

# ניסוי מוכר הופך להזדמנות לחקר - כיצד הפך "מר גמיש" לניסוי חקר?

ענת פלדנקייז\*, שרה פוגל\*\*



החוזרת:  $-CH_2CHOH-$ . הפולימר פוליוניל אלקוהול, בדרגת פלמור נמוכה (שרשרותיו קצרות) מסיס במים הודות לקשרי המימן הנוצרים בין קבוצות  $-OH$  ומולקולות המים.

החומר המצלב בניסוי זה הוא הבורקס. הבורקס הוא מלח הידרט:  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ .

הבורקס מגיב עם מולקולות המים ליצירת יוני  $B(OH)_4^-$ . יוני  $B(OH)_4^-$  יוצרים קשרי צילוב בין שרשרות על ידי יצירת קשרי מימן.

כתוצאה מתגובה בין הדבק הפלסטי (PVA) ובין הבורקס (תמיסה של  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) מאבד הפולימר את מסיסותו במים. מתקבל גוש של חומר בעל גמישות יחסית - עד קריעת הקשרים בין השרשרות.

תוצר התגובה הוא פולימר מצולב תרמופלסטי. במולקולה ענקית זו הקשרים הבין שרשרתיים חלשים יחסית, ולכן תכונותיו של הפולימר נחותות בהשוואה לפולימרים מצולבים תרמוסטיים.

## קהל היעד

• כיתות י' הלומדות את הנושא של שינוי בתכונות החומר כתוצאה מתגובה כימית.

• כיתות י"ב הלומדות את פרק הבחירה פולימרים.

ניתן לשלב את הניסוי

1. כפתיחה לקשרי צילוב לאחר שנלמדו התכונות המכאניות של פולימרים וכמובן  $T_g$  -  $T_m$ .

2. לאחר לימוד תיאורטי של קשרי צילוב.

הניסוי של הכנת סיליפטי מוכר לתלמידים רבים הן מחוגי מדע והן מלימודיהם בחטיבת הביניים. כאן לובש הניסוי צורה חדשה המאפשרת שאילת שאלות וחקירה בכיוונים שונים.

**כיצד נולד מר גמיש?** מרבית ניסויי החקר שלנו קשורים לחומר התאורטי הנלמד ותומכים בו. בחיפוש אחר פעילות מתאימה בנושא פולימרים, מצאנו את הניסוי האהוב על תלמידים: הניסוי של הכנת סיליפטי. התלמידים מתלהבים מהכנת תוצר הניסוי, הם משחקים בו ומוכנים לעשותו שוב ושוב. הגיע הזמן שיבינו את התהליך המתרחש, והוראת הפרק על הפולימרים הוא העיתוי המתאים.

## רקע תאורטי

פולימרים הם חומרים הבנויים משרשרות של מקרומולקולות, שניתן לקשר ביניהן ע"י יצירת קשרי צילוב בין שרשרות הפולימר, וכך מתקבלת מולקולת ענק תלת ממדית. הפולימר המתקבל נקרא פולימר מצולב.

ישנם סוגים שונים של פולימרים מצולבים. פולימר מצולב שקשרי הצילוב שבו הם קוולנטים נקרא פולימר תרמוסטי. פולימרים תרמוסטיים אינם מתרככים בחימום ואינם ניתנים להתכה. פולימר מצולב שקשרי הצילוב שבו מקורם בקשרים בין מולקולריים נקרא פולימר מצולב תרמופלסטי. פולימר תרמופלסטי מתרכך בחימום מעל  $T_g$ , ניתן מעל  $T_m$  ומתקשה מחדש. הסיליפטי הוא פולימר מצולב תרמופלסטי.

דבק פלסטי (שהוא חומר הבסיס להכנת הסיליפטי) הוא פולימר שרשרתי, פוליוניל אלקוהול. מבנה היחידה

\* ענת פלדנקייז, מדריכה מחוזית, מורה לכימיה, קרית חינוך ותרבות דרוז  
\*\* שרה פוגל, לבורנטית, קרית חינוך ותרבות דרוז



## פניסוי אר עמיש

**שימו לב:** יש להרכיב משקפי מגן ולהשתמש בכפפות.

### הוראות כלליות

- קראו היטב את כל ההנחיות לפני תחילת ביצוע הניסוי.
- ודאו שנמצאים ברשותכם כל פריטי הציוד והחומרים הנחוצים לביצוע הניסוי.

### ציוד וחומרים

15 סמ"ק דבק פלסטי בכוס חד פעמית

מים מזוקקים

2 משורות

תמיסת בורקס 4%.

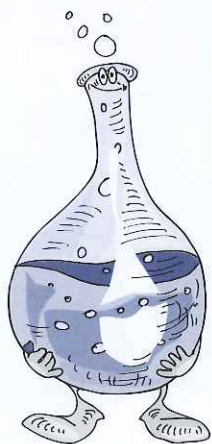
### שלב א': מהלך הניסוי

1. בכוס שלפניכם יש 15 סמ"ק דבק פלסטי - פולי ויניל אלכוהול - PVA.
2. הוסיפו לכוס עם הדבק 15 סמ"ק מים וערבבו בעזרת מקל הזכוכית.
3. הוסיפו 10 מ"ל מתמיסת הבורקס (נוסחת הבורקס -  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) וערבבו היטב. המשיכו לערבב עד קבלת גוש חומר אחיד.
4. מותר להוציא את הגוש מהכוס ולגעת בו.

### שלב ב': מהלך החקר

1. נסחו שאלות רלוונטיות ומגוונות שמתעוררות בעקבות התצפיות שנערכו.
  - בחרו שאלה אחת מהשאלות שהעלתם, שברצונכם לחקור.
  - נסחו שאלה זאת כשאלת חקר, בצורה בהירה ובמידת האפשר כקשר בין שני משתנים.
  - נסחו בצורה בהירה ועניינית השערה המתייחסת לשאלה שבחרתם לחקור.
  - נמקו את השערתכם על בסיס ידע מדעי, רלוונטי ונכון.
2. תכננו ניסוי שיבדוק את השערתכם.
  - פרטו את כל שלבי הניסוי, כולל שלב הבקרה.
  - פרטו את בקשתכם לציוד וחומרים על גבי טופס בקשת הציוד.
  - התייעצו במורה ושנו במידת הצורך.
  - העבירו ללברנט/ית את רשימת הציוד והחומרים.





3. קבלו את אישור המורה למהלך הניסוי שהצעתם.

- בצעו את הניסוי שהצעתם כפי שאושר על ידי המורה.
- הציגו את התצפיות והתוצאות בצורה מאורגנת (טבלה, תרשים, גרף וכו').
- פרשו ונתחו את התוצאות.
- הסיקו מסקנות רבות ככל האפשר על בסיס כל תוצאות הניסויים ונמקו.
- בדקו את הקשר בין שאלת החקר לבין המסקנות.

4. בדיון המסכם הקבוצתי

- חוו את דעתכם על כל שלבי החקר (מגבלות, דיוק וכו').
- במידת הצורך הצביעו על השינויים הרצויים בתהליך החקר.
- רשמו שאלות נוספות שהתעוררו בעקבות התהליך כולו.
- הכינו את סיכום ניסוי החקר של קבוצתכם להצגה בפני הכיתה.

5. בדיון הכיתתי המסכם

התייחסו לניסוי לאור הדיווחים של כל קבוצות העבודה.

6. הקפידו על דוח מאורגן, אסתטי וקריא.



### הערות לניסוי

ניתן להוסיף צבעי מאכל שונים לדבק (מספר טיפות או מעט אבקה) על מנת לקבל מר גמיש צבעוני. בחרנו לא להוסיף צבע מאכל כדי לא לבלבל ולא להסיח את תשומת הלב מהנקודה העיקרית.

### הארות והערות

(1) התכונה המתבקשת לבדיקה היא גמישות. למרות שהתלמידים יודעים באופן תאורטי מהי גמישות של חומר, הם אינם יודעים כיצד מודדים גמישות מבחינה מעשית. לכן:

• ניתן להסביר ברמה הכיתתית כיצד מודדים גמישות של חומר.

• לשלב בלימוד תכונות מכניות של פולימרים את ניסוי 5, בדיקת התנהגות של פוליאית'לן במתיחה, פרק 2 מהספר פולימרים סינתטיים חומרים כבקשתך. הניסוי הנ"ל מדגים מדידה של התארכות אלסטית. כך ניתן לבדוק את גמישות התוצרים המתקבלים.

(2) הפולימר הנוצר הוא דוגמה לפולימר מצולב תרמופלסטי. רוב הפולימרים המצולבים הם בדרך-כלל תרמוסטיים. ולכן דוגמה זו של פולימר יוצא דופן יכולה ליצור קשיים בהבנה ותפיסה שגויה.

• בניסוי יש תופעה שמבלבלת מעט את התלמידים:





- הבורקס הוא בסיס, האם אותה תגובה תתרחש אם נוסיף חומצה לכוס?
- האם הקטיון או האניון שבבורקס משפיעים על התגובה?

### כיווני חקר שבחרו התלמידים

- השפעת מטען האניון על גמישות וקשיחות כמדד לחוזק הקשר ב"מר גמיש".
- השפעת ריכוז הבורקס על גמישות התוצר.
- השפעת סוג האניון על גמישות התוצר המתקבל.

### לסיכום

התלמידים נהנו מאוד מהניסוי, גם מהצד החווייתי וגם מהבנת תהליך התגובה.

כיווני החקר העלו שאלות מעניינות. עברנו זו הייתה התנסות פורייה שתרמה לנו כיווני הסתכלות שלא חשבנו עליהם ללא ניסוי החקר.

### מקורות

1. הכימיה אתגר, פולימרים סינתטיים חומרים כבקשתך/ נאוה מילנר, המחלקה להוראת מדעים מכון ויצמן למדע.
2. לקסיקון דביר לכימיה/רפאל איקן ויוסף זקבר.
3. כימיה בגישה חוקרת, מכון ויצמן למדע.



בדרך-כלל אנו רואים שבהוספת מים חומר נעשה גמיש ומסיס יותר. בניסוי זה התלמידים רואים שהחומר נוצר ומים נשארים בכוס. ואכן מספר קבוצות רשמו בהשערה שכל שנשתמש ביותר מים התוצר יהיה גמיש יותר ונקבל כמות גדולה יותר של תוצר. וכמובן שבהמשך החקר יגלו את האמת.

### שאלות שנשאלו

השאלות התחלקו באופן הבא:

- 1) שאלות שהתייחסו לתכונות החומר המתקבל:
  - מדוע החומר שהתקבל אינו דביק?
  - מדוע החומר גמיש?
  - מדוע החומר לח?
- 2) שאלות שהתייחסו לתפקיד המים בתגובה:
  - האם המים הגיבו או רק היוו סביבה?
  - כיצד משפיעה כמות המים על התגובה?
  - מה תפקיד המים בתגובה?
- 3) שאלות שהתייחסו לסוג החומרים המגיבים:
  - כיצד השפיעה תמיסת הבורקס על הקשרים שבדבק?

