



קרן רוטשילד קיסריה



**"תוכנית רוטשילד-ויצמן למצוינות בהוראת המדעים"  
במימון של קרן קיסריה אדמונד בנימין דה רוטשילד**

**פרויקט גמר בכימיה:**

**שימוש בתערוכת פוסטרים  
בלמידה והוראת כימיה בתיכון**

**מאת: אינגה משולם**

**מנחים: ד"ר רון בלונדר**

**ד"ר יניב ברדה**

**מאי 2011**

**אייר תשע"א**

## תוכן העניינים

4	פרק א': רקע מדעי.....
4	כימיה אורגנית.....
4	היסטוריה.....
5	קבוצות של תרכובות אורגניות.....
5	תכונות כימיות ופיזיקליות.....
6	שיטות סינתזה של תרכובות אורגניות.....
7	גוון דרכי ההוראה בהוראת המדעים.....
9	הוראת המדעים דרך פוסטרים.....
10	פרק ב': מטרות ושאלות המחקר.....
11	פרק ג': תאור הפעילות.....
11	אוכלוסיית היעד.....
11	תיאור ההפעלה.....
14	פרק ד': כלי משוב והערכה.....
14	שאלון עמדות pre/ post.....
15	ראיונות עם תלמידים.....
15	דעות אישיות של תלמידים.....
15	שאלה לדוגמה מפעילות פוסטרים וממבחן.....
16	פרק ה': ממצאים.....
21	פרק ו': דיון ומסקנות.....
23	מקורות.....
25	נספחים.....

## שימוש בתערוכת פוסטרים בלמידה והוראת כימיה בתיכון

### תקציר

המחקר "שימוש בתערוכת פוסטרים בלמידה והוראת כימיה בתיכון" בדק את יכולתם של תלמידי תיכון ללמוד נושאים בכימיה מחזית המדע דרך שימוש בתערוכת פוסטרים בכימיה אורגנית מתקדמת. מטרת המחקר היו העמקת הידע של התלמידים בנושאים מתוכנית הלימודים (כמו קבוצות פונקציונאליות של תרכובות אורגניות, כתיבת נוסחאות מבנה ונוסחאות מולקולאריות, קישור ותכונות חומרים) דרך חשיפתם למושגים בסיסיים המיושמים ברמה גבוהה, קישורם לחיי היומיום והעלאת המוטיבציה של התלמידים ללמוד נושאים אחרים בכימיה.

הפעילות עסקה באספקטים עיוניים ומעשיים של עבודת התלמיד הן כפרט והן כחלק מצוות. תפקיד המורה בפעילות זו היה לעצב, לתווך ולהנחות את התלמידים לעבודה עצמאית. ההוראה והלמידה היו ממורכזות תלמיד. לתלמיד ניתן חופש בבחירת הנושא, יכולת להשפיע על מהלך השיעור, יכולת להביע את עצמו גם בדרך יצירתית, עבודת צוות ופיתוח כישורים חברתיים. אוכלוסיית המחקר כללה תלמידי כיתה י' במגמת כימיה הניגשים לבגרות בהיקף 5 יחידות. הפעילות התבצעה בשני שלבים: שלב I עבודה עצמאית של כל תלמיד "הכרות עם הפוסטרים" ושלב II עבודה בקבוצות על אחד מהפוסטרים הנבחרים בהתאם להנחיית המורה. הפעילות זימנה לתלמידים הזדמנות לפעול באופן מושכל תוך התייחסות ביקורתית למידע חדש על בסיס ידע מוקדם. שאלות המחקר היו:

1. כיצד חשיפה לפוסטרים מקדמת את הבנת המושגים הבסיסיים בכימיה בנושא נוסחאות מבנה מולקולאריות וקבוצות פונקציונאליות?
  2. באיזו מידה הפוסטרים ישפיעו על המוטיבציה ההמשכית ויעלו את המוטיבציה של התלמידים ללמוד נושאים אחרים בכימיה בהמשך?
  3. באיזו מידה למידה דרך תערוכת הפוסטרים מסייעת לתלמידים לקשר את מקצוע הכימיה לחיי היומיום?
- כלי המחקר כללו: שאלון עמדות, ראיונות קבוצתיים, דעות אישיות ושאלה בפעילות ובמבחן בנושא קבוצות פונקציונאליות.

מניתוח הממצאים עולה כי לתלמידים קל יותר עם איורים ואמצעים ויזואליים מאשר ביטויים מילוליים. תלמידים זוכרים טוב יותר פעילויות מגוונות אקטיביות לעומת למידה קונבנציונלית ועל ידי כך מפתחים יכולות קוגניטיביות וחברתיות. תערוכת הפוסטרים סיפקה גירויים לתלמידים להתעניין, ללמוד ולהעמיק בנושאים שונים, הקנתה מושגים חדשים, העלתה את המוטיבציה וההנאה, התלמידים הבינו שעבודת צוות חשובה והכרחית למשימה והשקיעו זמן ומחשבה רבה במשימות. הצגת העבודות בדרכים יצירתיות יצרה תחרותיות חיובית ואווירה שונה משיעור פורמאלי. הוראת העמיתים בכיתה העמידה בפני התלמידים אתגרים וגרמה ללמידה מעצבת וסביר להניח שהידע והכלים אשר נרכשו בפעילות כמו כושר ביטוי, עבודת צוות והתמקדות בעיקר יהיו ישימים גם בעתיד.

## פרק א': רקע מדעי

### כימיה אורגנית



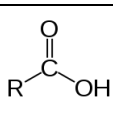
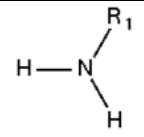
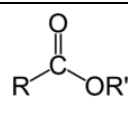
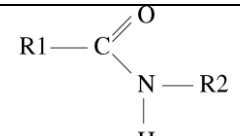
כימיה אורגנית עוסקת במבנה, קישור, תכונות וסינתזה של תרכובות אורגניות, שהן תרכובות המכילות בעיקר אטומי פחמן (C) ומימן (H). התרכובות האורגניות ממוינות ומסווגות לקבוצות (כמפורט בטבלה 1) על פי תכונותיהן הכימיות וקבוצות פונקציונאליות מאפיינות. בחיי היומיום השימוש בתרכובות אורגניות הוא בהיקף נרחב כמו לדוגמה במזון, תרופות, חומרי ניקוי, קוסמטיקה, חומרים פלסטיים, חומרי דלק ועוד (מילנר, 1990). אחד האתגרים החשובים של הכימיה האורגנית הוא סינתזה של חומרים מבוקשים באופן מלאכותי בתהליכים שונים תוך שימוש באיקווילנטים המחליפים את חומר המוצא בחומר אחר שהוא יציב וזמין יותר (Hassner, 2008).

### היסטוריה

עד לפני המאה ה-19 התיאוריה המקובלת לגבי התרכובות האורגניות הייתה שהם חומרים מהחי שמקורם בטבע ולא ניתנים להפקה באופן מלאכותי. אחת התיאוריות המקובלות הייתה חלוקת החומרים לחומרים בוערים-חומרים אורגניים, וחומרים שאינם בוערים-חומרים אנאורגניים, עד שהתגלו חומרים בוערים אנאורגניים כמו מימן, פחם, גופרית ועוד. תיאוריות אלו הופרחו בשנת 1828 כשהכימאי הגרמני פרידריך וולר הצליח לסנתז את התרכובת האורגנית שתנן-אוריאה  $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ , המופרשת בשתן של בעלי חיים ובני אדם, מתרכובת אנאורגנית-אמון ציאנט  $\text{NH}_4\text{CNO}$ . בהמשך בשנת 1845 המדען הגרמני קולבה סינתז חומצה אצטית במספר שלבים מחומרים אן אורגניים שונים. בשנות החמישים של המאה ה-19 סינתז המדען הצרפתי ברתלו תרכובות אורגניות חשובות כמו כהלים, אצטילן ובנזן. בשנת 1874 התפרסמו עבודותיהם של ונט-הוף מדען הולנדי, ולה-בל מדען צרפתי, שקבעו, כל אחד לחוד, שלמולקולות אורגניות יש מבנה תלת מימדי ושטוח פחמן קשור לעוד ארבעה אטומים אחרים כשבמולקולות אלו אטום פחמן נמצא במרכזו של טטראדר. במאה ה-20 היה פיתוח של שיטות סינתזה של חומרים אורגניים רבים ועבודה רבה של עשרות שנים הושקעה במחקר מבנה המולקולות, שיפור הקבוצות הפונקציונאליות, תכונות ושימושים תעשייתיים ופרטיים (מילנר, 1990). כיום למדענים יש מכשור מתקדם לקביעת מבנה, בחינה ובקרה של מולקולות אורגניות שונות גם בכמויות מזעריות לדוגמה בעזרת NMR (Nuclear Magnetic Resonance) ו-LC-MS (Liquid Chromatography–Mass Spectrometry).

## קבוצות של תרכובות אורגניות

טבלה 1: קבוצות של תרכובות אורגניות, נוסחאות כלליות וקבוצות פונקציונאליות מאפיינות

שם הקבוצה	נוסחה כללית	קבוצה פונקציונאלית	דוגמה
פחמימנים	אלקאנים $C_nH_{2n+2}$	C-C	בוטאן
	אלקנים $C_nH_{2n}$	C=C	פרופן
	אלקינים $C_nH_{2n-2}$	C≡C	אצטילן
כהלים	$C_nH_{2n+1}OH$	R-OH	אתאנול
אלדהידים	$C_nH_{2n}O$		פורמאלדהיד
			אצטון
חומצות קרבוקסיליות	$C_nH_{2n+1}COOH$		חומצה אצטית
			מתיל אמין
אמינים	$C_nH_{2n+1}NH_2$		
אסטרים	$C_nH_{2n+1}COOR$		אתיל מתיל אסטר
אמידים	$C_nH_{2n+1}CONHR$		די מתיל אמיד

(Heathcock & Streitweiser, 1981)

\* R מייצג שייר פחמימני כלשהו, לדוגמה:  $C_2H_5$ ,  $CH_3$



\*\* ארומטיים- טבעות המכילות קשרים כפולים מצומדים לדוגמה טבעת בנזן

### תכונות כימיות ופיזיקליות

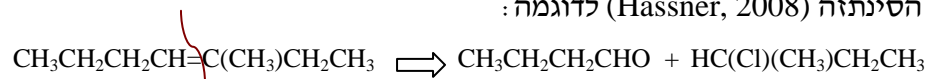
הפחמימנים הינם מולקולות לא קוטביות בעלי מסיסות זניחה במים ומסיסות טובה בממסים אורגניים כגון בנזן, אצטון ועוד. הקשרים הקיימים בין המולקולות במצב מוצק ונוזל הם קשרי ואן דר ולס וחוזקם תלוי בגודל הענן האלקטרוני של המולקולות ובמבנה המרחבי שלהם, דבר המשפיע בין היתר על נקודות היתוך ורתיחה שלהם. בכהלים קבוצת ההידרוקסיל -OH היא קבוצה קוטבית: אטום החמצן, בעל ערך אלקטרושליליות גבוה, מושך חזק את האלקטרוני הקשר ולכן נוצר על אטום החמצן מטען חלקי שלילי ( $\delta^-$ ), כתוצאה מכך, נוצר על אטומי הפחמן והמימן הקשורים לחמצן, מטען חלקי חיובי ( $\delta^+$ ). קבוצה פונקציונאלית זו גורמת לקוטביות מולקולות הכההל ומאפשרת יצירת קשרי מימן בין המולקולות. חוזק קשרי

המימן בין מולקולות הכוהל משפיע על נקודות היתוך ורתיחה גבוהות יחסית לפחמימנים המתאימים. מסיסות הכהלים במים גבוהה (עד 4 פחמינים במולקולה) היות וקבוצות ההידרוקסיל ההידרופיליות יוצרות קשרי מימן עם מולקולות המים. הכהלים מסוגלים להתקשר בקשרי ואן דר ואלס גם לקבוצות הידרופוביות עם קבוצות ה-R שלהם. בדומה לכהלים גם האמינים וחומצות קרבוקסיליות מסיסים במים בגלל יצירת קשרי מימן עם מולקולות המים. במולקולות קוטביות כמו: אלדהיד, קטון, אסטר ואמיד יש קבוצת קרבוניל ( $\delta^-$ ) C=O ( $\delta^+$ ), קשר קוולנטי כפול קוטבי שהוא האתר הפעיל של המולקולה (מילנר, 1990).

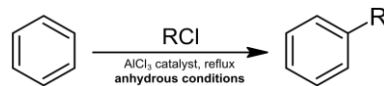
### שיטות סינתזה של תרכובות אורגניות

בחלק זה אתאר מספר תגובות וגישות לסינתזה של תרכובות אורגניות שונות תוך התייחסות לתנאי התגובה, הכוונת קבוצה פונקציונאלית ותפקוד בהתאם למבנה המולקולרי.

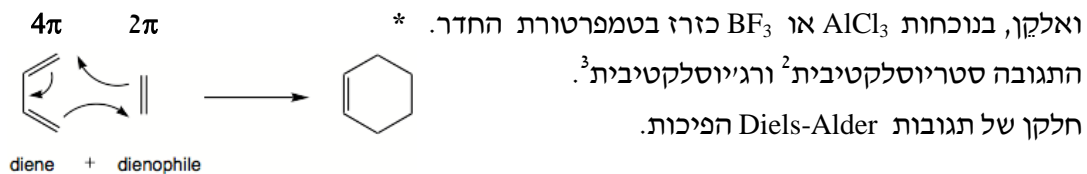
**רטרוסינתזה** היא טכניקה לפתרון סינתזה של מולקולה רצויה על ידי הליכה לאחור ברצף של שלבים, על ידי חלוקת המולקולה למולקולות קטנות יותר (הנקראים סינטונים) שהן אבני הבניין בתכנון הסינתזה (Hassner, 2008) לדוגמה:



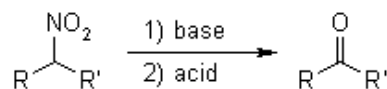
**תגובת Friedel - Crafts** תגובת אלקילציה או אצילציה בטבעת ארומטית נוקלאופילית<sup>1</sup>.



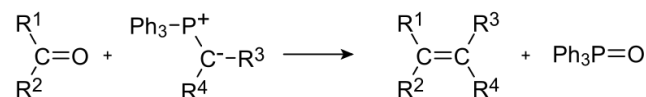
**תגובת Diels-Alder** תגובה לקבלת ציקלוהקסן (טבעת לא ארומטית) מדיאן מצומד במבנה cis



**תגובת Nef** תגובת התמרה של תרכובת ניטרו לתרכובת קרבוניל.



**תגובת Wittig** תגובה של אלדהיד או קטון עם TPP (triphenyl phosphonium ylide) לקבלת אלקן ותחמוצת טרי פניל פוספין.

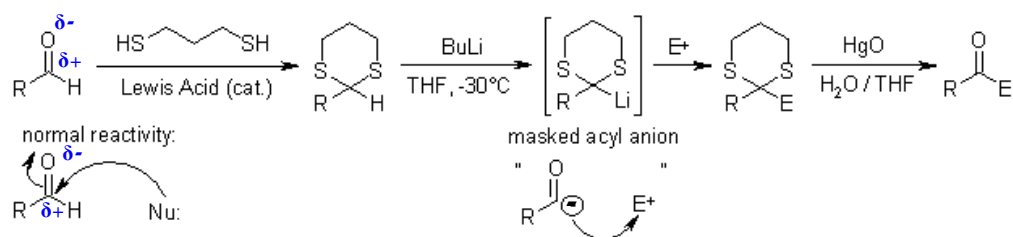


<sup>1</sup> נוקלאופיל- חלקיק עשיר באלקטרונים

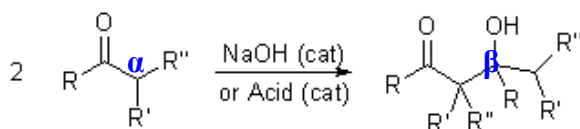
<sup>2</sup> סטריוסלקטיביות- קבלת איזומר כריאלי (אנטיזומר) מסוים בעודף

<sup>3</sup> רגייוסלקטיביות- יצירת/שבירת קשר כימי בכיוון מועדף

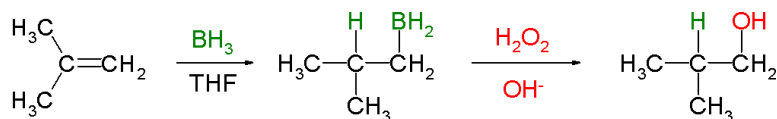
**תגובת Seebach-Umpolung** היפוך קוטביות שינוי כימי של קבוצה פונקציונאלית על מנת להפוך את הקוטביות של הקבוצה. שינוי זה מאפשר לקבוצה תפקוד אחר שלא היה אפשרי קודם לכן.



**תגובת Aldol** - "Aldol" הוא קיצור של אלדהיד ואלכוהול. כאשר אלדהיד או קטון מגיב על פחמן  $\alpha$  (פחמן סמוך לקרבונל) עם קרבונל ( $C=O$ ) של מולקולה אחרת בתנאים בסיסיים או חומציים לקבלת אלדהיד או קטון  $\beta$ -הידרוקסי (פחמן שני לקרבונל).



**תגובת הידרבורציה** - קבלת כוהל מאלקן בהכוונת אנטי מרקובניקוב, המבוסס על סיפוח בורן  $BH_3$  (שיש לו חוסר באלקטרונים) לקשר כפול. שתי הקבוצות  $BH_2$  ו- $H$  נקשרות מאותו הצד של הקשר הכפול-סיפוח syn.



(Hassner, 2008)

Organic Chemistry Portal

בעבודתי סקרתי מגוון דרכי הוראה בהוראת המדעים וחקרתי הוראת הכימיה לתלמידי תיכון דרך פוסטרים מדעיים בכימיה אורגנית.

### גוון דרכי ההוראה בהוראת המדעים

בעידן בו אנו חיים יש משקל רב לתקשורת חזותית טלוויזיה, אינטרנט תערוכות ושלטי חוצות, יחסית לטקסטים מילוליים. כיום, הדור הצעיר מחפש מידע בצורה זמינה, נוחה וממוקדת. בעבר, הלמידה המדעית הייתה ברובה מזוהה עם העברת ידע, עובדות או מושגים מדעיים. כיום ישנה הכרה בצורך בגישה חיקרית ואתגרית במדע (Trowbridge, Bybee & Powell, 2004; NRC, 1996). הוראה, בדרך המסורתית של הרצאה והעברת מידע במהלך השיעורים, אינה מצליחה לפתח את עולם הדימויים והמושגים של התלמיד ואינם מקנים לתלמיד כישורי למידה לטווח ארוך. ישנה חשיבות שהוראת המקצוע תעשה בדרכים מגוונות ( Hofstein, )

(Mamllok, & Rosenberg, 2006) כמו למשל, שילוב ניסויי מעבדה, צפייה בסרטי וידאו, משחקים ועבודה עם מאמרים מתוך עיתוני מדע ועיתונים יומיים על מנת לגוון את דרכי ההוראה. הוראה ולמידה בדרכים חלופיות בעלת פוטנציאל ליצור סביבה לימוד המושתת על עבודת צוות ודיאלוג מתמשך מורה-תלמיד (ממלוק, קצביץ', לאונוב, בן-צבי, 1999).

בשנות הגיל הרך ההוראה והלמידה מתבצעות באמצעים ויזואליים. הילדים מוקפים בתופעות מדעיות והם סקרנים ופתוחים ללמוד על אודות תופעות אלה. האתגר העומד בפני מחנכי הגיל הרך הוא לזהות נושאים ותופעות מדעיים שהם רלוונטיים לחייהם היום-יומיים של הילדים ומקדמים את יכולות חשיבתם הלוגית (לוי, 2008). למידת המדעים בגני הילדים מתרחשת בפינת מדע ייעודית שבה מצויים עצמים נבחרים לחקירה במסגרת פעילויות חופשיות המלוות בהנחיה חינוכית בקבוצות או במליאה. הפעילות עשויה להתחיל מיוזמה של הגננת ומתכונן מוקדם של סביבת למידה עשירה שמהלכה מונחה בעיקר על ידי שאילת שאלות, בעיות ורעיונות של הילדים. המטרה היא ליצור אווירה של גירוי הילדים להביע רעיונות ולהציע יוזמות וכן להניע אותם לבצע פעולות שונות בחומרים ובעצמים שונים, לצפות בתוצאותיהן של פעולות אלה ולהבינן. גישה זו מדגישה את חשיבותו של הממד התקשורתי. הגישות הרווחות ללמידת מדעים בגן הן: פיתוח ידע פיזיקלי, חינוך מדעי כתהליך של שינוי מושגי, למידת חקר, למידה דרך פרויקטים ולמידה דרך עיצוב ובנייה של מערכות טכנולוגיות (לוי, 2008). בדומה לתפקיד הגננת שמציגה לוי (2008), תפקיד המורה השתנה בשנים האחרונות מהעברת ידע בדרך המסורתית לתפקיד מעצב ומנחה. כיום, הגישה היא של ישטח ההתפתחות הקרוב (Vygotsky, 1978). המתמחה מבוקר ומפוקח על ידי המומחה תוך כדי סיוע והדרכה. תוך כדי התהליך (התקשורת, המושגים, החוקים וכו') בין המתמחה למומחה, מסומלים על ידי השפה שהופכים לכלים קוגניטיביים מופנמים. השפעה נוספת משמעותית יש למפגשי עמיתים המסייעים, חווים דעתם ומעירים הערות על פי ניסיונם ומנתבים את הלומד לחשיבה מובנת יותר (Mamllok-Naaman, Blonder & Hofstein, 2010). על פי התיאוריה של פוירשטיין על למידה מתווכת (פוירשטיין ואגוזי, 1987), לאדם פתוחים שני ערוצי השתנות: האחד, נגרם על ידי הפגישה ישירה שבין האדם לגירוי הסביבה והערוץ השני - הפגישה שבין האדם לסביבה באמצעות מתווך השם עצמו בין הגירוי לבין הלומד. המתווך בוחר, מארגן, מכוון, מקציב זמן, קובע את עוצמתו, וחשיבותו של הגירוי. פגישה זו מאוכסנת בזיכרונו של הלומד, ומשתלבת עם חוויות אחרות שחווה ומשפיעה על אינטראקציות עתידיות של הלומד עם הסביבה תוך רכישת כלי קוגניטיבי חדש.

תיאוריות אלו מקבלות חיזוק במחקר המודד את היעילות היחסית של למידה בגילוי לעומת למידה בהוראה ישירה (Klahr & Nigam, 2004). הלמידה בדרך הגילוי, פרט להצגת אובייקט הלמידה, היא ללא התערבות של המורה (אין הנחייה, מענה לשאלות ומשוב לתלמיד על איכות בחירת חומרים והערכה). במקביל, ישנה הלמידה בהוראה ישירה בה המטרות, החומרים, הדוגמאות, ההסברים וקצב ההוראה נשלטים על ידי המורה. הליך זה הנקרא CVS (Control of Variables Strategy), מאפשר ללומדים לתכנן ניסויים המובילים לחוקיות ומסקנות מהימנות. זהו צעד חשוב בהתפתחות החשיבה המדעית של הלומד ורכישת מיומנויות למידה המלמדות את התלמידים, כאזרחים לעתיד, כיצד להעריך מידע ותוקף מדעי.

גוון נוסף בלמידה היא דרך הלמידה השיתופית. לאחר שהתלמידים נחשפים לנושאי הלימוד באמצעים שונים הם מקובצים בקבוצות עבודה עם משימות מובנות על פי חמישה קריטריונים של למידה שיתופית: תלות הדדית חיובית, דוח פרטני, אינטראקציה פנים אל פנים, שימוש הולם של כישורים אישיים ועיבוד קבוצתי.

החקירה הקבוצתית כוללת ארבע תכונות בסיסיות: חקירה, אינטראקציה, פרשנות ומוטיבציה פנימית. כל התכונות הללו מעוגנות בשישה שלבים של מודל החקירה הקבוצתית:

(Ambrogi, Caselli, Montalti & Venturi, 2008)

1. הגדרת תתי נושאים על ידי ניסוח שאלות שמטרתן ליצור מאגר מידע שימושי לתיאור הנושא.

2. תכנון המחקרים (הגדרת מטרות וחלוקת משימות בין חברי הצוות).

3. ביצוע המחקרים (מציאה, ניתוח, בחירה וארגון המידע, התמונות והסרטים) הכישורים להתמודדות הן קבלת החלטות וניהול דיון.

4. תכנון הצגת המחקרים (כותרת, בחירת עיקרי הדברים בנושא, רצף ופרישה יעילה ביותר).

5. הצגת המצגות של כל קבוצה על ידי דוברים הנבחרים באופן אקראי מתוך הקבוצה.

6. הערכת הפרויקטים על ידי המורה והתלמידים תוך שיתוף של רעיונות על יעילות המוצרים, גישות וחוויות במהלך העבודה והצעות לשיפור בעתיד.

אלמנט חשוב נוסף הוא הבחירה החופשית הניתנת לכל תלמיד בבחירת נושאי העניין, תכנון, ביצוע המחקר, התמקדות והצגת התוצרים. "הקול התלמידי" צריך לשחק תפקיד מכריע בעיצוב ויישום תוכניות לימודים והדרכה, המקדמים מעורבות התלמידים בלמידת המדעים. שילוב "הקול התלמידי" בפרויקט מדעי יכול להפוך את ההשתתפות במדע לכלי רב ערך לגיבוש הזהות של התלמיד ולהעניק ללומד תחושה של בעלות (ownership) על תהליך הלמידה (Jenkins, 2006).

### הוראת המדעים דרך פוסטרים

אחת הדרכים להצגת נושאי מחקר בקהילייה האקדמית המדעית היא בעזרת תערוכת פוסטרים המאפשרת הזדמנות טובה לשמוע הרצאות בנושאי מחקר שונים, מספקת גירויים למחקר ומהווה במה לחוקרים צעירים למחקרי המשך בעתיד (Stefen, 2011). בשלב הראשון ישנה התייחסות לחלק הוויזואלי של הפוסטר. הפוסטר צריך להציג את עבודת המחקר בצורה אסתטית, מעניינת, מסקרנת, שימושך אליו קהל. הכיתוב בו צריך להיות בגודל המתאים והרעיון המרכזי של הפוסטר צריך להיות ברור, מנוסח בקצרה וקליט לקורא תוך מספר דקות. בשלב הבא, שימת הדגש הוא על הבנת המחקר על ידי הסטודנט והמשמעות המדעית המוצגת בעל פה על ידו בהתאם למוצג בפוסטר. תערוכת פוסטרים היא מפגש חברתי המפתח אצל הלומד כישורים קוגניטיביים במקביל לתחום עיבוד המידע. גישה זו מעלה את חשיבות התקשורת והשפעת הסביבה האנושית בפיתוח החשיבה אצל הלומד.

מניתוח של "פרויקט פוסטר" שנערך במחלקה למדעי הביולוגיה במדינת ניו יורק, בופלו,

נמצא שהגודל היעיל ביותר של קבוצה להכנת פוסטרים (Fourtner, Bisson & Loretz, n.d.<sup>4</sup>)

הוא של ארבעה סטודנטים. בחירת הקבוצה היא על בסיס המאפשר אחידות בין הקבוצות.

no date - n.d.<sup>4</sup>

נמצא כי קיבוץ התלמידים על פי הישגיהם האקדמיים, למשל, הוא מוצלח למדי. הקבוצות מאורגנות עצמאית על פי מין, גיל או שיקולים אתניים אישיים של התלמידים. חברי הקבוצות מתבקשים להחליף מספרי טלפון ו/או כתובות דואר אלקטרוני, לתזמן מועדים לפגישות ולבחור דובר אשר יהיה אחראי על תזמון פגישה עם מנחה מהסגל. פגישות אלו צריכות להיות עם רבים, ככל האפשר, מחברי הקבוצה. פגישות אלו מעודדות השתתפות בקבוצה ונותנות הזדמנות לסגל להעריך את התקדמותו של כל תלמיד. חלק אינטגרלי של הפוסטר הם הנתונים, הגרפים ו / או הטבלאות ושיטת איסוף הנתונים לפרשנות. מחקרי "פרויקט פוסטר" מצביעים בבירור על השינוי לאורך זמן. התגובה הטיפוסית של התלמידים לאחר שנה בפרויקט היא, שהם למדו רבות ולא רק על דרך הפעולה של הנושא הספציפי. בעבודת הגמר שלי, בחרתי להשתמש בתערוכת פוסטרים בכימיה אורגנית מתקדמת בדרך שונה מהצגת פוסטרים כעבודת סיכום ובאופן הדומה יותר לתערוכת פוסטרים בכנסים מדעיים. התלמידים נחשפו לפוסטרים ברמה אקדמית גבוהה במטרה לעניין אותם במגוון התחומים שבהם עוסקת הכימיה האורגנית ולקשר אותם לחיי היומיום. תערוכת הפוסטרים היוותה גירוי להמשך למידה של נושאים ומושגים מתוכנית הלימודים: קבוצות פונקציונאליות של תרכובות אורגניות, כתיבת נוסחאות מבנה ונוסחאות מולקולאריות, קישור ותכונות חומרים.

### **פרק ב': מטרות המחקר**

המחקר הכולל הוראת כימיה דרך פוסטרים, מנסה לבדוק את יכולתם של תלמידים ללמוד נושאים בכימיה מחזית המדע דרך שימוש בתערוכת פוסטרים. מטרת המחקר הינה העמקת הידע של התלמידים בנושאים מתוכנית הלימודים דרך חשיפתם למושגים בסיסיים המיושמים ברמה גבוהה וקישורם לחיי היומיום. הפעילות עוסקת באספקטים עיוניים ומעשיים של עבודת התלמיד הן כפרט והן כחלק מצוות. תפקיד המורה בפעילות זו הינו לעצב, לתווך ולהנחות את התלמידים לעבודה עצמאית. ההוראה והלמידה ממורכזות תלמיד. לתלמיד יש חופש בבחירת נושא, יכולת להשפיע על מהלך השיעור, יכולת להביע את עצמו גם בדרך יצירתית, עבודת הצוות דורשת מהתלמיד תכנון ושיתוף פעולה תוך פיתוח כישורים חברתיים. אחת ממטרות המחקר היא העלאת המוטיבציה של התלמידים ללמוד נושאים אחרים בכימיה. הפעילות מזמנת לתלמידים הזדמנות לפעול באופן מושכל תוך התייחסות ביקורתית למידע חדש על בסיס ידע מוקדם.

### **בעיות המחקר**

בחינת יכולתם של תלמידי תיכון ללמוד נושאים מדעיים מחזית המדע ברמה גבוהה באמצעות תערוכת פוסטרים ובחינת תרומתם להבנת מושגים בסיסיים בכימיה בנושא נוסחאות מבנה מולקולאריות וקבוצות פונקציונאליות. בנוסף להשפעה הקוגניטיבית של ההתערבות, נבחן האם לפעילות השפעה על העניין של התלמידים במדע, הרלוונטיות לחיי היומיום וההנאה מהלימוד. בתוך אלה נגזרו שאלות המחקר הבאות:

### **שאלות המחקר**

1. כיצד חשיפה לפוסטרים מקדמת את הבנת המושגים הבסיסיים בכימיה בנושא נוסחאות מבנה מולקולאריות וקבוצות פונקציונאליות?
2. באיזו מידה הפוסטרים ישפיעו על המוטיבציה ההמשכית ויעלו את המוטיבציה של התלמידים ללמוד נושאים אחרים בכימיה בהמשך?
3. באיזו מידה למידה דרך תערוכת הפוסטרים מסייעת לתלמידים לקשר את מקצוע הכימיה לחיי היומיום?

### **ההשערות הנובעות מהספרות המדעית**

מתוך עיון בספרות בנושא הוראה ולמידת המדעים בדרכים חלופיות (ממלוק, קצביץ', לאונוב, בן-צבי, 1999) אני משערת כי המחקר, הוראת הכימיה דרך תערוכת פוסטרים מדעיים תיצור סביבה, לימוד המושתת על עבודת צוות ודיאלוג מתמשך מורה-תלמיד. התלמידים יצליחו להתמודד עם נושאים ברמה גבוהה מתוך עניין וסקרנות (Stefen, 2011). חשיפת התלמידים לתערוכת פוסטרים מדעיים תאפשר את קישור עולם הכימיה לתחומים ושימושים חשובים הסובבים את התלמידים ביומיום (לוי, 2008). בנוסף אני משערת שדרך "למידה שיתופית" תקנה לתלמידים כלים ומיומנויות עבודה שיישמו גם בתחומים אחרים תוך פיתוח כישורים חברתיים (Ambrogi, Caselli, Montalti & Venturi, 2008).

## **פרק ג': תאור הפעילות**

### **אוכלוסיית היעד**

האוכלוסייה שנבחרה לפעילות המחקר "שימוש בפוסטרים בלמידה והוראת כימיה בתיכון" הינה תלמידי כיתה י' בתיכון "בן צבי" קריית אונו הלומדים כימיה ברמה של 5 יחידות לימוד במגמה המדעית. רוב תלמידי הכיתה לומדים בנוסף לכימיה גם מתמטיקה, פיזיקה ומחשבים ברמה של 5 יחידות לימוד. קבוצת הלימוד מונה  $N=32$  תלמידים: 12 בנות ו-20 בנים. הכיתה החלה את לימודי הכימיה בכיתה י' ובסיום כיתה י' הם אמורים לגשת לבחינת בגרות בהיקף של 3 יחידות לימוד. קבוצת הביקורת הייתה תלמידי כיתה י' בתיכון "בליך" רמת גן הלומדים כימיה ברמה של 5 יחידות לימוד בנוסף למקצוע מוגבר נוסף. קבוצת הלימוד מונה  $N=35$  תלמידים: 21 בנות ו-14 בנים. בסיום כיתה י' הם אמורים לגשת לבחינת בגרות בהיקף של 3 יחידות לימוד.

### **תיאור ההפעלה**

במסגרת קורס "שיטות סינטטיות בכימיה אורגנית" לתואר שני בהוראת המדעים, תוכנית "רוטשילד ויצמן", התבקשו משתתפות הקורס לבחור נושא מהקורס ולהעבירו לשדה החינוכי תוך התאמתו לרמה של תלמידי תיכון. הנושאים השונים הוצגו בשבעה פוסטרים (כמפורט בטבלה 2) בצבעים שונים. בכל אחד מהפוסטרים מוצג מידע על סינתזה של חומרים שונים, שיטות סינתזה, מושגים מדעיים ושימושים בחיי היומיום. בעת הכנת הפוסטרים הסטודנטיות הקפידו על בחירת כותרת מתאימה ומושכת לפוסטר, הצגת המידע והתהליכים באופן ברור וממוקד, ביאור מושגים, הוספת תמונות רלוונטיות והתייחסות אישית עם מבט לעתיד.

טבלה 2: פרוט שמות שבעת הפוסטרים והמחברות שלהם, נושא הפוסטר בכימיה אורגנית מתקדמת, קישור לחיי היומיום וקבוצות פונקציונאליות מרכזיות

שם הפוסטר/שם המורה	נושא מתקדם בכימיה אורגנית	קישור לחיי היומיום	קבוצות פונקציונאליות מרכזיות
"רטרוסינתזה - חשיבה בלשית בכימיה אורגנית" / מירב דינור	רטרוסינתזה	סינתזה של מולקולות אורגניות רצויות	קטון וטבעת ארומטית
"אקוויולנט של קרבוקטיון והסוד של ריח התפוז" / פאדיה חטיב	אקוויולנט של קרבוקטיון סטריוסלקטיביות	תרופות, חומרי טעם למזון וחומרי ריח	קרבוקטיון, אלקן
"טבעות $\beta$ -לקטאם, המפתח להכנת אנטיביוטיקות חדשות" / אינגה משולם	סינתזה של טבעות $\beta$ -לקטאם	תרופות אנטיביוטיות	אמין, חומצה קרבוקסילית, אמיד
"קליעה למטרה בכימיה - כיצד מתקבל תוצר רצוי בתגובה אלדולית בטבע ובמעבדה" / נועה קריגר	דחיסת אלדול	תרופות	כוהל, אלדהיד, קטון
"מה הקשר בין כימיה של תרכובות פחמן, umpolung וויטמין B <sub>1</sub> ? / רונת ברד	Umpolung - שיטה להיפוך מטענים	ויטמינים, מזון הפקת אנרגיה	אלדהיד, אציל אניון
"אפשר לייצר את הטבע בעזרת הכימיה" / סוהיר סחניני	תגובת רובינסון סינתזה של מולקולות דוציקליות	מזון, פרפומריה, תרופות	קטון מצומד
"הידרבורציה בשרות האדם" / לילך סלע	הידרבורציה - הכוונה לקבלת מולקולות ספציפיות	תרופות, חומרי טבע	אלקן, כוהל

\* שבעת הפוסטרים מוצגים בנספח 1

### הפעלת יחידת הלימוד

בחרתי להשתמש בפוסטרים שפותחו על ידי ועל ידי עמיתותיי לקורס כבסיס לפיתוח יחידת הלימוד לתלמידי התיכון שכללה תערוכת פוסטרים. התלמידים נחשפו לפוסטרים בסוף סמסטר א' לאחר שלמדו את הפרקים מבנה וקישור, סטוכיומטריה, חמצון חיזור וחומצות ובסיסים. הפעלת יחידת הלימוד התבצעה בשני שלבים:

#### שלב I - הכרות עם הפוסטרים

בשלב זה הייתה עבודה עצמאית של כל תלמיד. התלמידים התבקשו לעבור בין שבעת הפוסטרים אשר הוצגו ולמלא דף עבודה. (דף העבודה מוצג בנספח מספר 2). בדף העבודה התלמידים התבקשו להשלים את: שם הפוסטר, שם החומר הכימי המרכזי המופיע בפוסטר,

נוסחת מבנה, נוסחה מולקולרית וצבע הפוסטר. מטרות הפעילות היו לחשוף את התלמידים לתערוכת הפוסטרים, לאפשר לתלמידים לעבור בין כל הפוסטרים ולעייין בהם, תרגול של נושאים אשר נלמדו בתחילת השנה במבנה וקישור. בפעילות זו התלמידים נחשפו למספר צורות של נוסחאות מבנה של מולקולות (נוסחת מבנה מלאה ומקוצרת). התלמידים התבקשו לקחת נוסחת מבנה מקוצרת ולתרגם אותה למלאה. תלמידים אשר סיימו די מהר את השלב הראשון, התבקשו לעיין בפוסטרים בצורה מעמיקה יותר על מנת שיוכלו לבחור את הפוסטר המועדף עליהם.

### שלב II – עבודה בקבוצות

התלמידים נחלקו באופן עצמאי לקבוצות עבודה של 2-4 תלמידים, בהתאם לפוסטר הנבחר. כל קבוצה התמקדה במושגים, תהליכים כימיים, תכונות חומרים, שימושים בחיי היומיום וקבוצות פונקציונאליות שונות אשר הופיעו בפוסטר. הקבוצות קיבלו הנחיות כלליות לפעילות כשבין המשימות הייתה הצגת הפוסטר בדרך יצירתית כמו בול, מצגת, משחק וכדומה (דף העבודה מוצג בנספח מספר 3). אומנם בשלב II התלמידים עבדו בקבוצות אך כל אחד התבקש לחוות דעה אישית על למידה דרך פוסטרים. מספר השיעורים לכל שלב בפעילות הלימודית מפורטים בטבלה 3.

### טבלה 3: מספר שיעורי כימיה ליחידת הלימוד

פעילות יחידת הלימוד	מספר שיעורים
שלב I	1
שלב II	*10

\* מספר השיעורים כולל את הצגת העבודות בכיתה

להערכת פעילות התלמיד נבנה מחוון המתייחס לקטגוריות של שני השלבים כמו רישום נכון של נוסחאות מולקולאריות ונוסחאות מבנה, פירוש מושגים מהפוסטר, שאילת שאלות, רעיון מרכזי בפוסטר, ציון קבוצות פונקציונאליות, קישור ותכונות חומרים, שימוש בחיי היומיום והצגת התוצרים בדרך יצירתית (נספח 4).

## פרק ד: כלי משוב והערכה

### 1. שאלון עמדות

שאלון עמדות- pre "ללמוד כימיה זה" (נספח 5א) הועבר לפני הפעלת יחידת הלימוד. שבסיום שני שלבי הלימוד הועבר שאלון עמדות- post "ללמוד כימיה דרך פוסטרים מדעיים זה" (נספח 5ב). השאלון כלל 23 היגדים אשר מוינו על פי קטגוריות שונות המוצגות בטבלה 4 (בשני השאלונים היו היגדים זהים). לכל היגד היו 5 עמדות ברצף המספרים 1 עד 5. השאלונים הוכנו ועברו תיקוף במסגרת קבוצתית של 7 מורות לכימיה מנוסות, בקורס לעבודת גמר לתואר שני, בהנחיית ד"ר רון בלונדר. כול הקטגוריות עברו בדיקת מהימנות  $\alpha$  Cronbach<sup>5</sup> על ידי שאלוני עמדות pre שהועברו על ידי כל שבע המורות. אוכלוסיית התלמידים אשר מילאו שאלונים אלה כללה 281 תלמידים. מצורף ביצוע מבחן  $\alpha$  Cronbach.

### טבלה 4: הקטגוריות השונות בשאלון העמדות, ומהימנות $\alpha$ Cronbach

קטגוריה	היגד לדוגמא	מספר היגדים בקטגוריה	מהימנות סטטיסטית של הקטגוריה $\alpha$ Cronbach
רלוונטיות לחיי התלמיד	"מכין אותי לחיי בעתיד, כשאגדל"	6	0.818
עניין	"מקדם את העניין שלי במדע"	5	0.820271
ממורכז תלמיד	"מעודד אותי לשאול שאלות בשעור"	3	0.626159
כישורים קוגניטיביים	"כולל פעילויות מגוונות המסייעות להבנה"	4	0.613116
מוטיבציה	"מעודד אותי לבחור בכימיה בהמשך לימודי"	6	0.780567
כימיה מודרנית	"ללמוד על גילויים מדעים וחידושים טכנולוגיים"	4	0.70073

\* חישוב מחקר מהימנות הקטגוריות נעשה על בסיס 281 תלמידים.

$\alpha$  Cronbach<sup>5</sup> - מדד מהמנות פנימית. ערך נמוך מ-0.6 מצביע על חוסר במהמנות. במקרה כזה מוציאים משתנה מהחישוב על מנת להעלות את ערך מהמנות  $\alpha$  Cronbach.

## 2. ראינות עם תלמידים

בתחילת הפעילות של שלב II התלמידים מרואיינים בקבוצות ומצולמים בווידיאו. בראינות התלמידים מביעים את דעתם על למידה דרך פוסטרים. השאלות שנשאלו בראינות היו כדלקמן:

- ❖ מדוע בחרתם דווקא את הפוסטר הזה?
- ❖ האם אתם מרגישים שיש הבדל בין השיעור הזה לשיעור כימיה רגיל? אילו הבדלים למשל?
- ❖ מה אתם מעדיפים, הוראה רגילה או למידה עצמאית?
- ❖ האם הצלחתם להבין במה עוסק הפוסטר? הסבירו.

## 3. דעות אישיות של תלמידים

כל אחד מתלמידי הכיתה התבקש לרשום דעה אישית על הפעילויות על פי שאלות מנחות המוצגות להלן:

- ❖ אילו דברים בפוסטר עניינו אותך?
  - ❖ מה חידש לך הפוסטר?
  - ❖ האם היית ממליץ/ממליצה לחבר לעיין בפוסטר?
  - ❖ האם היית ממליץ/ממליצה ללמוד על נושאים אחרים דרך פוסטרים?
  - ❖ האם היית בוחר בפוסטר אחר?
- דוגמאות לדעות האישיות של התלמידים כמשוב על הפעילות מוצגות בנספח 6.

## 4. שאלה לדוגמה מפעילות פוסטרים וממבחן בנושא קבוצות פונקציונאליות של תרכובות אורגניות

במהלך פעילות שלב II עם פוסטרים התבקשו התלמידים לזהות קבוצות פונקציונאליות של תרכובות אורגניות המופיעות בפוסטרים (נספח 3). במבחן שנערך בנושא חודשיים לאחר מכן, התבקשו התלמידים לענות על שאלה דומה בנושא קבוצות פונקציונאליות. אותו מבחן הועבר גם לתלמידי כיתה י' שלמדו בדרך המסורתית ולא נחשפו לפעילות של תערוכת פוסטרים כקבוצת ביקורת. דוגמה לשאלה בנושא קבוצות פונקציונאליות מוצגת בנספח 7.

## פרק ה': ממצאים

### 1. ממצאי שאלוני עמדות pre/post

שאלון עמדות-pre "ללמוד כימיה זה" (נספח 4א) הועבר לפני הפעלת יחידת הלימוד. בסיום שני שלבי הלימוד הועבר שאלון עמדות-post "ללמוד כימיה דרך פוסטרים מדעיים זה" (נספח 4ב). כל שאלון כלל 23 היגדים הממוינות על פי קטגוריות (בשני השאלונים היו היגדים זהים). כלל היגד היו 5 עמדות ברצף המספרים 1 עד 5. ממצאי שאלוני עמדות pre/post מוצגים בטבלה 5.

טבלה 5: ממצאי מבחן t שאלוני עמדות pre/post

קטגוריה	N	ממוצע pre	ממוצע post	$\Delta$ post-pre	ערך p ומובהקות
רלוונטיות לחיי התלמיד	32	3.609	3.823	0.214	0.0746
עניין	32	4.131	4.231	0.100	ל.מ
ממורכז תלמיד	32	3.786	3.828	0.042	ל.מ
כישורים קוגניטיביים	32	3.883	3.794	-0.089	ל.מ
מוטיבציה	32	3.776	3.896	0.120	ל.מ
כימיה מודרנית	32	3.273	3.432	0.159	ל.מ

ל.מ: לא מובהק

עיון בטבלה 5 מעלה כי פרט לקטגוריה "רלוונטיות לחיי התלמיד", בה ניתן להבחין בעלייה על גבול המובהקות בשאר הקטגוריות לא התקבל שינוי מובהק בעמדות התלמידים בין שאלון pre לשאלון post.

### 2. ממצאי ראיונות של תלמידים

התלמידים רואינו באווירה נעימה ורגועה בקבוצות, על ידי ד"ר רון בלונדר, שצפתה בפעילות וצולמו בווידיאו. התלמידים הביעו את דעתם על דרך הלמידה מפוסטרים. השאלות המנחות שנשאלו במהלך הראיון היו כדלקמן:

- ❖ מדוע בחרתם דווקא את הפוסטר הזה?
- ❖ האם אתם מרגישים שיש הבדל בין השיעור הזה לשיעור כימיה רגיל? אילו הבדלים למשל?
- ❖ מה אתם מעדיפים, הוראה רגילה או למידה עצמאית?
- ❖ האם הצלחתם להבין במה עוסק הפוסטר? הסבירו.

ממצאי הראיונות מוצגים בטבלה 6.

**טבלה 6: ממצאי ראיונות עם תלמידים על למידת נושאים בכימיה אורגנית דרך פוסטרים**

שאלות שעלו בראיונות	ממצאים
מדוע בחרתם דווקא פוסטר הזה?	כותרת מעניינת, תמונות מושכות את העין, צבעוניות, שימושים חשובים של חומרים כימיים כמו מזון ותרופות, קישור לחיי היומיום.
האם אתם מרגישים שיש הבדל בין השיעור הזה לשיעור כימיה רגיל? אילו הבדלים למשל?	פעילות עם פוסטרים ויזואלית, העבודה מתבצעת בקבוצות, הלמידה עצמאית, פעילות חופשית (פיזית), לא יושבים מול המורה והלוח, חופש בבחירת נושא הלימוד free choice, הזמן עובר מהר.
מה אתם מעדיפים, הוראה רגילה או למידה עצמאית?	רוב התלמידים מעדיפים למידה עצמאית. הפעילות מאתגרת ומהנה, יש עבודת צוות, הבעת דעות, דיון בין חברי הקבוצה, תכנון פעילות המשך, חלוקת תפקידים, פעילות מעשירה ומחדשת, מפתח חשיבה והקבלה לתחומים אחרים.
האם הצלחתם להבין במה עוסק הפוסטר? הסבירו.	הבנת הפוסטר במושגים שנלמדו במהלך השנה, הבנת הרעיון המרכזי של הפוסטר, קישור תהליכים ותכונות למבנה וסוגי החומרים ובהתאם לשימושים שלהם.

דוגמאות מראיונות (שמות התלמידים בדויים)

**חי:** "בחרנו בפוסטר של רטרוסינתזה-חשיבה בלשית בכימיה אורגנית. נכנסתי, ראיתי ישר את שרלוק הולמס וזה משך אותי, חשיבה בלשית".

**רעות:** "זה נראה גם מעניין, בלשי, אתה צריך לחפש לבד, מתוך חומר נתון, יש לך איזה בליל מסוים ואתה צריך לדלות ממנו, אתה לומד לבד, יש שילוב מחשב בתוך העבודה, זה נחמד מפעם לפעם לפתוח את הראש לנושאים אחרים, לגוון".

**ליהיא:** "בחרנו את הפוסטר של התפוז כי תפוז זה בחיי היומיום, הפוסטר צבעוני, יש תמונות".

**גיא:** "בשיעור כימיה יושבים מול הלוח, מקשיבים למורה שמעבירה לך את החומר ופה המטרה היא ללמוד משהו לבד, שמעניין אותך, לדעתי זה יותר מעניין ויעיל, זה מפעיל, במשך הפעילות לא ישבנו כל הזמן על כיסא, הסתובבנו, נגשנו למחשב, זה נותן מוטיבציה לסיים את המשימה".

**עידו:** "יותר מעניין לחפש מושגים חדשים מאשר לשבת הרבה מאוד זמן ולרשום במחברת, עובדים בקבוצות בעבודות אישיות".

מתוך הראיונות ניתן לראות כי התלמידים מתרשמים, בשלב הראשון, מהויזואליות של הפוסטרים (כותרת מושכת ומעניינת, צבע הפוסטר, תמונות ועוד), נהנים מגוון ההוראה והלמידה (עבודה בקבוצות, חופש בבחירת נושא הלימוד), מנהלים דיון, מחלקים תפקידים ומקשרים את הנושאים לשימושים חשובים בחיי היומיום.

### 3. ממצאי דעות אישיות של תלמידים

כל אחד מתלמידי הכיתה התבקש לרשום דעה אישית על הפעילויות על פי שאלות המוצגות להלן:

- ❖ אילו דברים בפוסטר עניינו אותך?
- ❖ מה חידש לך הפוסטר?
- ❖ האם היית ממליץ/ממליצה לחבר לעיין בפוסטר?
- ❖ האם היית ממליץ/ממליצה ללמוד על נושאים אחרים דרך פוסטרים?
- ❖ האם היית בוחר בפוסטר אחר?

### טבלה 7: ממצאי דעות אישיות של תלמידים על למידת נושאים בכימיה דרך פוסטרים

שאלות מנחות	ממצאים
אילו דברים בפוסטר עניינו אותך?	הכותרת וההיצג הגרפי של הפוסטר, סינתזה של חומרים, שימושים של חומרים שונים.
מה חידש לך הפוסטר?	למידה של מושגים חדשים כמו אננטיומרים וכיראליות. שיטת חשיבה של רטרוסינתזה כשילוב בין הכימיה והבלשות. תכונות של חומרים.
האם היית ממליץ/ממליצה לחבר לעיין בפוסטר?	רוב התלמידים היו ממליצים לחבר לעיין בפוסטר כי בין היתר הפוסטר ממחיש חשיבה, רלוונטיות וקשר ליומיום.
האם היית ממליץ/ממליצה ללמוד על נושאים אחרים דרך פוסטרים?	רוב התלמידים היו ממליצים ללמוד על נושאים אחרים דרך פוסטרים בצורה מושכלת כגון בהוראה הרגילה תוך שילוב של אמצעי הוראה נוספים כמו מחשב.
האם היית בוחר בפוסטר אחר?	רוב התלמידים היו נאמנים לבחירה הראשונית שלהם אבל שקלו לבחור בנוסף פוסטר אחר מעניין.

דוגמאות לדעות אישיות: (שמות התלמידים בדויים)

**עומר:** "עניין אותי לדעת על הנוטקאטון, על כך שהוא מצוי באלסקה ומשמש ריח בתעשיית הבשמים. למדתי מהפוסטר על מבנה הנוטקאטון (קטון sesquiterpene) על כך שהוא נחשב לחומר הארומה החשוב והיקר ביותר של אשכוליות. למדתי שאננטיומרים הם שני חומרים המהווים תמונת ראי אחד לשני (כמו כפות ידיים). הייתי ממליץ לחבר לעיין בפוסטר. הייתי ממליץ ללמוד על נושאים אחרים דרך פוסטרים. אך בגלל שלא תמיד אפשר להבין הכול דרך הפוסטר (על חומר או מושג לא מוכרים) רצוי להיעזר באינטרנט. דעתי השתנתה מכיוון שלפעמים אני רואה שמות של חומרים בלי לדעת איך הם נראים, איפה הם מצויים ואילו שימושים ניתן לעשות בהם. ההתעסקות בפוסטרים חידדה אצלי את המחשבה שלכל חומר יש שימוש ותכונות חיוניות לנו ושכדאי לנצל אותם".

**נוי:** "ההיצג הגרפי בפוסטר מיד משך את תשומת ליבי. טבלת ההשוואה בין השלבים ברטרוסינתזה לבין השלבים בפתרון תעלומה בלשית סקרנה אותי וכמובן הכותרת הייתה הטריגר המרכזי מאחר ושילבה בה את הכימיה ועולם הבלשות יחדיו. למדתי דרך הפוסטר מושגים חדשים בכימיה כמו רטרוסינתזה, טבעות ארומטיות ומהי כימיה אורגנית. שיטת החשיבה של רטרוסינתזה הייתה עבורי חידוש מעניין. בהחלט הייתי ממליצה לחבריי לעיין בפוסטר מאחר והוא אינו מלא בפרטים, אלא רק מציג צורת חשיבה שונה. ככלל אני חושבת שכל שבירה של מסגרת היא טובה, אבל היא אפשרית רק עם קיומה של מסגרת. לכן הייתי ממליצה להמשיך ללמד את החומר השוטף באופן בו הוא נלמד כיום, אך עם שילוב של גיחות לעולם הכימיה הרחב יותר, בין השאר דרך פוסטרים. דעתי לגבי "מה זה כימיה?" לא השתנתה בעקבות הפעילות, אבל הפעילות בהחלט עזרה לי להרחיב את המושג "כימיה" מבחינת המשמעות והשימושים שלו. הייתי בוחרת בפוסטר אחר בנוסף לפוסטר בו בחרתי, לא במקומו".

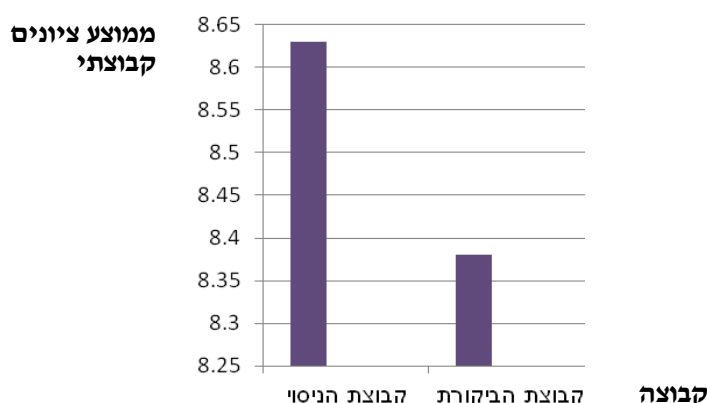
**ירדן:** "נהניתי לעבוד על הפרויקט משום שזה היה שינוי בסגנון הלמידה הרגיל, זכיתי לקרוא וללמוד על נושאים שאינם בחומר הלימודים אך מעניינים ורלוונטיים. העבודה בקבוצות גם היא הייתה כיפית משום שבשיעורים רגילים העבודה היא אישית והעבודה בקבוצות היא גיוון מרענן ויש הרבה מה להפיק מהתחום. דעתי על "מה זה כימיה" לא השתנתה משום שידעתי מראש שכימיה זהו נושא חשוב שמעורב בכל תחומי היומיום ובעל ערך גדול בהבנת תהליכים טבעיים והפרויקט רק היווה הוכחה בשבילי. לא הייתי מחליף פוסטר משום שזהו הנושא היחיד שידעתי עליו קצת מראש והוא סקרן אותי. לאחר שראיתי מצגות מקבוצות אחרות ראיתי שיש עוד נושאים מעניינים, אבל אני לא מתחרט".

דוגמאות נוספות לדעות האישיות של התלמידים כמשוב על הפעילות מוצגות בנספח 5. מתוך חוות הדעת האישיות שכתבו התלמידים ניתן לראות כי התלמידים גילו עניין בפוסטרים, בתכונות תהליכים ושימושים של חומרים שונים, למדו על דרך חשיבה לפתרון בעיות, הרחיבו את דעתם "על מה זה כימיה" כתחום עם הרבה היבטים המקושרים לחיי היומיום וציינו כי הגוון בהוראה היה מהנה, יעיל ותורם חברתית.

#### 4. ממצאי שאלה מפעילות פוסטרים ושאלה במבחן בנושא קבוצות פונקציונאליות

תרשים 1 מציג את הממוצעים שהתקבלו מניתוח התשובות האישיות לשאלה זהה במבחן בנושא קבוצות פונקציונאליות לשתי הקבוצות (קבוצת הניסוי עם פוסטרים וקבוצת הבקרה בלמידה הרגילה) המבחן ניתן בשתי הכיתות בסוף סמסטר ב' לפני בחינת המתכונת.

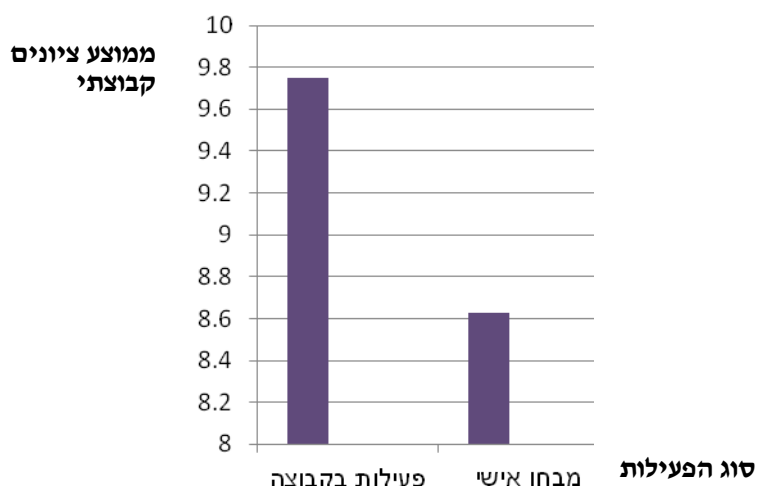
#### תרשים 1: ממוצע ציונים לשאלה במבחן בנושא קבוצות פונקציונאליות בקבוצת ניסוי עם פוסטרים ובקבוצת ביקורת בלמידה רגילה



מעיון בנתונים בתרשים 1 עולה כי נמצאו הבדלים בין שתי הקבוצות כאשר בקבוצת הניסוי הממוצע הוא 8.63 (סטיית תקן של 2.36) ואילו בקבוצת הביקורת הממוצע הוא 8.38 (סטיית תקן של 2.02).

תרשים 2 מציג את הממוצעים שהתקבלו מניתוח התשובות של קבוצת הניסוי מפעילות שלב II עם פוסטרים ומבחן אישי.

#### תרשים 2: ממוצע התשובות של קבוצת הניסוי מפעילות בקבוצות עם פוסטרים ומבחן אישי בנושא קבוצות פונקציונאליות



השוואה בין הנתונים שהתקבלו בקבוצת הניסוי מפעילות בקבוצות ומבחן אישי מעלה כי הלמידה באמצעות הפעילות בקבוצות הייתה יעילה יותר מלמידה אישית, כפי שמעידים הנתונים: פעילות בקבוצה- ממוצע 9.75 (סטיית תקן 2.21) לעומת מבחן אישי ממוצע 8.63 (סטיית תקן 2.36).

## פרק ו': דיון ומסקנות

המחקר הנוכחי התמקד בהוראה ולמידת נושאים בכימיה דרך תערוכת פוסטרים מדעיים. מהמחקר עולה כי לתלמידים קל יותר עם איורים ואמצעים ויזואליים מאשר ביטויים מילוליים. תלמידים זוכרים טוב יותר פעילויות מגוונות אקטיביות לעומת למידה קונבנציונלית ועל ידי כך מפתחים יכולות קוגניטיביות וחברתיות ( Hofstein, Mamlok, & Rosenberg, 2006). הוראת העמיתים בכיתה העמידה בפני התלמידים אתגרים וגרמה ללמידה מעצבת וסביר להניח שהידע והכלים אשר נרכשו בפעילות (כמו כושר ביטוי, עבודת צוות, התמקדות בעיקר ועוד) יהיו ישימים גם בעתיד (Ambrogi, Caselli, Montalti & Venturi, 2008). מממצאי הפעילות ניתן להסיק כי תערוכת הפוסטרים סיפקה גירויים לתלמידים להתעניין, ללמוד ולהעמיק בנושאים שונים, הקנתה מושגים חדשים, העלתה את המוטיבציה וההנאה (Stefen, 2011). התלמידים הבינו שעבודת צוות חשובה והכרחית למשימה והשקיעו זמן ומחשבה רבה במשימות. הצגת העבודות בדרכים יצירתיות יצרה תחרותיות חיובית ואווירה שונה משיעור פורמאלי. לדעתי מה שתרם להתרגשות והאווירה הנעימה היה "אפקט ההילה" - הצגת הפרויקט מספר חודשים קודם לפעילות כפרויקט חווייתי שאינו מאיים בציונים והערכות, נוכחות נציגים מ"מכון ויצמן" וצילום תמונות וראיונות עם תלמידים בווידיאו.

**משאלת מחקר 1 "כיצד חשיפה לפוסטרים מקדמת את הבנת המושגים הבסיסיים בכימיה בנושא נוסחאות מבנה מולקולאריות וקבוצות פונקציונאליות?"** עולה כי התלמידים מיישמים מושגים וידע שלמדו בתחילת השנה בפרק מבנה וקישור תוך התבוננות ביקורתית למידת הדיוק ומהימנות המידע המוצג בפוסטרים. הם עומדים על ההבדלים בין נוסחת ייצוג מולקולרית מלאה, נוסחה מקוצרת ונוסחה מולקולרית. הם שמים לב להצגה הגרפית של המולקולות בפוסטרים, להערכות המרחבית של המולקולות השונות ומעלים שאלות רלוונטיות הדורשות את הבהרת המורה. התלמידים מתייחסים לקבוצות הפונקציונאליות כקבוצות מאפיינות המקנות לחומרים את תכונותיהם הכימיות. עצם הפעילות האקטיבית של התלמידים (מסתובבים, מעיינים וממלאים דף עבודה) מזמנת שיח ודיון סביב הפוסטרים ומתחיל שלב ראשוני של הוראת עמיתים.

**משאלת מחקר 2 "באיזו מידה הפוסטרים ישפיעו על המוטיבציה ההמשכית ויעלו את המוטיבציה של התלמידים ללמוד נושאים אחרים בכימיה בהמשך?"** עולה כי התלמידים מגלים עניין בנושאים השונים המוצגים בפוסטרים, אינם חוששים מהמידע החדש, מעמיקים בנושאים חדשים, ובעלי מוטיבציה להציג את העבודות שלהם לכלל הכיתה בדרך יצירתית ומהנה. פעילות עם פוסטרים הפתיע את התלמידים בשיטות סינתזה לקבלת תוצרים רצויים, בחשיבה עם ראש פתוח המזמנת שאילת שאלות, העלאת השערות, דיון והסקת מסקנות. חיזוק לעלייה במוטיבציה ניתן לראות מחוות הדעת האישיות של התלמידים במידת הרצון שלהם ללמוד נושאים חדשים בגישה זו ואף מוכנים לעניין חברים במידע. הם מסוגלים לנתח, לעשות אנליזה ולפתח תפוסי חשיבה והבנה כלליים. חשוב לציין שישנם מספר תלמידים שאומנם בעלי

מוטיבציה גבוהה אך חוששים מהלמידה העצמית, מהזמן שיש להקדיש ללמידה, כשמבחינתם, היה נוח שהמורה יעביר/תעביר את החומר הלימודי בצורה ממוקדת. אומנם השאלה מתייחסת בעיקר למוטיבציה של התלמידים, אבל לדעתי ישנה חשיבות למוטיבציה ועניין של המורה בהוראה והערכה חלופית. הביטחון העצמי גדל, למורה יש כעת יכולת גבוהה יותר לפתח חומרי למידה עבור תלמידיו תוך רכישת מגוון אסטרטגיות הוראה. המורה בעיני התלמיד אינו רק כלי להעברת מידע אלא מודל לחיקוי.

**משאלת מחקר 3 "באיזו מידה למידה דרך תערוכת הפוסטרים מסייעת לתלמידים לקשר את מקצוע הכימיה לחיי היומיום?"** עולה כי התלמידים הופתעו לגלות את מגוון התחומים שבהם עוסקת הכימיה. ראו שכל החומרים שהם באים במגע איתם ביומיום הם תוצרים של "עולם הכימיה" הבינו את הקשר בין תכונות ומבנה החומרים לשימושים הרבים כמו קוסמטיקה, מזון, תרופות, חומרי ניקוי ועוד. בעקבות הפעילות התלמידים רואים את ההקשר לתופעות יום יומיות מתוך נושאי הלימוד בתוכנית הלימודים כמו חומצות ובסיסים, חלבונים, שומנים ועוד.

### **קשיים ומגבלות**

קבוצה של שלושים ושניים תלמידים אינה משקפת מבחינה סטטיסטית את התוצאות בצורה מהמנה ולכן גם לא הוצגו התוצאות בגרף. כמובן שהתוצאות תלויות בפרמטרים נוספים כמו רמה קוגניטיבית של התלמידים בקבוצה, מידת ההעמקה בנושאי הלימוד, מדרך הוראת המורה, בידע קודם של התלמידים ובמודלים מחשבתיים ואינטראקטיביים שהתלמידים נחשפו אליהם. הפוסטרים המדעיים בכימיה אורגנית הם ברמה אקדמית גבוהה והיה קושי וגם חשש מסוים, להתאימם לפעילויות של רמת תלמידי תיכון. יש להתייחס בעירבון מוגבל לשאלון העמדות כי הוא שאלון סגור וישנם תלמידים הממהרים לסיים את השאלון ולא תמיד ממלאים אותו בכובד ראש (אולי אפשר להוסיף גם שאלות פתוחות).

### **המלצות להוראת הכימיה בעתיד**

פעילות דרך פוסטרים אינה דורשת זמן רב והאפקט שלה הוא משמעותי לטווח הקצר והארוך. אחד הדברים החשובים לי כמורה שהתלמידים ייהנו ויתעניינו במהלך הלמידה, דבר שיגרום למוטיבציה גבוהה, לשאלת שאלות ולחשיבה עם ראש פתוח תוך התייחסות ביקורתית. במידה והייתי עושה את המחקר כיום, הייתי משווה את תוצאות המחקר בין כיתה שעברה פעילות אינטראקטיבית בעזרת תערוכת פוסטרים במיצג גדול (כשתפקיד המורה היה רק מכוון ומתווך) לעומת קבוצת בקרה שלמדה עם דפי עבודה בגודל סטנדרטי. בנוסף הייתי מגדירה את הדרישות של הצגת הפרויקטים בצורה ברורה יותר על מנת שהתלמידים לא ילכו לאיבוד. במידה וישנה בעיה של תקצוב שעות לפרויקט ניתן לבצע אותו באופן חלקי בהתאם לשיקול דעתו של המורה.

## מקורות

- Ambrogi, P., Caselli, M., Montalti, M., & Venturi, M. (2008). Make sense of nanochemistry and nanotechnology.
- Fourtner, C. R., Bisson, M., & Loretz, C. A. (n.d.). *Using posters in case studies: The scientific poster as a teaching tool*. Retrieved May 14, 2011 from <http://ublib.buffalo.edu/libraries/projects/cases/posters.html>
- Hassner, A. (2008). Course "Advanced methods of organic synthesis", Weizmann Institute of Science.
- Jenkins, E. W. (2006). The student voice and school science education. *Studies in Science Education*, 42, 49-88.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004) *Psychological Science*. The equivalence of learning paths in early science instruction: effects of direct instruction and discovery learning.
- Mamlok-Naaman, R., Blonder, R., & Hofstein, A. (2010). Providing chemistry teachers with opportunities to enhance their knowledge in contemporary scientific areas: A three-stage model. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 11, 241-252.
- Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., & Penick, J. E. (2007). Involving Science teachers in the Development and Implementation of Assessment Tools for "Science for All" Type Curricula
- Stephen, K., (2011). Posters In The Pacific. *C&EN: Science & Technology*, 89(2), 35.
- Streitweiser & Heathcock.(1981). "*Introduction to Organic Chemistry*" (3<sup>rd</sup> ed.). University of California, Berkeley.
- Trowbridge, L.W., Bybee, R.W., & Powell, J. C. (2004). *Teaching secondary school science "Strategies for developing scientific literacy"*. (8<sup>th</sup> ed.).
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

לוי, ש. (2008). חינוך מדעי לגיל הרך. *ממחקר לעשייה בחינוך בגיל הרך*. בתוך קליין פ. ויבלון, י. (עורכים). 270-257. ירושלים: האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים.

מילנר, נ. (1990). "תרכובות הפחמן". מכון ויצמן למדע, רחובות.

ממלוק, ר., קצביץ, ד., לאונוב, א. ובן-צבי, ר. (1999). שיטות הוראה ודרכי הערכה חלופיות במסגרת תוכנית מוטי"ב גליון 14

פזרשטיין, ר. ואגוזי, מ. (1987). התיאוריה של הלמידה המתווכת ומקומה בהכשרת המורים. דפים 6, 34-16.

Organic Chemistry Portal <http://www.organic-chemistry.org>

## נספחים

















## דף עבודה בכימיה פוסטרים בכימיה אורגנית מתקדמת

- \* בחר/בחרי פוסטר אחד שהכי עניין אותך ועמוד על ידו.
- \* בקבוצות של 4 תלמידים עליכם לעשות עבודה על פי השלבים הבאים:
1. יש להוציא 5 מושגים מדעיים המוזכרים בפוסטר ולכתוב הסבר למושגים.
  2. לגבי אחד המושגים המדעיים מהפוסטר חפשו 2 אתרי אינטרנט העוסקים בו, וציינו את כתובתם ברשת.
  3. יש לחבר שלוש שאלות לגבי תוכן הפוסטר ולענות תשובות לשאלות אלו.
  4. מהו הרעיון המרכזי בו עוסק הפוסטר?
  5. יש לציין את הקבוצות הפונקציונאליות של החומרים המוזכרים בפוסטר ולשייך אותם לקבוצות חומרים בהתאם (למשל: כוהל, חומצה קרבוקסילית, אמין וכו').
  6. יש לבחור קבוצה פונקציונאלית אחת ולהסביר את התכונות הנובעות בהתאם למבנה וקישור.
  7. יש לחפש באינטרנט עוד 3 חומרים עם קבוצה פונקציונאלית דומה, המשמשים אותנו בחיי היומיום.
  8. יש להציג את העבודה שלכם בכיתה בדרך יצירתית. ( בול, משחק, מצגת וכו')
  9. כל תלמיד/תלמידה יצרף/תצרף דעה אישית לגבי הפוסטר:
    - א. אילו דברים בפוסטר עניינו אותך ?
    - ב. מה חידש לך הפוסטר?
    - ג. האם היית ממליץ/ממליצה לחבר לעיין בפוסטר?
    - ד. האם היית ממליץ/ממליצה ללמוד על נושאים אחרים דרך פוסטרים?
    - ה. האם היית בוחר בפוסטר אחר?
  10. ביבליוגרפיה - כתבו את המקורות בהם נעזרתם בעבודתכם.

**עבודה נעימה !**

## מחווון להערכה לפעילות עם פוסטרים

ניקוד	קריטריון	
		<b><u>שלב I: הכרות עם הפוסטרים</u></b>
	21%	רושמים נכון נוסחאות מולקולאריות ונוסחאות מבנה
		<b><u>שלב II: עבודה בקבוצות על פוסטר נבחר</u></b>
	10%	מפרשים 5 מושגים מדעיים בפוסטר
	3%	מוצאים שני אתרים באינטרנט הקשורים לאחד המושגים
	15%	מחברים 3 שאלות הקשורות לפוסטר ועונים עליהם תוך שימוש בשפה מדעית נכונה
	6%	רושמים רעיון מרכזי שבו עוסק הפוסטר
	12%	מציינים את הקבוצות הפונקציונאליות של החומרים המוזכרים בפוסטר ומשייכים אותם לקבוצות חומרים
	10%	מסבירים את תכונות החומר בהתאם למבנה וקישור
	6%	מוצאים עוד 3 חומרים עם קבוצה פונקציונאלית דומה המשמשים אותנו בחיי היומיום.
	6%	מציגים את העבודה בצורה יצירתית, אסתטית ומאורגנת
	6%	רושמים דעה אישית על למידה דרך פוסטרים
	5%	ביבליוגרפיה
	<b>ציון סופי</b>	





## דוגמאות לדעות אישיות

(שמות התלמידים בדויים)

**ערן:** "נהנתי לחקור ולהשכיל בנושא ה-umpolong הפוך המטענים וגם ויטמין ה- $B_1$ . מה שמשך ועניין אותי היו צבע הפוסטר והתמונות של האוכל וגם הכותרת מפני שרציתי לדעת על ויטמין  $B_1$  וכיצד משפיע על גוף האדם. נהנתי מהעבודה הקבוצתית, כל אחד שיתף רעיונות והעבודה עם המחשב הייתה חיונית ומעניינת. הפרויקט תרם לי בכך שלמדתי על ויטמין  $B_1$  וכיצד הוא תורם לנו, למדתי על מערכות הנשימה האירובית והאנאירובית וידע זה חשוב לעתיד".

**אריאלה:** "נושא של תכונות כיראליות והתועלת שניתן להפיק מהן היה חדש עבורי. רלוונטיות שלו לחיי היומיום יכולה לעניין גם את מי שאינו לומד כימיה. אבל לא בתור דרך לימוד עיקרית אלא בנוסף לדרכים אחרות".

**מיכל:** "עניין אותי הקשר שבין מולקולות לימונן לבין ריח התפוז. הפוסטר לימד אותי שימושים נוספים מתחום הכימיה בתעשיות כגון רפואה ומזון. הייתי ממליץ לחבר לעיין בפוסטר כי אני בטוח שזה יעניין אנשים אחרים. כן הייתי ממליץ ללמוד דרך פוסטרים אבל רק דברים שקשורים ישירות ובלבד לחומר הלימוד שלנו".

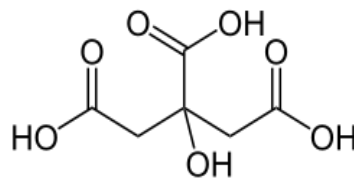
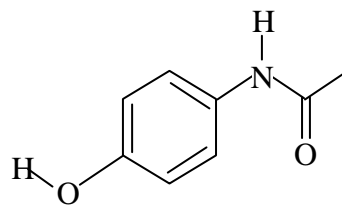
**אור:** "עניין אותי איך מולקולות שונות אחראיות לריח של חומרים ואיך ניתן ליצור מולקולות של ריח בצורה מלאכותית. שריח של תפוז וריח של לימון נוצרים, בבסיסם, מאותה מולקולה (אך אנטיזימרים). זה די מעניין לגלות מאיפה בא ריח התפוז וריח הלימון. הייתי ממליץ ללמוד על דרכים יותר מוחשיות כמו סרטי מדע או למידה דרך ספרים או מורה שיכול לענות על השאלות שלך".

**אפרת:** "מה שעניין אותי בפוסטר הוא ההשוואה בין החשיבה הבלשית לבין תהליך הרטרוסינתזה. למדתי מהפוסטר מושגים חדשים. כן, הייתי ממליצה ברצון. כן, ניתן ללמוד על חשיבה בלשית בעזרת הפוסטר ובכלליות, נושאים רבים.

**אלון:** "העבודה בקבוצות הייתה מהנה, נהניתי ללמוד ותוך כדי לחלוק מחשבות על הנושא עם חברים לדעתי זה תרם לי להבין את הנושא של הפוסטר בצורה בהירה וברורה יותר. הייתי רוצה שאם יחזרו על כך הפוסטרים יהיו יותר מאוגדים מלבד זאת כל שאר הלמידה הייתה מעשירה ביותר ומצחיקה כגון ההצגות וההרצאות שכל אחד מאתנו הכין והציג בכיתה. אשמח אם נמשיך ונלמד מדי פעם בצורה כזו".

❖ דוגמה לשאלה בנושא קבוצות פונקציונאליות

הקף/הקיפי בעיגול את הקבוצות הפונקציונאליות במולקולות הבאות:



\* ציון מקסימלי לשאלה 12 נקודות