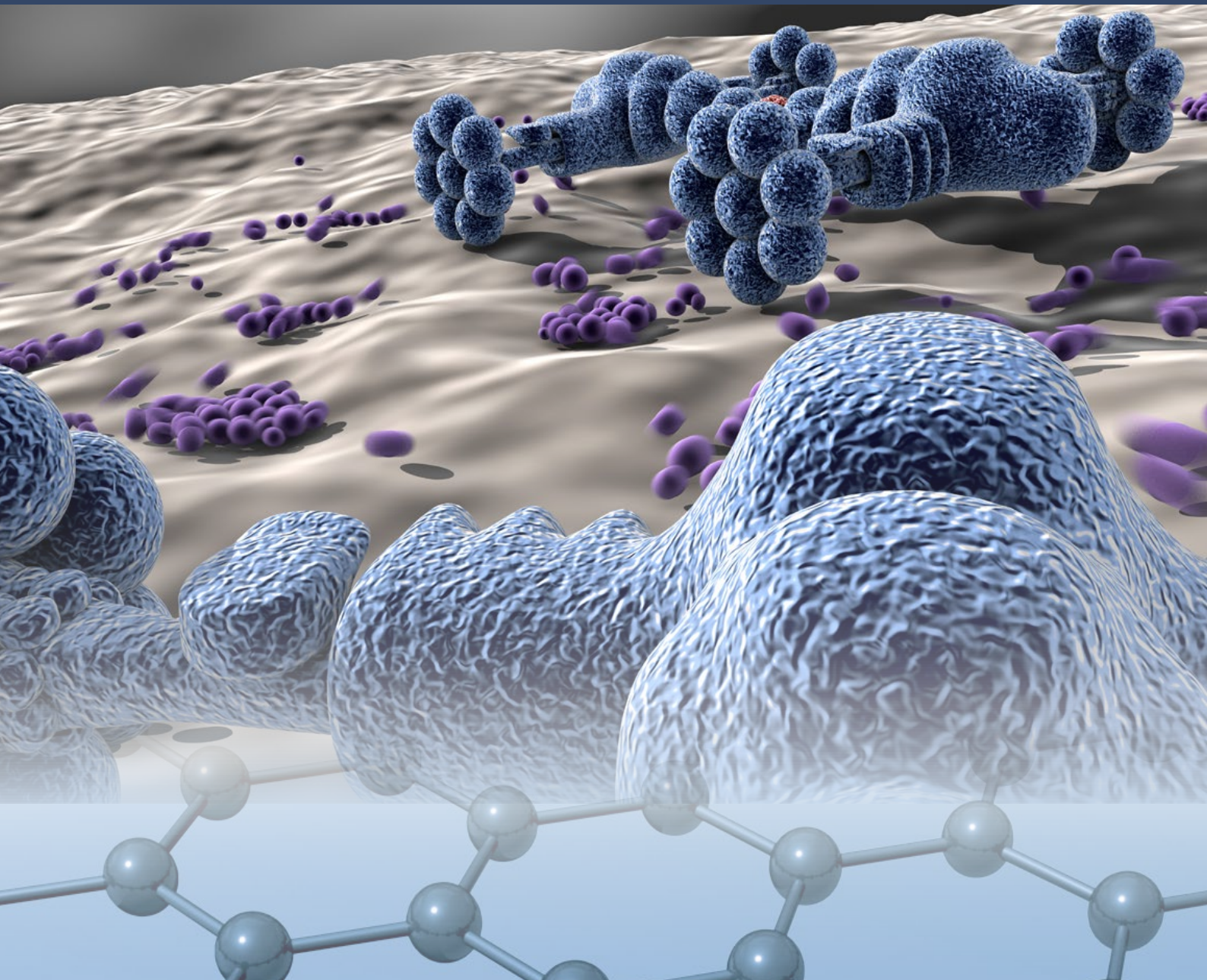




29

שבט תשע"ז □ פברואר 2017

כתב עת למורי הכימיה



המחלקה להוראת המדעים



המרכז הארצי
למורי הכימיה

מינהלת מל"מ
המרכז הישראלי
לחינוך מדעי טכנולוגי
על-שם עמוס דה-שליט



משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים
הפיקוח על הוראת הכימיה





המחלקה להוראת המדעים



המרכז הארצי
למורי הכימיה

מינהלת מל"מ
המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי
על-שם עמוס דה-שליט



משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית, אגף מדעים
הפיקוח על הוראת הכימיה



עורכת אחראית: **ד"ר דבורה קצביץ**

מנהלת המרכז הארצי למורי הכימיה

dvora.katchevich@weizmann.ac.il

מערכת:

- ד"ר רחל ממלוק-נעמן, קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע
- ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"ר כימיה
- פרופ' חן בלונדר, ראש קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע
- ד"ר יעל שוורץ, קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

יעוץ מדעי: **פרופ' ליאור קרוניק**

עריכה לשונית: **נדן קלברמן**

גרסת אינטרנט: **ד"ר שלי ליבנה**

עריכה: **אבי טל**

עיצוב גרפי: **ציפי עובדיה**

כתובת המערכת: המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע, רחובות 76100

□ רוב האיורים והתמונות המשולבים בעיתון זה נלקחו באישור מאתר שטרסטוק - Shutterstock

הפרויקט מבוצע עפ"י מכרז 09/07.13 עבור המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך.

© כל הזכויות שמורות - משרד החינוך

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבחוברת זו. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמוציא לאור.



תוכן העניינים

4 דבר המערכת

5 דבר המפמ"ר

חזית המדע

6 מכונות מולקולריות: הכימיה מאחורי פרס נובל 2016 - רון בלונדר

10 הלימודים בכימיה - חנין בשארה
שילוב טכניקה חדשנית "ניקוי עצמי" self-cleaning בכיתה י"א, כמבנה מארגן של נושאי בסיס בתכנית

מחקרים בהוראת המדעים

19 אינטראקציות כימיות בעידן הטכנולוגי - שימוש ברשתות חברתיות להוראה וללימוד של כימיה - שלי רפ

פעילויות

23 צמר גפן מתוק או שְׁעָרוֹת סבתא? שינוי מצב צבירה או הידחלזה? רק מזיק או יכול להועיל? - מלכה יאיון, ערן שמואל
28 כימיאמי - לימוד הכימיה באמצעות חוויה קולינרית - חגית לוי, ורד אדלר

כנסים

31 כנס TEMI בליידן - פנינה יקירביץ

35 ברית ידידות בין תיכון בגין דרכא בגדרה ישראל ותיכון ציבורי מס' 7 בטלבי גיאורגיה - אפרת קורן
41 כנס מיוחד בהוראת מדעים בו השתתפו מדענים, מורים, אנשי משרד החינוך סטודנטים מהאוניברסיטאות, תלמידי בית-ספר תיכון והורים - רחל ממלוק-נעמן

מורים מצטיינים

43 פרס המורה המצטיין ע"ש ד"ר ורה מנדלר ז"ל



דבר המערכת

כתב העת "על כימיה" גיליון 29 נועד להעמיק ולהרחיב את הדעת על מנת לשדרג את ההוראה שלכם. במדורים השונים תוכלו למצוא מאמרים שיכולים לעניין אתכם בתחום התוכן, בתחום הפדגוגי, בתחום הפדגוגי-תוכני וכן מאמרים להעשרה כללית.

במדור "חזית המדע" מופיעה הכתבה של פרופ' רון בלונדר: "מכונות מולקולריות: הכימיה מאחורי פרס נובל 2016". הכתבה מסבירה את הנושאים שעליהם עבדו חתני פרס נובל לשנת 2016 ומקשרת זאת לננוכימיה, נושא שגובל במדע בדיוני. נוסף על כך מעניין לפגוש במדור זה חידושים בתחום הניקוי העצמי, שמשתלב בהוראה בכיתה "שילוב טכניקה חדשנית "ניקוי עצמי" (self-cleaning) בכיתה י"א, כמבנה מארגן של נושאי בסיס בתכנית הלימודים בכימיה". חנין בשארה מספרת כיצד שילבה בהוראה נושא מחזית המחקר בכיתתה והנגישה אותו לתלמידיה.

במדור "הוראת המדעים" ניתן להתרשם מכתבה העוסקת בלמידה המתרחשת ברשתות החברתיות "אינטראקציות כימיות בעידן הטכנולוגי: שימוש ברשתות חברתיות להוראה וללמידה של כימיה". ד"ר שלי רפ משתפת במחקר שערכה במסגרת עבודת הדוקטורט שלה. הממצאים מלמדים שהשיח הלימודי בקבוצת הפייסבוק שונה מהשיח הלימודי המתקיים בכיתה המסורתית. התלמידים תופסים את עצמם כשווים בקבוצה ומחפשים את עזרת החברים ברשת החברתית.

גם הפעם ניכרת תרומתם של המורים מן השטח למדור "פעילויות". מורים משתפים את הקוראים בפעילויות-כיתה לגיוון ההוראה, להעלאת המוטיבציה של התלמידים ולקידום מקצוע הכימיה. בפעילויות אלו מציבים את התלמידים במרכז העשייה ויוצאים מתוך שבלונת הכיתה ה"מרובעת" של מורה, לוח-גיר ותלמידים: הצעה לשילוב היבטים קולינריים בהוראת הכימיה "כימיאמי, לימוד הכימיה באמצעות חוויה קולינרית" מאת חגית לוי וורד אדלר. ד"ר מלכה יאיון וערן שמואל מציעים פעילויות בנושא שערות סבתא, פעילות שהיא חלק מפרויקט הערכה חלופית בנושא סוכרים.

מדור "כנסים" סוקר מספר סוגי כנסים המשלבים מורים בנסיעות לחו"ל ושם את המורים במרכז העשייה.

עוד תמצאו בגיליון זה את נימוקי הוועדה לבחירת מורה מצטיין ע"ש ורה מנדלר ז"ל. והפעם זכתה בפרס שושי גרוסמן מבית הספר העל יסודי משגב שבגליל.

לסיום, מורים אשר ערכו בבתי הספר פעילויות מעניינות, כמו גם סיורים או כנסים, ורוצים לשתף את קהילת המורים - מוזמנים ליצור קשר עם המערכת בהקדם, כדי שנוכל להוציא לאור את הדברים בגיליון הבא.



חופשה נעימה!

מערכת "על-כימיה"

למידה משמעותית בכימיה

ד"ר דורית טייטלבוים, מנהלת תחום דעת כימיה, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך

מורים יקרים,

סעיפי שאלות חשיבה המערבות גם עמ"ר בבחינת הבגרות בכימיה במועד קיץ 2017. עמ"ר - ערך, מעורבות ורלוונטיות.

המזכירות הפדגוגית מבקשת להמשיך את המהלך של פיתוח השאלות, לעודד למידה מעמיקה הכוללת את מכלול אישיותו של התלמיד. למידה שתרחיב את היכולות האינטלקטואליות לצד עולמו הפנימי, שיפוטו וערכיו, ברוח מדיניות המשרד וברוח מטרות תכניות הלימודים בתחומי הידע השונים. לשם כך אנו מציעים לכלול בבחינות הבגרות יותר שאלות או סעיפי שאלות חשיבה המערבות גם עמ"ר. בנוסף להיבטים מרכזיים של ההבנה והחשיבה, השאלות יכללו גם היבטים "משמעותיים של רגש, מעורבות אישית, ועמדה ערכית.

שאלות מן הסוג הזה יכנסו לבחינות בהדרגה ותוך כדי בחינה מדוקדקת של השפעתן על ההיבטים השונים של החינוך וההוראה. הגיוון של שאלות הבגרות אינו מהווה מהפכה, אלא עוד התקדמות ברוח המהלכים שהחלו בשנים הקודמות והמשך להוראה הנעשית על ידי מורים טובים כבר שנים רבות. החידוש הוא בהכנסה הדרגתית של שאלות אלו לבחינות הבגרות החיצוניות. (מתוך [פרסומים של יו"ר המזכירות הפדגוגית](#)).

[דוגמאות בכימיה ניתן למצוא באתר המפמ"ר.](#)

בדברי הפעם אתייחס בקצרה לשני נושאים: הוראה ולמידה משמעותיים ושאלות עמ"ר שישולבו בבחינת הבגרות בכימיה במועד קיץ 2017.

הוראה ולמידה משמעותיים

מהו סוד ההצלחה של מורים טובים מאד? כיצד מצליחים מורים לכימיה לגרום למספר גדול של תלמידים בבית הספר לבחור במגמת הכימיה? אלו שאלות שבוודאי חולפות לא פעם במוחנו. בדיקה בשטח בקרב מורים לכימיה מצביעה על כך שהתשובות מגוונות ותלויות בגורמים רבים מאד. יחד עם זאת, ניתן להצביע על כמה גורמים שעשויים לתרום לפתרון התעלומה. אחד הגורמים הוא הוראה עם משמעות. הוראה שיש בה גם ערך מוסף על ההוראה המסורתית, שלוקחת את התלמידים למחוזות של חוויה לא שגרתית ונוגעת בהם באופן רגשי. דוגמא להוראה מסוג זה פותחה במרכז הארצי למורי הכימיה בשנה האחרונה. יוזמיה הם ד"ר רן פלג, ד"ר מלכה יאיון ומור מוריה-שיפוני, שפיתחו את חדר הבריחה הנייד בכימיה.

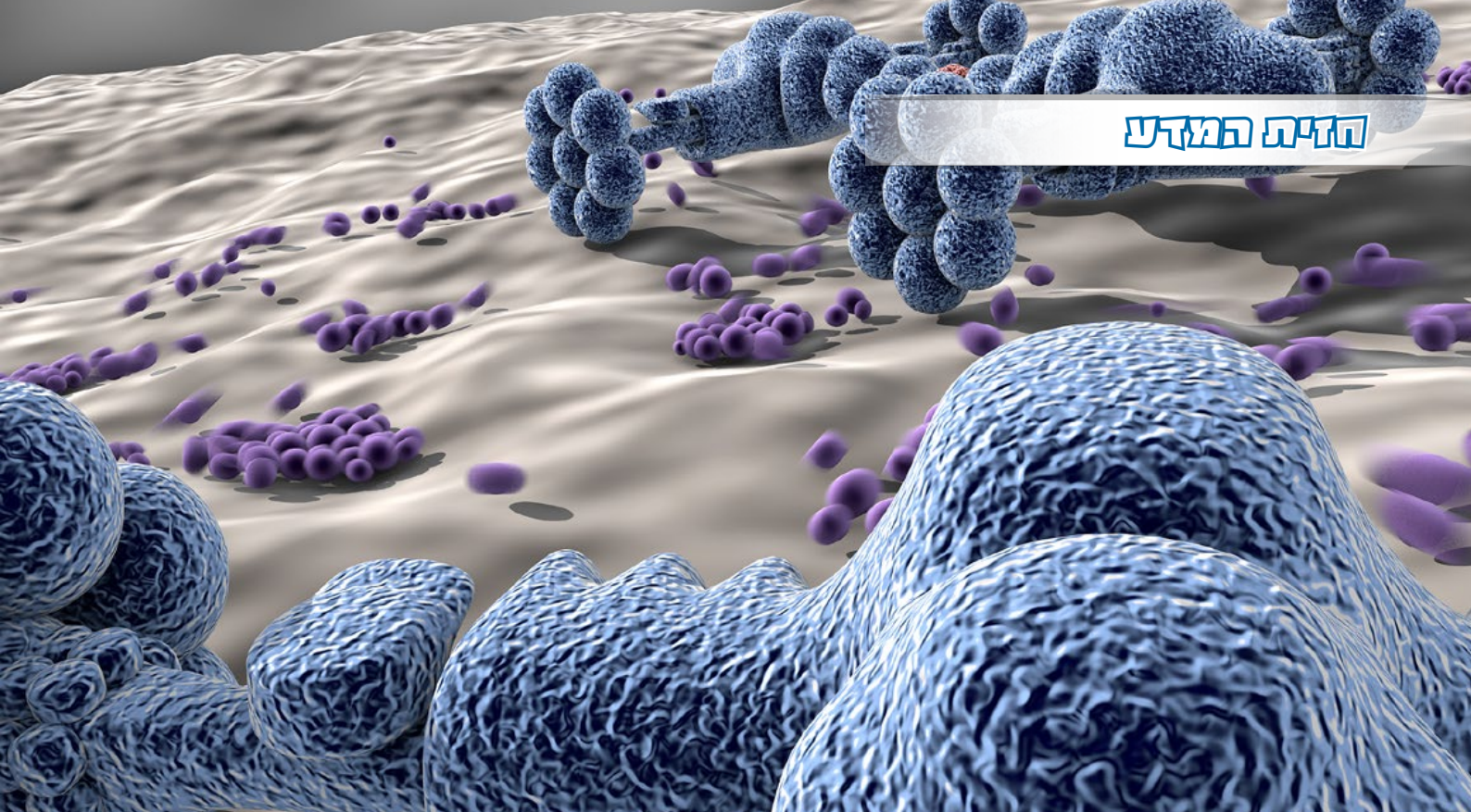
מה קורה בחדר בריחה? איך זה מתנהל? על כך תוכלו בוודאי לקרוא באינטרנט. איך זה קורה בכימיה? את זה תוכלו לראות [בכתבה ורטון באתר Ynet](#). אם תרצו גם אתם להפעיל את חדר הבריחה הנייד בבית ספרכם, כנראה שלא תוכלו לעשות זאת השנה. עליכם לחכות לשנה הבאה - תשע"ח. רשימת ההמתנה ארוכה מאד!

האם זו הדרך היחידה להוראה ולמידה עם משמעות? בוודאי שלא. רעיונות נוספים תוכלו למצוא באתר של [המרכז הארצי למורי הכימיה](#). בנוסף, חשוב כי תשתפו האחד את השני ברעיונות השונים שהפעלתם בכיתה, ובכך תסייעו לנו להעצים את מקצוע הכימיה בבתי הספר.

כימיה - המדע המרכזי



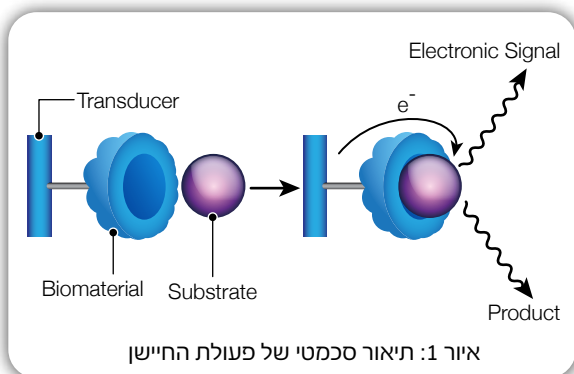
המפקחת ד"ר דורית טייטלבוים, ראש קבוצת הכימיה, פרופ' רון בלונדר, וחלק מצוות ההדרכה בכימיה



מכונות מולקולריות: הכימיה מאחורי פרס נובל 2016

פרופ' רון בלונדר, ראש קבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים

באיור זה האות החיצוני שנכנס למערכת הוא נוכחות של סובסטרט, והמערכת מגיבה ביצירת סיגנל חשמלי המעיד על קישור הסובסטרט לחיישן.



המערכות שפותחו על ידי שלושת זוכי פרס נובל פועלות באופן דומה. הן מקבלות אות חיצוני אשר גורם למערכת לבצע תנועה מוגדרת. במערכות אלה האות אשר נכנס

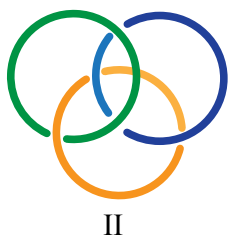
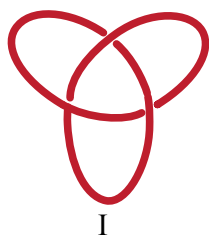
בשנת 2016 זכו יחד שלושה מדענים בפרס נובל בכימיה על תרומתם לעיצוב וסינתזה של מכונות מולקולריות. השלושה - ז'אן פייר סובאז' (Sauvage) מאוניברסיטת שטרסבורג בצרפת, ג'יי פרייזר סטודארט (Stoddart) מאוניברסיטת נורת'ווסטרן בארה"ב וברנארד פרינחה (Feringa) מאוניברסיטת חרונינגן בהולנד - עבדו במקביל במחקר לקידום התחום, ולכל אחד מהם תרומה ייחודית שהפכה, ולו במעבדת המחקר, את המכונות המולקולריות מרעיון למציאות.

מכונה מולקולרית נוצרת על ידי התארגנות של מספר מסוים של מולקולות ויכולה לעשות פעולה מוגדרת (output) בתגובה לסיגנל (אות) חיצוני מסוים (input). כדי להבין את המשמעות של ההגדרה אתייחס למאמר שכתבתי יחד עם מורות מובילות לכימיה, ובו תיארנו את האופן שבו חיישן מולקולרי עובד. http://chemcenter.weizmann.ac.il/_Uploads/dbsArticles/1089.pdf?SearchParam

למערכת הוא בדרך כלל אנרגיה חיצונית מוגדרת, וכתוצאה ממנו המערכת המולקולרית מבצעת תנועה, ולכן המערכת מכונה "מכונה מולקולרית" או "ננורובוט".

במטרה לייצר מכונות בסקלה מולקולרית, נדרשו החוקרים לעמוד באתגרים האלה:

- לתכנן ולהכין (לסנתז) את המרכיבים המולקולריים של המכונה;
- לשלוט באופן שבו המרכיבים המולקולריים מתארגנים באופן הרצוי;
- לשלוט בדיוקנות בתנועה היחסית של מרכיבי המכונה;
- להתגבר על התנועה הבראונית שהיא מסדר גודל של תנועת המכונה המולקולרית;
- לצרוך אנרגיה ממקור חיצוני (כגון אור) כדי להוציא את המערכת משיווי משקל ולגרום לה לנוע.

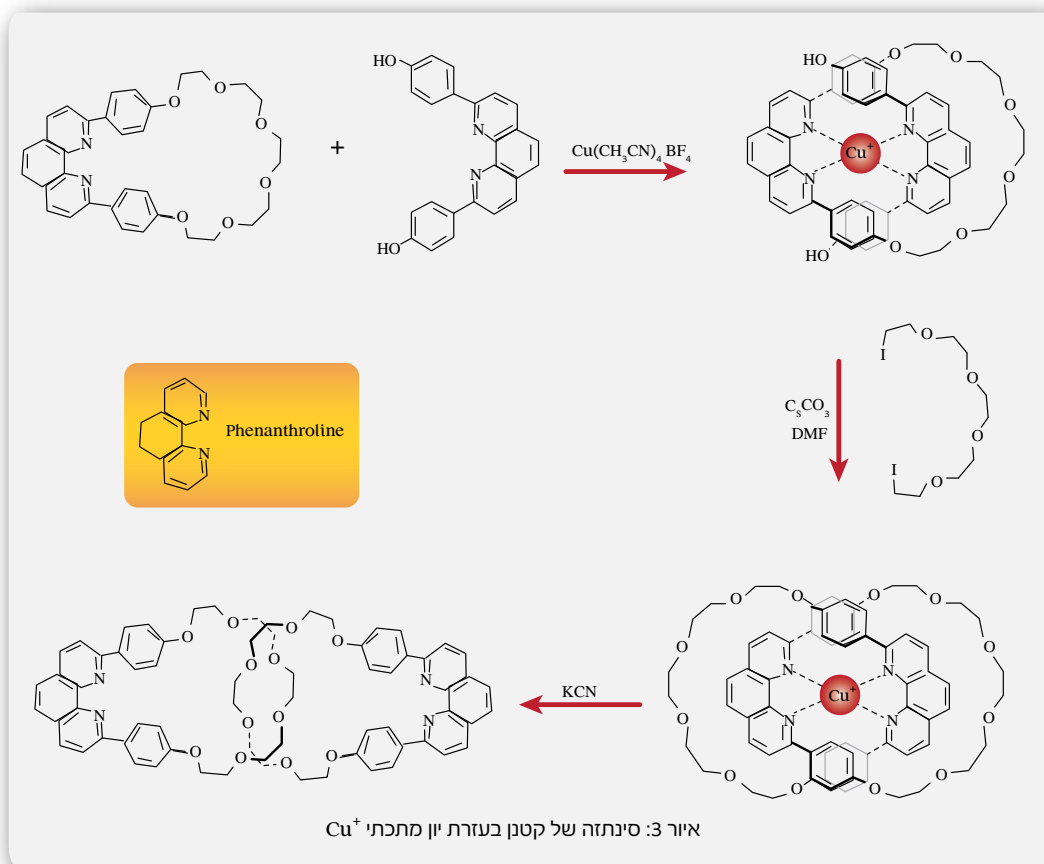


ז'אן פייר סובאז' הצליח לסנתז טבעות שלובות, המכונות קטננים*. אלו הם מבנים מולקולריים בעלי ארכיטקטורה של שתי טבעות (או יותר) אשר שלובות זו בזו. הטבעות השלובות אינן יכולות להיפרד ללא שבירה של קשר קוולנטי, כמוצג באיור 2.

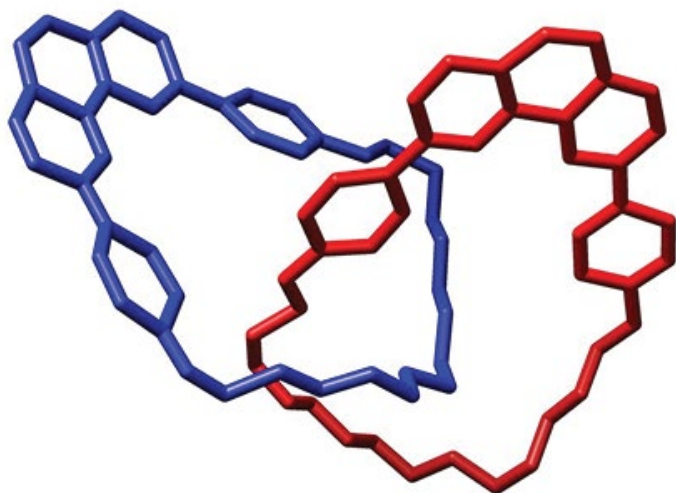
איור 2: שלוש אפשרויות של ארכיטקטורה מולקולרית של טבעות שלובות אשר אינן יכולות להיפרד זו מזו ללא שבירה של קשר קוולנטי

הוא פיתח סינתזה של קטננים באמצעות קורדינציה עם יון נחושת, אשר מקבע מבנה

מסוים לסגירת טבעת באמצעות יון נחושת. בשלב השני של הסינתזה מתבצעת סגירה של קשר קוולנטי אשר סוגרת את הטבעת במבנה שבו היא נקשרת ליון הנחושת, כפי שמוצג באופן מפורט באיור 3.



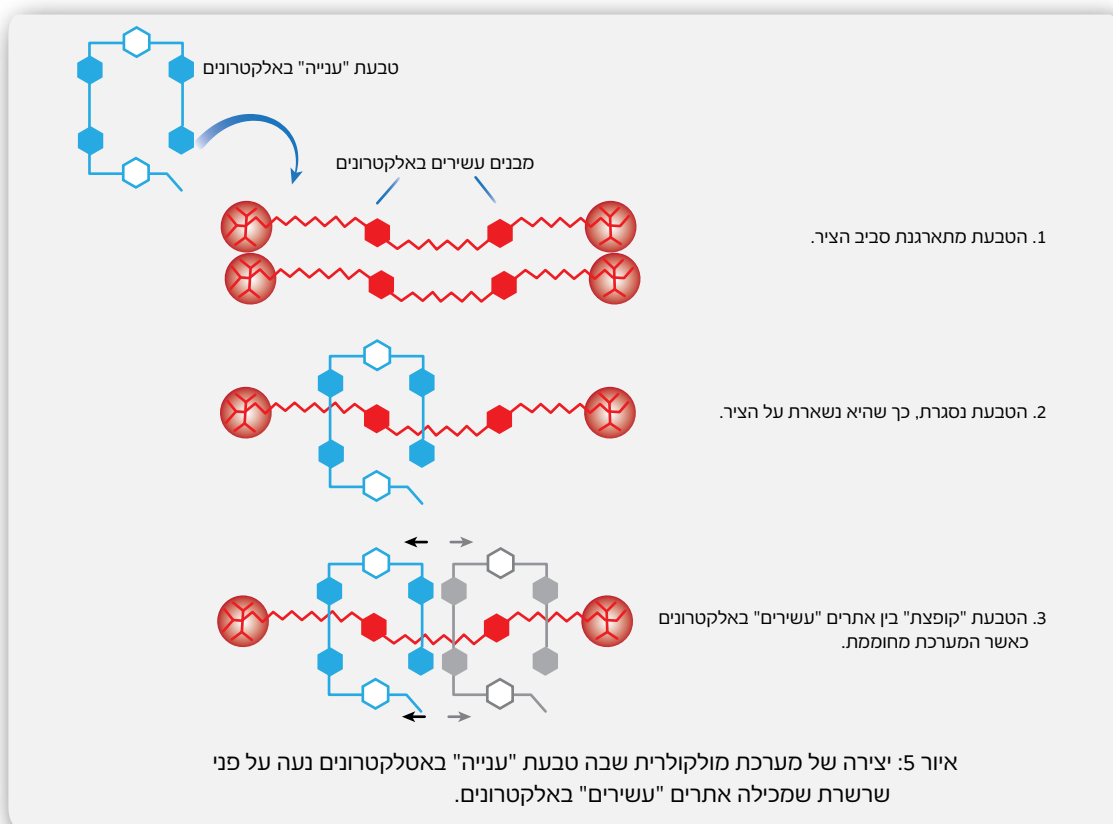
* השם קטנן מבוסס על המילה הלטינית catena אשר פרושה שרשרת.



הטבעות השלובות שיצר ז'אן פייר סובאז' יכולות לעבור שינוי מבני הפיך בסדר גודל של 9 אנגסטרומ, אשר נוצר בעקבות יצירה ופירוק קומפלקס עם CuI. הישג זה היווה את הצעד הראשון לקראת מכונה מולקולרית - כיוון שקיבלנו מערכת שבה חלק אחד יכול לנוע לכיוון חלק אחר במערכת. עם קצת דמיון אפשר לראות מדוע כונה ההישג הזה הבסיס לשריר מלאכותי.

במקביל לעבודה זו עבד ג'יי פרייזר מסטודארט באנגליה על דרך אחרת לקבלת תנועה נשלטת ברמה מולקולרית. הוא מיקם את הטבעת באמצעות קישור בין-מולקולרי המבוסס על קומפקסציה בין מולקולה עשירה באלקטרונים למולקולה אחרת אשר יש בה אזורים עניים באלקטרונים, כמוצג באיור 5.

איור 4: הטבעות השלובות של סובאז' | מקור: ויקיפדיה



לאחר מיקום הטבעת החיצונית הענייה באלקטרונים סביב מולקולת הציר העשירה באלקטרונים מתבצעת סגירה קוולנטית של הטבעת. בהוספת חום למערכת מתקיימת תנועה של המבנה הטבעתי לאורך הציר. אבל לא ניתן לשלוט במיקום של הטבעת, והתנועה המתקבלת היא תנועה אקראית בראונית.

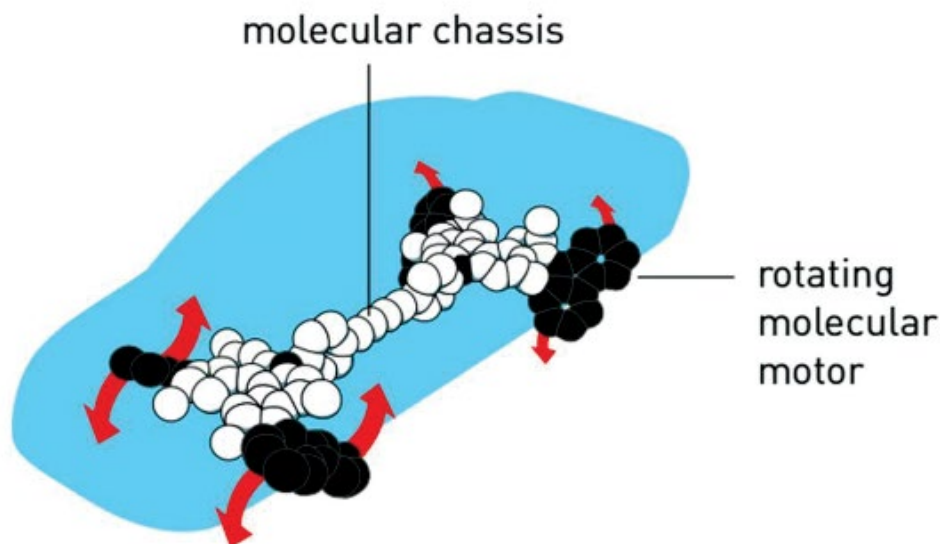
בשנת 1994 הצליחו שתי הקבוצות לשלוט בתנועה של המבנים המולקולריים באמצעות סיגנל חיצוני מחזורי של: שינוי pH ושינוי פוטנציאל חמצון-חיזור. ניתן לשלוט במיקום של המולקולה הטבעתית, ואם נסובב את הציר לאורכו, תנועת המולקולה ב-90 מעלות. נוכל לדמיין מעלית מולקולרית קטנה אשר עולה ויורדת ויכולה לעצור בכל קומה, כפי שמוצג [באיור 7 בקישור זה](#).

התרומה של ברנארד פרינחה ההולנדי התמקדה בפיתוח מנועים מולקולריים, על ידי שימוש באיזומריזציה סביב קשרים כפולים. [באיור 8 המופיע בקישור זה](#) ניתן לראות איזומריזציה מחזורית והפיכה סביב קשרים כפולים אשר מאפשרת תנועה מעגלית ברמת המיקרו וזו מתורגמת לתנועה מעגלית ברמת המאקרו.

סינגל חיצוני של אור באורך גל מסוים מוביל לתגובה תוך-מולקולרית של איזומריזציה אשר משתנה עם סינגל חיצוני נוסף של חום. כאשר חוזרים באופן מעגלי על האותות הללו של אור וחום מתקיים מעבר סיבובי מחזורי של המבנה המולקולרי אשר יוצר תנועה מעגלית של המולקולה.

כאשר הצליחו לקבע את המנועים המולקולריים הסיבוביים הללו לננו-חלקיקים אשר נמצאו בתוך נוזל צמיג, הצליחו להניע באופן סיבובי מוט קטן שצף על פני הנוזל. כפי שניתן לראות [בסרטון](#).

מולקולה אשר מסתובבת באופן מבוקר על ידי איזומריזציה מחזורית מצליחה לייצר תנועה בסדר גודל מאקרוסקופי! בעיני זה הישג מדהים! החוקרים דימו את היכולת של המולקולה לייצר תנועה מעגלית מחזורית לגלגל הנע סביב ציר, ולכן הגיעו להישג של ייצור המכונת המולקולרית, כפי שניתן לראות באיור 6.



איור 6: התזוזה של המכונת מולקולרית מתאפשרת באמצעות התגובה האיזומריזצית מעגלית
Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences: איור: המכונת המולקולרית של פרינחה ועמיתיו.

ומה הלאה?

חשוב לציין שההישגים של זוכי פרס הנובל שתוארו במאמר זה נמצאים עדיין בשלבים של מחקר במעבדה. עדיין אין עולים במעלית שהוצגה, אין נוסעים במכונת המולקולרית וגם אין מניעים איברים על ידי השריר המולקולרי, אבל הפיתוחים של המחקרים שהוצגו ושהובילו לקבלת פרס נובל מהווים ארגז כלים לבנייה של מכונות מולקולריות. החוקרים הצליחו להפר שיווי משקל במערכות כימיות תוך כדי שימוש באנרגיה חיצונית, בדומה למולקולות ביולוגיות אשר משתמשות באנרגיה כדי לבצע תגובות כימיות. חשוב לזכור כי גם קיומם של יצורים חיים נמצא מחוץ לשיווי משקל תרמודינמי, כך שאולי המחקרים הללו מהווים צעד נוסף של המדע בניסיון לחקות את המכונה המולקולרית החכמה ביותר שהומצאה ומכונה "חיים".

מקורות

Cesario, M.; Dietrich-Buchecker, C.; Guilhem, J.; Pascard, C.; Sauvage, J.-P. Molecular Structure of a Catenand and Its Copper(I) Catenate: Complete Rearrangement of the Interlocked Macrocyclic Ligands by Complexation. *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1985**, 244–247.

Anelli, P. L.; Spencer, N.; Stoddart, J. F. A Molecular Shuttle. *J. Am. Chem. Soc.* **1991**, 113 (13), 5131–5133.

Shirai, Y.; Osgood, A. J.; Zhao, Y. M.; Kelly, K. F.; Tour, J. M. Directional Control in Thermally Driven Single-Molecule Nanocars. *Nano Lett.* **2005**, 5 (11), 2330–2334.





שילוב טכניקה חדשנית "ניקוי עצמי" self-cleaning בכיתה י"א, כמבנה מארגן של נושאי בסיס בתכנית הלימודים בכימיה

חנין בשארה* מורה לכימיה, בית חינוך ומדעים תיכון ג'לג'וליה

מבוססי-הננו הולך וגדל, ובהתאם לך גם הצורך לחנך וללמד אזרחים ותלמידים בכל הנוגע לסיכונים, ליתרונות ולהשלכות החברתיות והאתיות הקשורים בננוטכנולוגיה. חשיבות הנושא הובילה מספר מדינות לפתח תכניות לימוד חדשות בנושא חשוב זה במטרה לחנך את הדור הבא של המדענים והאזרחים. מחקרן של פרופ' רון בלונדר וסוהיר סחיניני (Sakhnini & Blonder, 2016) התמקד בזיהוי יישומים ננוטכנולוגיים מומלצים ללימוד בתיכון, וממצאיו יכולים לשמש להוראה בהקשר של הוראת מושגים ננומטריים חיוניים במדע וטכנולוגיה (nanoscale science and technology) ונממציאם (NST) ואפליקציות מומלצות להוראה בתיכון. הממצאים מצביעים על כך שגם המורים וגם החוקרים מסכימים בדבר חשיבותם של חמשת היישומים הבאים: (1) ננו-רפואה, (2) ננו-אלקטרוניקה, (3) תאים פוטו ווולטאיים, (4) ננו-רובוטים, (5) ניקוי עצמי. גם Jones et al (2013)

כתבה זו תופיע בשני חלקים: האחד יתאר יחידת התערבות בנושא "ניקוי עצמי" self-cleaning כמבנה מארגן של הנושאים: מבנה וקישור, חומרים הידרופוביים, חומרים הידרופיליים וחמצון חיזור בכימיה וכן את הבסיס המדעי ליחידת התערבות זו. החלק השני יופיע בגיליון הבא ובו אתאר מחקר שערכתי על השפעת יחידת ההתערבות על ארגון הידע של התלמידים, העמקת הבנתם לנושאים שנלמדים, קישור הנלמד לחיי היומיום והעלאת המוטיבציה ההמשיכית של התלמידים.

ננוטכנולוגיה מכונה גם "המהפכה התעשייתית" של העידן המודרני (Jones, Blonder, Gardner, Albe, Flavo, & Chevrier, 2013). ההתפתחות המהירה של תחום הננוטכנולוגיה הביאה להתפתחות יישומים חדשניים ומדהימים ומפתיעים במגוון תחומים כגון: רפואה, אלקטרוניקה, אנרגיה סולרית. בכל שנה מספר המוצרים

* המאמר מתאר יחידה שפותחה על ידי חנין בשארה במסגרת עבודת הגמר לתואר שני בתוכנית רוטשילד-ויצמן בהנחיית פרופ' רון בלונדר, במחלקה להוראת המדעים.

שיישום הניקוי העצמי הוא דוגמה של חומר 'חכם' שנושא הבטחה להשגת עולם יעיל יותר.

היכולת המדהימה של עלה הלוטוס להישאר נקי שימשה השראה לפיתוח חומרים בעלי כושר ניקוי עצמי.



פרח הלוטוס



טיפת מים מתגלגלת על פני העלה, אינה נדבקת אליו ונושאת עמה לכלוך.



גבשושיות מיקרוסקופיות (בגודל של כמה מיקרונים), המכסות את כל שטח העלה, הן המפתח לכושר לדחות מים. כיסוי מחוספס של גבישי שעווה ננוסקופיים המצפה את הגבשושיות האלה מגביר עוד יותר את האפקט.

איור 1: משטחים סופר הידרופובים

העקרונות המדעיים מאחורי הפעילות הייחודית שלהם" (מורה). כלומר, היישום של "ניקוי עצמי" גם קשור למושגי יסוד במדע - כגון סדרי גודל - גם מתקשר לתופעות מחיי היומיום של ניקיון ויעילות, וגם חשוב להשכלה של אזרחי העתיד בתור צרכנים של הטכנולוגיה הזו שכבר משווקת בחנויות. מהו "ניקוי עצמי" self-cleaning? היכולת המרהיבה של עלי הלוטוס לדחות לכלוך ולהישאר נקיים שימשה השראה לפיתוח חומרים בעלי יכולת לניקוי וחיטוי עצמי "ניקוי עצמי" self-cleaning (ביומימטיקה - חיקוי הטבע). החוקרים פיתחו חומרים מלאכותיים בעלי כושר ניקוי עצמי, מקצתם מבוססים על "אפקט הלוטוס". במאמר זה נציג שלוש שיטות של ניקוי עצמי (Ragesh, Venkatesan, Nair, & Nair, 2014).

1. **משטחים סופר הידרופוביים:** בדומה לעלי הלוטוס, לפני השטח שלהם מכוסים בגבשושיות מיקרוסקופיות (עם כיסוי מחוספס של גבישי שעווה ננוסקופיים המצפה את הגבשושיות ומגביר את אפקט דחיית המים), גם המשטחים הסינטטיים הדומים לעלי הלוטוס מכוסים בשכבה הידרופובית דוחה מים, לפני שטחם אינם חלקים. פני השטח המחוספסים מגדילים את שטח הפנים והופכים את המשטח לסופר הידרופובי עם זווית מגע של 160 מעלות עם מים. הטיפות הנוצרות על פני השטח מקבלות צורה כדורית ומתגלגלות בקלות תוך כדי נשיאת הכלוך (פורבס, 2008).

הבסיס - הפיסיקה של הלוטוס

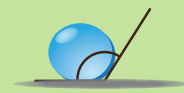
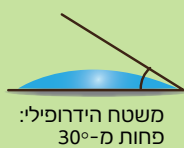
אפקט הניקוי העצמי של הלוטוס נובע מכך שפני השטח של העלה הידרופוביים (דוחי מים) ביותר. ההידרופוביות או ההידרופיליות (משכה למים) של החומר קובעות את זווית המגע בין החומר לשטח הפנים של המים.

כיצד הלוטוס מנקה את עצמו

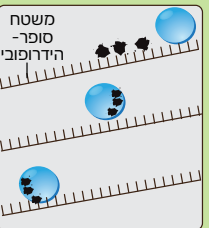


טיפת מים מחליקה על משטח טיפופי (לא הידרופובי ולא הידרופילי במיוחד) ומותירה את רוב הכלוך מאחור.

זוויות מגע



משתח סופר-הידרופובי: יותר מ-150°



טיפת המים מתגלגלת על פני המשטח הסופר-הידרופובי, אוספת את הכלוך ונושאת אותו עמה. הזיקה בין המים לכלוך גדולה מן הזיקה שיש לכל אחד מהם למשטח.

הזווית הקהה טבעת מגבשושית הלוכדות אוויר בין המים למשטח ומקטינות את שטח המגע ביניהם.

איור 2: זווית המגע של המים והשפעתה על הניקוי של העלה

להלן כמה ציטוטים מתורגמים שכתבו מורים וחוקרים על החשיבות שבלימוד היישום ניקוי עצמי. הציטוטים לקוחים ממחקרן של פרופ' רון בלונדר וסוהיר סח'ניני (Sakhnini & Blonder, 2016).

"היישום ממחיש את התועלת של הננו-חומרים בשמירה על סביבה ירוקה" (חוקר).

"היישום מדגים את העיקרון ששינויים בסקלה הננומטרית יכולים להיות בעלי השפעה מועילה על פעילויות יומיומיות" (מורה).

"חומרי הניקוי העצמי כבר קיימים בשווקים המסחריים; ולכן לקוחות צריכים לדעת על המאפיינים שלהם ולהבין את

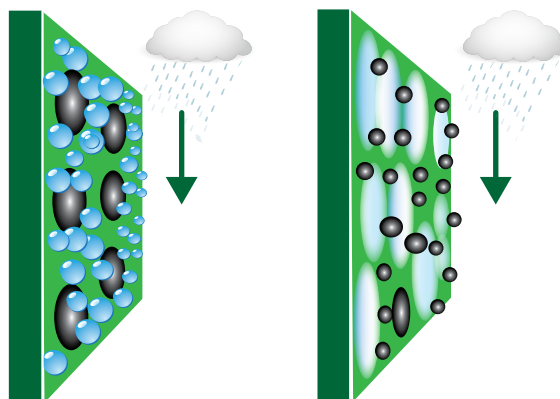
השימוטי וטושייה וטובה, שאור אולטרה- סגול המוקרן על שכבות טיטניה (TiO_2) בעובי ננומטרי, משפעל את חלקיקי הטיטניה ומאפשר להם לזרז תגובות כימיות של פירוק חומרים אורגניים (אפקט פוטו-קטליטי) - ובהם מרכיבי דופן התא של חיידקים - לפחמן דו-חמצני ולמים (פורבס, 2008).

הטיטניה מפגינה פעילות פוטו-קטליטית מפני שהיא חומר מוליך למחצה, ופוטון של אור אולטרה-סגול באורך גל של כ-388 ננומטר גורם לעירור אלקטרונים מרמות האנרגיה המלאות של "פס הערכיות" במינרל, ומעלה אותו אל פס ההולכה הריק שבו יכולים האלקטרונים לזרום ולהוליך זרם חשמלי. כתוצאה מכך נוצרים שני נושאי מטען ניידים: האלקטרון שהוקפץ אל פס ההולכה, ו"החור" שנותר בפס הערכיות. כאשר מטענים אלה חופשיים, הם יכולים לפעול על מולקולות מים וחמצן המצויות על פני השטח של הטיטניה וליצור יונים רדיקליים על-חמצניים (סופראוקסידים - O_2^-) ורדיקליים הידרוקסיליים (OH).

צורנים אלה מפרקים חומרים אורגניים לפחמן דו-חמצני ולמים (פורבס 2008 Ragesh, Venkatesan, Nair, & 2008). (Nair, 2014);

השימוש בציפויי טיטניה הופך את המשטח לסופר הידרופילי עם כושר הרטבה מוחלט ויוצא דופן, בזווית מגע של אפס מעלות למים. המשטח אינו מתערפל, והפעילות הפוטו-קטליטית של הטיטניה מוסיפה גם כושר חיטוי והפגת ריח טוב שכן היא מפרקת חומרים אורגניים והורגת חיידקים. שכבות הטיטניה הננומטריות שקופות, ולכן ניתן לצפות בהן גם זכוכית (פורבס, 2008).

2. **משטחים הידרופיליים:** השיטה השנייה לניקוי עצמי מבוססת על משטחים שפני השטח שלהם הידרופיליים. זווית המגע בין טיפת המים למשטח קטנה מ-30 מעלות, ולכן המשטחים מסירים את הלכלוך תוך כדי קשירת המים. המים נוטים להימרח על פני כל השטח, ושכבת המים הזורמים נושאת את הלכלוך הלאה (פורבס, 2008).



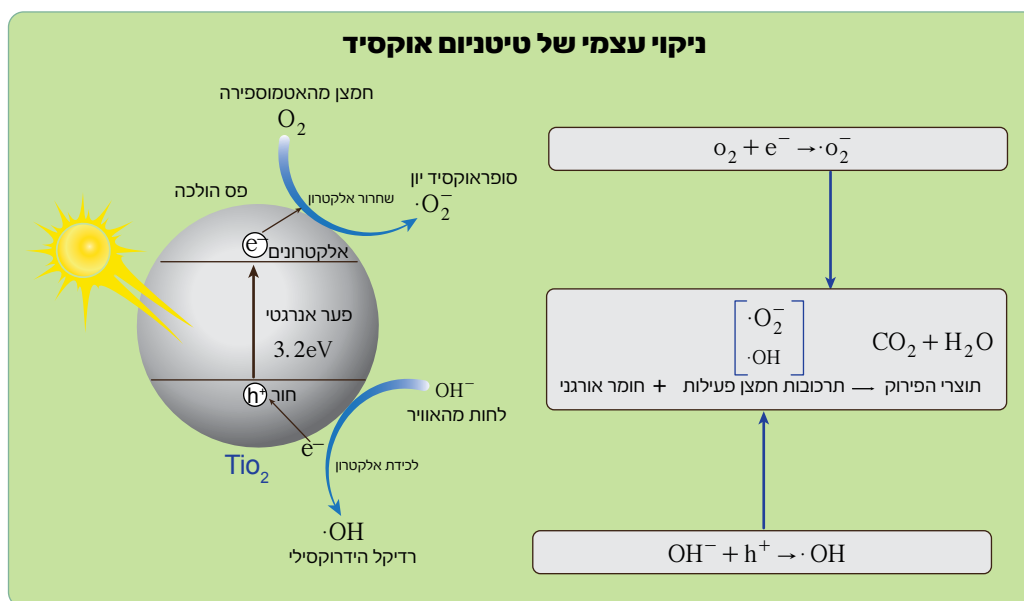
על המשטח ללא ציפוי הלכלוך נאחז במשטח וטיפות המים אינן יכולות להסיר את הלכלוך מעל פני המשטח

על המשטח עם ציפוי של ננו חלקיקים לניקוי עצמי הלכלוך אינו נאחז על פני המשטח וטיפות המים שוטפות אותו

איור 3: משטחים ננו-הידרופיליים לניקוי עצמי

3. **ניקוי מכאני על ידי אור השמש - אפקט פוטו-קטליטי (Photocatalytic effect):**

השיטה השלישית לניקוי עצמי מבוססת על משטחים שאפקט הניקוי העצמי בהם מבוסס על קטליזה של תגובה כימית בהשפעת אור אולטרה-סגול. ב-1990 גילו שלושה חוקרים יפניים: אקירה פוג'ישימה, קזוהיטו



איור 4: פעילות פוטו-קטליטית של TiO_2

הוראת כימיה בהקשר

ב-20 שנה האחרונות הוראת המדעים בכלל, וכימיה בפרט, מתמודדות בכל העולם עם הבעיות הבאות: תכניות הלימוד מוצפות בתוכן הכולל עובדות שאינן מקושרות זו לזו. התלמידים אינם מצליחים למצוא משמעות במה שהם לומדים ואינם מצליחים לקשור בין העובדות המבודדות. צורת לימוד זו יכולה להוביל להשתתפות נמוכה בכיתה, לקשיים ביצירת סכמה מנטלית (שכלית), לשכחה של התכנים ולחוסר יכולת העברה. התלמידים יכולים לפתור בעיות שהוצגו בפניהם בדרכים שלמדו אותן ונתקלו בהן ונכשלים בפתרון בעיות באמצעות אותם מושגים עצמם כאשר הבעיות מוצגות להם בדרכים שונות. בנוסף כמעט ואין העברה של התוכן הנלמד לחיי היומיום, ורובם הגדול של התלמידים בוחר לא להמשיך בלימודי הכימיה כי אינם רואים את הרלוונטיות של תחום הדעת לחיי היומיום.

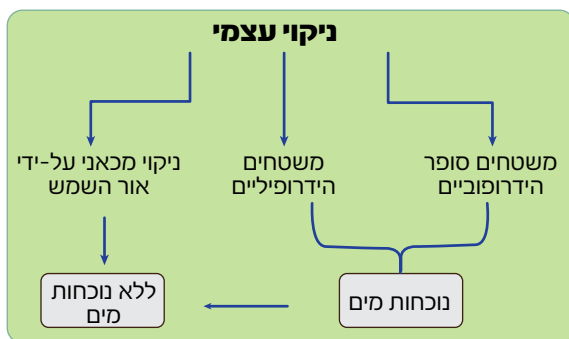
אחת הדרכים להתמודד בפני אתגרים אלה היא באמצעות ההוראה בהקשר שמתייחסת לסביבה החברתית והתרבותית שבה התלמידים נמצאים (Gilbert, 2006). ההוראה בהקשר מאופיינת על ידי השימוש בהקשרים חברתיים, טכניים או מדעיים כנקודת מוצא לפיתוח הבנה בכימיה ויצירת כימיה רלוונטית יותר לחיי היומיום של התלמידים (Sakhnini & Blonder, 2016). גילברט (2006) ניסה לאפיין ולהעריך ארבעת דגמים של "ההקשר" העומדים בבסיס הניסיונות האחרונים לבצע רפורמה בתכנון קורסים לחינוך כימאים. הוא הציג תאוריות ליישום תכניות לימוד מבוססות-הקשר והגיע למסקנה שתפקידה של ההוראה בהקשר היא לאפשר לתלמידים להעניק משמעות למה שהם לומדים בכימיה ולחוות את החוויה מתוך תחושת רלוונטיות לכמה אספקטים בחייהם.

כתוצאה מכניסת הגישה של הוראה בהקשר חלו שינויים רבים בחינוך המדע, פותח מגוון רב של חומרים שמשתמשים בהקשרים וביישומים כנקודת מוצא ליצירת הבנה של רעיונות ומושגים מדעיים. הספרות עשירה בתיאורים של תכניות מבוססות הקשר (Sakhnini & Blonder, 2016).

יישומי ננוטכנולוגיה הם מועמדים טובים להוראה בהקשר בחינוך המדעי, מאחר שיש להם קשרים ברורים לחיי היומיום של התלמידים, יש להם היבטים תעשייתיים וכולם מייצגים סביבה עשירה המערבת מחקר, חברה ותעשייה. יישומים ננוטכנולוגיים מייצגים הקשרים שיכולים להפיק מהמדע היבטים רלוונטיים, מעניינים ומשמעותיים יותר לתלמידים ולחיי היומיום שלהם. הוראה בהקשר שעושה שימוש ביישומי ננוטכנולוגיה, מספקת לתלמידים הזדמנות ללמוד איך עובד

המדע המודרני ויכולה לעודד את התלמידים לחשוב על קריירה במדעים (Jones, et al., 2013).

במאמר הנוכחי נחקרה הוראת כימיה בהקשר בתיכון באמצעות שילוב הטכניקה החדשנית "ניקוי עצמי" self-cleaning בכיתה י"א, כמבנה מארגן של הנושאים: מבנה וקישור, חומרים הידרופוביים, חומרים הידרופיליים וחמצון-חיזור בכימיה. מטרת העבודה היא לבדוק כיצד השימוש בטכניקה החדשנית "ניקוי עצמי" self-cleaning, שמבוססת על ננוטכנולוגיה וקשורה למספר מושגים מרכזיים בכימיה הנלמדים בתיכון, יכולה לשמש כמבנה מארגן. מבנה מארגן שיעזור לתלמידים לקשור בין הנושאים שנלמדים בדרך כלל כנושאים נפרדים, להעמיק את הבנת התלמידים בנושאים הנלמדים, לקשור את הנלמד לחיי היומיום ולהעלות את המוטיבציה ההמשכית של התלמידים.




איור 5: שלוש שיטות לניקוי עצמי במגננטים שונים

תיאור יחידת ההתערבות

להלן תיאור של יחידת ההתערבות שפיתחת. ההתערבות התחילה מסוף הנושא מבנה וקישור ועד סיום הנושא חמצון-חיזור, והיא נמשכה כחודשיים, שבעה שיעורים בשבוע במשך 8 שבועות במהלך השליש הראשון ותחילת השליש השני. הפעילויות התבצעו בשלבים עם קבוצת הניסוי בלבד. להלן יוצגו השלבים, מטרתו של כל אחד מהם לפי רצף ההוראה והנושאים שנלמדים, ולבסוף תאור התצפיות בשיעורים (טבלה מס' 1).

מס' השלב	השלב	מטרת השלב	הערות ותצפיות מהשיעורים
1	<p>סיפורו של עלה הלוטוס וסרטונים שמראים איך עלה הלוטוס מנקה את עצמו.</p> <p>סרטון ראשון</p> <p>סרטון שני</p> <p>את הסרטון השני עצרתי לפני שמתחילים לדבר על יישומים בתעשייה.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● לחשוף את התלמידים ליכולת המרהיבה של עלה הלוטוס לדחות לכלוך ולנקות את עצמו. 	<ul style="list-style-type: none"> ● התלמידים התלהבו מאוד מכל העניין, במיוחד אלה שיש להם עלי לוטוס בבית.
2	<p>מה זה ביומימטיקה (חיקוי הטבע): היכולת המרהיבה של צמח הלוטוס לדחות לכלוך שימשה השראה לטכנולוגיות ניקוי וחיטוי עצמי.</p> <p>הערה: המשכתי להראות לתלמידים את החלק השני של הסרטון השני שמופיע בשלב מס' 1.</p> <p>בנוסף לסרטון</p> <p>Superhydrophobic coating !- Repels almost any liquid</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● שהתלמידים יכירו את המושג ביומימטיקה. ● הכרת המושג: "ניקוי עצמי" - self-cleaning שהוא אחד הפיתוחים המעניינים בנושא ננוטכנולוגיה. ● יישומי הטכניקה בחיי היומיום ובתעשייה. 	<ul style="list-style-type: none"> ● התלמידים הראו התעניינות רבה בנושא הננוטכנולוגיה, דבר שבא לידי ביטוי בשאלות הרבות והמגוונות. הם שאלו הרבה שאלות ולא הייתה להם הסבלנות לחכות קצת עד לקבלת התשובה. ● שקט מוחלט בכיתה וריכוז שלא ראיתי כמוהו. התלמידים נראו כשענייהם פעורות וחיוך על הפנים. ● התלמידים זיהו שמדובר במשטחים הידרופוביים שדוחים מים. ● השארתי את התלמידים עם הסקרנות וההתלהבות לדעת איך עובד הניקוי העצמי. ● הרבה תלמידים ביקשו לראות שוב את הסרטונים. ● ביום למחרת רבים אמרו שהראו את הסרטונים לבני משפחותיהם.
3	<p>חשיפה למצגת בנושא "ניקוי עצמי" self-cleaning והצגת המבנה המארגן כפי שניתן לראות באיור 5.</p> <p>(מצגת הניקוי העצמי)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● חשיפה לשלוש שיטות הניקוי העצמי ● ההתמקדות בשיטה הראשונה: משטחים הידרופוביים. ● להמחיש לתלמידים מה היא זווית הרטבה ומהי התרומה של המשטח הגבשושי בהקטנת שטח המגע עם המים ובהגדלת זווית הרטבה עד כ- 150 מעלות. ● לקשור את מה שנלמד במבנה וקישור לחיי היומיום ולפיתוחים ויישומים חדשניים. 	<ul style="list-style-type: none"> ● הופתעתי שהתלמידים הבינו מהר את העניין של זווית הרטבה וההבדל בין סוגי המשטחים: הידרופובי וסופר הידרופובי.

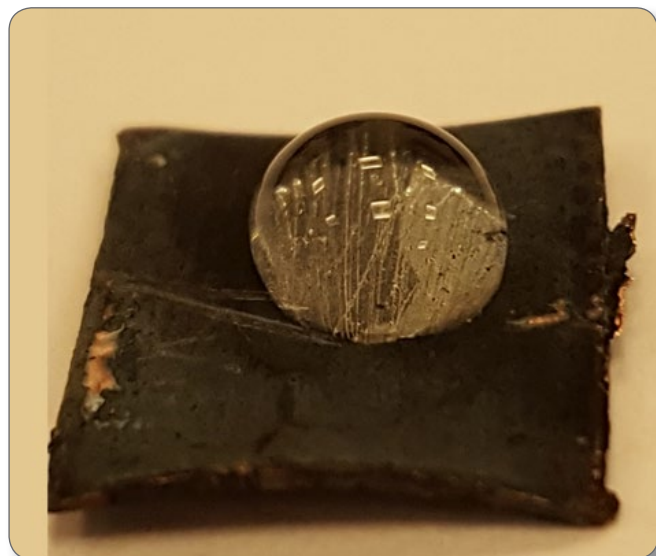
מס' השלב	השלב	מטרת השלב	הערות ותצפיות מהשיעורים
4	<p>התמקדות במשטחים הסופר הידרופוביים ובאופן ספציפי על מה זה ננוטכנולוגיה וסקלת הננו ראה איור 1</p> <p>רטון Powers of Ten</p>	<ul style="list-style-type: none"> לתת לתלמידים להבין עד כמה ממדי הננו המזעריים תורמים בהקטנת שטח הפנים ובהגדלת זווית המגע שהופכת את המשטחים לסופר הידרופוביים. 	<ul style="list-style-type: none"> התלמידים שמעו על המושג ננוטכנולוגיה בטלוויזיה אך הם לא הבינו מה זה ועל מה מדובר. הם לא ידעו מהו הגודל ננומטר.
5	<p>משימת ביצוע - החול מחול קישור להוראות הניסוי</p>	<ul style="list-style-type: none"> עבודה והתנסות עם חומר שדוחה מים. 	<ul style="list-style-type: none"> התלמידים התלהבו מאוד מהחול, קראו עליו ועל השימושים שלו באינטרנט. שמחה גדולה הייתה בכיתה, כל התלמידים עבדו והפגינו מוטיבציה ויצירתיות יוצאת דופן. תלמיד אמר לי: "איזה כיף ללמוד כימיה, היום אני אספר לכולם על החול הזה ואפילו אזמין אותו שיהיה לי בבית וכך אוכל לתת להורים ולאחים שלי לשחק אתו."
6	<p>התמקדות בסוג השני של המשטחים שעושים ניקוי עצמי: משטחים הידרופיליים ואופן פעילותם. ראה איור 3.</p> <p>הכרת הצמח כובע הנזיר וניסויים להרטיבו.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> הכרת שיטה שנייה של ניקוי עצמי. לעמוד על ההבדלים ברמת המיקרו בין משטחים ההידרופיליים וההידרופוביים. לקשור בין מה שנלמד במבנה וקישור לחיי היומיום ולפיתוחים חדשניים. התחלת הקישור בין המושגים הידרופובי והידרופילי. 	<ul style="list-style-type: none"> התלמידים שאלו שאלות מעמיקות יותר. הפגינו התעניינות בכל הנושא של ניקוי עצמי וננוטכנולוגיה. תלמיד אחד שעובד בחנות של כלי בית וריהוט לגן קם ואמר לי: "אתמול שמו למישהו על הזכוכית הקדמית של האוטו חומר ששומר על הזכוכית נקייה, ואז אני הסברתי להם איך החומר הזה עובד והייתי מאוד גאה בעצמי, והאנשים התלהבו ממני מאוד."
7	<p>ניסוי לוחות הנחושת+ מצגת - הכנת משטח שפעם אחת עושים אותו הידרופילי ולאחר מכן הופכים אותו להידרופובי.</p> <p>קישור להוראות הניסוי</p> <p>ראו איור 6</p>	<ul style="list-style-type: none"> להמחיש יותר את ההבדלים בין משטחים הידרופיליים ובין הידרופוביים ברמת המיקרו וזווית ההרטבה. 	<ul style="list-style-type: none"> התלמידים התנסו בקסם הכימיה. צעקות ההתלהבות והצחוקים מילאו את המעבדה. תמונות מהניסוי (ראו איור 6). <p>Qinmin, P., Haizu, J., & Hongbo, W. (2007). Fabrication of superhydrophobic surfaces on interconnected Cu(OH) 2 nanowires via solution-immersion. Nanotechnology, 18(35), 355605. Retrieved from http://stacks.iop.org/0957-4484/18/i=35/a=355605</p>

מס' השלב	השלב	מטרת השלב	הערות ותצפיות מהשיעורים
8	פוטו-קטליזה ברמת ההגדרה הדרישה לנוכחות מים לצורך הניקוי העצמי תוביל לדבר על השיטה השלישית של הניקוי העצמי שאינה מחייבת נוכחות מים. פוטו-קטליזה.	<ul style="list-style-type: none"> להכיר את המושג. לקשור בין הנושאים שנלמדים. 	<ul style="list-style-type: none"> בהתחלה רק הסברתי מה זה פוטו-קטליזה בלי להיכנס למנגנון הניקוי העצמי בפוטו-קטליזה. וכששאר התלמידים ביקשו להבין איך השיטה עובדת, הסברתי שבגלל זה צריכים בהתחלה ללמוד חמצון-חיזור ורק אחר כך נבין איך הטכניקה עובדת. התלמידים התלהבו ללמוד את הנושא של חמצון-חיזור כי ידעו שבזכותו הם יבינו את השיטה.
9	חמצון-חיזור לפי התכנית הרגילה	<ul style="list-style-type: none"> הכרת הנושא על כל פרקיו ונושאו במטרה לענות על שאלות הבגרות הקשורות בנושא. 	<ul style="list-style-type: none"> התלמידים הפגינו הבנה טובה מאוד לנושא מאחר שלמדו אותו מתוך "הצורך לדעת".
10	חזרה למצגת ולמבנה המארגן - לעמוד על שיטת הפוטו-קטליזה ותכונות הטיטניה	<ul style="list-style-type: none"> להכיר את המושג מוליך למחצה. תיאור מנגנון הפוטו-קטליזה בעזרת ציפוי הטיטניה. 	<ul style="list-style-type: none"> צפיתי שהתלמידים יתקשו בהבנת עירור האלקטרונים ויצירת מטענים ניידים והופתעתי לטובה. התלמידים נדהמו מהאופן שבו הדברים מתרחשים.
11	תכונות הטיטניה שמשתנות עם שינוי גודל החלקיקים	<ul style="list-style-type: none"> לעמוד על התכונות הבסיסיות של הטיטניה שמשתנות עקב השינוי בגודל החלקיקים לגודל של ננו. 	
12	גישה מנוגדת - הטיטניה שמתנקה מעצמה ראה איור 4. סרטון - Nano Titanium Dioxide TiO₂	<ul style="list-style-type: none"> תיאור מנגנון עבודת ציפוי הננו-טיטניה. קישור בין הנושאים שנלמדים בכימיה בנושאים נפרדים. 	<ul style="list-style-type: none"> התלמידים התלהבו מאוד ממנגנון הפעולה.
13	שימושים בחיי היומיום	<ul style="list-style-type: none"> חשיפה למגוון הגדול של שימושי החומר שמתנקה מעצמו. 	

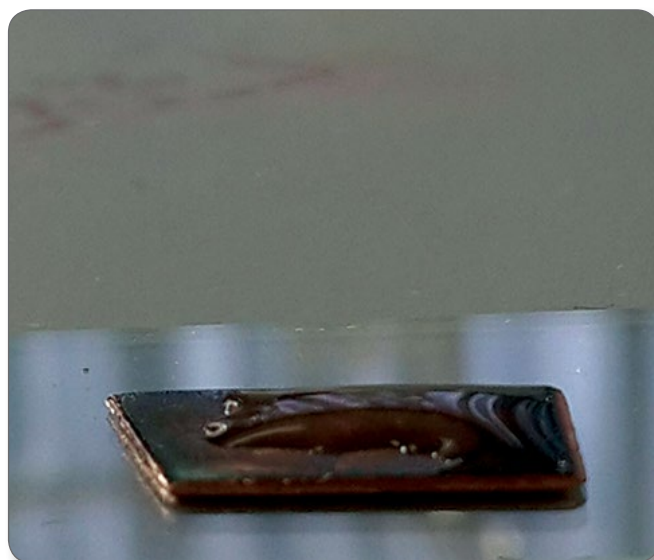
מס' השלב	השלב	מטרת השלב	הערות ותצפיות מהשיעורים
14	פעולת סיכום - רשימה מרכזת על הלוח של כל המושגים שנלמדו במהלך כל הפעילויות ויצירת מפת מושגים.	<ul style="list-style-type: none"> המחשת למידת הקישוריות בין המושגים והנושאים. 	<ul style="list-style-type: none"> התלמידים התלהבו מאוד והפגינו רמת ידע גבוהה מאוד והעלו מושגים שלא חשבתי שיעלו אותם כמו: חור שטעון חיובית, עירור אלקטרונים, שמש, זווית הרטבה... תלמיד אחד אמר שהוא מאוד גאה בעצמו שיודע ומבין כל כך הרבה מושגים ונושאים.
15	השתתפות בכנס השלישי של תלמידי הכימיה שהתקיים בטירה - התלמידים הציגו את היישום ניקוי עצמי ופעילות החול.		<ul style="list-style-type: none"> התלמידים נתנו לקהל הסברים מפורטים ודיברו בשפה מדעית גבוהה מאוד.

חלקו השני של המאמר יתאר בהרחבה את המחקר שערכתי בשתי קבוצות לימוד, קבוצת ניסוי וקבוצת בקרה. נעזרתי במחקר במספר כלים: מבחן ידע, שאלון עמדות וראיונות עם תלמידים. עיקרי הממצאים של המחקר הראו שהשימוש בטכניקה החדשנית self-cleaning (מבוססת על ננו חלקיקים) כמבנה מארגן סייע לתלמידים לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה בנושאים נפרדים. התלמידים הצליחו להכניס עוד נושאים למבנה המארגן, דבר שמעיד על קישור מוצלח בין הנושאים. ההוראה בהקשר תרמה מאוד להבנת התלמידים של הנושאים הנלמדים, והתלמידים בחרו להציג את הנושאים האלה בכנס השלישי של תלמידי הכימיה שהתקיים במרץ 2016 בעיר טירה. התלמידים קשרו את מה שנלמד לחיי היומיום וחלק מהם התחילו לתת הסברים מדעיים לתופעות מדעיות הן להורים שלהם והן לחברים. חדשנות הטכניקה, הרלוונטיות שלה והיותה נושא מחזית המדע הלהיבו מאוד את התלמידים. עקב כך סיפרו התלמידים לכל מכריהם על הטכניקה ואפילו הראו להם סרטונים. כמו כן רבים הפגינו רצון להמשיך בלימודי המדעים, דבר שמעיד על מוטיבציה המשכית.

העבודה שתוארה במאמר זה מחזקת את חשיבות השיטה עבור התלמידים ואת תרומתה הרבה להבנה שגילו התלמידים בנושאים הנלמדים, ליכולתם לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה בנושאים נפרדים כמו גם ליכולתם לקשור את הנושאים שנלמדים בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים. כמו כן נמצא שהשיטה תורמת להעלאת המוטיבציה המשכית של התלמידים.



איור 6. טיפת מים על משטח נחושת שעבר טיפול והפך להיות משטח סופר-הידרופובי



איור 6א. טיפת מים על משטח נחושת



איור 7. מגדל חול שנבנה מהחול ההידרופובי

מקורות

Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of "Context" in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 9, pp. 957-976.

Greenberg, A. (2009). Integrating nanoscience into the classroom: Perspectives on nanoscience education projects. *ACS Nano*, 3(4), pp. 762-769.

Jones, G., Blonder, R., Gardner, G., Albe, V., Falvo, M., & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 5, pp. 1490-1512.

Ragesh, P., Venkatesan, A., Nair, S., & Nair, A. (2014). A review on 'self-cleaning and multifunctional materials. *Journal of Materials Chemistry A*, 2, pp. 14773-14797.

Sakhnini, S., & Blonder, R. (2016). Nanotechnology applications as a context for teaching the essential concepts of NST. *International Journal of Science Education*, 38, pp. 521-538.

פורבס, פ. (דצמבר 2008). חומרים המתנקים מעצמם. סיינטיפיק אמריקן ישראל, עמ' 38-45.

איורים מס' 1 ו-2 מבוססים על פורבס, פ. (2008). חומרים המתנקים מעצמם, מגזין סיינטיפיק אמריקן ישראל, גיליון דצמבר, 45-38.



אינטראקציות כימיות בעידן הטכנולוגי שימוש ברשתות חברתיות להוראה וללמידה של כימיה

ד"ר שלי רפ, פוסט דוקטורנטית בקבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

ב-4.4 מיליון, מהם 3.3 מיליון משתמשים בפלטפורמה זו על בסיס יומי (<http://www.nekuda.co.il/facebook-> [israel-2015.com](http://www.israel-2015.com)). פייסבוק מזמנת פלטפורמה לפעילות למידה אקטיבית, אינטראקציה, למידה שיתופית ושיתוף בידע. מקצוע הכימיה הוא מהקשים ללמידה. לימודי הכימיה משלבים בדרך כלל מושגים תאורטיים מופשטים, המהווים את הבסיס להבנת התופעות הכימיות אשר מיוצגות על ידי השימוש בסמלים הכימיים (Dori & Hameiri, 1998; Johnstone, 1991). הקישור בין רמות ההבנה השונות הללו מקשה על הלמידה. והוראה ללא שימוש באמצעי המחשה מתקדמים, מתקבלת כיום אצל התלמידים כמנותקת מהעולם

השימוש ברשתות החברתיות באינטרנט התפשט והואץ בשנים האחרונות, ומגמה זו רק הולכת ומתחזקת. רשתות אלה מזמנות למשתמשים אפשרויות רבות כמו: קשרים חברתיים, מגוון רחב של מקורות מידע, תחומי תוכן משותפים, קבלת מידע עדכני ושיתופו ביניהם וכן יישומים טכנולוגיים מתקדמים. הבולטת שבהן היא הפייסבוק אשר מהווה את הרשת החברתית המובילה בקרב בני הנוער כיום (Geocartography Knowledge Group, 2015), ומכאן גם החשיבות הרבה של שילובה בחינוך. נכון לשנת 2015 עמד מספר המשתמשים הפעילים ברחבי העולם על 1.59 מיליארד אנשים בחודש. מספר המשתמשים הפעילים בישראל הוערך

המורים פרופיל מורה ייעודי שדרכו פתחו את קבוצת הפייסבוק עם תלמידיהם. הצטרפות התלמידים לקבוצה והשתתפותם בה היו וולונטריות. המורים לא העלו לפייסבוק שום משימה שלא נמסרה גם בפורום הכיתתי, כדי שהתלמידים לא ירגישו שהם חייבים ליטול חלק בפעילות שברשת החברתית בניגוד לרצונם.

בקבוצת הפייסבוק ללמידת כימיה ניתן להעלות ולהוסיף פוסטים, כמו גם תמונות וקבצים, ולדון בהם. כמו כן המורים והתלמידים יכולים ליצור אירועים ושאלונים. בנוסף ניתן להעלות קישורים לסרטונים וסימולציות. המורים, שלחלקם לא היה כלל ניסיון קודם עם הפלטפורמה, קיבלו הדרכה מלאה על האפשרויות הגלומות בקבוצת הפייסבוק. קבוצת הפייסבוק היוו פלטפורמה משלימה ללימודי הכימיה בבית הספר. הפעילות בקבוצה נערכה בדרך כלל לאחר שעות הלימודים. ניתן היה להבחין בפעילות ערה במיוחד לקראת בחנים, מבחנים, מתכונות ובחינת הבגרות. התכנים שהועלו לא היוו תחליף להוראה בכיתה.

אוכלוסיית המחקר כללה 16 מורי כימיה ותלמידיהם, החברים בקבוצת פייסבוק להוראת כימיה. המחקר התמקד בקבוצות תלמידים המרחיבים את לימודי הכימיה בכיתות י"ב וכלל 707 תלמידים. המחקר נערך במשך שנתיים. בשנה השנייה כמחצית מהקבוצות החליפו את קבוצת הפייסבוק בקבוצות "Whatsapp" כיתתיות.

אינטראקציות בקבוצות להוראת כימיה

במחקר נבחנו תרומתן של קבוצות ללימוד כימיה ברשתות חברתיות. המטרה העיקרית הייתה לחקור אם למידת כימיה יכולה להתרחש בשיח הקבוצתי בלא לתכנן משימות למידה בקבוצות. לשם כך נותחו האינטראקציות השונות שהתרחשו בקבוצות הפייסבוק, וזיהינו את סוגי האינטראקציות הלימודיות השונות. אינטראקציות לימודיות וסוג הלמידה המתרחשים בקבוצות הפייסבוק לא נדונו בעבר. המחקר התמקד בנייתן האינטראקציות הלימודיות מבין כל האינטראקציות האחרות.

קבוצת הפייסבוק להוראת הכימיה מזמנת אינטראקציות מגוונות למשתתפיה. הממצאים במחקר מעלים כי קיימים מספר סוגים שונים של אינטראקציות המתרחשות באופן טבעי בקבוצה. במחקר זה נצפו שבעה סוגים שונים של אינטראקציות בקבוצות הפייסבוק ללמידת כימיה. האינטראקציה הנפוצה ביותר עסקה בארגון הלמידה (הודעות שוטפות על קיום או ביטול שיעור, שיעורי בית, חומר לבחינה). עוד נמצאו: אינטראקציות למידה (שיח על חומר הלימוד), קישורים לחומרי למידה (העלאה של קבצים כמו מסמכים או מצגות רלוונטיות), אינטראקציות חברתיות (שיח בהקשר חברתי, עידוד, תמיכה מורלית, הבעת תודה וכדומה), העשרה

האמת. הפייסבוק יכול לשמש קרקע פורייה לקידום לימוד הכימיה בגלל זמינותו, המידע העדכני, הנגיש והמגוון וכלי ההמחשה: הוויזואליזציה, הסימולציה והגרפיקה המתקדמים והזמינים בסביבת הפייסבוק.

המחקר שערכתי בהנחייתה של פרופ' רון בלונדר במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן, הוא תולדה של חיבור בין שתי התובנות המוצגות לעיל. מטרת-העל של המחקר הייתה לבחון אם וכיצד ניתן להשתמש בפייסבוק כפלטפורמה לימודית להוראת הכימיה. לשם כך התמקדתי בשלושה ממדים מרכזיים החיוניים ליצירת קהילה לומדת ברשת. הממד הראשון התמקד באפיון הלמידה ובחינתה במהלך השתתפות בשיח המתפתח בפעילויות ההוראה והלמידה בקבוצה. בחלק זה נבדקו האינטראקציות המתקיימות בקבוצת הפייסבוק, ואופיינה הלמידה המתקיימת בקבוצות. הממד השני הוא אוכלוסיית התלמידים. ממד זה טיפל בנושא הלימוד בפלטפורמת הפייסבוק מנקודת מבטם של התלמידים. נבחנו עמדותיהם כלפי שילוב הפייסבוק בלימודי הכימיה וצרכיהם בהוראה משלימה בהקשר זה. הממד השלישי הוא אוכלוסיית המורים. ממד זה עסק בתחושת המסוגלות העצמית של מורים להוראת כימיה בפייסבוק, וכיצד הם השתמשו בטכנולוגיה כדי לקדם את דרכי ההוראה שלהם.

במאמר זה אציג חלק מהתוצאות החשובות לנו, המורים, בבואנו לשלב רשתות חברתיות בהוראת הכימיה.

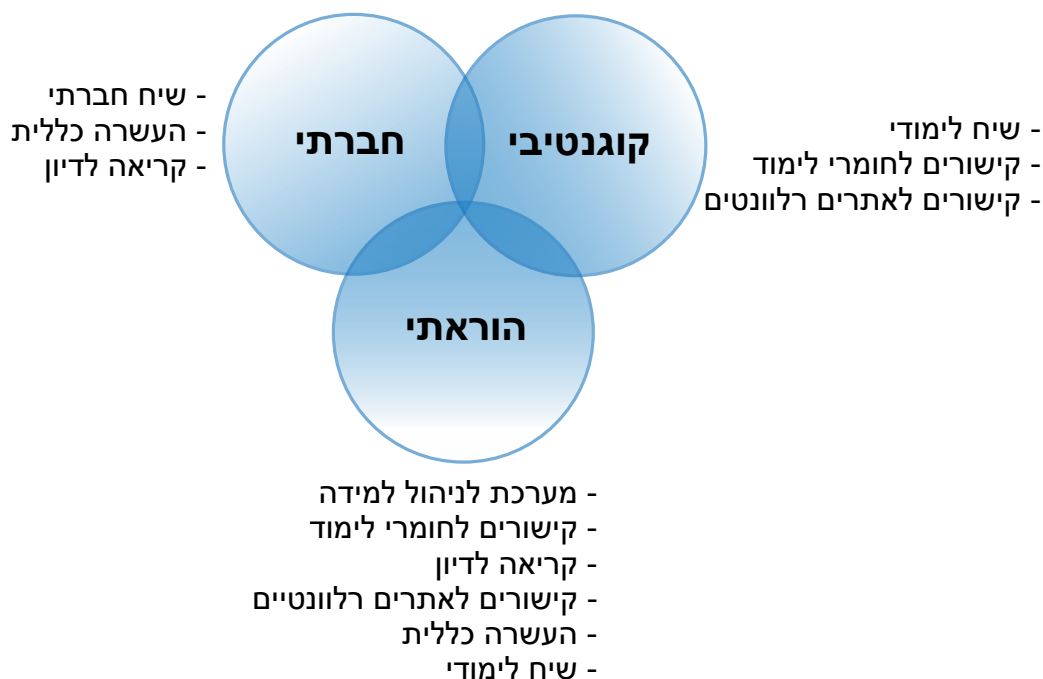
פייסבוק לצורכי הוראה, כיצד זה עובד?

בפלטפורמת הפייסבוק כל המשתמשים יוצרים פרופיל אישי ובו הם מציגים את עצמם על ידי העלאת תמונות ותחומי עניין אישיים. בנוסף ניתן לתקשר עם פרופילים של משתמשים אחרים ולכתוב באופן אישי או פומבי (ציבורי). בנוסף ליצירת פרופיל אישי ושיחות אישיות בצ'טים, ניתן גם לפתוח קבוצה (group) שחברים בה בעלי תחום עניין משותף. קבוצה בפייסבוק יכולה להיות פתוחה או סגורה, כלומר: פתוחה - התכנים חשופים בפני כול. סגורה - הקבוצה שומרת על פרטיות, ותכניה חשופים רק בפני חברי הקבוצה. קבוצות הפייסבוק במסגרת מחקר זה היו סגורות, והן נפתחו על ידי המורים.

אחד היתרונות בקבוצת הפייסבוק, מלבד האינטראקציות המתקיימות בה, הוא העובדה שהחברים בקבוצת הפייסבוק אינם בהכרח חברים אלה עם אלה. המורים אשר השתתפו במחקר קיבלו סיוע טכני שוטף בכל הקשור לאופן פתיחת קבוצה בפייסבוק ולשמירה על הפרטיות של חשבונם האישי. לפני פתיחת הקבוצה בדקו המורים אם יש נכונות מצד תלמידיהם לפתיחתה. רק לאחר שהתלמידים הסכימו, פתחו

קהילה וירטואלית חוקרת כוללת שלושה ממדים (Garrison, Anderson & Archer, 2000) אשר נוכחותם חשובה להצלחה של קהילה לומדת: נוכחות קוגניטיבית, חברתית והוראתית. במחקר הנוכחי שלוש הממדים נמצאו בקבוצות הלימוד בפייסבוק, כלומר, קבוצות הפייסבוק ללמידת כימיה הן בעלות פוטנציאל ליצירת תהליכי למידה. האינטראקציות הלימודיות היוו את הנוכחות הקוגניטיבית. האינטראקציות החברתיות והודעות ההעשרה הכלליות היוו את הנוכחות החברתית. הממד השלישי הוא הנוכחות ההוראתית אשר כללה את אינטראקציות ה-LMS, הקריאה לדיון של המורה, ותרומתם של המורים לשיח הלמידה. ניתן לראות את סיווג האינטראקציות באיור 1 (Rap & Blonder, 2016).

(קישור לאתרים מעשירים שאינם קשורים לחומר הלימודי), קריאה לדיון (פנייה של המורה לעידוד התלמידים ליצירת שיח) וקישורים לאתרים רלוונטיים (קישורים לאתרים ברשת התומכים בחומר הלימוד, כולל סרטונים והמחשבות). עולה כי במרבית המקרים, התלמידים הם היוזמים של אינטראקציות לימודיות בקבוצות הפייסבוק בניגוד למתרחש בכיתות הלימוד. מבנה השיח האופייני בכיתה הוא מסוג דיאלוג תלת-שלבי, שבו המורים שואלים את השאלה, התלמידים משיבים, והמורים מעריכים את תשובתם (Lemke, 1990). ברשת החברתית הדיאלוג התלת-שלבי מתרחב לשיח תלת-שלבי, שכן יש צורות נוספות של שיח. לעתים נוצר דיון שבו יש יותר משני משתתפים, ולעתים המורה אינו משתתף כלל בדיון. דבר זה תורם לשיח הלימודי, מפני שכל אחד מהתלמידים מרגיש שותף ויכול לשאול ולהביע את דעתו ללא כל חשש.



איור 1. סיווג האינטראקציות שזוהו על פי מודל קהילה חוקרת מתוקשבת (Garrison et al. 2000)

בנוסף לצורכיהם ציינו התלמידים מספר דברים שאינם רוצים שיתרחשו בקבוצה. מהממצאים עולה שהתלמידים מעוניינים בנוכחות המורה בקבוצה ובלבד שזו לא תהיה דרך התקשורת היחידה ביניהם. התלמידים מעוניינים בפעילות פורמלית בכיתה הלימוד (כלומר, המורים לא יזלזלו בשיעור הפרונטלי ולא יטילו את המטלות רק דרך הפייסבוק) כמו גם בשמירה על הגבולות בין התלמידים למורים, ומבקשים שהמורים יתנהגו כמורים (ולא כחברים) גם ברשת החברתית. מתוך עיון בבקשות של התלמידים תחת הכותרת של "מה לא לעשות" בקבוצת הפייסבוק, ניסחנו את עשרת הדיברות למורים המפעילים בקבוצה לימודית ברשת חברתית, כפי שמוצג באיור 2.

ציפיות וצורכי התלמידים בקבוצה להוראת הכימיה

הצרכים שהעלו התלמידים בטרם נפתחה קבוצת הפייסבוק להוראת הכימיה כללו מספר תחומים: התלמידים מעוניינים שהאקלים הקבוצתי יהיה נוח, נעים וענייני. הם מעוניינים שיתקיימו שיחות לימודיות בקבוצה כך שבעת הצורך יסייעו לתלמידים מתקשים. כמו גם שקישורים, הודעות מנהלתיות וקבצים יועלו וישותפו בין התלמידים בקבוצה. יתר על כן, הם ציפו שהקבוצה תהיה פעילה וזמינה בכל עת והמענה בה יהיה מידי. עוד הוסיפו כי הם מעוניינים שגם חומרי העשרה יעלו לקבוצה.



איור 2: עשרת הדיברות לקיום קבוצת פייסבוק על פי תלמידים

לסיכום

ניתן לסכם ולומר שהשיח הלימודי בקבוצת הפייסבוק שונה מהשיח הלימודי המתקיים בכיתה המסורתית. העדות לכך היא שברשת החברתית התלמידים מרגישים נוח יותר לשאול שאלות. הם יודעים שיקבלו מענה או התייחסות מעמיתיהם או מהמורה. הם תופסים את עצמם כשווים בקבוצה ומחפשים את עזרת החברים ברשת החברתית. היבט מרכזי נוסף, אשר הופך את פייסבוק לכלי אטרקטיבי לשיח לימודי עבור התלמידים הוא ההיזון החוזר והמהיר, התקשורת המידית והאינטראקציה שהוא מספק.

עם זאת חשוב לזכור כי בשנים האחרונות בני הנוער רבים מעדיפים את השימוש בקבוצות WhatsApp על פני הפייסבוק, כדי להתמודד עם צרכי למידה מחוץ למסגרת הבית ספרית. ועל כן רצוי לקחת את מסקנות המחקר הזה וליישם אותן בבואנו לפתוח קבוצת WhatsApp עם תלמידינו.

מקורות

- Dori, Y. J., & Hameiri, M. (1998). The 'Mole Environment' studyware: Applying multidimensional analysis to quantitative chemistry problems. *International Journal of Science Education*, 20, 317-333. doi: 10.1080/0950069980200305
- Garrison, R., Anderson, T., & Archer, W. (2000). Critical inquiry in a text-based environment: computer conferencing in higher education. *The Internet and Higher Education*, 2, 87-105.
- Geocartography Knowledge Group (2015). Facebook activities: Students, teachers and parents (in Hebrew). Retrieved 17/8/2015 from <http://data.isoc.org.il/data/15>
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83. doi: 10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x
- Lemke, J.L. (1990). Talking science: Language, learning and values: *Norwood, NJ: Ablex*
- Rap, S., & Blonder, R., (2016). Let's face(book) it: Analyzing interactions in social network groups for chemistry learning. *Journal of Science Education and Technology*. 25,62-67 doi: 10.1007/s10956-015-9577-1.



צמר גפן מתוק או שְׁעָרוֹת סבתא? שינוי מצב צבירה או הידרוליזה? רק מזיק או יכול להועיל?

ד"ר מלכה יאיון, מורה לכימיה, תיכון קציר וחברת קבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

ערן שמואל, מורה לכימיה, תיכון רוטברג, רמת השרון

גם אנחנו החלטנו להכין שערות סבתא באירוע הסיום של הקהילות. ככל שקראנו יותר על המאכל המתוק, התעניינו יותר! נשתף אתכם במקצת הגילויים ובפעילות על סוכרים במסגרת ה-30%. נתחיל במעט "היסטוריה", נמשיך בכימיה של התהליך ונסיים בעתיד ("ורוד").

רקע היסטורי

כבר בתחילת שנות ה-1400 יצרו טבחים איטלקים את הגרסה הקדומה של צמר גפן מתוק. הטבחים חיממו סוכר ויצרו סיבים בעזרת מזלגות כדי ליצור צורות דקורטיביות שונות שקישטו את העוגות של האצולה האירופית. באותם ימים היה הסוכר מצרך יקר ולפיכך הוחזק תחת מנעול ובריח.

הרעיון לעסוק בכימיה של "שְׁעָרוֹת סבתא" עלה במהלך ההכנות לקראת מפגש הסיום של פרויקט קהילות מורי הכימיה. רצינו שהאירוע יהיה חגיגי ומיוחד, מעין יריד. ומה אוכלים באירועים כאלה? פופקורן, נקניקיות ו"צמר גפן מתוק". את הפופקורן כבר חקרנו מכל כיוון, ונקניקיות אינן מאכל בריא.

בדיוק באותו זמן התקיים בתיכון רוטברג ברמת השרון ערב שבו הציגו תלמידים בפני הוריהם עבודות שהכינו במסגרת הערכה חלופית לנושא "סוכרים". שלוש תלמידות - נעמה גבריאילוב, שני רוזנבלום וגבריאילה צחייק - עסקו בכימיה של שערות סבתא ואף דאגו להביא לאירוע מכונה שעושה שערות סבתא. האירוע היה מוצלח, והמכונה הוסיפה גוון כיפי לאירוע.



הכנת "שערות סבתא" במסגרת כנס הסיום של קהילות מורי הכימיה

תהליך הכנת צמר גפן מתוק ברמת המקור

שמים סוכר לבן בתוך גליל מחורר בדפנות החיצוניות (קוטר החורים כ-50 מיקרומטר. קטן יותר מגרגיר סוכר). שנמצא באמצע המכונה. כאשר מפעילים את המכונה, גוף חימום נדלק, והטמפרטורה מגיעה לכ-150 מעלות צלזיוס. גוף החימום נמצא מתחת לגליל, והגליל מסתובב במהירות של כ-3400 סיבובים בשנייה. מתקבל נוזל צמיג שיוצא מהחורים הקטנים לתוך קערה גדולה המקיפה אותו. כך נוצרים "סיבים" דקים, מתוקים ודביקים שאותם מלפפים סביב מקל, וכך מתקבל הממתק המבוקש!



הכנת "שערות סבתא"

תהליך הכנת צמר גפן מתוק ברמת המיקרו

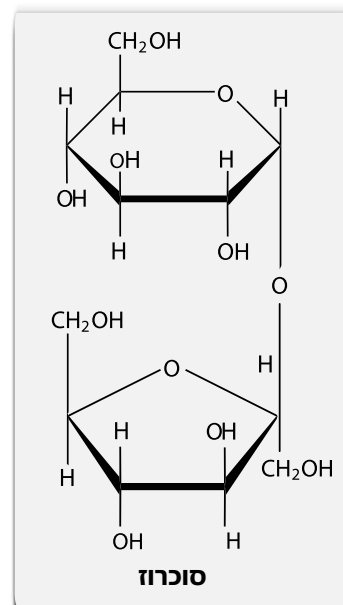
התחלנו לחקור באופן מעמיק יותר מה קורה ברמה המולקולרית, ומצאנו גרסאות שונות שמסבירות את הכימיה של התהליך.

יש גרסאות המתייחסות רק לתהליכים של שינוי מצב צבירה: הסוכר עובר ממצב צבירה מוצק לנוזל ובחזרה למוצק אמורפי; גרסה אחרת טוענת שבזמן החימום והגדלת שטח

צמר הגפן בגרסתו המוכרת הומצא על ידי רופא שיניים, ויליאם מוריסון ויצרן ממתקים, ג'ון וורטון, בסוף המאה ה-19! הם עיצבו מכונה שמשלבת חימום ותנועה מעגלית שמטרתה ייצור ממתק עדין ואוורירי. המכונה הוצגה לראשונה בתערוכה העולמית של שיקגו (1893).

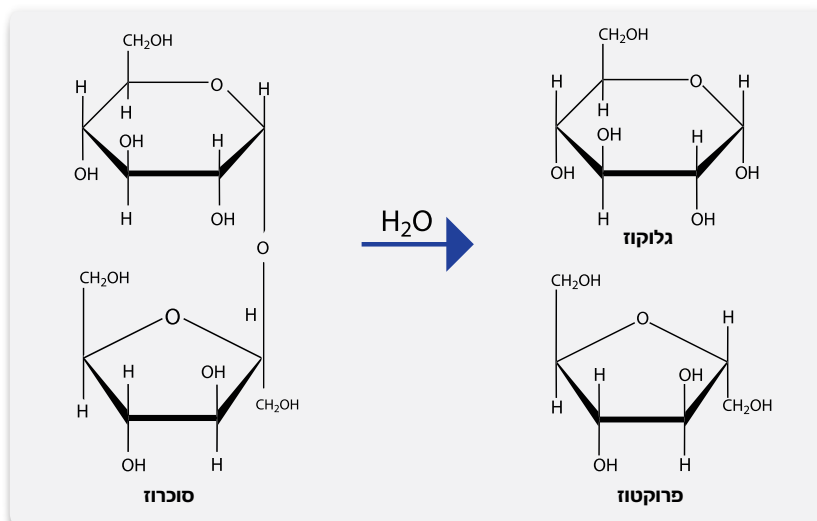
מהו צמר גפן מתוק?

צמר גפן מתוק הידוע בכינויו "שערות סבתא" הוא ממתק נפוץ עשוי סיבים, אוורירי, דביק ורגיש ללחות, שמכילים מסוכר לבן, סוכרוז $C_{12}H_{22}O_{11(s)}$.



הפנים מתרחשים תהליכים כימיים נוספים - פירוק קשרים גליקוזידיים, למשל. מכיוון שהסוכרוז הופך לקרמל בטמפרטורה של 168 מעלות צלזיוס, ייתכן שתהליך הקרמול כולל גם קבלת תוצרים שונים וביניהם פחם, פחמן דו-חמצני ומים.

עפ"י ריץ' הרטל, מדען שעוסק במדע של המזון מאוניברסיטת ויסקונסין, בתחילת התהליך הסוכר נמצא במצב גבישי, המולקולות של סוכרוז מאורגנות במבנה מסודר. עם עליית הטמפרטורה, המבנה הופך להיות מבולגן. והקשרים הגליקוזידיים מתפרקים (בלחות שבאוויר) ואגב כך נוצרות מולקולות גלוקוז ומולקולות פרוקטוז, על פי הניסוח הבא:



הידרוליזה של סוכרוז לגלוקוז ופרוקטוז

תערובת הסוכרים הנוזלית עוברת במהירות דרך החורים הקטנים (כ-50 מיקרומטר), ונוצרים סיבים דקים שמתקררים מהר מאוד לאחר היווצרותם.

הקירור המהיר של הסוכר אינו מאפשר למולקולות הסוכר (הסוכרוז, הגלוקוז והפרוקטוז) לחזור למבנה הגבישי. המולקולות "קופאות" ללא מבנה מסודר, וכך נוצרים סיבים דקים של סוכר זכוכיתי או אמורפי.

כאשר סיבים אלה נוצרים, מפעיל המכונה מסובב מקל אשר אוסף אותם ויוצר מקבץ אוורירי של "שערות" או "צמר גפן".

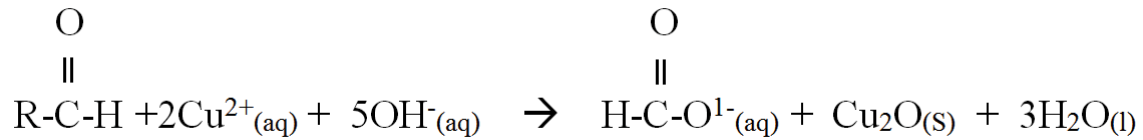
הכנו שערות סבתא בכיתה

בדקנו בכיתה הכימיה בתיכון קציר, רחובות את השאלה הזו: האם קשרים גליקוזידיים מתפרקים במהלך הכנת הצמר גפן המתוק?



טענה 1: מתרחשים תהליכים של שינוי מצב צבירה בלבד.
 טענה 2: בזמן החימום והגדלת שטח הפנים יש גם פירוק קשרים גליקוזידיים.

נעזרנו בתגובת פלינג שמוכרת גם כתגובה עם מגיב בנדיקט שמזהה סוכר מחזר, קבוצה אלדהידית. התגובה מתבצעת בעזרת יוני נחושת בסביבה בסיסית. הקבוצה האלדהידית בצורה השרשרתית הפתוחה של החד-סוכר משמשת כמחזרת, והיא עצמה עוברת חמצון לחומצה - קבוצה קרבוקסילית. לאחר חימום קל מתקבל משקע כתום של נחושת חמצנית, כמתואר בנוסחה זו:



סוכרוז, כפי שהנוסחה מראה, אינו סוכר מחזר כי הפחמנים האנומריים קשורים בקשר גליקוזידי ואינם יכולים לחשוף קבוצה אלדהידית.



מבחנות אחרי החימום.

שלוש מבחנות עם מגיב בנדיקט ותמיסת סוכר לבן של גלוקוז ושל שערות סבתא לפני החימום

ניתן לראות שיש תגובה עם מגיב בנדיקט בתמיסת הגלוקוז ובתמיסת הצמר גפן המתוק.

מכיוון שהוכנס למכונה רק סוכר לבן, ניתן להניח שהסוכרוז התפרק, הקשרים הגליקוזידיים עברו הידרוליזה וכך התקבלו סוכרים מחזרים. מצד שני, יש אפשרות שמתרחשים תהליכים נוספים אשר במהלכם מתקבלים אלדהידים, ואלו מגיבים. בכל מקרה התהליך מורכב יותר ואינו רק שינוי מצב צבירה.

תוצאות הבדיקה תומכות בטענה שהתהליך אינו רק של שינוי מצב צבירה.

שערות סבתא - לא רק "לא בריא"!!

ד"ר ג'ייסון ספקטור (מרכז רפואי ווייל בקורנל, ניו יורק) וליאון בלאן (אוניברסיטת קורנל, ניו יורק) מנסים להשתמש בצמר גפן מתוק כדי ליצור רשתות של כלי דם בעצמות, עור ושרירים שמגדלים באופן מלאכותי במעבדה. "ראשית, שופכים נוזל סמך (אפוקסי) על צמר גפן מתוק. האפוקסי מתקשה, ואז ממיסים את צמר הגפן במים חמים. זה מותיר תעלות זעירות שעליהן ניתן לגדל תאים שיוצרים רשתות של כלי דם מלאכותיים. האפוקסי מתכלה ומוחלף בהדרגה על ידי רקמות מלאכותיות. בסופו של דבר מתקבלת רקמה עם כלי דם זעירים" (ריטר 2009).

מחקר זה הוא עדיין בשלבים המוקדמים, אבל יש כאן פוטנציאל טכנולוגי גדול מבעבר שעשוי לאפשר למדענים להנדס רקמות הרבה יותר עבות? מאשר אי פעם בעבר.

כנס סוכרים - הערכה חלופית לנושא סוכרים במסגרת ה-30%

לדעתם של מורי הכימיה, נושא הסוכרים הנלמד במסגרת ה-30% הוא אחד הנושאים שבעזרתם ניתן להעריך את התלמידים במגוון רחב של דרכים. בתיכון "רוטברג" ברמת השרון החליטו אנשי צוות המגמה - ערן שמואל, קרן מנדה וסינתיה גילעם - לקיים ערב שבו התלמידים מציגים בפני הוריהם נושאים שונים הקשורים לסוכרים ברפואה ובתעשייה. התלמידים הכינו הרצאות, כרזות, סרטונים ועמדות. לאחר למידת נושא הסוכרים בכיתה שנמשכה כ-6 שעות, חיפשו כל שלשת תלמידים באופן עצמאי נושא שיעניין אותה. בין הנושאים שעלו היו ממתקים מלאכותיים, שימוש בסוכרים המכילים סמן רדיואקטיבי במיפוי מחלות סרטן, רגישות ללקטוז, עמדת אינדיקטורים לזיהוי סוכרים. "שערות סבתא" ועוד.

התלמידים רכשו ידע וחוויות למידה עם ערך מוסף לתכנית הלימודים. לקראת הערב חולקה חוברת תקצירים שנכתבה על ידי קבוצות התלמידים השונות (ניתן לקרוא את חוברת התקצירים בקישור הבא. [hoveret takzirim kenes rotberg](http://hoveret.takzirim.kenes.rotberg)). כל התלמידים נדרשו לעמוד בפני קהל ולהציג את עבודתם. ההערכה נעשתה בעזרת מחוון שכלל פרמטרים רבים ושיקף את התהליך שעברו התלמידים.

מחוון להערכת פרויקט סוכרים

משקל	קטגוריה	תבחינים	ניקוד	ממוצע	ציון
5%	בחירת נושא	רלוונטיות			
		קשור לחיי היום היום			
10%	הכנת תקציר	שליחת תקציר המכיל את כל רכיבי ההרצאה			
35%	הכנת מצגת	תכנים			
		עיצוב			
		אופן הצגת המצגת/סרטון/עמדה			
20%	עונה על שאלות המורה	בקיאות בידע הכימי			
15%	התנהלות ועמידה בזמנים	מגיש את המטלות בזמן			
		מעורב בהכנת התוצר ומשתף פעולה עם חברי הקבוצה			
5%	התנהלות בכנס	נוכחות לכל אורך הכנס			
10%	רפלקציה	הגשת רפלקציה אישית			
ציון סופי					

מקורות

<http://www.portageinc.com/community/pp/cottoncandy.aspx>

Ritter, Malcom, 2009, *Cotton candy: Sweet treat and medical breakthrough*, http://www.denverpost.com/headlines/ci_11683435, published February 12, 2009, Web site visited June 26, 2013.

Venzon, Christine, 2013, *How Cotton Candy Works*, <http://science.howstuffworks.com/innovation/edible-innovations/cotton-candy4.htm>, Web page visited June 26, 2013.

https://www.youtube.com/watch?v=U6tl_oJpkvo



כימיה

לימוד הכימיה באמצעות חוויה קולינרית

חגית לוי וורד אדלר מורות לכימיה באולפנת "אורות מודיעין" וסטודנטיות לתואר שני במכון ויצמן במסגרת תכנית "רוטשילד-ויצמן למצוינות בהוראה"

חלק מהחוויות העוברות על תלמידותינו במהלך לימודי הכימיה.

כבר בשיעור הראשון, כחזרה על המושגים שנלמדו בחטיבת הביניים, אנו מכינות יחד עוגת שוקולד... כל מרכיב שנכנס לעוגה ממותג כימית ברמת המיקרו/מקרו וסמל. התערובת ההומוגנית שהתקבלה עוברת בתנור תהליך כימי והופכת לתרכובת טעימה...

כשהגענו לנושא של מצבי צבירה, הכנו יחד פונדו שוקולד. דיברנו על מעברים של מצבי צבירה ועל תהליך הטמפור שבו נוצר גביש עם ברק אופייני.

לסיכום השנה בסוף כיתה י', אנו מכינות יחד ארוחת בוקר כימיאמית:

לא רק הצבא צועד על קיבתו. גם תלמידותינו במגמת כימיה. את אהבתנו המשותפת לכימיה ולמטבח החלטנו ליישם במהלך שיעורי כימיה לאורך 3 השנים. התלמידות קוראות למגמה: כימיאמי...

כשפתחנו את המגמה לפני 6 שנים, ראינו לנגד עינינו לא רק את לימוד החומר העיוני לפי הסילבוס וההצלחה בבגרות, אלא גם איך להעביר לתלמידותינו את אהבתנו לכימיה ואת ההוכחה כי הכימיה נמצאת לא רק במעבדתו של החוקר אלא בכל תחומי החיים, כולל במטבח הביתי.

מערך השיעורים הקולינריים בנושאים שונים נערך לאחר מחשבה מעמיקה על היתרונות שבשילוב חיי היומיום בלימודי הכימיה. נוכחנו לראות כי חוויה זו הגבירה את המוטיבציה ללמידה אצל תלמידותינו וכן העניקה למידה משמעותית למושגים בסיסיים בכימיה. במהלך הכתבה ננסה להעביר



פונדו שוקולד



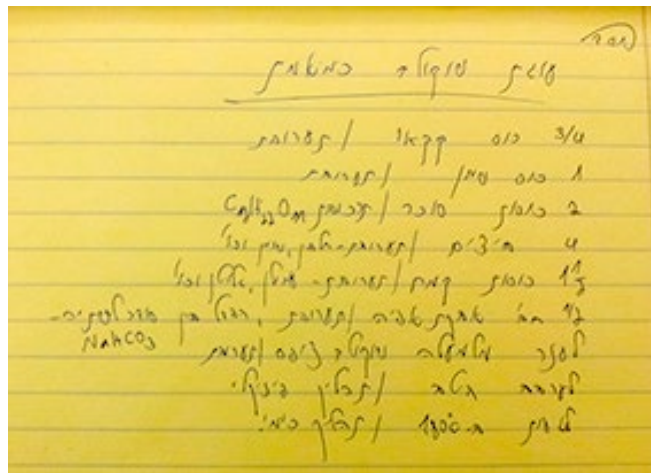
ספגטי שוקו

ספגטי שוקו וקוויאר פטל, המחשנו לתלמידות מהם קשרים יוניים וקשרים בין-מולקולריים (המחשה מצוינת נמצאת באתר של דוידסון).

בעקבות התלהבותן של התלמידות, הכנו עם הבנות לכבוד ערב מגמות עם ההורים, כמות גדולה של ספגטי וקוויאר מולקולריים. התלמידות הגישו להורים האמיצים את המאכלים בליוויית הסבר כימי.

כפתיחה חווייתית יותר לנושא תאורטי כמו סטכיומטריה, הכנו עוגיות שוקולד ציפס כאשר כמויות המצרכים ניתנו במולים. התלמידות תרגלו את השימוש בנוסחה: $m/Wm=n$ בדרך מתוקה... עפ"י רעיון שהציעה [רות שטנגר](#):

מובן שבנושא כמו "טעם של כימיה", אנחנו חוגגות. בפתיחה אנו מכינות יחד מרק ירקות, וכל ירק הנכנס לסיר עובר סקירה של ויטמינים, מינרלים, הרכב כימי, מסיסות במים וכן סקירה



מתכון לעוגת שוקולד כימיאמית

חביתה קוולנטית - ביצה עם שתי "עיניים" הממחישה את גרעיני האטומים ואת ענן האלקטרונים המשותף להם; לחמניות כימיות - התלמידות מכינות מהבצק מבחר דגמים של "מולקולות" ו"סריגים" שונים, מציגות אותם כחידות לשאר הבנות - מי שמגלה זוכה בלחמנייה... בארוחה ניתן למצוא גם סלט ירקות הטרוגני עם תיבול של חומר יוני (מלח בישול) וחומר מולקולרי הידרופובי (שמן) וכן משקה המכיל תערובת הומוגנית של אבקת שוקו וחלב בתוספת תערובת קולואידית של מולקולות שומן ואוויר (קצפת). אם לא די בכך, התלמידות סוחטות תפוזים עם הרבה מולקולות של ויטמין C ומוסיפות מולקולות מים במצב צבירה מוצק, וכן מכינות גבינה צירקסית ע"י הפרדת החלבון ממי הגבן באמצעות הוספת חומצה (מיץ לימון). לסיים, אנו מקנחות בשמפניה כימית - מזרקה של מנטוס הקולה.

גם את לימוד נושא הקשרים הבין-מולקולרים העברנו לבנות דרך הקיבה... בפתיחת הנושא אנו מכבדות את הבנות בתפוח בדבש, ובעוד הדבש תחת לשון, אנו מכוונות את שפתן להיכרות עם הקשרים הבין-מולקולריים בין מולקולות הדבש: אילו קשרים חזקים יותר - קשרי מימן או קשרי ון-דר-ואלס? כיצד נוכיח לתלמידות כי חוזק הקשרים תלוי בגורמים שונים וכי התשובה אינה נופלת בתחום השחור או הלבן? באמצעות האוכל, כמובן!

מה נחמד יותר מאשר לטגן יחד ציפס בשמן הרוחח בטמפרטורה הגבוהה מ-100 מעלות על מנת להמחיש כי המים שבתפוח האדמה מתאדים בגלל נקודת הרתחה הנמוכה מזו של השמן, וכי כך מתקבל ציפס פריך? (עמוד 57 בספר יחסים וקשרים בעולם החומרים בהוצאת מכון ויצמן) לאחר שנחשפנו לנושא הבישול המולקולרי באתר דוידסון, החלטנו לסכם בדרך זו את נושא מבנה וקישור. ע"י הכנת



לחמניות "זניות"



קוויאר בטעמים שונים

הסבר כימי. חוויה קולינרית זו יצרה גם קשר מיוחד בינינו לבין התלמידות, שהרי אכילה מקרבת את הלבבות.

הוספנו לכך מסורת שבה אנו, תלמידות ומורות, "יוצאות" לגלידה ערב לפני הבגרות וכן צופרים מיוחדים שאנו מכינות לבנות למתכונות ובגריויות.

במסיבת הסיום שאנו עורכות למסיימות י"ב בביתנו (כמובן עם כיבוד מתאים...) אנו מכינות מערכה מחזורית אישית שבה התאמנו לכל תלמידה יסוד עפ"י אופיה ותכונותיה (ותודה למלכה יאיון על הרעיון).

הכימיה אותה כימיה, אבל היא קיבלה בשיעורים טעם חדש. מקוות שטעם של עוד.

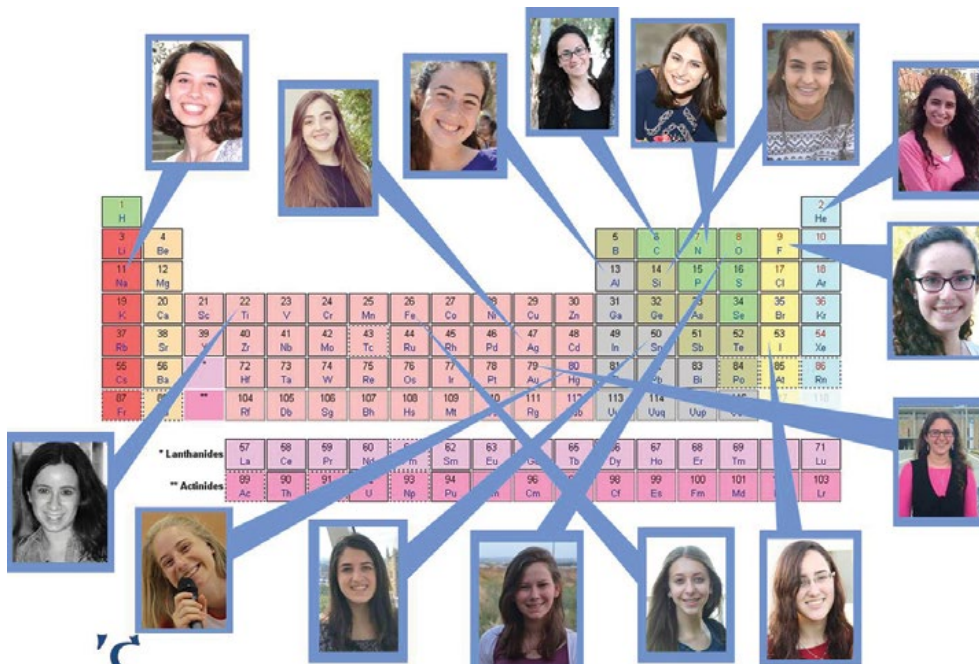
הכתבה נוסחה בלשון נקבה אך מיועדת למורים ומורות כאחד...

של פעילות הויטמינים בגוף. את שקדי המרק ניתחנו מבחינה אנרגטית (חישבנו לבד כמה קק"ל יש בחבילה...) ורכיבים תזונתיים. יש בנות שמאז הפסיקו לאכול שקדי מרק...

בנושאי השומנים והסוכרים, הקישור לחיי היומיום והרגלי תזונה נכונה תופסים מקום רב בתהליך הלמידה הכולל מסיבת שומנים וסוכרים בסיום כל נושא.

אפילו נושא "משמים" קולינרית כמו ננו מקבל "טעם" כאשר הבאנו לכיתה בייגלה האפוי עם מטבע שוקולד ועדש צבעוני (קישור למתכון) ותרגלנו איזה צבע העדש של כל תלמידה מקבל כאשר מחשיכים את הכיתה ומאירים רק באור מסוים.

לסיכום, מלבד הלמידה המשמעותית והבנת מושגים כימיים דרך חוויית למידה מיוחדת זו, נוצרה במגמה גאוות יחידה, הבנות קוראות בהפסקה לחברותיהן לטעום מהתוצרים ואף מכינות בבית ומשתפות את המשפחה במטעמים בליווי



טבלה מחזורית שבה התאמנו לכל בת יסוד. מאחור כתבנו קטע קצר על כל בת ואת היסוד המתאים



כנס TEMI בליידן

ד"ר פנינה יקירביץ, מורה ורכזת מגמת הכימיה, תיכון גינסבורג האלון, יבנה



פרויקט TEMI (Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated) הינו פרויקט אירופי שנועד לקדם את התחום של הוראת מדעים בדרך החקר. בפרויקט השתתפו שלוש עשרה מדינות אירופיות, וישראל הייתה אחת מארבע המובילות בו.

הרעיון העומד בבסיס הפרויקט הוא שדרוג הוראת המדעים והמתמטיקה ברחבי אירופה ובישראל על ידי שילוב של מסתורין כחלק מאמצעי ההוראה.

הפרויקט מושתת על ארבע אבני היסוד:

- שימוש בתעלומות כדי להצית את הסקרנות הטבעית של התלמידים וכך ליצור במ מוטיבציה לחקר.
- מעגל (Engage, Explore, Explain, Extend & Evaluate) 5E שנועד לסייע לתלמידים לחקור ולהעריך את הלמידה שלהם.
- פיתוח מיומנויות הצגה אצל מורים כדי לאפשר להם להרגיש בנוח עם הצגת תעלומות מסתורין בכיתה.
- העברת האחריות על הלמידה, מועברת בהדרגה מהמורה אל התלמיד.

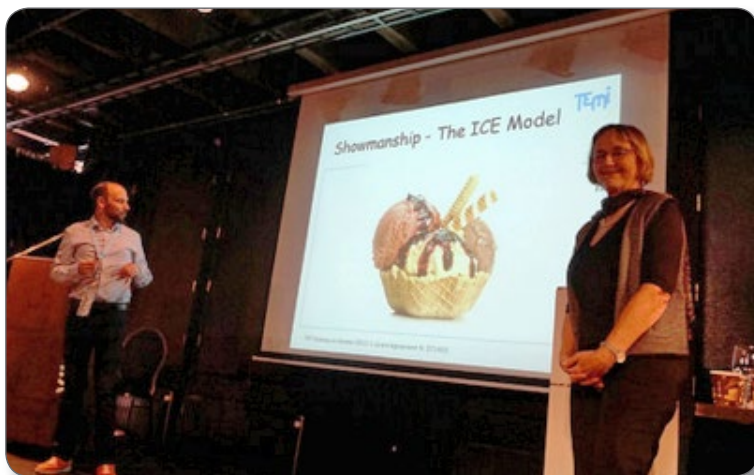


שולחן ארוחת הערב בכנס

במהלך הפרויקט שהחל בקיץ 2013 התקיימו השתלמויות במוסדות להכשרת מורים ברחבי אירופה ובישראל. במכון ויצמן הובילו את הפרויקט ד"ר רחל ממלוך ופרופ' דויד פורסט. על הכשרת המורים היו ממונים ד"ר דבורה קצביץ, ד"ר מלכה יאיון וד"ר רן פלג. ההשתלמויות כללו סדנאות להוראה בשילוב סיפורי מסתורין ותרגול פעילויות מבוססות דרמה. מומחים בתחומי תקשורת ודרמה הקנו לנו, המורים, כלים לפיתוח יכולות הצגה showmanship, כלים לכתיבת סיפורים וכלים לסיפור סיפורים.

במהלך ההשתלמויות יצרנו פעילויות המשלבות מסתורין בנושאים הקשורים לתכנית הלימודים - פעילויות הכוללות פתרון תעלומה או סיפור מסתורין ומובילות לחקר, והפעלנו אותן בכיתות שלנו.

הכנס הבינלאומי של פרויקט TEMI שהתקיים בחודש אפריל 2016 בעיר ליידן שבהולנד, היווה שיא וסיכום של התהליך. בכנס השתתפו חוקרים ובעלי עניין בתחומים מדע, הנדסה ומתמטיקה וכן כ-200 מורים ממדינות אירופיות המשתייכות לפרויקט. הנציגות שלנו לכנס כללה קבוצה מכובדת של ארבעה עשר משתתפים: ד"ר דבורה קצביץ - ראש המרכז הארצי למורי הכימיה, ד"ר מלכה יאיון, ד"ר רן פלג וד"ר רחל



מלכה יאיון ורן פלג בהרצאה בנושא החיבור בין חקר לבין showmanship

ממלוך-נעמן - מרכזי התכנית, ד"ר דורית טייטלבוים - מפמ"רית הכימיה. עוד נטלו חלק בבניית הפעילויות מורי הכימיה: ערן שמואל, שרון דויטש סמדר אהרוני-גרבת, חנין בשארה, ראודה גאנם, שרה אקוניס, אפרת קורן, נורית רון ופנינה יקירביץ.

במרכזו של הכנס עמד נושא המסתורין כמניע למידה. הנושא זכה לביטוי בלוגו הכנס בצורה של מקל קסמים. מושב הפתיחה התקיים בכנסיה עתיקה במתחם אוניברסיטת ליידן - האוניברסיטה העתיקה ביותר בהולנד שהוקמה בשנת 1575. בסימום הובילו אותנו סימני דרך בצורת הלוגו של TEMI, שהוטבעו על מדרכות העיר, למבנה ששימש בעבר כבית חרושת וכיום משמש כאולם כנסים. גם ארוחת הערב הייתה מסקרנת ומפתיעה וכללה פיסות מזון מסודרות על השולחן כפאזל, מהן צריך היה להרכיב את הארוחה. כל ההרצאות התייחסו למילת המפתח "מסתורין", ורובן ככולן כללו הדגמות מסקרנות, חידות מדעיות ומופעי קסמים.



דבורה קצביץ ורן פלג מציגים ב"שוק" פעילויות TEMI. ברקע: הפוסטר המציג את החומרים שפותחו במכון ויצמן



תמונות מתחנות הפעילות במושבים המקבילים

ושרה אקונס; "קנקן התה הסיני" - על ידי פנינה יקירביץ ורן שמואלי; "הר געש נולד" - על ידי חנין בשארה וראודה גאנם ו"תעלומת המטבעות שהופכים לזהב" - ע"י שרון דויטש וסמדר אהרוני-גרבת. המשתתפים במושב עברו בין כל ארבע התחנות. בכל תחנה סופר סיפור מסתורין, הודגמה הפעילות ונערך דיון קצר שהזמין את המורים להביע את דעתם על האופן שבו ניתן לשלב את הפעילות בכיתות ולשאול שאלות. בסוף סבב הפעילויות נערך פורום של כל המשתתפים בהנחייתו של רן פלג, ובו הוזמנו האורחים להביע את התרשמותם. הפעילויות התקבלו בהתלהבות רבה. קיבלנו מחמאות על הרמה הגבוהה של הסיפורים, וכולם התרשמו מ-"אמינות" הסיפורים ומהאופן המשכנע שבו סופרו. רבים אמרו שינסו את הפעילויות בכיתותיהם בשל העניין שהן מעוררות. כיוון שהפעילויות קלות לביצוע ובדרך כלל מתבצעות בחומרים שאינם רעילים, ולכן מתאימים לעבודה עם תלמידים.

במהלך הכנס הוצגו פעילויות TEMI רבות שפותחו על ידי מובילי הקבוצה במכון ויצמן, על ידי משתתפי ההשתלמויות ועל ידי בוגרי תכנית רוטשילד-ויצמן, שהשתתפו בקורס הוראה בדרך החקר.

החומרים הוצגו בפורמטים שונים; ההרצאה של מלכה ורן הדגימה שימוש ב-showmanship בתהליך ההוראה, פוסטר המסכם את כל הפעילויות שנעשו בישראל הוצג בתערוכת הפוסטרים, ופעילויות קצרות ברוח TEMI הוצגו ב-"שוק" פעילויות שבו קבוצות מארצות שונות הציגו את "מרכולתן".

את החשיפה המשמעותית ביותר לפעילויות השונות שפותחו, אפשר היה לקבל במושבים המקבילים. כאן הוצגו החומרים לא כהרצאות או הדגמות, אלא כפעילויות מעבדה שניתן להתנסות בהן Hands On. במושב שלנו הוצגו ארבע מהפעילויות שפותחו במכון ויצמן בארבע תחנות במקביל. הפעילויות שהוצגו היו: "החול מחול" - על ידי דבורה קצביץ



לוח קומיקס ענק מאויר ביד, ועליו אין ספור ציורים, סממאות ומשחקי מילים בנושא הקונספט של TEMI

ליידן היא עיר אוניברסיטאית עתיקה ומקסימה, מרושתת בתעלות מים ובעשרות גשרים. לא נשארנו אדישים לכך, ולאחר מושבי הכנס ניצלנו את הזמן לטייל על גדות התעלות, להתרשם מטחנת הרוח הגדולה ולשוטט בגן הבוטני.

מקומות מעניינים נוספים בקרבת מקום שהספקנו לבקר בהם היו גני קוקנהוף המדהימים, העמוסים צבעונים בכל צבעי הקשת, ומוזאון אָפּר בהאג.

הכנס היווה גורם מגבש עבור חברי הקבוצה שלנו. חגגנו יום הולדת למלכה יאנון, עבדנו בשיתוף פעולה במושבים המקבילים ובהכנות, ולמדנו להכיר טוב יותר זה את זה. הכנס היווה גם הזדמנות להציג את הפעילויות שפיתחנו בפני עמיתים מארצות שונות ולקבל משוב. במהלך הכנס שררה אווירה של מסתורין באוויר, גם בגלל המבנים העתיקים והמיוחדים שבהם התקיים הכנס וגם בגלל שלל ההפתעות העיצוביות. בכל הזדמנות הוצגו קסמים מסקרנים שגרמו לנו לנסות ולפענח אותם. נהיננו ולמדנו.

[קישור לדפי פעילות לתלמיד בסגנון TEMI](#)

תודות על העזרה בכתיבת המאמר לשרון דויטש מתיכון שוהם ולסמדר אהרוני-גרבת מבית חינוך ירקון.



קישור לכתבה נוספת בנושא:

[עיתון המכון: סוד הדיו הנעלם - קסם, מיסתורין ודרמה בכיתה](#)



השתתפנו גם במושבים מקבילים של קבוצות ממדינות אחרות: פעילות בנושא יצירת כדורי אלגינאט צבעונים במיצוי ירקות שונים, ובפעילות בנושא "קסמים" פיזיקליים.

הכנס אורגן בקפידה, וניכר היה שהושקעה מחשבה רבה ביצירתו של הקונספט העיצובי, כך שיהיה גם מרשים, גם מפתיע וגם אורייני. כך למשל, באולם המרכזי נתלה לוח קומיקס ענק מאויר ביד, ועליו אין ספור ציורים, 100 ממואות ומשחקי מילים בנושא הקונספט של TEMI. הכנס התקיים בכמה אתרים ברחבי העיר ליידן, וכדי להתמצא קיבלנו מפה מודפסת על מטפחת ראש, שבעזרתה ניווטנו ברחבי העיר.

כנס בינלאומי מאפשר מפגש עם מורים מארצות שונות, בעלות תרבות שונה משלנו. פגשנו מורים מכל רחבי אירופה - מאנגליה, נורבגיה, צ'כוסלובקיה ועוד, וגילינו שהשפה המדעית משותפת לכולנו, שהרצון לחדש בהוראה משותף לכולנו, שהאתגר למצוא דרכים שיעורו בקרב התלמידים סקרנות, מוטיבציה ועניין בלימודי מדעים - משותף לכולנו. זו הייתה הזדמנות עבורנו לקבל משוב מעמיתים, להחליף רעיונות ופרוצדורות וגם ל"צחצח" את האנגלית.



ליידן. אמצעי התחבורה העיקרי בליידן הוא האופניים



ברית ידידות בין תיכון בגין דרכא בגדרה ישראל ותיכון ציבורי מס' 7 בטלבי גיאורגיה

אפרת קורן, מורה לכימיה, תיכון ע"ש בגין דרכא, גדרה

ב-20.09.16 יצאתי לפיקניק מדעי בגיאורגיה עם שישה תלמידיי מכיתה י"ב במגמת הכימיה מביה"ס התיכון דרכא ע"ש מ. בגין גדרה: טל ישח, ענת סביון, קופיץ ניצן, שגיב רועי, תמר הרשמן. מלווי המשלחת היו: ד"ר דבורה קצביץ, ראש המרכז הארצי למורי הכימיה במכון ויצמן למדע, שבאמצעותה נוצר הקשר עם האוניברסיטה "איליה" בגיאורגיה ועם ביה"ס המארח, ומנהלת ביה"ס, רוחליה טל.



אירוח הקבוצה מגיאורגיה בלשכת ראש מועדת גדרה, מר יואל גמליאל.

אז הכול התחיל לפני כחצי שנה כשדבורה שאלה אותי אם תלמידיי יוכלו לארח קבוצת תלמידים מגיאורגיה, שמגיעים לארץ להשתתף בשני כנסי תלמידים בקריית גת וברחובות. לאחר בדיקה עם תלמידי כיתה י"א דאז והנהלת בית ספר, נתתי תשובה חיובית. התחלנו לארגן את האירוח שכלל ביקור התלמידים בבית ספר, השתתפות בשני כנסים, ביקור במרכז המבקרים במכון ויצמן, ביקור במעבדה של מדענית במכון שהיא גיאורגית, פגישה עם ראש המחלקה להוראת המדעים, פרופ' ענת ירדן, אירוח בלשכה של ראש מועצת גדרה, יואל גמליאל. גם ענייני תיירות היו בתכנית - טיול לירושלים ולתל-אביב. פרט לתכנית הרשמית שארגנו הבוגרים, ארגנו התלמידים לעצמם אירועים חברתיים

שהשיח בהם היה הרבה פעמים בידיים כי חלק מהתלמידים אינם שולטים באנגלית. למרות הפער במנטליות, בשפה, ביחס לכסף, "הייתה כימיה" בין בני הנוער.

כפי שצינתי, הציגו התלמידים הגיאורגים בכנס תלמידים שאורגן ע"י סופי לידרמן בקריית גת, וכן בכנס תלמידים בתיכון קציר שאורגן ע"י צוות הכימיה בתיכון. בשני הכנסים היה מושב תלמידים מיוחד בשפה האנגלית. במושב זה הציגו תלמידים מישראל ותלמידים מגיאורגיה באנגלית. התלמידים הגיאורגים הציגו מחקר שעשו על התנאים האופטימליים להכנת גבינה גיאורגית מסורתית. השימוש באנזימים (פפסין) טבעיים לעומת אנזימים מלאכותיים נבדק, כמו גם הטמפרטורה האופטימלית לפעילותם. המסר הכללי בהרצאה היה חזרה לטבע, ולכן המליצו על שימוש בפפסין שמקורו מקיבה של בקר (לא ממש כשר). נושא נוסף שהוצג ע"י הגיאורגים עסק בתפוחי אדמה, בתנאים האופטימליים של פעילות האנזים קטאלאז, במיוחד מבחינת רמת ה-pH.



התלמידים הגיאורגים בכנסים בארץ: קרית גת ורחובות

הגיאורגים הם נוצרים אדוקים, ולכן הטיול לירושלים שכלל ביקור בכנסיות, בויה דולורוזה ועוד, היה מבחינתם גולת הכותרת. כנסיית המצלבה הייתה המשמעותית ביותר עבורם, כי אחד המשוררים הגיאורגים, רוסטוולי, הנחשב מגדולי המשוררים בכל הזמנים קבור בכנסייה זו. נוסף להיותם נוצרים אדוקים הם מאוד שמרנים, ולכן לתלמידים היו שיחות על מה מותר/אסור בגילם, כמו עד מתי מותר לבלות בחוץ?

אחרי שבילינו ביחד, הפרידה הייתה לא קלה. ארוחת בוקר משותפת בבית, ריקודים גיאורגים ומעגל אחים. ואז נשאלה השאלה: האם באמת ניסע לגיאורגיה לביקור גומלין?

בזכות רשת "דרכא" וראש המועצה המקומית גדרה שעזרו במימון, ובתמיכת המרכז הארצי למורי הכימיה בתיאומים עם חברינו בגיאורגיה, עלינו על כבש המטוס ונחתנו אחר חצות בטביליסי. שם חיכו לנו כל הגיאורגים שלנו, ובנסיעת לילה שארכה כשעתיים הגענו לעיר המחוז טלבי. התלמידים שלנו פוזרו לאירוח בבתי התלמידים, ואנחנו השתכנו במלון חביב במרכז העיר.

האירוח של הגיאורגים עלה על המצופה. בית הספר כולו הכין לנו קבלת פנים, שכללה הפרחת יונים, שירת מקהלה, מופע ריקודי פולקלור, מילים חמות ומתנות. אחת המתנות שניתנה לתיכון בגין דרכא היא כלי נגינה גיאורגי שהכין אחד האבות של התלמידים. בגמר הטקס יצאנו לחצר בית ספר לשתילת גן ידידות. שתלנו ורדים ביחד בתקווה לפריחה של הקשר בין בתי הספר.

גם ראש העיר נרתם לקבלת הפנים ואירח אותנו באתר מיוחד המציג עבודות תלמידים בתיכונים בעיר. ראש העיר רואה בצעירים הון אנושי שיש להשקיע בו, ולכן עזר לתלמידים הגיאורגים לצאת לעולם הרחב ולהגיע לישראל. ראש העיר "פתח שולחן" חציפורי, חניקלי, סלטים, בשרים על האש ועוד...



ארוחת הבוקר המשותפת בגדרה

למחרת היום התכנסנו לכנס תלמידים בבית הספר, שהתארחו בו תלמידים ממספר בתי ספר בעיר. ההצגות בכנס התנהלו באנגלית, והתלמידים שלנו הציגו על מדפסות תלת ממדיות ואת סיפור של כד הסיני שמוזגים ממנו תה בצבעים שונים. התלמידים מגיאורגיה הציגו פרויקטים הקשורים לשמן שמפיקים מגרעיני ענבים (חבל הארץ בו נמצאת העיר טלבי מתמחה בגידול ענבי יין וייצור יין). אתרי הטמנה של פסולת והשפעתם על הסביבה, הפקת צבעים וחומרים טבעיים ועוד. גם אירוע זה הסתיים "בפתיחת שולחן" אופיינית: חניקלי, חציפורי... ועוגה מיוחדת המסמלת את הידידות בין המדינות.



אירוח על-ידי ראש מועצת טלבי ותמונות מקבלת הפנים בבית הספר הגיאורגי

מסיבת מורים

בערב האחרון לשהותנו בטלבי ערכו לכבודנו מנהלת בית הספר וצוות ההנהלה, וכמובן נטיה המורה המקסימה, מסיבה שבה נכח כל צוות המורים של בית הספר והנהלה. המסיבה נערכה במסעדה שבה הוגש כיבוד עשיר ומגוון. במהלך הערב בירך אותנו כל אחד בתורו ואיחל להמשך הקשר בין ישראל וגיאורגיה, בינינו - הצוותים החינוכיים, וכמובן - בין התלמידים לבין עצמם. זמר הנעים לנו את ארוחת הערב בנעימות ושירים שקטים שהלכנו והפכו לשירים שמחים. אחד מהם ריגש במיוחד - השיר "הבה נגילה...". כמעט אף אחד לא נשאר אדיש לשמע השיר, כולם שרו ורקדו לצלילי המוזיקה והשירים הקצביים בגיאורגית.

זכינו גם ליום טיול ביום שמש חמימה. הטיול כלל ביקור במקומות קדושים, נופים מדהימים וארוחת בוקר שהכינו לנו הוריהתלמידים ושכללה חציפורי ועוד מיני מאפים, פירות ושתייה, והכול היה טעים "יאמיי".

בערב הוזמנו לארוחת שישי אצל משפחה של אחת התלמידות. להכנות התגייסו הסבא, הסבתא, ההורים שטרחו לכבודנו והכינו תבשילים אותנטיים, בשרים על האש, וכמובן אך לא רק חציפורי וחניקלי. הם נתנו לכל אחד מאתנו להתנסות בהכנת צ'ורצ'חלה, שהוא הממתק הלאומי.

המשפחה דאגה שנקיים את ערב שישי כנהוג אצלנו והביאו יין לקידוש וחלות, והמארחים היו קשובים ומכבדים. הערב היה מלווה בנגן, וכולנו שרנו. האווירה הייתה שמחה, אנשים נכנסים ויוצאים, המטבח מהביל ומלא טעמים חדשים ומיוחדים, ובעיקר תחושת חזקה של משפחתיות ושייכות.



עוגה שהוכנה לכנס התלמידים בטלבי



יוצאים לטייל בחבל קחאטי ומסיימים בערב שישי באחד מבתי התלמידים

הפיקניק המדעי

גולת הכותרת היתה הכנס המדעי שהתקיים בסופ"ש בפארק בעיר הבירה טבילסי. זהו פסטיבל לכל המשפחה שמטרתו להפוך את המדע לפופולרי. השתתפו בו תלמידי בייס וסטודנטים רבים מגיאורגיה, סן דייגו, קפריסין, פולין ועוד. לכל קבוצה הוקצה ביתן שבו הוצגו המיצגים. הביתן הישראלי שלנו זכה להתעניינות וביקוש רב. במהלך היום הזה הציגו תלמידיי והדגימו ניסויים בנושאים שונים בכימיה שנבחרו מתכנית TEMI וניסויים נוספים. נחשפתי בשנה שעברה לתכנית TEMI בכנס בליידן באמסטרדם והתלהבתי. התלמידים הציגו פולימרים ומדפסות תלת־ממדיות, קר/חם, התה הסיני, החול של טל, מד אהבה, זיקוקים בוערים במים ונרות יום הולדת שאינם נכבים.

אחד מהניסויים שמשך תשומת לב בקהל היה "מד אהבה". התלמידים הציגו את הכלי כמכשיר מיוחד מאוד שבדק עד כמה אתה אוהב. התלמידים ביקשו מהמבקרים לנסות את מד האהבה, והסבירו שזוהי פעולה פשוטה מאוד: "רק תחשבו על מישהו שאתם ממש אוהבים... אם מישהו מאוהב נוגע בו, מד אהבה מיד מראה את זה...ואם לא - אז הוא לא מגיב." כל מתנדב שם את הידיים על מד האהבה. אם עלה הנוזל במד האהבה - ענו התלמידים "אתה רואה? זה פשוט, אמרתי לך! בטח חשבת על מישהו מיוחד".

אם הנוזל לא עלה - ענו התלמידים "תחשוב חזק יותר על מישהו שאתה אוהב".

ועל מנת שהמבקר לא יצא מאוכזב, ניסו התלמידים להרגיע ואמרו: "בעצם, יש דרכים נוספות "להתאהב". תנסה לשפוף ידיים ולשים את הידיים על מד האהבה." וזה עבד לכולם!

ואז הסקרנות גברה, והשאלות הגיעו:

מהו עקרון הפעולה של מד האהבה?

מה הוא מודד?

מדוע הנוזלים עולים למעלה?

ברור שהתשובות קשורות לעקרונות מדעיים של לחץ והתפשטות גזים עם עליית הטמפרטורה. התלמידים הציגו את הניסויים כשחקנים או מספרי סיפורים, כך שבמרבית היום הייתה הפעילות בביתן שלנו כה רבה עד שהחומרים שלנו נגמרו כשעה וחצי לפני סיום הכנס.



הביתן שלנו בפיקניק המדעי בטביליסי

רפלקציות של תלמידים ומנהלת בית הספר דרכא בגין

- "בשבוע האחרון יצא לי להשתתף בחוויה עצומה מטעם מכון ויצמן, בית הספר והמועצה. יצאתי לגיאורגיה עם קבוצת חברים תלמידי כימיה יחד עם המורה לכימיה אפרת קורן, מנהלת בית ספר רוחלה טל וד"ר דבורה קצביץ ממכון ויצמן. המטרה הייתה לחזק קשרים יחסים בין לאומיים ולהחליף מידע ורעיונות בין התלמידים מהמדינות השונות בתחום הכימיה והטכנולוגיה...השתתפנו בכנס מדעי שבו הצגנו באנגלית ניסויים דרך קסמים בנושא הכימיה והטכנולוגיה. לימוד הכימיה בדרך זו תרם לי הרבה להבנת הכימיה: שאילת שאלות וחקירה בדרך חווייתית..... חוויה מיוחדת בפני עצמה הייתה האירוח בבתי. בבית שבו התארחתי לא היו מים זורמים בכל שעות היום, וצחצוח השיניים נעשה בעזרת דלי. יחד עם זאת האירוח בכל

הבתים היה חם ושמח, תמיד דאגו להאכיל אותנו ולגרום לנו להרגיש הכי נוח שאפשר... ראש העיר שלהם דאג לארח אותנו והזמין אותנו ללשכתו, ושם דיברנו על מטרת הביקור וכמה חשוב לשמור על הקשרים הבין לאומיים... לצד כל הבילויים, יצאנו גם במטרה ולשתף בידע בנושא הכימיה. פעילות זאת נעשתה בעזרת יום הצגה בבית הספר וכנס מדעי ארצי בעיר טבליסי שבו גם התארחו מדינות חוץ (פולין, ארצות הברית (סאן דייגו וישראל). " [רועי, תלמיד]

- "בכנס שנערך בבית הספר בטלבי פגשנו תלמידים מעוד מקומות בגיאורגיה שהציגו נושאים מעניינים אך בדרך של היצמדות למצגת. אנחנו הצגנו את הניסויים שלנו בדרך מסקרנת, צבעונית ואטרקטיבית שגרמה לאורחים להיות קשובים ומתלהבים. היה כיף ממש וכבר מתגעגעת..." [טל]
- "התארחנו 6 ילדים מתיכון אזורי גדרה בבתים של ילדים מגיאורגיה אשר התארחו בביתנו במרץ האחרון. השתתפנו בכנסים מדעיים בבית הספר של התלמידים, למדנו, החכמנו והצגנו ניסויים שעזרו לי במיוחד להבין את הנושאים שנלמדים בשיעורי כימיה בדרך חווייתית שמעוררת סקרנות ומפתחת חשיבה עצמאית." [אופיר]
- "אני כמנהלת ביה"ס שמחה וגאה על השתתפותנו בכנס זה. מעבר לאירוח החם, לתחושת הגאווה הלאומית שחשנו ולהתנסות בחוויות של התלמידים במגורים בבית גיאורגי, הייתה לי גאווה גדולה לראות ולשמע את תלמידינו מציגים בצורה מעניינת ויצירתית בשפה האנגלית את התוצרים של הפרויקטים שלהם בכימיה ומדגימים ניסויים בפני תלמידים, סטודנטים ואזרחים שונים שהגיעו להתארח בכנס." [רחל טל - מנהלת ביה"ס]

לסיכום הכול החל מהצגה בכנס תלמידי כימיה שמתקיים מזה שנים שם הציגו תלמידי ופגשו את האורחים מגיאורגיה והקשר שנוצר "הוליד" את השתתפותנו בפיקניק מדעי בטביליסי, שכלל הצגות מעניינות של משתתפים ממדינות נוספות. מארגני הפיקניק והאורחים המקומיים התרשמו מאוד מההצגות של תלמידי הכימיה בארץ.

הנסיעה לגיאורגיה, המפגש עם התלמידים המארחים, הנהלת בית הספר וראש העיר, הותירו טעם של עוד. אני מברכת על הרצון לשיתוף פעולה עם גיאורגיה בשנים הבאות.

לפני כשבוע הגיעו לבית ספרנו תורמים מחו"ל והתלמידים הציגו בפניהם חלק מההצגות שהציגו בגיאורגיה. לאחר המפגש קיבלנו הזמנה להשתתף ביום עיון ארצי מטעם רשת דרכא לעידוד למידת מדעים ומתמטיקה "תן 5" שיתקיים בחודש ינואר.

אני רוצה להודות לד"ר דבורה קצביץ ראש מרכז הארצי לכימיה במכון ויצמן על העזרה, התמיכה בארגון לפני בזמן ואחרי. לרוחליה טל מנהלת בית הספר, לרשת דרכא ולראש המועצה על עזרתם במימון הוצאות הנסיעה, ואחרונים חביבים לתלמידים שלי שייצגו אותנו בגאווה.





כנס מיוחד בהוראת מדעים בו השתתפו מדענים, מורים, אנשי משרד החינוך סטודנטים, תלמידי בית-ספר תיכון והורים

ד"ר רחל ממלוק-נעמן, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

בדצמבר הזמנתי לכנס בינלאומי שערך 6 ימים בכרתים בנושא הוראת המדעים:

“MEDITERRANEAN SEA CONNECTS US:
Multiple Dimensions in Science Education”

הכנס אורגן על-ידי ד"ר מריה קלטקי, האחראית על החינוך המדעי ועל הכשרת המורים בכרתים. היה ממש מרתק! אנחנו תמיד טוענים שלא פשוט לעמוד על ההשפעה של פעילות חינוכית על תלמידים. אולם, בסגנון הכינוס שאותו חוויתי, ניתן היה לבדוק זאת מידית (אם כי כמובן לטווח קצר). כל ההרצאות והסדנאות היו מלוות בדיונים רבים וברפלקציה של המשתתפים. כאשר התאפשרה השתתפותם של תלמידים, היו התלמידים חלק מהדיון. מעבר לכך, העובדה שהכנס נדד ממקום למקום, אפשרה למורים רבים יותר (וגם לתלמידים) להשתתף בו ביום שבו התארח הכנס באזור שלהם (אם כי בנושאים שונים).



אחת המורות מדגימה בפני כולנו שיעור בכימיה

בכנס הוצגו גם פעילויות חוץ-כיתתיות, ואז ההרצאות והסדנאות בפעילויות אלה התקיימו בשטח. לדוגמה, הנושא של היבטים אקולוגיים וסביבתיים דן בשפת הים שנושק אליה מטע בננות. כולנו ירדנו אל חוף זה בדרך לא פשוטה (500 מדרגות שטח), וכמובן - גם עלינו מדרון זה. התלמידים שהשתתפו בפעילות זו היו בני 15. הם היו מלווים על-ידי שני מורים - מורה לביולוגיה ומורה לפיזיקה, מנהל בית-הספר, ראש ועד ההורים האזורי ודיקנית הפקולטה למדעי הסביבה בשלוחת אוניברסיטת כרתים באזור זה. הצטרפו אלינו גם רופאה וגם גאולוג מהאוניברסיטה. הגאולוג הסביר את מבנה השטח, והרחיב בנושא של רעידות אדמה, הרופאה הסבירה את סגולות הבננות והרחיבה בנושא של מזון בריא, והתלמידים הציגו פוסטרים בנושא הסביבה שבה סיימו ובנושא של מטעי הבננות. פרופסור למדעי הסביבה מהאי לסבוס סיכמה את הדיון בהרצאה של 15 דקות (ללא שקפים, כמובן). לפני שירדנו לשפת הים, קיבלו התלמידים מהמורה לביולוגיה הרצאה קצרה בנושא של הוראות בטיחות בשטח.

אירוח: הכינוס התקיים באמצעים מינימליים! כרתים במצב כלכלי קשה, ומשרד החינוך מקצה משאבים דלים מאוד לחינוך. מארגנת הכנס, שהיא דוקטור לביולוגיה ימית מאוניברסיטת פטרה ביוון ומנהלת המכון להתפתחות מקצועית של מורים בכרתים, מצאה דרך לארגן כנסים בין-לאומיים במינימום הוצאות. היא קיבלה תקציב כלשהו לאירוח שלנו (עבור 15 מדענים - מיוון, מהאיים היווניים, מתורכיה, מאיטליה, ואני מישראל), אך לא אירוח במסעדות או בצורת קייטרינג, אלא על-ידי קניית מצרכים והכנתם בבית ההארכה שבו שיכנו אותנו (מצורפות שתי תמונות - הכניסה לבניין והמראה הנשקף מחלון החדר שלי). כולנו יחד הכנו את ארוחת הבוקר, הצהריים (בצורה של פיקניק במקומות שבהם קיימנו ביום המסוים את הכנס) והערב, במידה והגענו חזרה בזמן. בכל מקום שאליו הגענו, הביאו המורים שהשתתפו בכנס מאכלים שונים, אשר הצטרפו לאלה שאנחנו הבאנו אתנו. כשתלמידים השתתפו, שלחו ההורים מטעמים משלהם.



פרופסורית לאקולוגיה מאוניברסיטה באי לסבוס מסבירה על הנעשה בחוף

תחבורה: נענו ממקום למקום במכוניות פרטיות, וכשהצטרפו אלינו תלמידים, מומנה ההסעה באוטובוס על-ידי בית-הספר וההורים.

תרבות: אנשי הוראת המדעים שפגשתי בכנס, הדגישו את חשיבות ההשכלה הרחבה, כולל הפילוסופיה וההיסטוריה של המדע. היה לי מעניין מאוד לשוחח אתם על כך, כיוון שגם אני מעריכה מאוד נושא זה. כמו כן מלבד הדיונים הרבים שערכנו (בילינו יחד 24 שעות), הקדשנו זמן רב למקורם של מונחים שונים בחינוך, ומובן מאיליו שהמקור לרוב המונחים הוא השפה היוונית.

מסקנה: צפיתי בדוגמה של קהילה פעילה - קהילה של מדענים, אנשי משרד החינוך, סטודנטים להוראת מדעים (ביום שבו התקיים הכינוס באוניברסיטה של כרתים), מורים, תלמידים, אנשי דיסציפלינות שונות (רופאה, גאולוג, פיזיקאי, כימאי...), ואף הורים.

עבורי זה היה מרתק! הייתה כאן דוגמה של הפיכת חיסרון ליתרון. באין כספים, יוצרים יש מאין בכוח הרצון ללמוד, לרכוש השכלה ולהתקדם - רצון המשותף לקהילה שלמה.



הכניסה לבניין בו שיכנו אותנו. בכפר ומוס - מרחק של שעה מחאניה.



הנוף הנשקף מחדרי בבניין בו שיכנו אותנו. בכפר ומוס - מרחק של שעה מחאניה



פרס המורה המצטיין על שם ד"ר ורה מנדלר ז"ל

הפרס לשנת תשע"ז מוענק לגברת שושי גרוסמן

שושי גרוסמן היא מורה לכימיה בבית ספר על יסודי משגב שבגליל. את התואר הראשון בכימיה, ביוכימיה וסוציולוגיה השלימה מהאוניברסיטה העברית ואילו את התואר השני בחינוך קיבלה מאוניברסיטת לטביה. בשנת 1991 החלה ללמד כימיה בבית הספר אורט הורוביץ בכרמיאל והחל משנת 1997 מלמדת במשגב. משנת 2014 שושי התמנתה למדריכה מחוזית בכימיה במחוז צפון.



מגוון של מכתבי המלצה הגיעו אלינו וסיפרו את סיפורה של שושי כמורה ומדריכה. כולם הדגישו מאד את היחס האישי, האכפתי והחם ששושי ניחנה בו. כותבת הללי עותבנס שהכירה את שושי כמדריכה: "כלפי התלמידים היא משדרת שקט ורוגע, מוכנה לעזור, לחזור להסביר שוב בסבלנות ובפשטות ולהקנות לתלמידים תחושה של בטחון ומסוגלות ביכולתם ללמוד ולהבין כימיה וליהנות מהתחום". מוסיפה נועה אמיר ששושי הייתה החונכת שלה: "שושי צפתה בי לאורך השנה מספר רב של צפיות הן כחונכת סטאג' והן במסגרת תפקידה כרכזת כימיה. לאורך השנה יישמתי את הערותיה בשיעורים שלי והרגשתי שינוי מהותי ברמת ההוראה. יש הבדל גדול בין ללמוד כיצד ללמד, ובין לעשות זאת בפועל, וכאשר הצפיות נערכות בקפידה על ידי אדם מנוסה יש להערותיו חשיבות מכרעת". אלישבע גבע שהמליצה על שושי כותבת: "במשך 20 לימדתי כימיה לצדה של שושי גרוסמן עד אשר יצאתי לפנסיה מבית ספר על יסודי משגב. לאורך כל השנים האלה התרשמתי מן היכולת הפדגוגית שלה ומן האישיות שלה וכך נשכרתי מן העבודה לצדה".

אבל נראה שהתיאור המרגש ביותר הוא של תלמידיה לשעבר: "מקצוע הכימיה הינו מקצוע מעניין אך מאתגר מאוד והיה חשוב לנו להגיד לך שבזכותך הכול הפך פשוט יותר ומהנה יותר... אבל הדבר העיקרי בכך שאי אפשר למצוא אצל עוד הרבה מורים אחרים זה האכפתיות שלך וההתעניינות שלך כלפי התלמידים. הסבלנות שאת מגלה כלפינו וההשקעה שלך בנו... דבר שלא רואים אצל כל מורה". והם מסיימים וכותבים: "שושי פתחת בפנינו דלת לעולם חדש וכל כך מעניין, עולם הכימיה".



על היותה של שושי דוגמה ומופת להוראת הכימיה הן כלפי התלמידים והן כלפי קולגות צעירים וותיקים כאחד, על מעורבותה הגבוהה במשך שנים ארוכות בהטמעת מקצוע הכימיה באהבה ובמסירות אינסופית החלטנו להעניק לשושי גרוסמן את פרס המורה המצטיין לכימיה בפריפריה לשנת תשע"ז על שם ד"ר ורה מנדלר.

