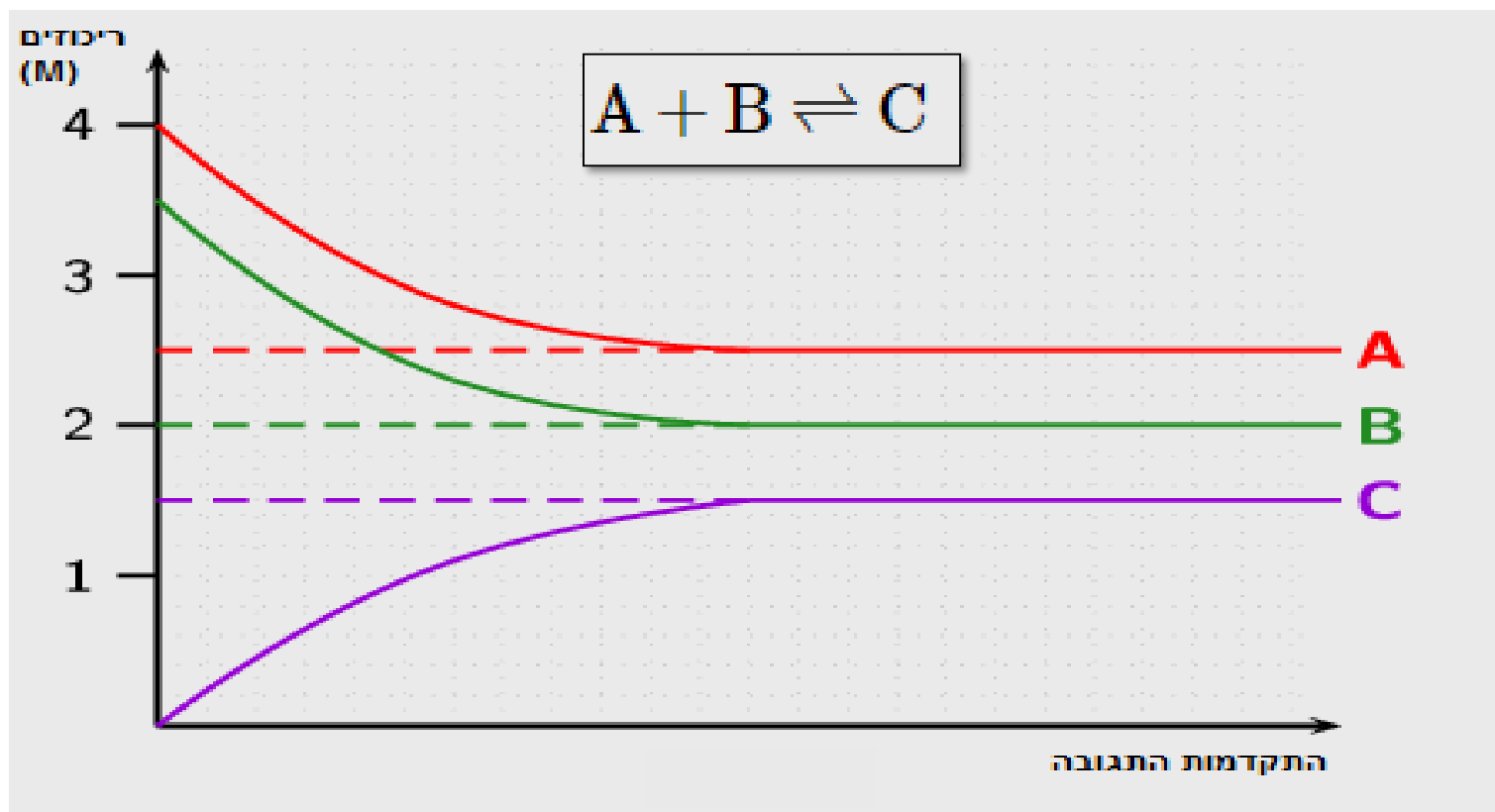
שאלה 1- פתרון

א. נבדוק את השתנות ריכוזי מרכיבי המערכת

ב. נבדוק את היחס בין השתנות הריכוזים על מנת לגלות את המקדמים בתגובה



שאלה 1- פתרון



קבוע הריכוזים = קבוע שיווי משקל (ק.ש.מ.).

קבוע הריכוזים, או בשמו האחר, **קבוע שיווי משקל**, הינו מדד להרכב המערכת במצב של שיווי משקל.

בטמפרטורה קבועה מדד זה לא ישתנה ויישאר קבוע, גם אם נשנה את ריכוזי החומרים המוכנסים אל תוך כלי התגובה.

קבוע הריכוזים נותן מידע לגבי מצב החומרים בכלי ועד כמה הם נוטים להגיב זה עם זה.

קבוע הריכוזים = קבוע שיווי משקל (ק.ש.מ.)

כאשר המערכת נתונה בשיווי משקל ניתן למצוא את קבוע שיווי המשקל בדרך הבאה:

מכפלת ריכוז כל תוצר בחזקת המקדם הסטוכיומטרי שלו

חלקי

מכפלת ריכוז כל מגיב בחזקת המקדם הסטוכיומטרי שלו.

קבוע הריכוזים = קבוע שיווי משקל (ק.ש.מ.).

בהינתן תגובה בשיווי משקל



ניתן למצוא את קבוע הריכוזים על ידי הנוסחה הבאה:

$$\frac{[C]^c \times [D]^d}{[A]^a \times [B]^b} = K_c$$

לכל תגובת שיווי משקל קבוע משלה.

קבוע הריכוזי משתנה בהתאם **לטמפרטורה** בלבד - בחום

גבוה או נמוך יותר המערכת תתנהג באופן שונה.

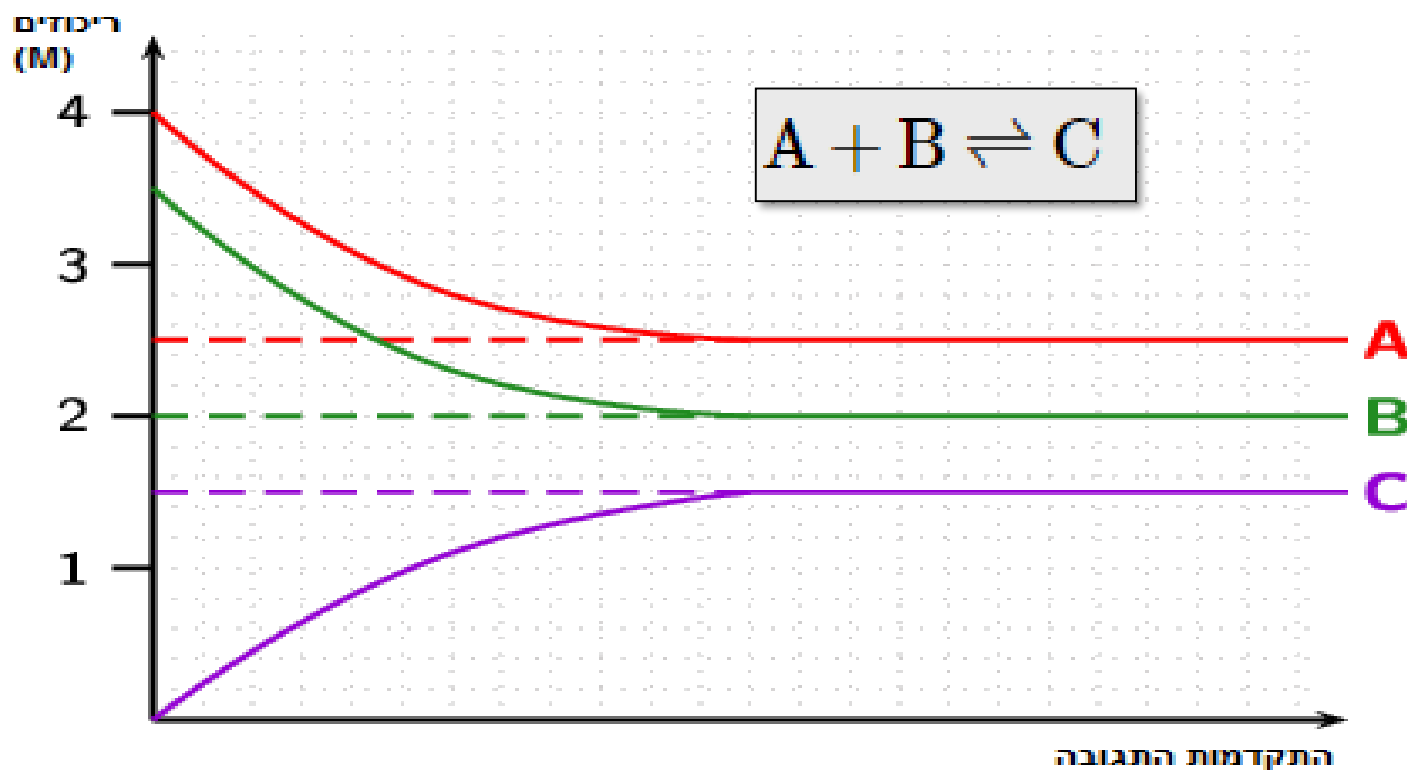
נתונה התגובה:



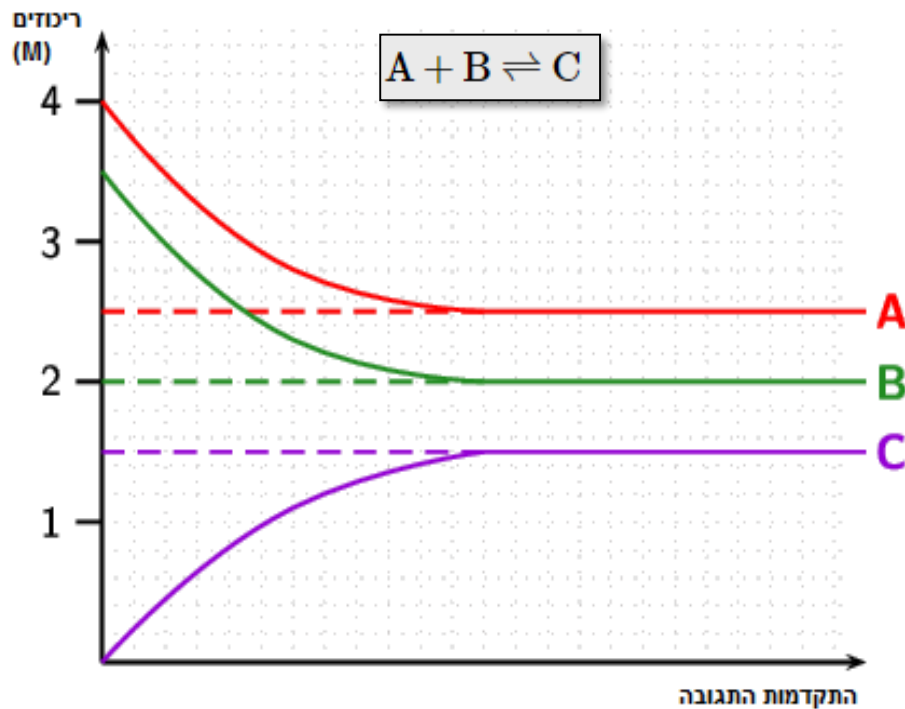
הביטוי לקבוע הריכוזים עבור תגובה זו יהיה:

$$K = \frac{[C]^2}{[A] \times [B]^3}$$

היעזר בגרף הנתון חשב את קבוע הריכוזים עבור התגובה:



א. נכתוב את ריכוזי כל המרכיבים בשיווי משקל:



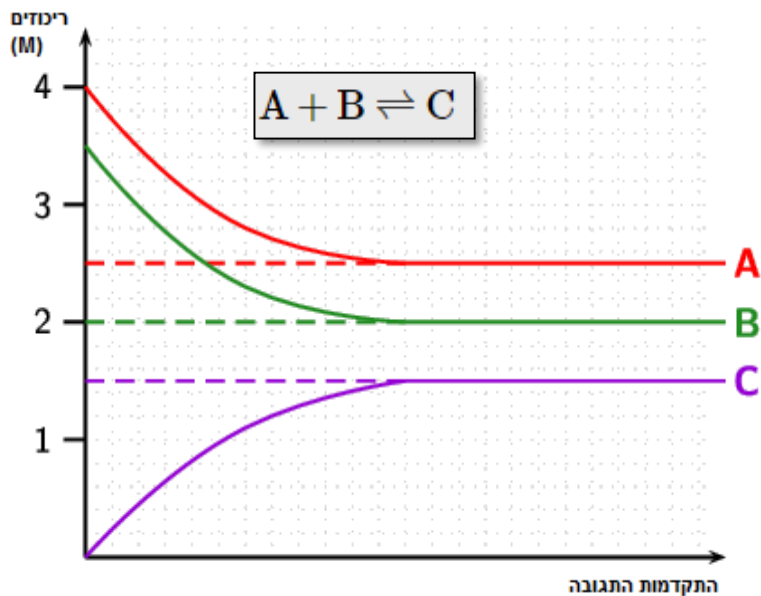
$$[A] = 2.5 \text{ M}$$

$$[B] = 2 \text{ M}$$

$$[C] = 1.5 \text{ M}$$

תזכורת: סימון הריכוז הוא על ידי סוגריים מרובעים []

ב. נציב במשוואה לחישוב קבוע הריכוזים:



$$[A] = 2.5 \text{ M}$$

$$[B] = 2 \text{ M}$$

$$[C] = 1.5 \text{ M}$$

$$K = \frac{[C]}{[A] \times [B]} = \frac{[1.5]}{[2] \times [2.5]} = 0.3$$

הערה: קבוע הריכוזים הינו חסר יחידות. הנחת היסוד היא שכל ערך ריכוז מחולק על ידי M ולכן יוצא לבסוף ערך חסר יחידות.

מה ניתן ללמוד מערכו של קבוע הריכוזים?

- אם ערכו של הקבוע **גדול** מאד, הרי **שריכוז התוצרים גדול הרבה יותר מריכוז המגיבים**.
כאשר הערך גדול במיוחד (גדול מ: 10^{10}) ניתן לומר שהתגובה אינה כלל במצב שיווי משקל כי אם מתרחשת עד תום (פירוק מוחלט של המגיבים לתוצרים).

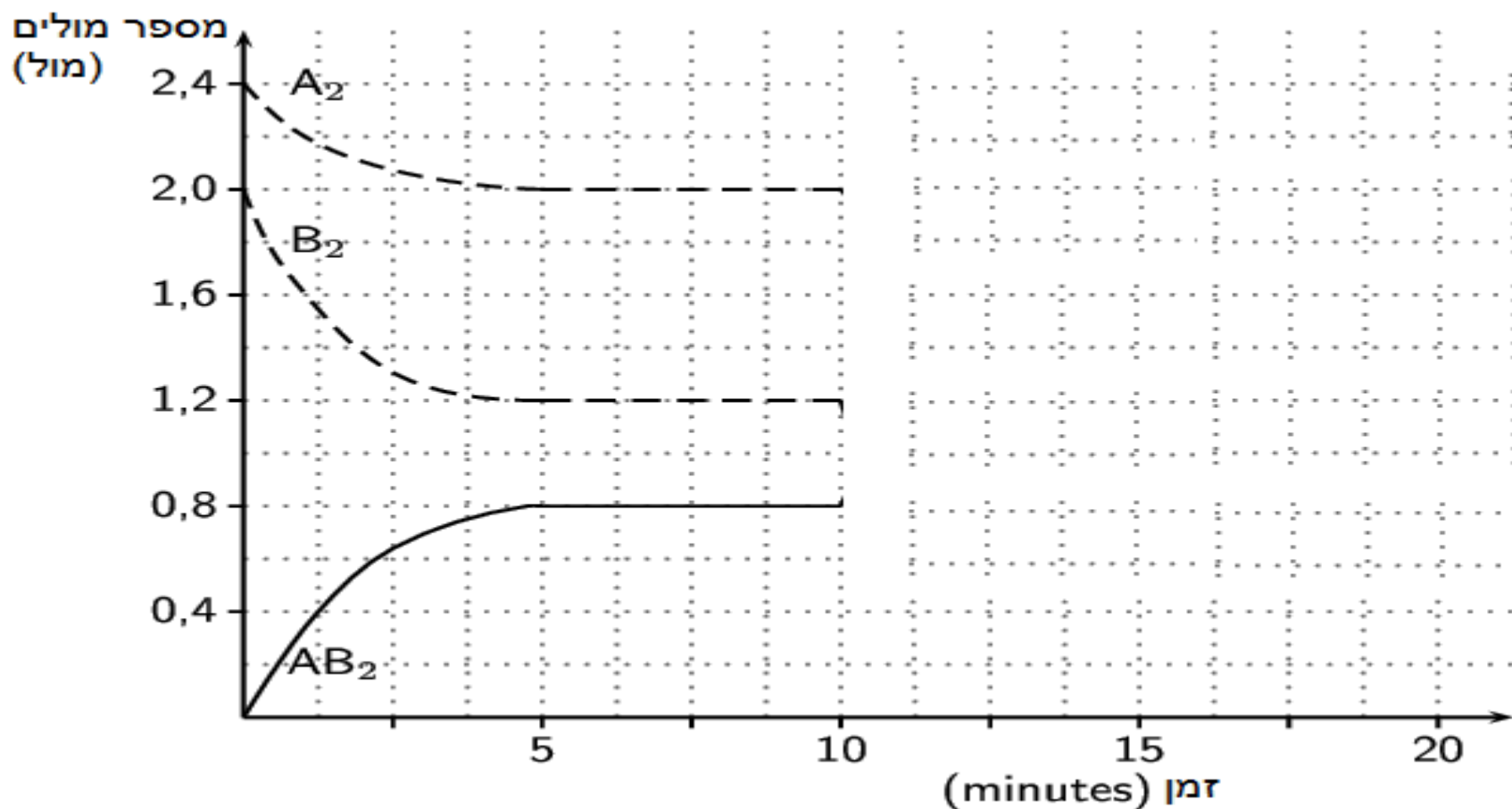
מה ניתן ללמוד מערכו של קבוע הריכוזים?

- אם ערכו של הקבוע **גדול** מאד, הרי **שריכוז התוצרים גדול הרבה יותר מריכוז המגיבים**.
כאשר הערך גדול במיוחד (גדול מ: 10^{10}) ניתן לומר שהתגובה אינה כלל במצב שיווי משקל כי אם מתרחשת עד תום (פירוק מוחלט של המגיבים לתוצרים).
- אם ערכו של הקבוע **קטן** מאד, הרי **שריכוז התוצרים קטן הרבה יותר מריכוז המגיבים**.
כאשר הערך קטן במיוחד (קטן מ: 10^{-10}) ניתן לומר שהתגובה אינה כלל במצב שיווי משקל כי אם אינה מתרחשת כלל (אין כלל תוצרים).

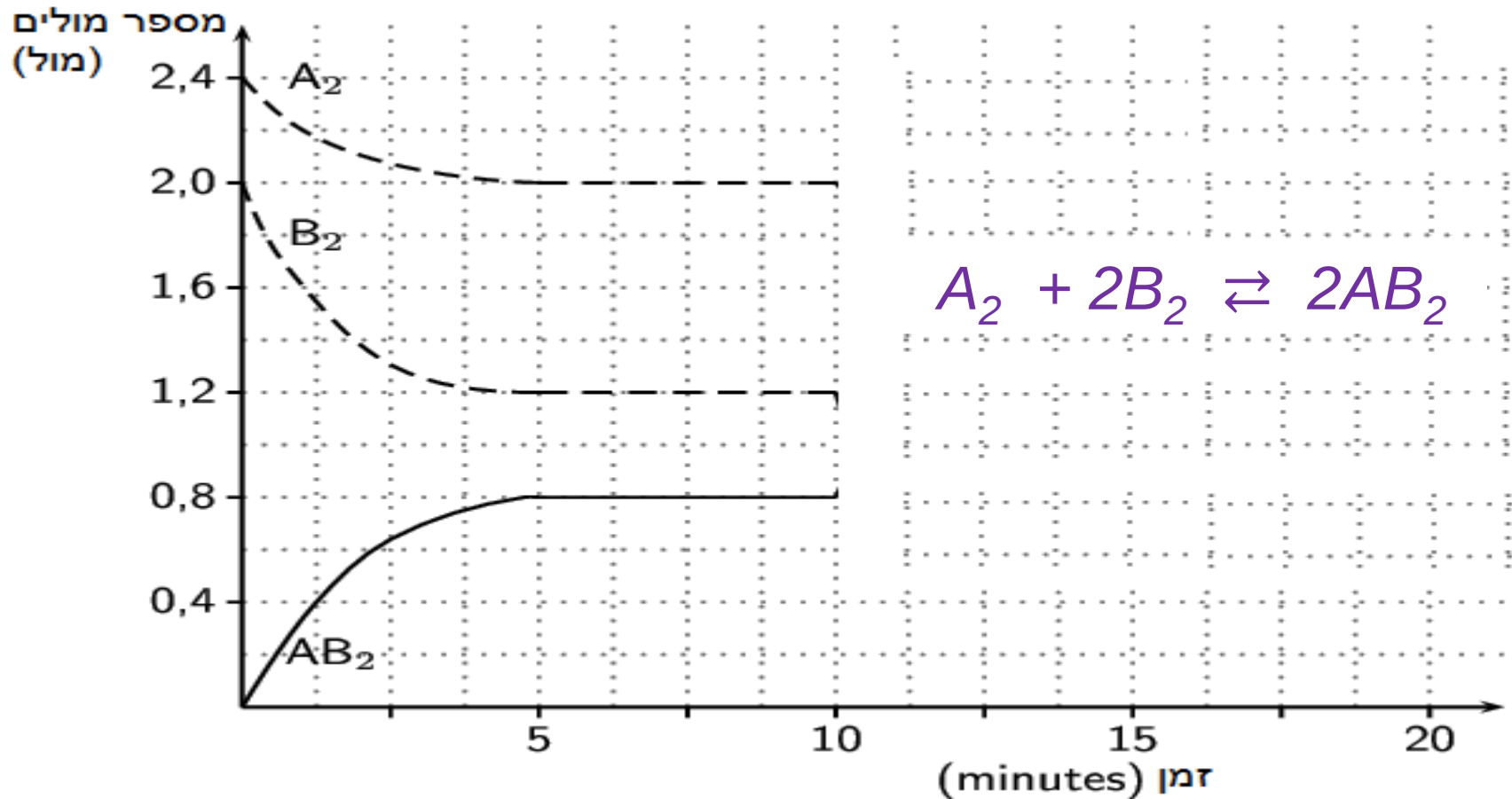
מה ניתן ללמוד מערכו של קבוע הריכוזים?

- אם ערכו של הקבוע **גדול** מאד, הרי **שריכוז התוצרים גדול הרבה יותר מריכוז המגיבים**.
כאשר הערך גדול במיוחד (גדול מ: 10^{10}) ניתן לומר שהתגובה אינה כלל במצב שיווי משקל כי אם מתרחשת עד תום (פירוק מוחלט של המגיבים לתוצרים).
- אם ערכו של הקבוע **קטן** מאד, הרי **שריכוז התוצרים קטן הרבה יותר מריכוז המגיבים**.
כאשר הערך קטן במיוחד (קטן מ: 10^{-10}) ניתן לומר שהתגובה אינה כלל במצב שיווי משקל כי אם אינה מתרחשת כלל (אין כלל תוצרים).
- אם ערכו של הקבוע בין 0.01-100, המערכת בשיווי משקל ברור, שקל לחשב באמצעים מעבדתיים.

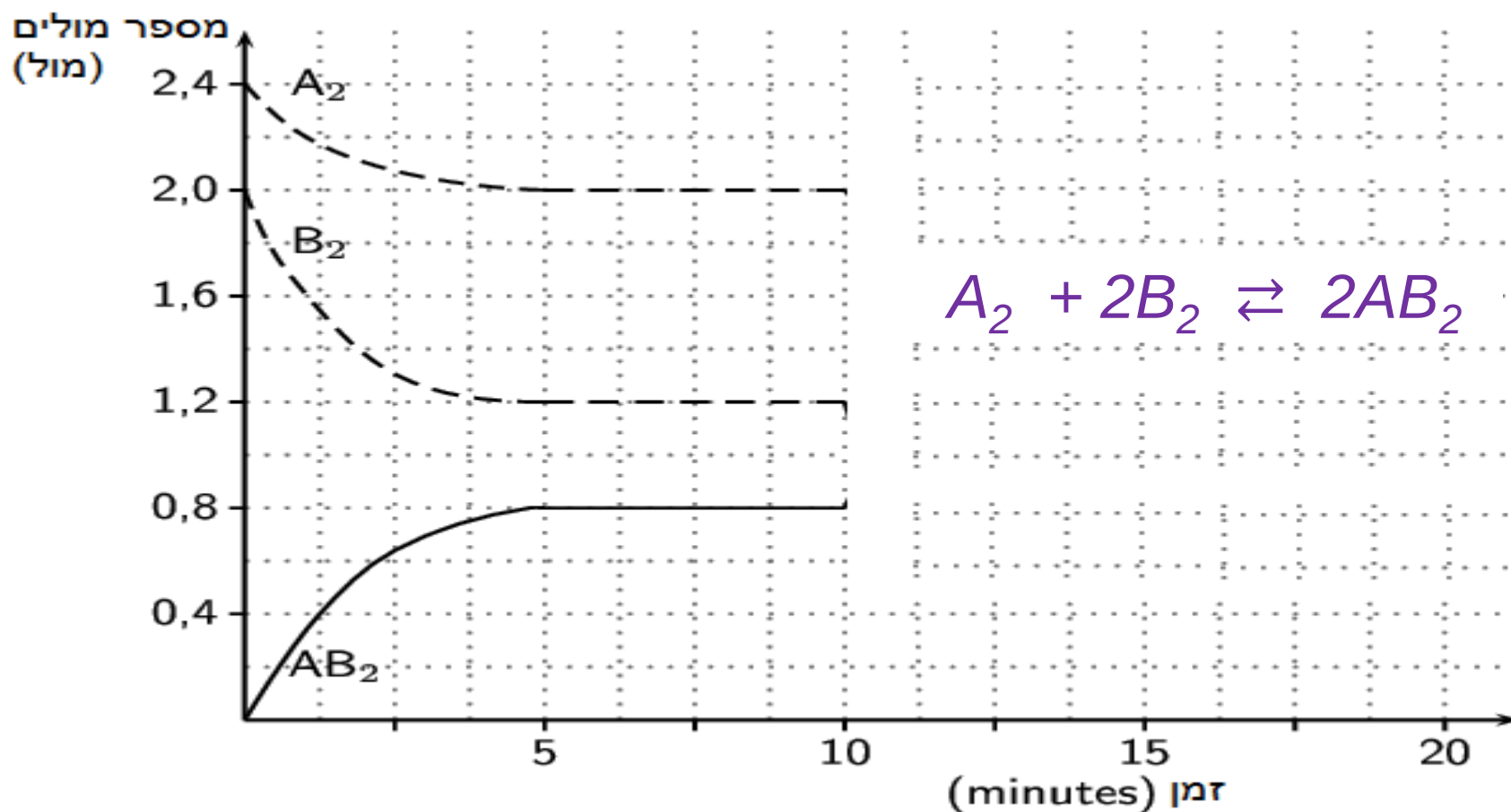
א. היעזר בגרף הנתון ונסח את התגובה שהתרחשה בכלי של 2 ליטר:



א. היעזר בגרף הנתון ונסח את התגובה שהתרחשה בכלי של 2 ליטר:

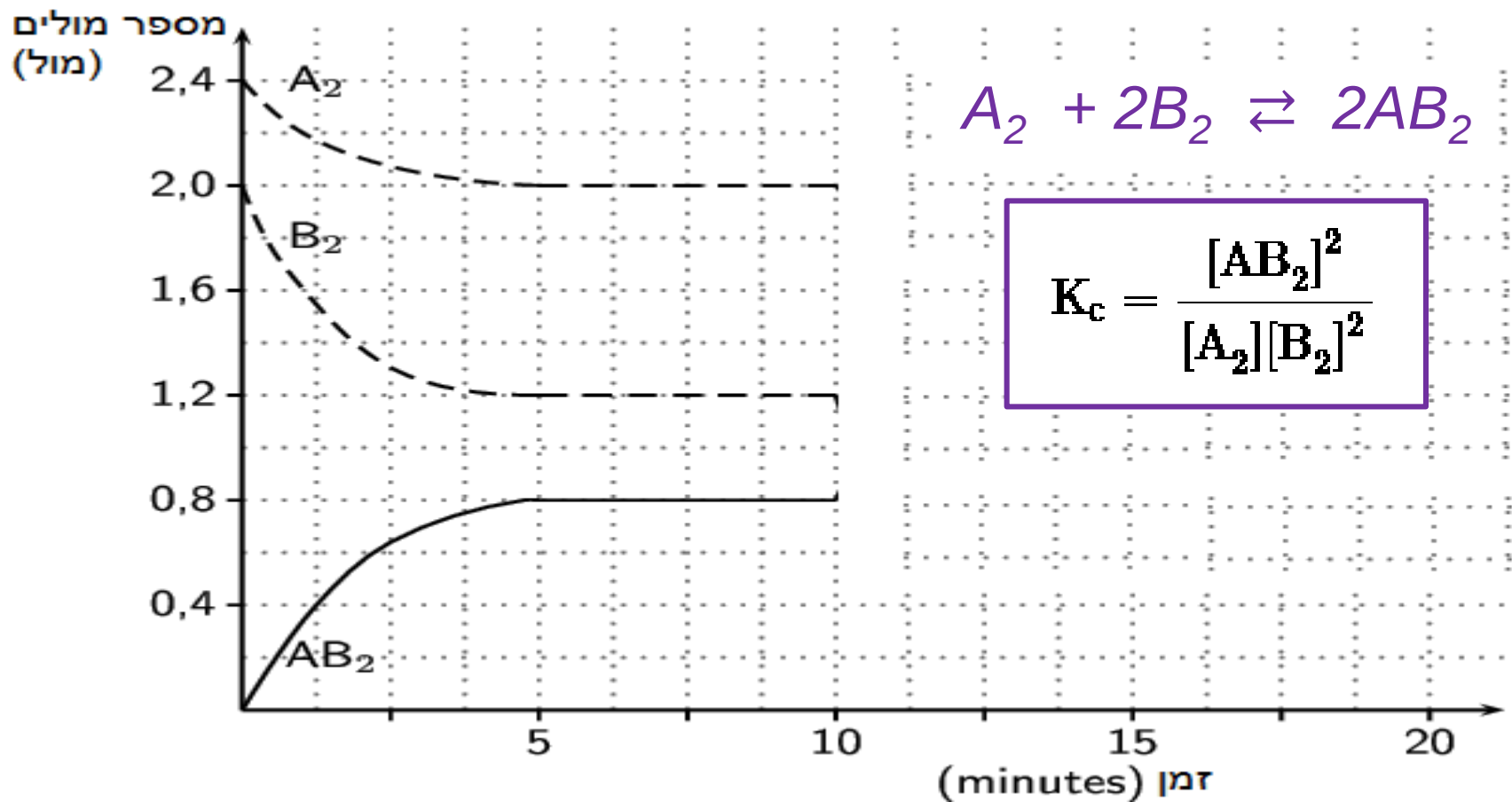


ב. רשום ביטוי לקבוע הריכוזים עבור תגובה זו:

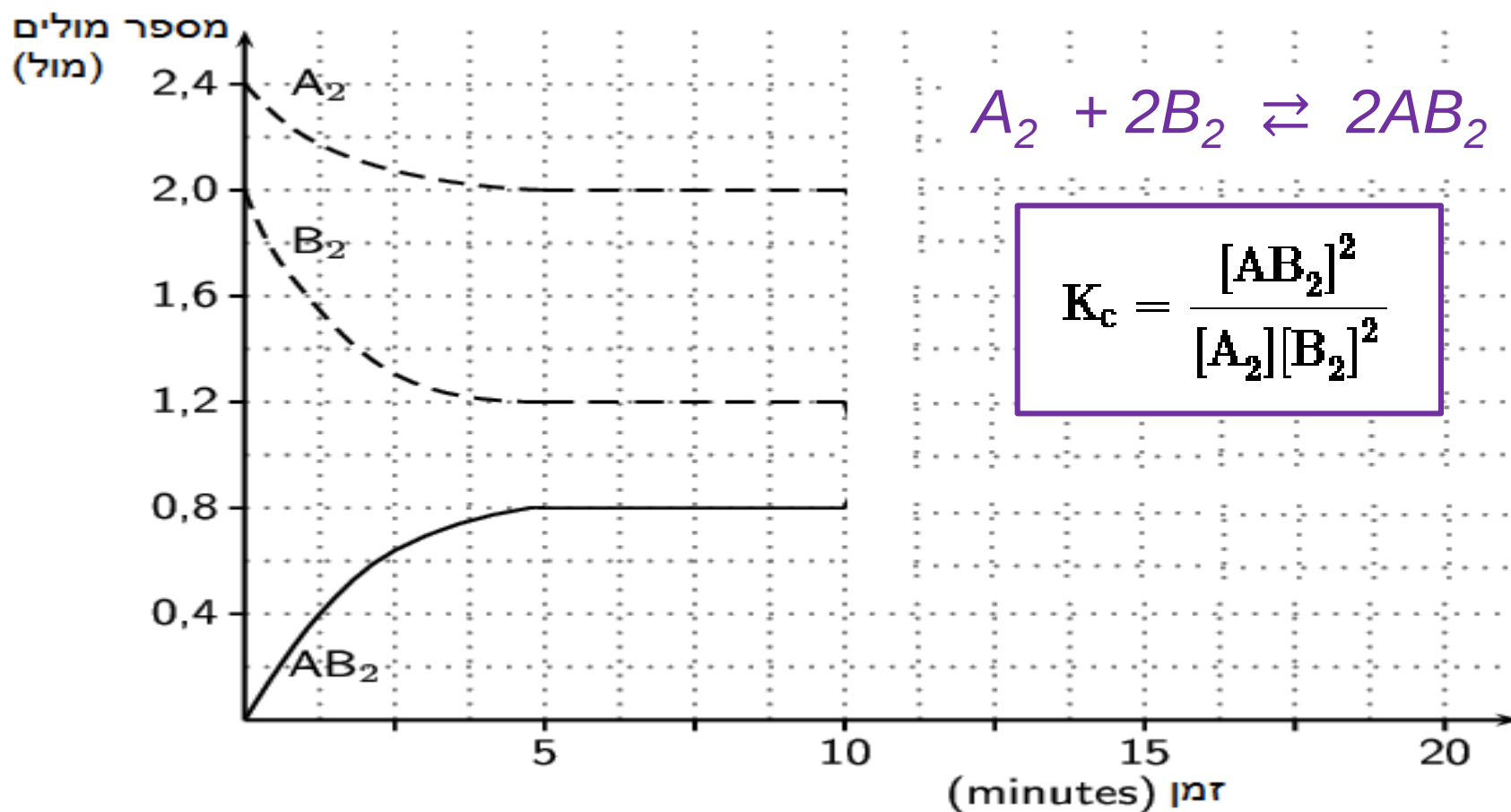


שאלה 3ב- פתרון

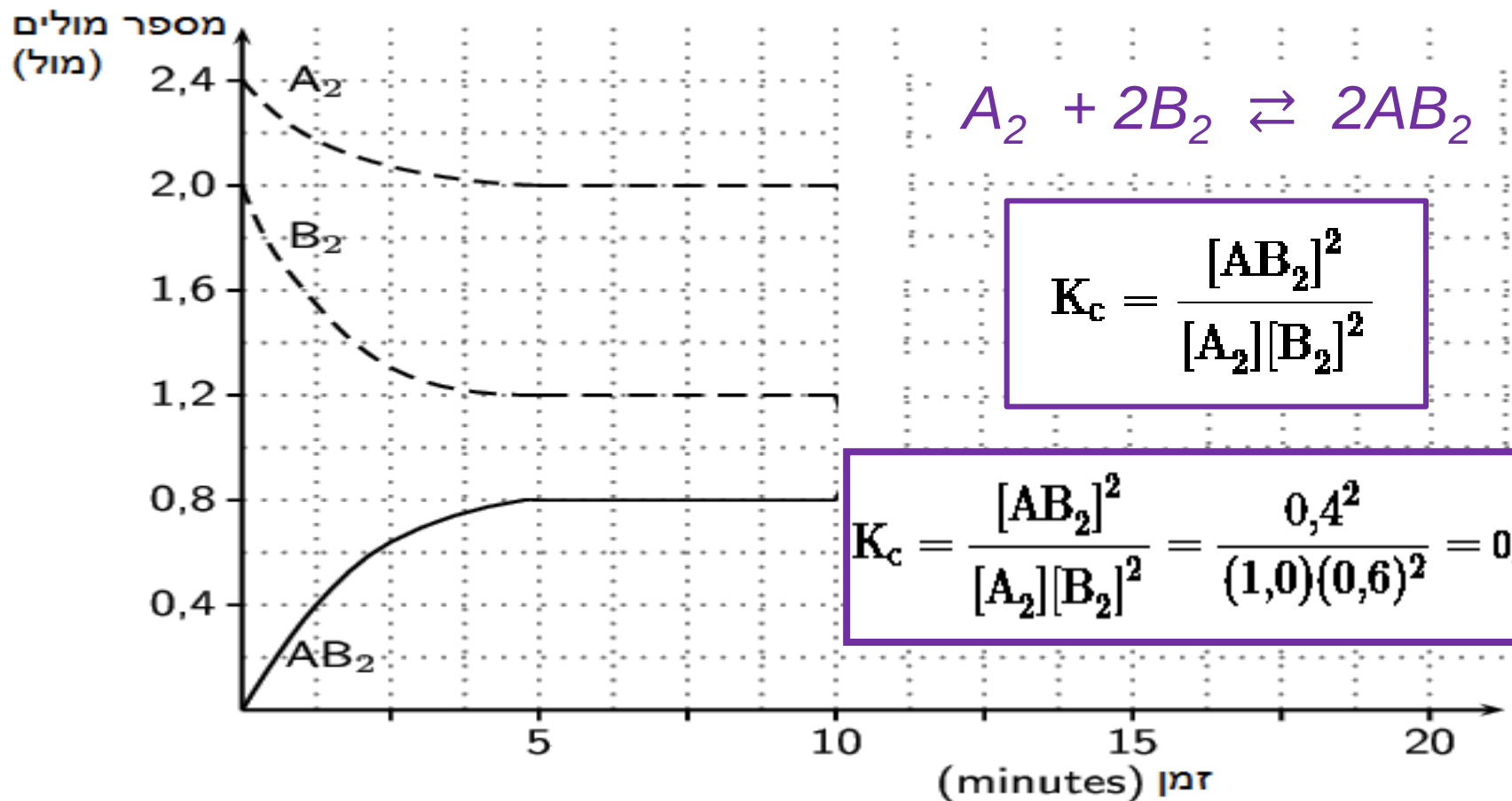
ב. רשום ביטוי לקבוע הריכוזים עבור תגובה זו:



ג. חשב את ערכו של קבוע הריכוזים עבור תגובה זו.



ג. חשב את ערכו של קבוע הריכוזים עבור תגובה זו.



מהו מצב שיווי משקל כימי ודינמי 

הקשר בין הצגה גרפית לניסוח תגובות כימיות 

מהו קבוע הריכוזים וכיצד מחשבים אותו 