

הצעה לניסוי בקינטיקה

ודיון בהתאמתו לתכנית הלימודים החדשה



| אריאלה וינר, חיה פרומר* |

א. מטרת הניסוי:

מציאת סדר התגובה באמצעות תצפיות ומדידות ספקטרוסקופיות.

ב. רקע תיאורטי לניסוי

התגובה הנבדקת בניסוי היא איזומריזציה של מרוציאנין (MC) לספירופיראן (SP). אנו משתמשים בתמיסת SP בכוהל ומקרינים אותה באור אולטרה סגול. בתנאים אלה הופך הספירופיראן SP למרוציאנין MC. כאשר המרוציאנין MC שהתקבל הופך בחזרה ל-SP, הוא פולט אור בתחום הנראה. עוצמת האור הנפלט פרופורציונית לריכוז המגיב - MC.

ניתן לכתוב לתגובה זאת את משוואת הקצב:

$$v = k[MC]^x$$

בניסוי נקבע אם התגובה היא מסדר ראשון $x=1$ או מסדר שני $x=2$. בנוסף, ניתן למצוא את ערכו של k . נעשה זאת באמצעות שתי שיטות:

1. בשיטת התאמת גרפים

ע"י השוואה של מידת התאמתו של גרף הניסוי המראה

על פי תכנית הלימודים החדשה בכימיה (פירוט בחוזר מפמ"ר מיוחד מאפריל 2009), משנת תשע"א 2011 יילמדו הנושאים אנרגטיקה וקינטיקה במסגרת ההשלמה מ-3 ל-5 יחידות לימוד, באופן ספירלי בשתי רמות העמקה - פעם אחת בנושא חובה¹ ופעם שנייה בנושא בחירה². מאחר שנושאים אלו נחשבים קשים ללימוד ולהוראה חשוב מאוד שכללנו את ההוראה שלנו בפעילויות כמו הדגמות וניסויים, אשר יאפשרו לתלמידים למידה פעילה וימחישו עבורם את החומר המורכב.

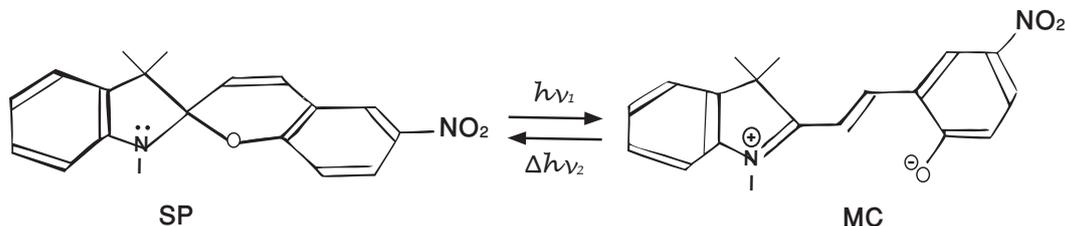
בדיון זה נעסוק בניסוי בקינטיקה ונדון בשאלות הבאות:

- * האם הניסוי מתאים לתכנית הלימודים?
- * כיצד ניתן לשלב אותו באופן אורגני בחומר הנלמד?
- * מהי הבעייתיות הכרוכה בביצוע הניסוי?
- * מהן האיכויות של הניסוי המצדיקות את ביצועו למרות "חסרונותיו"?

נושא הניסוי:

איזומריזציה של ספירופיראן - ניתוח קינטי

ניסוח התגובה:



* אריאלה וינר, חברת צוות המרכז הארצי למורי הכימיה, האוניברסיטה העברית בירושלים

* חיה פרומר, עורכת משנה של העיתון "על-כימיה", חברת צוות המרכז הארצי למורי הכימיה, האוניברסיטה העברית בירושלים

1. על פי הספר "אנרגיה בקצב הכימיה" / ד"ר מרים כרמי, אדית וייסלברג, בהוצאת המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון

2. על פי הספר "מכאן מתחיל הכל - פרקי תרמודינמיקה וקינטיקה" / זהבה לבנה, ד"ר מרדכי לבנה, ד"ר צחי מילגרום

2. היעזרו בסטופר ועקבו אחרי השתנות הבליעה באורך גל זה ברווחי זמן קצובים.
3. מדדו את הבליעה ב-2 הדקות הראשונות, כל 20 שניות, ולאחר מכן כל 1 דקה. המשיכו בכך במשך 40 דקות.
4. שרטטו שני גרפים*:
הראשון - $\ln[MR]$ כפונקציה של t .
השני - $1/[MC]$ כפונקציה של t .

בדקו האם התוצאות שקיבלתם עבור תגובה האיזומריזציה שחקרתם מתאימות לתגובה מסדר ראשון או לתגובה מסדר שני.

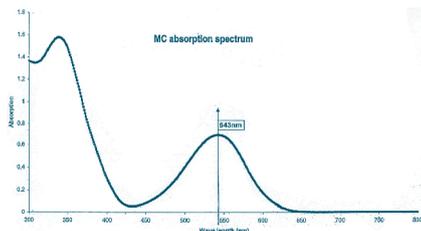
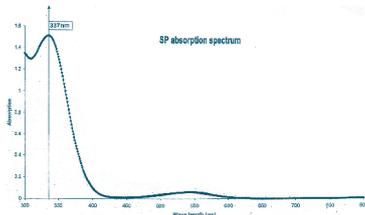
שלב שלישי: שלב החקר

1. העלו שאלות שהייתם מעוניינים להמשיך ולבדוק במערכת שהכרתם.
2. בחרו אחת מן השאלות ונסחו אותה כשאלת חקר.
3. תכננו ניסוי שיבדוק את שאלת החקר שהצגתם.

* כיוון שהבליעה נמצאת ביחס ישר לריכוז החומר הנבדק (חוק בר למברט) ניתן להשתמש בה כדי לייצג את ריכוז המגיב.

ד. תוצאות הניסוי שהתקבלו בהשתלמות שלב ראשון

על פי גרף 1 ניתן לראות שאורך הגל שבו הבליעה



את $\ln[MR]$ כפונקציה של t (זמן בשניות) לגרף התיאורטי המתאר את הקשר בין שני משתנים אלה עבור תגובה מסדר ראשון - **קו ישר ששיפועו k** .
ולחילופין, השוואת מידת התאמתו של גרף הניסוי המראה את $1/[MC]$ כפונקציה של t לגרף התיאורטי המתאר את הקשר בין שני משתנים אלה עבור תגובה מסדר שני - **קו ישר ששיפועו k** .

2. שיטת זמן מחצית החיים

נבדוק את הזמן שבו יורד ריכוז המגיב לחצי מערכו ההתחלתי. אם הזמן אינו תלוי בריכוז ההתחלתי של המגיב - התגובה היא מסדר ראשון, אך אם הזמן תלוי בצורה הופכית בריכוז ההתחלתי של המגיב - התגובה היא מסדר שני.
ממשוואת מחצית החיים ניתן לקבוע גם את k .



מרכז מעבדות
נוער בלמונטה

ג. מהלך הניסוי:

על פי ההנחיות של מעבדות בלמונטה

איזומריזציה של ספירופיראן - ניתוח קינטי

כתיבה ופיתוח: ד"ר רון בלונדר, אינה שיינין ומירב בן לולו

שלב ראשון: רישום ספקטרום הבליעה של ספירופיראן SP במצב המרוצני MC

1. הדליקו את מכשיר הספקטרופוטומטר.
2. מלאו תא אופטי (קיווטה) בתמיסת SP שעברה הקרנה באור UV.
3. הכניסו את התא לתוך מכשיר הספקטרופוטומטר.
4. מדדו את הבליעה כל 5nm בתחום בין 450 - 575.
5. שרטטו ב-excel את הספקטרום המתקבל מהמידות שביצעתם ע"י שרטוט הבליעה כפונקציה של אורך הגל.
6. ציינו על גבי הגרף מהו אורך הגל שבו הבליעה מקסימלית. חשוב! במשך כל הזמן הזה אין להוציא את התא האופטי מן הספקטרופוטומטר ואין לפתוח את המכסה.

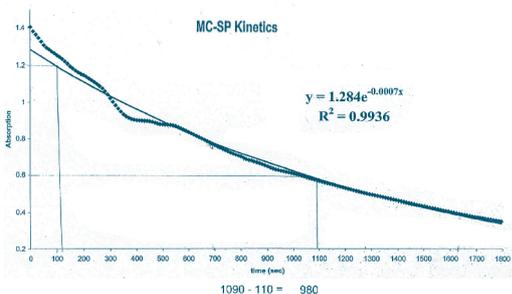
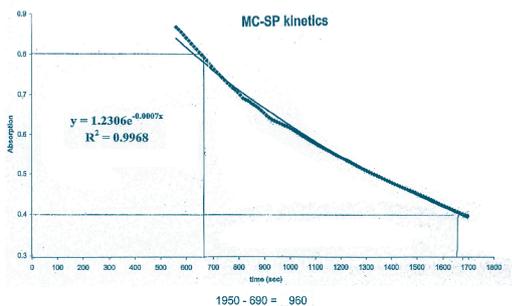
שלב שני: מעקב קינטי אחר התגובה: MC → SP

1. כווננו את הספקטרופוטומטר לאורך הגל המתאים לבליעה המקסימלית שמצאתם בשלב הראשון.



שבהם שורטט $1/[MC]$ כנגד הזמן לבין גרף המתאר מתמטית תגובה מסדר שני. מכאן המסקנה: תגובת האיזומריזציה היא תגובה מסדר ראשון.

ניתן לראות שערכי $t_{1/2}$ שהתקבלו בשני הגרפים קרובים



מאוד (כמעט זהים) למרות הריכוזים ההתחלתיים השונים, ומכאן ניתן להסיק בדרך נוספת כי התגובה היא אמנם מסדר ראשון.

ה. דיון דידקטי

בדיון הועלו נימוקים מנקודות ראות שונות. היו מורים שתמכו בשילוב הניסוי בהוראת הנושא ואחרים שללו את מידת הנחיצות של ביצוע הניסוי להוראת הנושא.

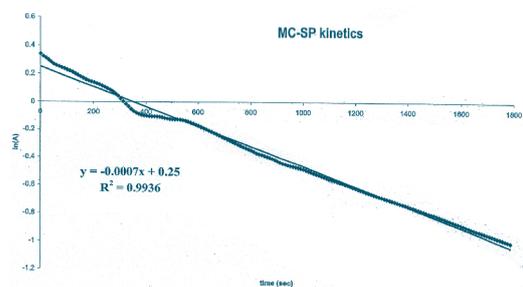
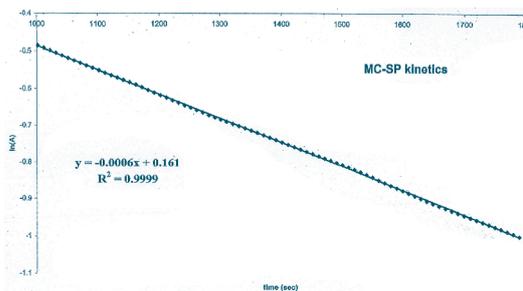
הטענות שהועלו ע"י השוללים את ביצוע הניסוי היו:

- מעבדות בית הספר אינן מכילות על פי רוב מכשור משוכלל כגון ספקטרוטומטרים בכמות הנדרשת לביצוע הניסוי.
- זמן ביצוע ארוך מדי: התצפיות מחייבות 40-50 דקות. הדיון שלפני הניסוי מחייב כחצי שעה ועיבוד הנתונים במחשב נמשך לפחות עוד מחצית השעה. בדרך כלל הזמן המוקצב לביצוע ניסויים במעבדה הוא כ-90 דקות. מכאן שהזמן אינו מספיק.

מקסימלית ל-SP הוא 337 nm ואילו בגרף 2 הבליעה המקסימלית ל-MC היא באורך גל 543 nm. אנחנו נבצע את הבדיקה באורך גל של 543 nm.

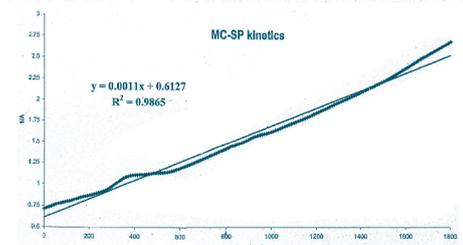
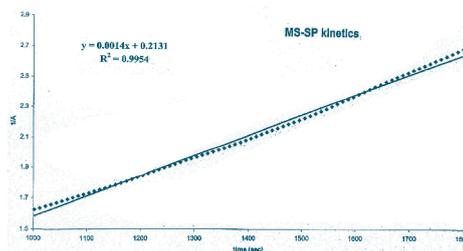
שלב שני

על פי גרפים אלה, שבהם שורטט $\ln[MC]$ כנגד הזמן



בשניות, ניתן לראות שיש התאמה טובה בין הגרף מהניסוי לבין הגרף המתאר מתמטית תגובה מסדר ראשון (התאמה טובה יותר יש לתגובה המתוארת בגרף 3).

ניתן לראות שקיימת התאמה פחות טובה בין הגרפים



(רמה I או רמה II, חלקי או מלא) ניתן להתאים לרמת התלמידים והכיתה.

ד. גם אם התלמידים אינם מסוגלים להבין את הטיפול המתמטי של התוצאות, הם מסוגלים להבין באופן אינטואיטיבי את המשמעות שלו.

השוללים והתומכים בביצוע הניסוי מסכימים:

1. קינטיקה היא נושא מורכב וקשה להוראה, לכן יש לקדם בברכה כל פעילות מסייעת, כולל ניסוי, שעשויה לתמוך ולסייע לתלמידים בהבנת החומר הקשה.

2. לבעיות הארגוניות והדידקטיות שהתעוררו ניתן למצוא פתרונות בהתאם לאופי הקבוצה.

3. מעל הכול

I. **הרקע התיאורטי** התומך בעיבוד וניתוח תוצאות הניסוי מופיע בספר הלימוד של התלמידים.

מכיוון ששיטות אלה מוסברות בספר בצורה קצרה ותמציתית, ביצוע הניסוי חיוני ביותר כדי לתמוך ולאפשר לתלמידים להבין את הנושא טוב יותר.

II. הניסוי מאפשר לתלמידים לעסוק וליישם באופן מעשי מושגים רבים הנמצאים בתכנית הלימודים כגון: סדר תגובה, קבוע מהירות תגובה, זמן מחצית חיים.

לסיכום

לאחר סקירת כל ההיבטים, ניתן לקבוע כי למרות כל הקשיים (האמתיים) שהתעוררו כדאי ומומלץ - אם התנאים מאפשרים - לבצע את הניסוי.

כנאמר בפתגם הסיני הידוע -

"..כשאני שומע - אני שוכח.

כשאני רואה - אני זוכר

כשאני עושה - אני מבין"

כנגד טענות אלו, הייתה דעתם של המורים התומכים בביצוע הניסוי כי אם לא ניתן לבצע את הניסוי במעבדות בית הספר, יש לבצע אותו בביקור במרכז למידה אזוריים כדוגמת מרכז המעבדות ע"ש בלמונטה באוניברסיטה העברית בירושלים, בחמד"ע- המרכז לחינוך מדעי בתל-אביב או במרכז המדע לנוער ע"ש עמוס דה-שליט במכון ויצמן למדע, וכן יש להקציב לביקור מספר שעות רב יותר. כך יפתרו בו בזמן גם בעיית המכשור וגם בעיית משך זמן הניסוי.

בעוד ששני הנימוקים הראשונים שהוצגו נשאו אופי ארגוני, הטענה הבאה שהועלתה נשאה אופי דידקטי:

3. הקצב האיטי של ביצוע הניסוי והחזרה המונוטונית על אותה דרך של תצפיות ואיסוף התוצאות עלולים לשעמם את התלמידים, לפגום בריכוז שלהם ולעורר בעיות משמעת.

4. עיבוד תוצאות הניסוי מחייב ידע מתמטי שאינו מצוי אצל כל התלמידים.

לעומתם טענו המורים התומכים בביצוע הניסוי:

A. ביצוע הניסוי אמנם מחייב מציאת פתרונות לבעיות שעליהן הצביעו השוללים:

1. ביצוע החלקים השונים של הניסוי במשולב על ידי מספר קבוצות יקצר את הזמן וימנע חזרה מונוטונית על אותם שלבים.

2. מציאת "אפיקי תעסוקה חלופיים" עבור התלמידים במשך כל זמן הניסוי, כמו: צפייה בסרט העוסק בנושא, ביצוע ניסוי הדגמה וכדומה, בזמן "המת" של הניסוי - פעילויות אלה ואחרות יסייעו להתמודד עם ירידת הריכוז של התלמידים בשל זמן הביצוע הארוך שלו.

ב. ביצוע הניסוי וניתוח התוצאות תורם ללמידה משמעותית ולהבנה מעמיקה של הנושא.

ג. הניסוי מתאים כניסוי חקר, ואת דירוג ניסוי החקר

