

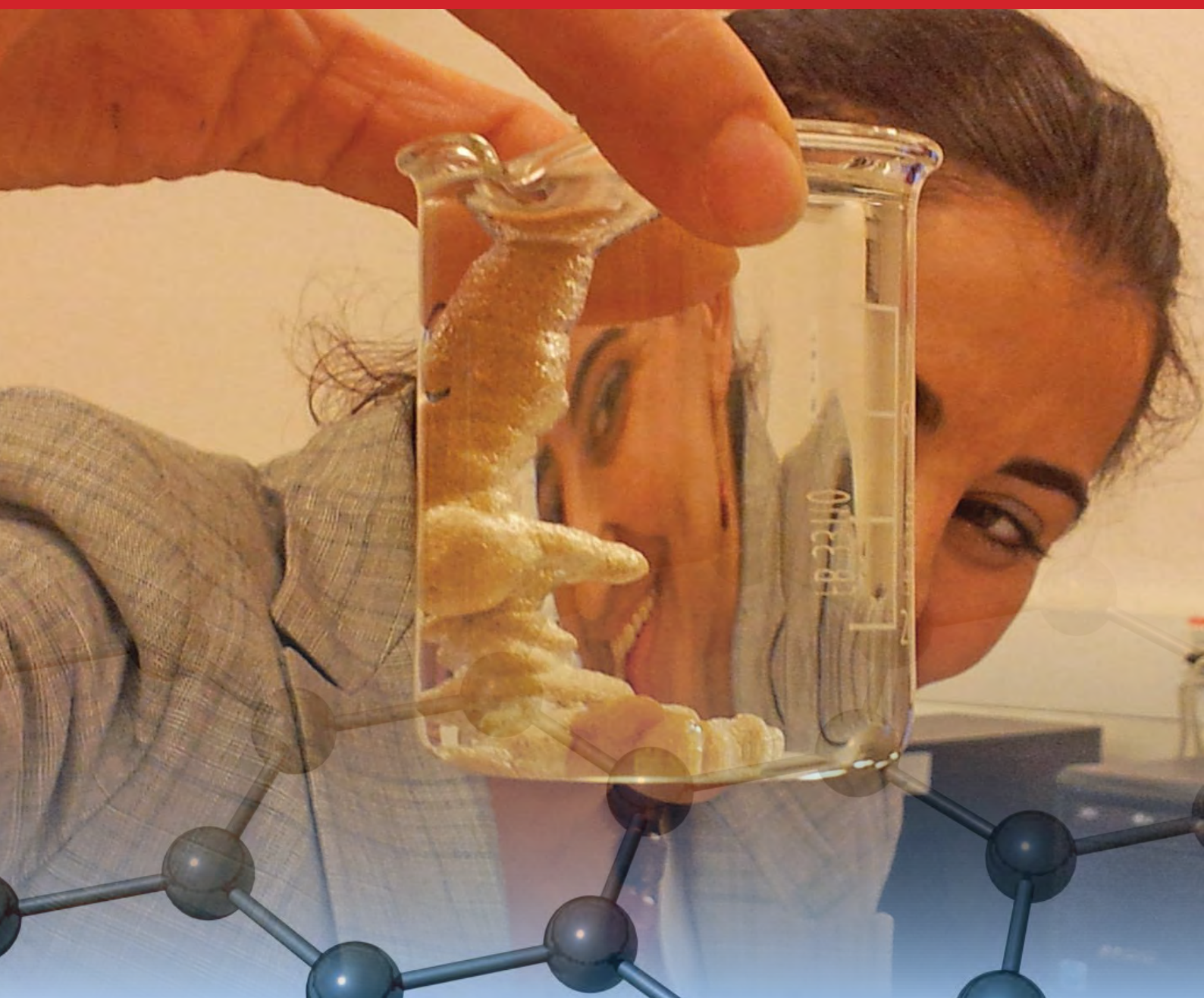


על כימיה

26

סיון תשע"ה □ יולי 2015

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



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



עורכת אחראית: ד"ר דבורה קצביץ dvora.katchevich@weizmann.ac.il

מערכת:

- ד"ר רחל ממלוק-נעמן, ראש המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע.
- ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"ר כימיה.
- ד"ר רון בלונדר, ד"ר יעל שוורץ, קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

יעוץ מדעי: פרופ' ליאור קרוניק

עריכה לשונית: נדין קלברמן

גרסת אינטרנט: ד"ר שלי ליבנה

עריכה ועיצוב 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

©

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך, המזכירות הפדגוגית

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.

מה בגיליון?

4.....דבר המערכת

5.....דבר המפמ"ר

חזית המדע

6.....זוגות מתוסכלים מניעים את הכימיה: FLP - עבד עזב

הוראת המדעים

תכנית "מבטים" בטכניון להכשרת מורים לכימיה

13.....בדגש על "הפנים לעתיד" - אורית חזן, אורית הרשקוביץ ויהודית דורי

פעילויות

22.....הוראה בדרך החקר בסגנון TEMI - חנין בשארה

באילו תנאים נאפשר החלפה של חלונות בית הספר בתאים סולריים

26.....מבוססי-פרובסקיט? - רון בלונדר אלון שחם ואסתי זמלר

33.....codes QR לשימוש בכיתה - רותי שטנגר

מעבדה

38.....מחוף הים לשולחן המעבדה - אקונס שרה ומרים כרמי

47.....תופעות והדגמות סביב פחמן דו-חמצני - עבדאללה חלאילה

מזורים מצפטיינים

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

51.....קרן הפרסים על הצטיינות בהוראת הכימיה ע"ש נעמה גרינשפון ז"ל

52.....פרס המורה המצטיין של החברה הישראלית לכימיה, תשע"ה

פנסים

53.....כנס חנוכה, תשע"ה - "כימטק, כימיה בהייטק" - זיוה בר-דוב

פינת השאלה היפה

56.....חמצון-חיזור וסטויכומטריה - נורית דקלו

פינת התלמידים

59.....פרי הקסם - dulcificum Synsepalum - אילה אהרונוב וניצה תורן



דבר המערכת

עלון מורי הכימיה עבר "מתיחת פנים" מבחינה עיצובית: שימו לב ללוגו החדש ולעמוד השער שלו. אין דומה לחוויה שבה אנו מחזיקים גיליון בידנו ומדפדפים בו, אך מאחר שבמציאות שלנו אנו עובדים עם גיליונות אלקטרוניים - נסתפק בדפדוף הוירטואלי של העלון. לנוחיותכם, לצד העלון המופיע כחוברת מלאה לדפדוף, ניתן לצפות בכתבות ולהדפיס כל כתבה בנפרד כקובץ pdf .

המדורים בגיליון זה נשארו קבועים אך התמלאו בכתבות חדשות ומעשירות ובדיווחים שמגיעים הישר מהשדה החינוכי וממעבדות המחקר.

במדור **"חזית המדע"** מעניין לפגוש דיווח על תגובות מיוחדות שבהן המגיבים מייצגים את **"הזוג לואיס המדוכא"** (Frustrated Lewis Pair, FLP): חומצה ובסיס לואיס "מתוסכלים" שאינם יכולים להגיע זה אל זה. במאמר **"זוגות מתוסכלים מניעים את הכימיה: FLP"** ד"ר **עבד עזב** חושף אותנו לסדרה של תגובות המתבססות על עקרון זה.

המאמר **"תכנית 'מבטים' בטכניון להכשרת מורים לכימיה בדגש על 'הפנים לעתיד'"** מתאר תרחישים עתידיים לגבי המחסור במורים לכימיה בשנים הבאות, וכן מתאר כיצד הפקולטה לחינוך, למדע וטכנולוגיה בטכניון מציעה פתרונות - לו גם פתרונות חלקיים - למחסור הצפוי במורי כימיה.

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: **הוראה בדרך החקר ברוח TEMI, חנין באשרה; פעילות לתלמידים במסגרת הפרויקט האירופי Irresistible ; QR codes לשימוש בכיתה, רותי שטנגר; מעבדת חקר המקדמת למידה משמעותית, שרה אקונס ומרים כרמי; מעבדות המדגימות תגובות שבהן מעורב פחמן דו-חמצני; כמו כן מצפה לנו שאלה מוכנה לתרגול בנושא חמצון-חיזור, ולבסוף, תרומה לגיליון - פרי עטם של תלמידים.**

בגיליון תמצאו התייחסות למספר אירועים: הכרזה על המורה המצטיינת, זוכת הפרס על-שם ד"ר ורה מנדלר; הכרזה על המורה המצטיינת זוכת הפרס על-שם נעמה גרינשפון וכן בחירת המורים המצטיינים מטעם החברה הישראלית לכימיה.

לסיכום, 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"



משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים
הפיקוח על הוראת הכימיה

דבר המפמ"רית

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

מורים יקרים שלום רב,

כימיה

מקצוע הפותח דלתות לעתיד האזרחי והאקדמי של תלמידים
בעולם כולו ובישראל בפרט.

ומה נעשה בשטח, בבתי הספר, כדי לקדם תובנה זו בפני תלמידים, הורים, מנהלים יועצות ועוד?

חשוב שכל המורים ישאלו את עצמם את השאלות הבאות ואף שאלות נוספות... השאלות האלה הן רק דוגמאות:

האם קיימתם ערב של מגמת הכימיה עם ההורים ובפניהם?

האם צפיתם עם תלמידים בהרצאות מדעיות, בסרטונים, באנימציות, במשימות מתוקשבות ועוד, הקשורים לכימיה בחיי היומיום?

האם נעזרתם בתלמידי כיתות י"א, י"ב להצגת מגמת הכימיה בפני הדור הצעיר?

האם המצגת שלכם להצגת מקצוע הכימיה מעודכנת?

האם במסדרונות בית הספר ובכיתות - לא רק בתוך המעבדה לכימיה - יש פוסטרים שהכינו תלמידים?

האם חשפתם בפני תלמידים את אפשרויות התעסוקה וההתפתחות המקצועית לאחר תום לימודי כימיה בתיכון, בצבא ובאקדמיה בפרט?

האם שוחחתם עם מנהל בית ספרך על מגמת הכימיה ועל חשיבות לימודי הכימיה לעתידם של תלמידיך ולמדינת ישראל?

האם ב- 23 באוקטובר 2014 בשעה 18:02 ביצעתם פעילות מיוחדת עם תלמידים ביום המול?

האם יצאתם עם תלמידים לפעילות ערכית-כימית בקהילה הסמוכה לבית הספר?

האם השתתפתם עם תלמידים בכנס תלמידים ובתחרויות כימיאה, יש לנו כימיה ועוד? האם התייעצתם עם מורים עמיתים או עם מדריכים בסוגיה כיצד לחשוף את עולם הכימיה לתלמידים?

האם השתתפתם בשנתיים האחרונות בכנס הארצי של מורי הכימיה או בכנס החברה הישראלית לכימיה?

האם השתלמתם לאחרונה והתעדכנתם מעט בחזית המדע בכימיה, בפדגוגיה דיגיטלית ועוד?

האם שיתפתם עמיתים שלכם וחברים שהם מורים לכימיה במגוון הפעילויות שאתם מבצעים בהצלחה רבה בבית הספר, כדי לתרום להצלחה של המקצוע בבתי ספר אחרים? באיזה פורום נעשה השיתוף: בשיחה אישית/בכנס מורי הכימיה בחנוכה/בעלון על-כימיה/באתר אינטרנט או בפורום רלוונטי?

למה כימיה?



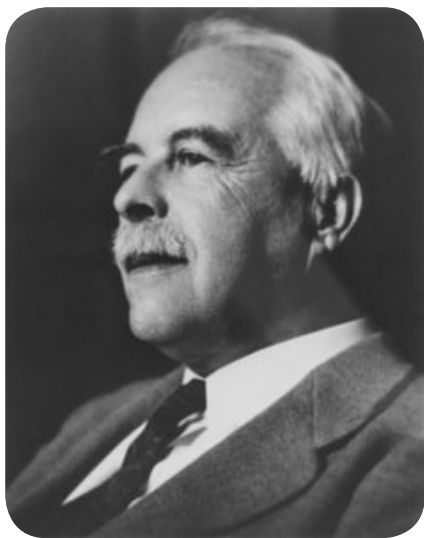
מורים יקרים, אני מציינת אתכם אפילו דאגה רבה ככל האפשר

אמקצוף לשלוא במפגל פגח דאגה

כימיה

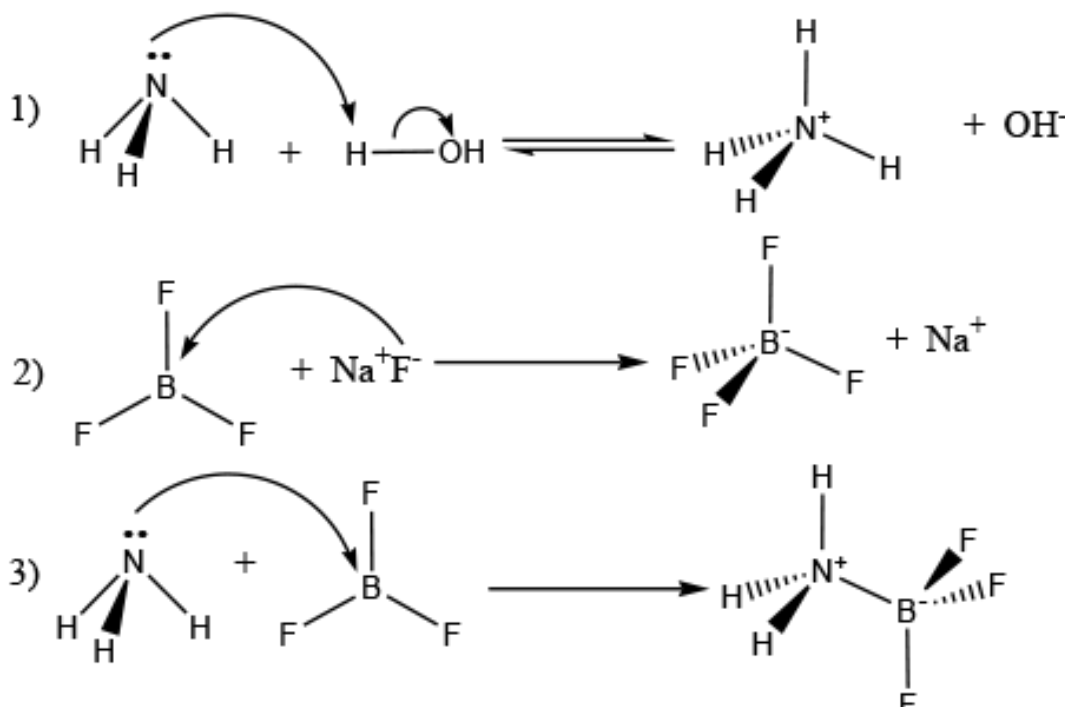
זוגות מתוסכלים מניעים את הכימיה: FLP

ד"ר עבד עזב, מורה לכימיה בבי"ס עירוני ד' תל-אביב-יפו וחוקר באגודת הגליל



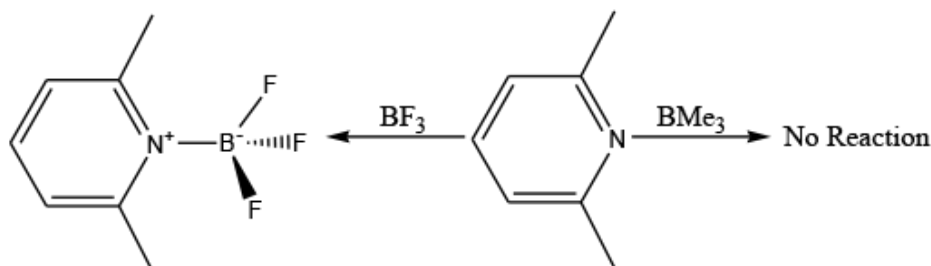
Gilbert N. Lewis

אחת המיומנויות הבסיסיות ביותר הנדרשות מלומדי הכימיה היא הצגת "נוסחאות לואיס" של מולקולה או יון מסוים. כידוע, נוסחאות אלה נקראות על שמו של ממציאן, Gilbert N. Lewis (1875-1946). לואיס היה כימאי פיזיקלי שתרם תרומות חשובות ביותר למדע. מחקרו החשוב ביותר הניב את התאוריה של הקשר הקוולנטי, אבל - וזו נקודה ידועה פחות אודותיו - הוא הציג בשנת 1908 תורת יחסות (דואליות של מסה-אנרגיה) בצורה שונה מזו של א. איינשטיין. לענייננו, תרומה חשובה נוספת פרי מוחו של לואיס הייתה נוסחאות-הנקודות של החלקיקים (מולקולות או יונים) השונים. הוא גם קבע כי חומרים שיכולים לקלוט זוג אלקטרונים יגיבו כחומצות, ואילו חומרים שיכולים לתרום זוג אלקטרונים יגיבו כבסיסים:



איור מספר 1: בסיס לואיס וחומצת לואיס

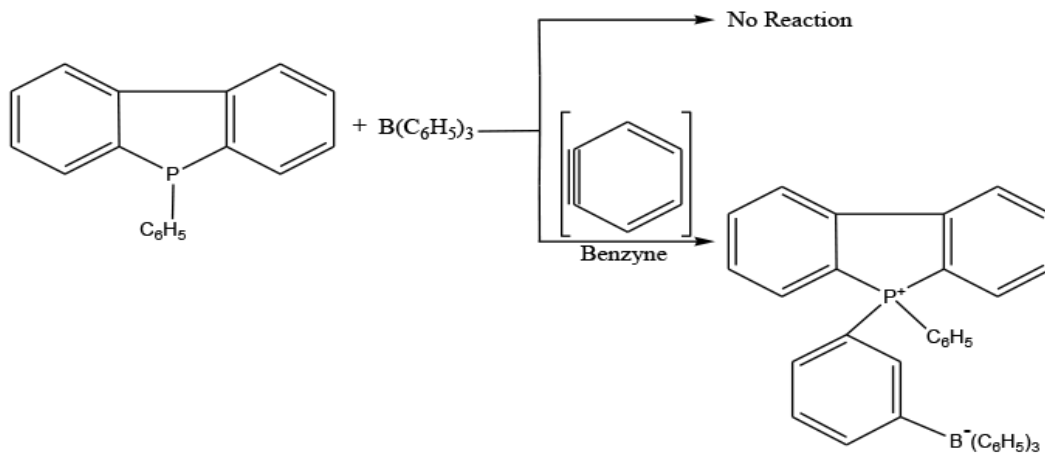
בשנת 1942 הבחינו הרברט בראון (H.C. Brown, אבי ההידרובורציות Hydroborations, חתן פרס נובל לכימיה בשנת 1979) ושותפיו כי כאשר ניסו להגיב לוטידין (Lutidine, 2,6-Dimethylpyridine) עם BF_3 , הוא אכן הגיב, והתקבל הצוותריון הצפוי. אבל כאשר הם ניסו את התגובה בין לוטידין לבין תלת-מתיל-בוראן, $\text{B}(\text{CH}_3)_3$, לא התרחשה תגובה:²



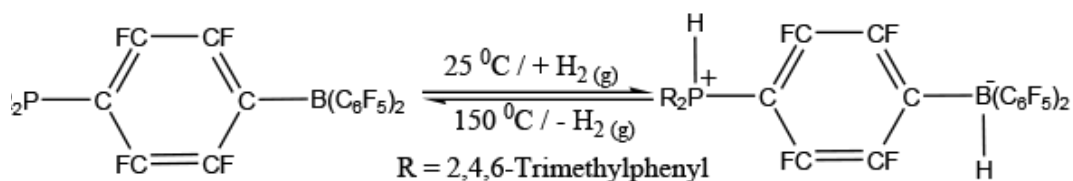
איור מספר 2: תגובה מוצלחת בין לוטידין ובור-טרי-פלוואריד ותגובה לא מוצלחת עם טרי-מתיל-בוראן

לימוד המערכת מבחינה אנרגטית ובעזרת מודלים מוליקולריים הביא את החוקרים למסקנה כי ההפרעה הסטרית של קבוצות המתיל בשני המגיבים היא זו שמנעה את האינטראקציה בין החנקן (בסיס לואיס) לבין הבור (חומצת לואיס). המחקר בנושא זה המשך על מי מנוחות אבל באופן קבוע ורציף. בשנת 1966 טבע הכימאי הגרמני W. Tochtermann את המונח "Antagonistisches Paar" - שפירושו "זוג יריבים" - לתיאור מצב שבו צמד של חומצת לואיס/בסיס לואיס אינם יכולים להגיב ישירות³, ומכאן הדרך הייתה קצרה למונח הנוכחי "זוג לואיס מדוכא" (Frustrated Lewis Pair, FLP). ומכיוון ש"בני הזוג" אינם יכולים להגיע זה אל זה, נמצא כי "התסכול" מביא לתגובות מעניינות כפי שרואים באיור 3³ בעמוד הבא.

פריצת הדרך הגדולה באה עם פרסום העבודה המשמעותית הראשונה של הכימאי הקנדי D. Stephan⁴ ועוזריו. ולפני שניציג את איור 4 המראה את התגובה החשובה בעבודה זו, נציין שכימאי זה הוא הדמות החשובה ביותר בחקר FLP, והוא חתום כמעט על מחצית מהמאמרים המדעיים והתגליות בתחום זה. תגובה זו הייתה תחילתו של עידן היישום של תופעת FLP, עידן שבו התופעה לא רק הדגימה היטב את החשיבות של הפרעה סטרית מסיבית, אלא גם נוצלה לשימושים נרחבים בסינתזה וקטליזה. לא רק תגובה עם חומרי ביניים לא יציבים כמו Benzyne (איור 3), אלא תגובה עם חומרים יציבים והפעלה של קבוצות פונקציונליות יציבות.

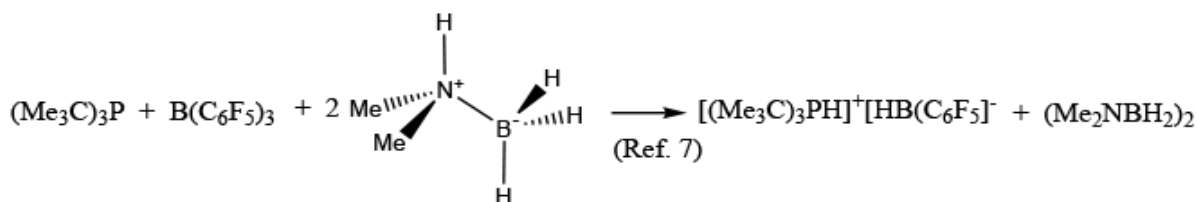
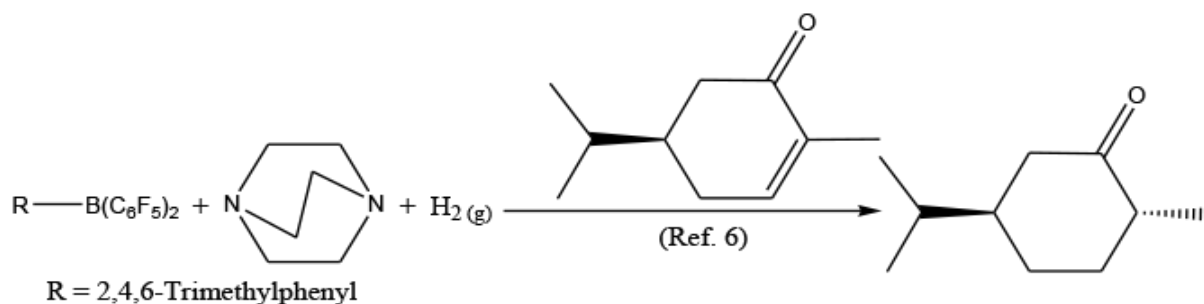
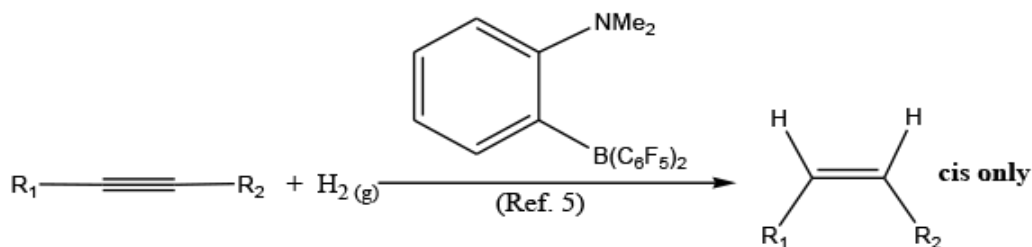


איור מספר 3: תגובה בלתי ישירה בין חומצת לואיס/בסיס לואיס של סיפוח Benzynes (חומר ביניים) ע"י FLP



איור מספר 4: רברבילות של סיפוח מימן חופשי על-ידי FLP*

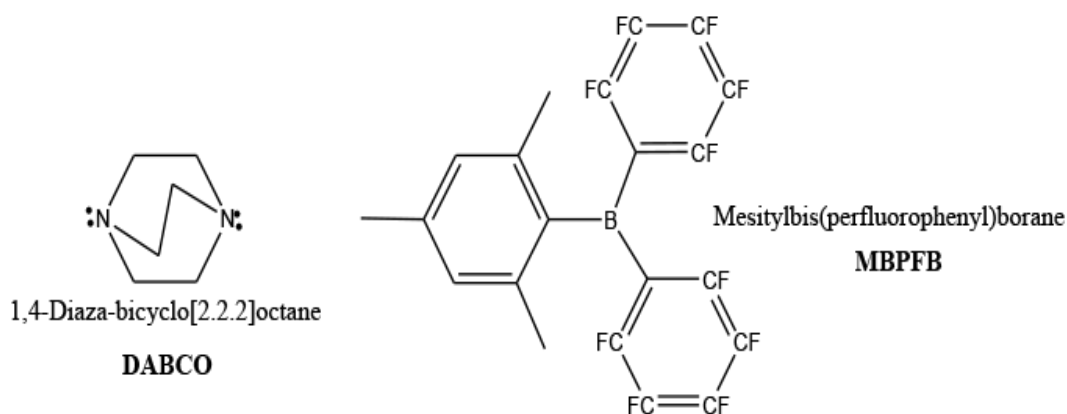
סיפוח מימן ושחרורו פתחו שער רחב מאוד אל הידרוגניציה קטליטית (סיפוח מימן) ללא מתכות מעבר. עשרות עבודות פורסמו בתחום זה⁵ שהתקדמו להידרוגניציה א-סימטרית⁶ (סינתזה של אננטיומרים נקיים ולא תערובות רצמיות) וכמובן לתגובת הדה-הידרוגניציה⁷ (אלימינציה של מימן).



איור מספר 5: הידרוגניציה, הידרוגניציה א-סימטרית ודה-הידרוגניציה בקטליזה של FLP

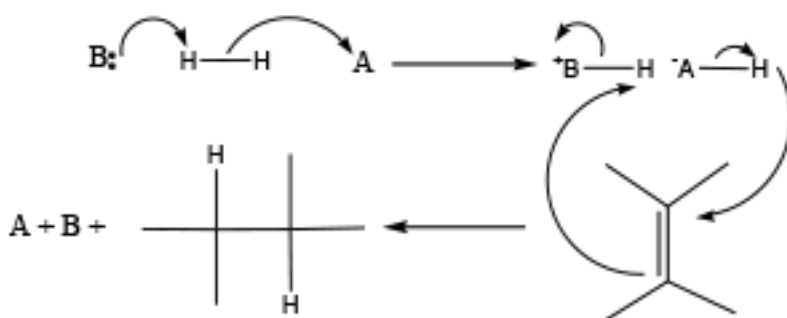
כדי להבין את הדינמיקה של שלוש התגובות שהובאו באיור 5 ואת ההישג המשמעותי בפיתוחן, נתייחס

הבור קיימת הפרעה סטרית מסיבית, והוא כמעט ואינו יוצר קשרים כלל, פרט לאטומים קטנים ביותר כמו מימן. נוכל לראות זאת באיור 8.



איור מספר 8: זוג לואיס טיפסי לתגובת הידרוגניציה א-סימטרית בשיטת FLP

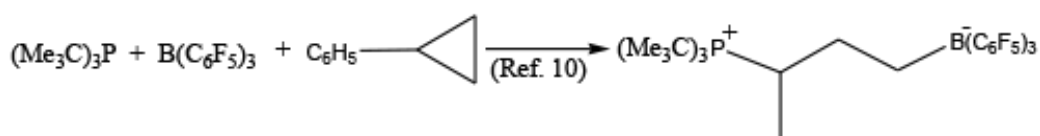
כדי "לראות" את המנגנון של התגובה (איור 9), נסמן את בסיס לואיס ב-B ואת תרכובת הבור (החומצה) ב-A.



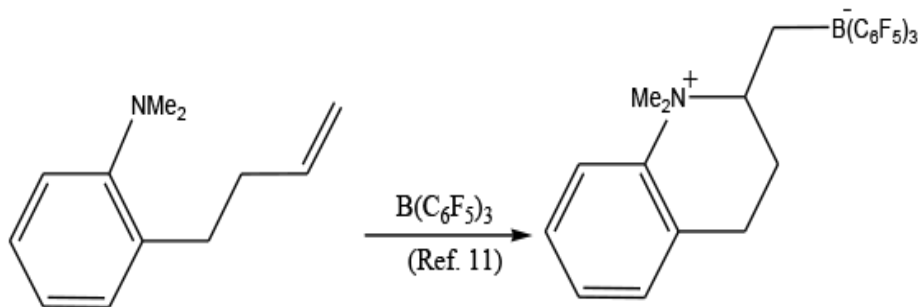
איור מספר 9: מנגנון תגובת הידרוגניציה א-סימטרית בשיטת FLP⁹

מכאן התקדמה הקטליזה בעזרת FLP בצעדים גדולים, וההתקדמות מתחזקת עם הזמן. נמצא כי קטליזה זו יעילה מאוד לביצוע מגוון רחב מאוד של תגובות שבוצעו קודם בשיטות אחרות. קטליזה בעזרת FLP החליפה בעיקר שיטות קטליזה קודמות שהתבססו על מתכות מעבר, שחלקן יקרות מאוד ו/או רעילות מאוד. בנוסף לכך קטליזה בעזרת FLP שינתה את התנאים של תגובות מסוימות, כך שבמקום לבצע אותן בתנאים קיצוניים (ריכוזים/לחצים/עודפים גבוהים מאוד), הן מבוצעות כיום בתנאים נוחים מאוד.

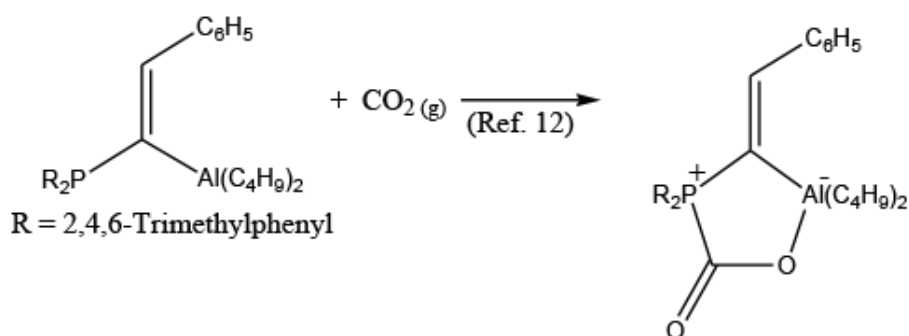
ונחתום במבחר של תגובות שבוצעו בקטליזה של FLP, לפי סדר כרונולוגי של הופעתן בספרות המדעית.



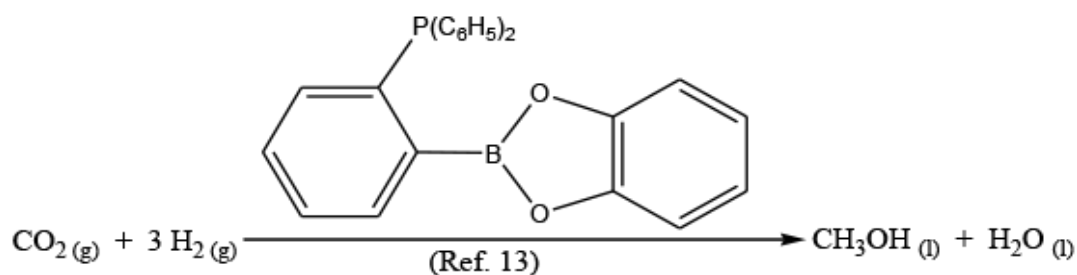
דוגמה 1: פתיחת טבעת ציקלופרופאן



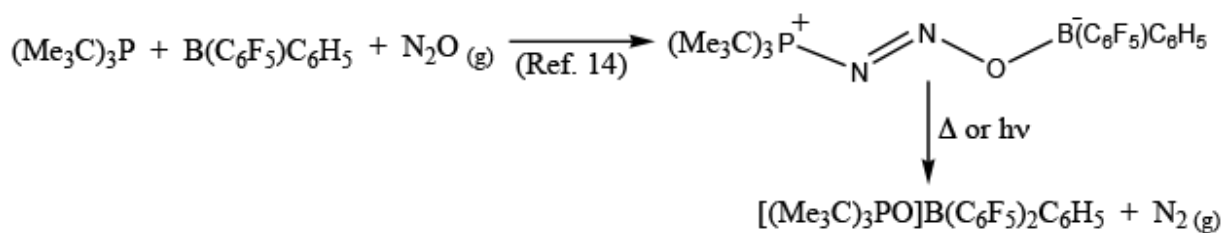
דוגמה 2: ציקליזציה תוך כדי סיפוח תוך-מולקולרי (Intramolecular) של אמין לאלקן (Alkene) או לאלקין (Alkyne)



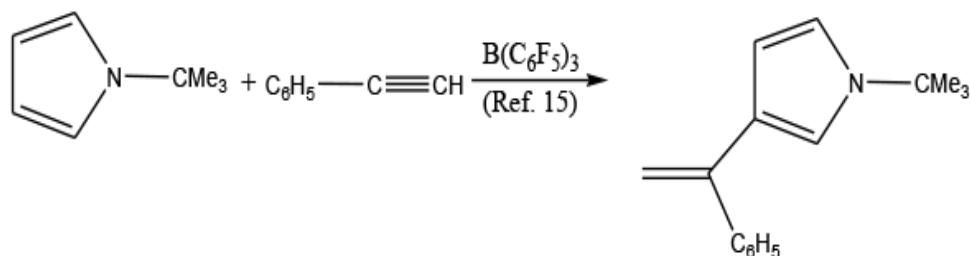
דוגמה 3: קיבוע פחמן-דו-חמצני תוך כדי שימוש באלומניום במקום בור כמרכז חומצת לואיס



דוגמה 4: חיזור פחמן-דו-חמצני למתנול



דוגמה 5: קיבוע חמצן-דו-חנקני (גז הצחוק) ופירוקו בתגובה ירוקה



דוגמה 6: סיפוח אלקינים לחומרים הטרוציקליים

לסיכום, ראינו את ההתפתחות המהירה מאוד של הכימיה של FLP. רוב הכימאים שעוסקים בתחום זה של הכימיה בפרט ושל קטליזה בכלל, מאוחדים בדעה כי הפוטנציאל של FLP רחוק מאוד ממיצוי, וכי יש אפשרויות רבות שטרם נחקרו.

הערות

הערות יתקבלו בברכה: abedazab@gmail.com

*אני ממליץ בחום לדפדף במאמר זה כי יש בו תמונה של המגיב ושל התוצר של תגובה זו עם הבדל ברור בצבעים.

מקורות

- 1) Lewis, G.; Valence and Structure of Atoms and Molecules; New-York: Chemical Catalogue, Company; 1923
- 2) Brown, H., et al.; J. Am. Chem. Soc.; 64(2); 1942; 325-9
- 3) Tochtermann, W.; Angew. Chem. Int. Ed. Engl.; 5(4); 1966; 355-375
- 4) Welch, G., et al.; Science; 314(5802); 2006; 1124-6
- 5) Chernichenko, K., et al.; Nat. Chem.; 5(8); 2013; 708-13
- 6) Feng, X., Du, H.; Tetrahedron Lett.; 55(51); 2014; 6959-64
- 7) Miller, A., Bercaw, J.; Chem. Commun.; 46(10); 2010; 1709-11
- 8) Ohshima, T., et al.; Chem. Eur. J.; 14(7); 2008; 2060-6
- 9) Stephan, D., et al.; Inorg. Chem.; 50(24); 2011; 12338-48
- 10) Morton, J., et al.; Chem. Commun.; 46(4); 2010; 8947-9
- 11) Voss, T., et al.; Chem. Eur. J.; 16(10); 2010; 3005-8
- 12) Appelt, C., et al.; Angew. Chem.; 50(17); 2011; 3925-8
- 13) Courtemanche, M-A., et al.; J. Am. Chem. Soc.; 136(30); 2014; 10708-17
- 14) Stephan, D., Erker, G.; Chem. Sci.; 5(7); 2014; 2625-41
- 15) Stephan, D.; Acc. Chem. Res.; 48(2); 2015; 306-16

המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים
 המרכז ע"ש ג'ורג' וביטריס שרמן
 DEPARTMENT OF EDUCATION IN TECHNOLOGY AND SCIENCE
 THE GEORGE AND BEATRICE SHERMAN CENTER



תכנית "מבטים" בטכניון להכשרת מורים לכימיה בדגש על "הפנים לעתיד"

פרופ' אורית חזן, דיקנית הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון
 ד"ר אורית הרשקוביץ, עמית הוראה בכיר וחוקרת בכירה, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון
 פרופ' יהודית דורי, ראש מסלול הוראת הכימיה, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון וחוקרת אורחת ב-MIT

הקדמה

צוהר לתחומי עניין רבים ומגוונים, המשמעותיים גם לחוסנה הכלכלי של מדינת ישראל. בשנים האחרונות אנו עדים למחסור הולך וגדל של מורים למקצועות אלה. סוגיית המחסור במורים למדע וטכנולוגיה מעסיקה את מקבלי ההחלטות במערכת החינוך בישראל ועולה לעתים קרובות לדיון במסגרות שונות.

המאמר מציג את המחסור הצפוי במורים לכימיה בישראל ואת תכנית "מבטים" - מדענים/מהנדסים בחינוך טכנולוגי-מדעי, שהושקה ע"י הטכניון לפני 4 שנים (בשנה"ל תשע"ב) כמענה לצורך לאומי בנושא זה. לימודי מדע וטכנולוגיה מהווים בסיס ידע הפותח

לדוגמה, בדיון שנערך בכנסת בפברואר 2012 על לימודי הכימיה בפריפריה, הציג יו"ר ועדת מקצוע הכימיה במשרד החינוך, פרופ' אהוד קינן, את הנתונים המדאיגים הבאים: בארץ חסרים כ-3,000 כימאים, ביישובי הפריפריה בדרום תלמידים כלל אינם ניגשים לבחינת בגרות במקצוע, מתוך קרוב ל-800 מורים לכימיה שגילם הממוצע הוא כ-50, רק 16 מורים לכימיה הם בני פחות מ-31. "חלק גדול מהמורים יפרוש כבר בשנה הקרובה, ואין מי שימלא את השורות", התריע פרופסור קינן. "למשרד החינוך אין תכנית לפתרון הבעיה. [...]. המחסור במורים זה לא כוח עליון, מישהו נרדם בשמירה ולכן אין מורים"¹.

נתונים על הוראת הכימיה בתיכון בישראל - תלמידים ומורים

הנתונים להלן נלקחו מדו"ח מוסד נאמן למחקר מדיניות לאומית שפורסם בנובמבר 2013:² מספר מורי המדעים והטכנולוגיה - מו"ט (למעט מתמטיקה) ירד מ-5,808 בשנת 1998 ל-5,503 בשנת 2010, ירידה של 5.3 אחוזים. מבין מקצועות המו"ט, ניכרה ירידה משמעותית במספר המורים לכימיה, לפיזיקה ולמדעי המחשב. במקצוע הכימיה ירד מספר המורים ב-18 אחוז, מ-891 בשנת 1998 ל-729 בשנת 2010.

מספר שעות ההוראה בכימיה ירד באופן ניכר בחינוך הממלכתי-עברי ובחינוך הממלכתי-דתי בשנים 2012-1996. לעומת זאת, בחינוך הערבי הוכפל מספר שעות הוראת הכימיה פי 2 ויותר בשנים אלו.

בחינוך העברי ירד שיעור בתי הספר המלמדים כימיה בשנים 1996-2012, והירידה ניכרת במיוחד בחינוך הממלכתי דתי, שבו שיעור התיכונים המלמדים כימיה ירד מ-43% ל-16%. בחינוך הערבי שיעור בתי ספר המלמדים כימיה נשאר יציב לאורך השנים והוא נע סביב ה-70%.

ממוצע הגילאים של מורי החטיבה העליונה בכלל ומורי המו"ט בפרט עלה במהלך השנים 1996-2012, כאשר אחוז המורים מעל גיל 55 עלה בשנים אלו, ואחוז המורים מתחת לגיל 35 ירד. הגיל הממוצע של מורי הפיזיקה והכימיה היה הגבוה ביותר בקרב מורי המו"ט בחטה"ע (ראו טבלה 1).

| גיל ממוצע | | | | שנה | סוג חינוך |
|-----------|---------|--------|-------|------|-------------|
| ביולוגיה | מתמטיקה | פיזיקה | כימיה | | |
| 42.8 | 43.7 | 45.4 | 43.6 | 1996 | ממלכתי-עברי |
| 48.1 | 47.4 | 50.5 | 50.9 | 2012 | |
| 40.3 | 41.2 | 43.5 | 43.2 | 1996 | ממלכתי-דתי |
| 44.2 | 43.4 | 49.3 | 45.2 | 2012 | |
| 35.9 | 35.7 | 35.1 | 35.8 | 1996 | ממלכתי-ערבי |
| 40.1 | 38.6 | 42.0 | 40.1 | 2012 | |

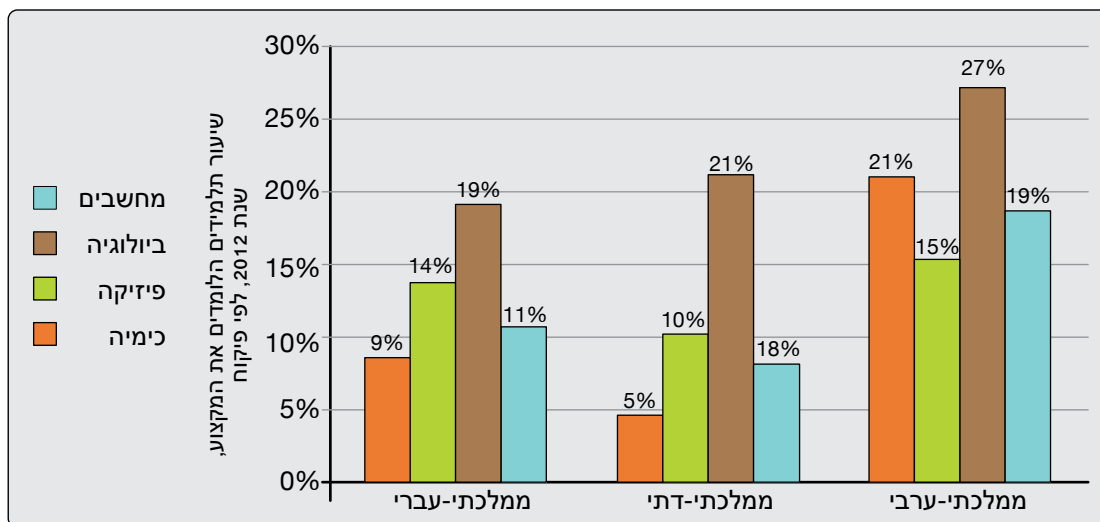
טבלה 1: גילם הממוצע של מורי המדעים בחטיבה העליונה, 2012-1996

מקור: מעובד על-פי **מגמות בהוראת מתמטיקה ומדעים בחטיבה העליונה, 2012-1996**.

נתון חשוב נוסף שנמצא בשנים אלו הוא אחוז המורים שלהם תואר ראשון בכימיה ו/או תעודת הוראה במקצוע. רק 31.3% מהמורים לכימיה היו בעלי תואר ראשון במקצוע ותעודת הוראה, כאשר 21.6% ממורי הכימיה היו בעלי תואר ראשון במקצוע ללא תעודת הוראה ו-47.2% היו בעלי תואר ראשון במקצוע אחר. בזמן בשנת 2009 היו 22.4% מהמורים לכימיה בעלי תואר שני לפחות.

1 ישראל 2012: משבר חמור בתחום הכימיה - "מעריב" המהדורה האלקטרונית
2 החינוך המדעי והטכנולוגי בישראל: מדדים נבחרים לקראת בניית אסטרטגיה לניהול סיכונים בשל המחסור הצפוי במורים למדע וטכנולוגיה בחטיבה העליונה

הנתונים הנ"ל משפיעים באופן ישיר על אחוז התלמידים הניגשים לבגרות במקצועות המו"ט. ב-2009 ניגשו לבגרות בכימיה 6.1% בלבד מתלמידי החינוך הממלכתי-עברי, 2.3% מתלמידי החינוך הממלכתי-דתי ו-18.2% תלמידי החינוך הממלכתי-ערבי. בהודעה לעיתונות של הלמ"ס - "מגמות בהוראת מתמטיקה ומדעים בחטיבה העליונה, 1996-2012" פורסמו בין השאר נתונים של אחוז התלמידים הלומדים ביולוגיה/כימיה/מחשבים/פיזיקה בחטיבה העליונה (ראו תרשים 1). בפרט אחוז הלומדים כימיה בתיכון (בתרשים 1 - עמודה שמאלית בכל מערכת חינוך) ב-2012 נע בין 5% בחינוך הממלכתי-דתי, דרך 9% במגזר הממלכתי-עברי ועד 21% בחינוך הממלכתי-ערבי.



תרשים 1: אחוז התלמידים הלומדים ביולוגיה/כימיה/מחשבים/פיזיקה בחטיבה העליונה בשנת 2012, לפי סוג החינוך

המחסור הצפוי במורים לכימיה

בדו"ח של מוסד נאמן למחקר מדיניות לאומית שפורסם בנובמבר 2013: **החינוך המדעי והטכנולוגי בישראל: מדדים נבחרים לקראת בניית אסטרטגיה לניהול סיכונים בשל המחסור הצפוי במורים למדע וטכנולוגיה בחטיבה העליונה**, עולה תמונה מדאיגה. הנתונים מצביעים על כך שאם מדינת ישראל שואפת להגדיל את מספר התלמידים הלומדים את מקצועות המו"ט, צפוי מחסור במורים, ויש להכשיר מורים ומורות רבים יותר בעלי רקע אקדמי מתאים ותעודת הוראה. על-מנת להתמודד בצורה מושכלת עם מחסור צפוי זה במורים למקצועות המו"ט בכלל ולכימיה בפרט, נבנו על סמך הנתונים הנ"ל ונתונים נוספים שלושה תרחישים.

תרחיש א': אחוז התלמידים הלומדים את מקצועות המו"ט אינו משתנה (אך מספרם גדל);

תרחיש ב': אחוז התלמידים הלומדים את מקצועות המו"ט גדל במעט;

תרחיש ג': המצב שאליו שואף משרד החינוך ברוח התכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית" ושלפיו לפחות 25% מכלל התלמידים לומדים מקצוע מדעי/טכנולוגי ברמה של 5 יח"ל נוסף על מתמטיקה.

מסתבר שאם אחוז התלמידים הלומדים את מקצועות המו"ט נשאר ללא שינוי, אין מחסור במורים. עובדה זו נובעת מהעובדה שכל המורים מלמדים את כל התלמידים הלומדים; עם זאת יש להביא בחשבון כי לחלק גדול מהמורים אין תואר במקצוע ו/או תעודת הוראה.

בתרחיש ב' (שעל-פיו מוכפל אחוז הלומדים פיזיקה, כימיה, מדעי המחשב ואחוז הלומדים מקצועות טכנולוגיים גדל ב-50%), קיים מחסור במורי פיזיקה, כימיה והמקצועות הטכנולוגיים כבר כיום.

בתרחיש ג' הרצוי, שבו רבע מהתלמידים לומדים פיזיקה ו/או כימיה ו/או מדעי המחשב, המחסור במורים בכל המקצועות המדעיים (פרט לביולוגיה) הולך וגדל. בטבלה 2 מוצגים נתוני המודל ביחס למחסור מורים לכימיה.

3 מקור: מניב, ע' (2012, 15/2). ישראל 2012: משבר חמור בתחום הכימיה, NRG מעריב. <http://www.nrg.co.il/online/1/ART2/337/154.html>

| שנה | תרחיש א' 8% מהתלמידים לומדים כימיה בתיכון | תרחיש ב' 18% מהתלמידים לומדים כימיה בתיכון | תרחיש ג' 5% מהתלמידים לומדים כימיה בתיכון |
|------|---|--|---|
| 2015 | 157 | -459 | -891 |
| 2016 | 138 | -487 | -925 |
| 2017 | 118 | -516 | -960 |
| 2018 | 99 | -543 | -992 |
| 2019 | 79 | -570 | -1,025 |
| 2020 | 60 | -598 | -1,058 |

טבלה 2: מחסור מורים לכימיה ב-3 תרחישים

גישתו הפדגוגית של הטכניון - תכנית "מבטים"

כמענה למחסור הצפוי במורים במקצועות המו"ט בכלל וכימיה בפרט, הציע הטכניון גישה פדגוגית לנושא בהשיקו לפני 4 שנים (בשנת תשע"ב) את תכנית "מבטים" - מהנדסים/מדענים בחינוך טכנולוגי מדעי. במסגרת תכנית "מבטים" שבים בוגרי הטכניון ללמוד בטכניון תואר ראשון נוסף בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה. המצטרפים לתכנית מקבלים מלגת שכ"ל מלאה מהטכניון ל-4 סמסטרים ללימודי תואר ראשון נוסף בהוראת מדע וטכנולוגיה (כ-36 נקודות). התואר כולל תעודת הוראה לבתי ספר על יסודיים באחד מהתחומים הבאים: מתמטיקה, פיזיקה, כימיה, ביולוגיה, מדעי המחשב, מדעי הסביבה, טכנולוגיה - מכונות, וחשמל ואלקטרוניקה. הבוחרים ללמוד בתכנית אינם מחויבים לעסוק בהוראה עם סיום לימודיהם ויכולים לבחור בחינוך בעיתוי המתאים להם. היות שהידע הנרכש בתואר רלוונטי וחשוב גם בתעשיית ההיי-טק ובאקדמיה, גם בוגרים/ות המחליטים לא להשתלב במערכת החינוך, יתרמו לחוסנה של ישראל.

מסתבר שתכנית "מבטים" אטרקטיבית מאוד לבוגרי הטכניון. עד היום התחילו ללמוד בתכנית 322 בוגרים ובוגרות של הטכניון. הנתונים הדמוגרפיים של הלומדים בתכנית מצביעים על כך שהתכנית אטרקטיבית במיוחד לקהלים שבאופן מסורתי אינם בוחרים בחינוך, אך מוצאים בתכנית "מבטים" הזדמנות להגשים חלום ולתרום למערכת החינוך בישראל. כך למשל, 60% מהסטודנטים ב"מבטים" הם גברים; כ-50% סיימו בהצטיינות תואר ראשון טכניוני, וכ-15% מהם בעלי תואר שני או שלישי. במסלול הוראת כימיה בפרט התחילו ללמוד עד היום 49 סטודנטים: בשנה"ל תשע"ב - 7 סטודנטים; בשנה"ל תשע"ג - 7 סטודנטים; בתשע"ד - 10, ובתשע"ה - 25. מעניין לשים לב לגידול המשמעותי במספר הלומדים במסלול הוראת כימיה בשנה"ל הנוכחית.

על-פי הנתונים שבידינו, כ-50% מהסטודנטים ב"מבטים" מלמדים במערכת החינוך (במקביל ללימודים או לאחר סיום התואר). כך בוגרי "מבטים" עשויים לצמצם בהדרגה את המחסור הצפוי במורים למדע וטכנולוגיה בכלל ובמורים לכימיה בעלי השכלה מתאימה להוראתה בפרט.

תכנית "מבטים" היא רק דוגמה אחת המשקפת את החשיבות שמייחס הטכניון לחינוך למדע וטכנולוגיה בכלל ולהשתלבות בוגרי הטכניון גם במערכת החינוך לצד מנהיגותם הכלכלית, הטכנולוגית וההנדסית.

קורסי הוראת הכימיה בטכניון - דגש על שילוב החידושים והעדכונים בהוראת הכימיה והתאמה להוראה בקבוצות גדולות

מבוא - מסלול הוראת הכימיה בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון

מסלול הוראת הכימיה קיים בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון מאז הוקמה הפקולטה. במהלך 25 השנים האחרונות הוקמה, בראשותה של פרופ' יהודית דורי, קבוצת הכימיה אשר חלק מחבריה הנם חברי סגל באוניברסיטאות, חלקם פעילים בוועדות מקצועיות לשם קבלת החלטות על תכניות לימודים בישראל, ורבים מהם כיהנו ומכהנים בתפקידי מפתח במשרד החינוך ובמסגרות חינוך שונות. חברי הקבוצה פעילים ומעורבים במסלול הוראת הכימיה בפקולטה בשלושה תחומים עיקריים: פיתוח יחידות לימוד - במסגרת תכנית הלימודים החדשה בכימיה פותחו בעשור האחרון שש יחידות לימוד: אנרגיה בקצב הכימיה, טעם של כימיה, כימיה מכל וחול - מרמת הננו למיקרואלקטרוניקה, ביוכימיה: הכימיה של חלבונים וחומצות גרעין, הכל כימיה - ניתוח מאמרים מדעיים מעובדים וחקר אירועים, ניסוי חקר ממוחשבים. כמו כן פותחה יחידת לימוד במדעים הנלמדת במסגרת מוט"ב - איכות האוויר סביבנו. בשנתיים האחרונות פותחו חומרי לימוד דיגיטליים בכימיה בסביבת Lnet - מקוונים לכימיה.



פיתוח מקצועי של מורי כימיה ומדעים - במסגרת זו מתקיימים כל שנה 3-4 השתלמויות למורי כימיה ומדעים, הן השתלמויות מרוכזות במהלך חופשת הקיץ והן השתלמויות מתמשכות במהלך השנה. סיוע במחקרים של משתלמים לתארים גבוהים בכימיה ומדע, ולכל המחקרים יש היבט יישומי ותרומה לשטח. ממצאי המחקרים מיושמים ומוטמעים בלימודי הכימיה בעשורים האחרונים.

קורסי הכשרה להוראת הכימיה - במסגרת זו קיימים שלושה מסלולים עיקריים: תואר ראשון בהוראת הכימיה, תואר ראשון נוסף בהוראת הכימיה (עבור סטודנטים הלומדים במקביל תואר ראשון בתחום מדעי המשיק לתחום הכימיה) ותעודת הוראה (לבוגרי תואר ראשון בטכניון או במוסדות אקדמיים אחרים). בתום כל אחד ממסלולים אלו ניתן להמשיך גם לתארים גבוהים ולשלב מחקר.

מטרות ועקרונות קורסי המתודיקה בהוראת הכימיה

קורסי ה'לבה' במסלול הוראת הכימיה כוללים: שני קורסים בפסיכולוגיה, ארבעה קורסים בפדגוגיה ומתודיקה בהוראה, ארבעה קורסים בפדגוגיה ומתודיקה בהוראת הכימיה, שלושה קורסים הקשורים בהתנסות בהוראת הכימיה והכוללים גם הוראה בבתי ספר בהנחיית מורי כימיה מנוסים, וקורסי בחירה המשלבים יישום ומחקר בהוראת הכימיה.

העיקרון המנחה של ההוראה בקורסי המתודיקה בכימיה הוא הוראה מדגימה וסדנאית והתאמה לחידושים ועדכונים האחרונים בהוראת הכימיה. במסגרת זו משולבים באמצעות פעילויות ברמת התלמידים ודין פדגוגי ברמת המורה ההדגשים הבאים:

- אוריינות כימית ומהות הכימיה - הבנת תופעות ותהליכים המתרחשים בעולם סביבנו בארבע רמות ההבנה בכימיה: הרמה המאקרוסקופית, הרמה המיקרוסקופית, רמת הסמל ורמת התהליך.
- קישור הכימיה לחיי היומיום באמצעות קריאה ביקורתית של מאמרים מדעיים מעובדים וחקר אירועים.
- שילוב מודלים, הדמיות מולקולריות, גישת החקר ויישומה בהדגמות וניסויים.
- שילוב סביבות למידה עתירות טכנולוגיה במטרה לעודד אוריינות מדעית וטכנולוגית.

כדי לאפשר לסטודנטים, פרחי ההוראה בכימיה, היכרות רחבה ככל האפשר עם קהיליית מורי כימיה, משתתפים הסטודנטים בכנס הארצי למורי כימיה הנערך מדי שנה במכון ויצמן בחופשת חנוכה. הסטודנטים מגיעים עם הסעה מאורגנת וממומנת מהטכניון, משתתפים בפעילויות השונות בכנס המהווה מפגש לא פורמלי עם מורים בכל רחבי הארץ וחשיפה להדגשים האחרונים בהוראת הכימיה. כמו כן, במסגרת שיתוף הפעולה של קבוצת הכימיה בטכניון וצוות הקורס עם הפיקוח על הוראת הכימיה, מגיעה מפמ"רית כימיה, ד"ר דורית טייטלבוים, לטכניון לשיחה והיכרות עם הסטודנטים בקורס. הסטודנטים מציינים כל שנה את החשיבות הרבה של פעילויות אלו.

קורס "דרכי הוראת הכימיה" הוא קורס מרכזי במסלול ומחולק לשני קורסים סמסטריאליים. מטרות הקורס כוללות:

- היכרות עם תכנית הלימודים - רציונל, תכנים, מיומנויות. במסגרת זו משולבים העדכונים בתחום כגון: סמכי ההלימה, תכנית 30-70 הכוללת את נושאי ה'לבה' בכימיה, שעליהם נבחנו התלמידים בבחינת בגרות חיצונית, ונושאי ההעמקה שעליהם מוערכים התלמידים בהערכה חלופית פנימית.
- תכנון ויישום הדגמות וניסויי חקר בכימיה כחלק מההוראה תוך כדי מתן משוב ביקורתי במסגרת הערכת עמיתים.
- תכנון ופיתוח פעילויות הוראה בנושאי תכנית הלימודים בכימיה והתמודדות עם קשיים צפויים של תלמידים.

הקורס כולל שילוב של תכנים, דרכי הוראה בכיתה ודרכי הוראה במעבדה כפי שניתן לראות באיורים 1 ו-2 להלן.



דרכי הוראה במעבדה

- התנסות בפועל עם תכנון, ביצוע ורפלקציה על הדגמת ניסוי בכימיה.



דרכי הוראה בכיתה

- שילוב רמות הבנה בכימיה, מודלים שונים כולל הדמיות מולקולריות ממוחשבות ומגוון מיומנויות חשיבה בכימיה.
- התמודדות עם קשיים ומושגים מוטעים של תלמידים.



תכנים

- היכרות וניתוח יחידות הוראה ומשימות הערכה בנושאים: מבנה וקישור בכימיה וחישובים סטוכיומטריים.

איור 1: הדגשים בקורס דרכי הוראת הכימיה 1



דרכי הוראה במעבדה

- התנסות בפועל עם תכנון, ביצוע ורפלקציה על ניסוי חקר כולל ניסוי חקר ממוחשב.



דרכי הוראה בכיתה

- שילוב רמות הבנה בכימיה, ייצוגי מידע (מולקולריים, טבלאות וגרפים) ומגוון מיומנויות חשיבה בכימיה. כולל הדמיות מולקולריות ממוחשבות ומגוון מיומנויות חשיבה בכימיה.
- התמודדות עם קשיים ומושגים מוטעים של תלמידים.



תכנים

- היכרות וניתוח יחידות הוראה ומשימות הערכה בנושאים: חומצות ובסיסים, חימצון-חיזור וכימיה של מזון.

איור 2: הדגשים בקורס דרכי הוראת הכימיה 2

הפעילויות השונות בקורס כוללות גם את החידושים העדכניים ביותר בהוראת הכימיה. כך לדוגמה, משולבים השנה מגוון של משימות מתוקשבות ומשימות הערכה שפותחו בטכניון ובמכון ויצמן במסגרת המרכז הארצי למורי כימיה, משימות אורייניות שפותחו במשרד החינוך במסגרות שונות ומתאימות להוראת הכימיה (בעיקר בכיתות ט ו-י) וחומרי לימוד דיגיטליים בכימיה שפותחו לאחרונה בטכניון.

שילוב דרכי הוראה במעבדה מהווה את אחד המרכיבים המרכזיים בקורסי הוראת הכימיה וכולל ביצוע ניסויים והדגמות, הן בהנחיית צוות הקורס והן בהנחיית הסטודנטים. היבט זה מהווה אתגר בשנים האחרונות, שבמהלכן גדל מספר הסטודנטים במסלול הוראת הכימיה בצורה משמעותית בעקבות תכנית "מבטים". כך לדוגמה, השנה משתתפים בקורס 44 סטודנטים! מתוכם 37 הם בתכנית מבטים. כדי לשמור על עקרונות הקורס, נפתחו השנה שתי קבוצות תרגול המאפשרות לסטודנטים גם התנסות בטיחותית במעבדה וגם יכולת ביטוי אישית. ההתארגנות בפעילויות השונות בקורס הותאמה גם כן לקבוצה הגדולה תוך כדי שילוב פעילויות בצוותים והערכה המביאה ליד ביטוי הערכה אישית, הערכה בזוגות והערכה צוותית כפי שיפורט בהמשך.



דרכי הערכה בקורסי המתודיקה בהוראת הכימיה

דרכי ההערכה בקורס מגוונות ומביאות לידי ביטוי את העקרונות שנלמדו ונידונו בקורס ואת ידע התוכן הפדגוגי (PCK) והטכנולוגי (TPACK) הנדרש ממורים העומדים להשתלב במערכת החינוך כמורים לכימיה. דרכי ההערכה כוללות:

הערכה אישית - מתבצעת באמצעות מבחן ידע תוכני ופדגוגי. במסגרת זו הסטודנטים עונים על שאלות מבחינת הבגרות בכימיה "בזמן אמת" (ביום בחינת הבגרות הארצי) ומתנסים במבחן כתלמידים. למבחן מצורף גם מרכיב פדגוגי המתייחס להיבט שלהם כמורים (התייחסות לקשיים צפויים בשאלה/ות מהבחינה, הרחבת שאלה קיימת וכדומה).

הערכה בזוגות - מתבצעת על ידי הצגת נושא בכימיה באמצעות הדגמה (בקורס דרכי הוראת הכימיה 1) או ניסוי חקר (קורס דרכי הוראת הכימיה 2) והגשת דוח מסכם רפלקטיבי.

הערכת צוותית - מתבצעת באמצעות שיתוף פעולה של 3-4 סטודנטים בפרויקט מסכם בהיקף מוגבל. פרויקטים אלו הם מגוונים והשתנו לאורך השנים בהתאם לחידושים בשטח. להלן דוגמאות לפרויקטים שביצעו סטודנטים בקורס בשנים האחרונות:

- ❑ התמודדות המורים עם שאלה שאינם יודעים את התשובה עליה - פנייה לאתר בשער
 - ❑ פיתוח פעילות לתלמידים מבוססת מאגרי מידע ממוחשבים בהוראת הכימיה
 - ❑ פיתוח פעילות לתלמידים סביב מעבדה וירטואלית
 - ❑ תכנון יחידת הוראה המשלבת שיטות הוראה חדשניות בכימיה
 - ❑ פיתוח חקר אירוע משולב מגוון מיומנויות חשיבה
 - ❑ פרויקט בהדמיה מולקולרית
 - ❑ פיתוח פעילות לתלמידי חט"ב לעידוד הוראת הכימיה
 - ❑ מיפוי יחידת לימוד, פרק ופעילות בתכנית הלימודים החדשה בכימיה.
- בסמסטר זה הפרויקט מתמקד בפיתוח פעילויות אורייניות מבוססות אנימציות ממוחשבות.

מטרות ועקרונות קורס התפתחויות בהוראת הכימיה

הקורס התפתחויות בהוראת הכימיה הוא סמינר המתמקד בהתפתחויות אחרונות בהוראת הכימיה הן בהיבט פדגוגי והן בהיבט מחקרי. לדוגמה, נדונים נושאים כגון אוריינות מדעית, ויזואליזציה, למידה בהקשר, שילוב ייצוגים חזותיים ומילוליים בהסברים, חשיבה על חשיבה בהוראת הכימיה, דרכי הערכה מגוונות ושילוב טכנולוגיות חדישות התומכות בתכניות לימודים בכימיה. לדוגמה, בנושא שילוב טכנולוגיות דנים בהוראה באמצעות מודלים ממוחשבים, מעבדות ממוחשבות ולמידה באמצעות פורום. בסמינר הסטודנטים קוראים ומנתחים מחקרים הדנים בהוראת הכימיה בישראל ובעולם ומפתחים פעילויות מתאימות לשדה ההוראה.

הקורס מיועד לשני סוגי אוכלוסיות:

1. פרחי הוראה וסטודנטים בתכנית "מבטים" הנמצאים לקראת סיום לימודיהם ולפני יציאתם לשדה ההוראה.

2. מורי כימיה או מדעים הלומדים לתואר מסטר או דוקטורט.

הערכת הסטודנטים מבוססת הן על פעילויות ביחידים והן על עבודה בצוותים. פעילויות ביחידים כוללות: השתתפות בדיונים על מאמרים בכיתה ובפורום הסטודנטים באתר הקורס, משימות כיתה ובית המתמקדות בפיתוח משימה קצרה לתלמידים או בנושא מידול תופעה או מערכת, הצגת תיק עבודות הכולל את כל הפעילויות שביצעו הסטודנטים במהלך הקורס.

פעילויות בצוותים כוללות: חיפוש ובחירת חמישה מאמרים שפורסמו בשנתיים האחרונות בעיתונות של הוראת הכימיה ו/או הוראת מדעים המתמקדים בנושא אחד מתוך מכלול הנושאים הנלמדים בכיתה. סיכום המאמרים במצגת, הן באופן מילולי והן בדיאגרמה או סכמה, הצגתם בכיתה והנחיית הדיון עם העמיתים. בתום הקורס הסטודנטים - הן של תואר ראשון והן של תכנית "מבטים" המהווים את מורי הכימיה בעתיד הקרוב - מקבלים "טעימה" מעולם המחקר. המטרה היא לעודדם לבחור בהמשך דרכם בהוראה, וכן לעודדם לחזור וללמוד לתואר גבוה לאחר שיצברו ניסיון בשדה החינוך. המורים המשתתפים בקורס והלומדים לתואר שני או שלישי נחשפים למחקרים העדכניים בהוראת הכימיה ויכולים לגוון את שיטות ההוראה והערכה שלהם.



הוראה בדרך החקר בסגנון TEMI

חנין בשארה, מורה לכימיה בבית חינוך ומדעים תיכון ג'לג'וליה. סטודנטית לתואר שני במכון ויצמן למדע במסגרת תכנית רוטשילד ויצמן.

הוא פרויקט אירופי שמכון ויצמן למדע משתתף בו, ובפרויקט מדגישים ומציגים את הוראת החקר בצורה מאוד מעניינת, שונה, מרהיבה, מעודדת מוטיבציה וסקרנות. פעילות החקר מתחילה בסיפור מסתורין שמאתגר את התלמידים ומלווה אותם לאורך כל הניסוי.

זו הפעם הראשונה שחוויתי בעצמי את החוויה המרהיבה, המעניינת והמסקרת של ניסויי TEMI, ומיד התחברתי והתאהבתי בשיטה החדשה. בשבוע שאחרי העברתי את ניסוי "החול מחול",

אני בשארה חנין מטירה שבמשולש, מורה לכימיה בבית חינוך ומדעים תיכון ג'לג'וליה. את התואר הראשון בכימיה תרופתית סיימתי באוניברסיטת בר-אילן והתחלתי לעבוד כמורה. השנה התחלתי ללמוד לתואר שני במכון ויצמן למדע בתכנית רוטשילד-ויצמן. הציפיות שלי היו ללמוד דברים חדשים ולרכוש כלים שיעזרו לי בעבודתי כמורה וכך אוכל לקדם את תלמידיי. אכן כך היה, זכיתי! בסמסטר הראשון בקורס הוראה בדרך חקר בהנחייתן של ד"ר דבורה קצביץ' וד"ר רחל ממלוק-נעמן נחשפתי לפרויקט חדש שנקרא TEMI (ראו מסגרת). TEMI

פרויקט TEMI (Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated), הוא פרויקט אירופי שבו משתתפים 13 מוסדות אקדמיים ברחבי אירופה, ביניהם המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע.

מטרת הפרויקט היא לשפר את הוראת המדעים על-ידי העצמת המורים, פיתוח חומרים ושיטות הוראה/למידה, שכוללים שימוש בטכניקות מעולם הדרמה, וכל זאת לשם העלאת המוטיבציה ללמידה בכלל וללמידה בדרך החקר בפרט.

עיקרי הפילוסופיה של הפרויקט הם אלה:

- לעורר סקרנות אצל תלמידים בעקבות הצגת תופעות מעניינות וסיפורי המסתורין.
- לפתח אצל המורים מיומנויות הצגה בכיתה (Showmanship).
- לעודד את התלמידים לבצע חקר בעקבות הצגת תופעה מעניינת או סיפור המסתורין כאשר המודל המנחה את החקר הוא - 5E's (Engage, Explore, Explain, Extend & Evaluate).
- להעביר למורים בהדרגתיות את האחריות לפיתוח ולהפעלת פעילויות TEMI, ומצדם של המורים - להעביר בהדרגתיות את האחריות לתלמידים בתהליך החקר.

שהתלמידים טעמו את המתיקות וחשו את הצבעוניות המקסימה של שיטה חדשה זו, אין הם רוצים ניסויים רגילים וסטנדרטים שאליהם התרגלו. הבקשה שלהם הייתה שמהיום ילוו כל ניסוייהם בסיפורי מסתורין, ויותר מזה - הם התחילו לפתח בעצמם סיפורים שיתאימו לניסויים ספציפיים, סיפורים שאני עצמי לא הצלחתי לחבר לניסויים אלה. זה בפני עצמו דבר אדיר אשר מצביע על התעניינות הרבה של התלמידים בסוג זה של ניסויים.

ב-2015.2.24 התקיים הכנס השני של תלמידי הכימיה בטירה, ובו השתתפו כמה בתי ספר וביניהם בית הספר שלנו בגלג'וליה. הכנס אורגן על-ידי פאדיה חטיב במסגרת הפרויקט של כנסים אזוריים לתלמידים. ביום זה הציגו התלמידים מכל בית ספר כמה ניסויים, וגם התלמידים שלי הציגו ניסויים, אך הם הציגו אותם ברוח של TEMI והצליחו לספר סיפור לכל ניסוי שבחרו לבצע. הם סיפרו את הסיפורים בצורה מעניינת ביותר והצליחו למשוך את תשומת לבם של התלמידים האחרים. התעניינותם של התלמידים בניסויים שהתלמידים שלי הציגו באה לידי ביטוי בשקט המוחלט ובברק בעיניים בעת ביצוע הניסוי. אחד מהניסויים שהתלמידים הציגו בכנס היה על תמיסת עמילן.

שהוא ניסוי TEMI, לתלמידים שלי במעבדת החקר. ביום המעבדה ביקשתי מהמורים למדעים להיכנס למעבדה כי יש לי משהו להראות להם, ואז התחלתי לספר את הסיפור על טל - אלוף ישראל בבניית ארמונות חול.



טיפות מים על חול הידרופובי

גם המורים וגם התלמידים הקשיבו בשקט מוחלט ובסקרנות. התלמידים התלהבו מאוד מהשיטה החדשה הזו, ובמיוחד מהעובדה שהניסוי מתחיל בסיפור מסתורין שלוקח אותם לתוך החקר בצורה מושכת ומעניינת מאוד. מאותו יום, ולאחר

הבעיה שלי הייתה שאני בעצמי לא הצלחתי לחבר סיפור מתאים שיתאים לניסוי זה, וכפי שאמרתי קודם - אהבתם של התלמידים לניסויים אלה והתעניינותם בהם הוציאה את היצירתיות הטמונה בהם. והנה באה ההפתעה כאשר תלמידה מקסימה מכיתת י"ב בשם מרים עאסי באה אליי ואמרה לי: "המורה, יש לי סיפור יפה שיכול להתאים לניסוי העמילן". שמעתי את הסיפור, ואכן, הסיפור היה יפה מאוד. התלמידה הזו עמדה ביום הכנס מול קבוצה גדולה של תלמידים וסיפרה להם את סיפור המלבי הטעים שאימא שלה הכינה להם אתמול.



הללא סעד מציגה בכנס את הניסוי "שעון כימי"

זה הסיפור: אתמול בערב היה ערב קריר וגשום. ביקשנו מאימא שלי שתכין לנו מלבי, והיא נכנסה למטבח, לקחה סיר ולתוכו הכניסה קורנפלור ומים וביקשה ממני לעמוד ליד הסיר כשהוא על האש ולערבב כל הזמן. תוך כדי הערבוב התקשרה חברה שלי. הנמכתי את הלהבה, עזבתי את הסיר על האש ונכנסתי לחדר לדבר עם חברתי. השיחה עם חברתי נמשכה זמן ולא הייתה נעימה. יצאתי מהחדר ברוגז וחזרתי לערבב את המלבי שאותו השארתי על האש. ערבבתי בכעס, מהר אך היה ממש קשה לערבב! קראתי לאימא שתבוא לבדוק מה קורה, והופתעתי לגלות שכאשר אימא המקסימה, העדינה והרגועה שלי התחילה לערבב - הכול הלך חלק, והיא הצליחה לערבב את הדייסה טוב מאוד...

אני לא מבינה מה קרה, אמרה מרים לקהל שיושב מולה, ולכן הבאתי לכם את הדייסה שלנו מאתמול שתראו אותה, ואולי אחד מכם יצליח להסביר לי למה אני לא הצלחתי לערבב את הדייסה, ואילו אימא שלי כן הצליחה.

ברגע שמרים סיימה את הסיפור, כל התלמידים

תמיסת עמילן היא חומר שמתנהג בצורה מוזרה - מצד אחד היא נוזלית, ומצד שני, כאשר לוחצים עליה ומפעילים עליה כוח - היא פתאום מתקשה כמו מוצק. ההסבר לתופעה: העמילן המוצק הוא סוג של פולימר הבנוי מהרבה מולקולות של הסוכר 'גלוקוז' המחוברות זו לזו בקשר גליקוזידי. במים העמילן יוצר תרחיף, שבו מולקולות העמילן המוצקות מרחפות בין מולקולות המים. כאשר אנו מפעילים כוח על תמיסת העמילן במים, אנו מתנגשים במולקולות הענקיות של העמילן ומפעילים עליהן כוח, ודבר זה גורם להן להיצמד זו לזו ולכלוא ביניהן מולקולות קטנות של מים במבנה מוצק. כיוון שמולקולות המים הן הנוזל שבתערובת - ברגע שהן נכלאות בין מולקולות העמילן, כל החלק בתמיסה שנלחץ נהפך למוצק חסר יכולת תנועה. מיד כשמפסיקים ללחוץ - מולקולות העמילן נפרדות זו מזו, מולקולות המים משתחררות, והכול חוזר להיות נוזלי כמו שהיה. אם מפעילים לחץ מתון על העמילן, מולקולות הפולימר משנות את הקונפורמציה שלהן וממשיכות להתנהג כנוזל.

אופן ההכנה של תמיסת עמילן: לכל כוס של קורנפלור מוסיפים חצי כוס מים, אבל את המים יש להוסיף לאט תוך כדי ערבוב, כי קשה מאוד לערבב את התמיסה, וככל שמערבבים מהר יותר - כך קשה יותר לערבב. בסוף נקבל דייסה סמיכה שאם נכניס לתוכה כפית באטיות - התמיסה תתנהג כנוזל, ואם נפעיל כוח - היא תתנגד ותתנהג כמוצק.



נור אלדין שרים מציג בכנס את הרקע המדעי של הניסוי "שעון כימי".

ליקרט וכולל היגדים שהתלמידים צריכים לסמן את מידת הסכמתם מ-1 עד 4 לכל אחד מהם. השאלון כלל היגדים בשלושה תחומים: מיומנויות חקר, תכנים מדעיים ועמדות המצביעות על מוטיבציה וסקרנות. בטבלה הבאה דוגמה להיגדים מהשאלון המייצגים את התחומים השונים וכן את הממוצע הכיתתי לגבי כל תחום.

טבלה המסכמת את ממצאי השאלון

| ממוצע | דוגמה להיגד | הקטגוריה |
|-------|--|--------------------------|
| 3.5 | הניסוי מעודד שאילת שאלות | מיומנויות |
| 3.6 | הניסוי ממחיש את הנושא של מעבר בין מצבי צבירה | תכנים |
| 3.75 | הסיפור היה מעניין | עמדות (מוטיבציה, סקרנות) |

מסקנות: על פי התצפיות בכיתה במהלך הפעילויות ועל פי התוצאות שהתקבלו מניתוח השאלונים, הגעתי לכמה מסקנות. הקטגוריה שקיבלה את הציון הגבוה ביותר היא קטגוריית העמדות. בתוך קטגוריה זו השאלות שקיבלו את הניקוד הגבוה, הן שאלות שהיו סביב הסיפור והתרומה שלו בהעלאת המוטיבציה ובעירור הסקרנות לחקר. מהשאלון הזה רואים שניסויי TEMI מעניינים את התלמידים ומעלים את המוטיבציה והסקרנות לחקר. תוצאות השאלון חיזקו את התחושות שתיארתי בתחילת הכתבה לגבי סקרנותם של התלמידים במהלך הפעילויות.

בחדר ישבו בשקט והמתינו לראות את המלבי. והנה תלמידים אחרים נכנסו עם אמבט גדול מאוד שהכיל תמיסת עמילן שהתלמידים הכינו מראש. קהל התלמידים בחדר ניגש לאמבט, והתלמידים התחילו לגעת בתמיסה, גם באטיות וגם תוך כדי הפעלת כוח, והכירו את התמיסה המעניינת של העמילן ושמעו ממרים ומהחברים שלה את ההסבר המדעי לתופעה.



תלמידים משתעשעים באמבט עמילן

סרטים המתאימים לניסוי תמיסת עמילן:

- חומר שהוא גם נוזל וגם מוצק - תמיסת עמילן

- קורנפלור ומים רוקדים על רמקול

לאחר הכנס וכשסיימתי את כל הפעילויות שהעברתי, הפעלתי בכיתה פעילות TEMI שחיברתי עם עמיתה מהקורס. בעקבות הפעילות חילקתי שאלונים לתלמידים, כחלק ממטלה בקורס. השאלון הוא מסוג

ממליצה בחום להתנסות בפעילויות!



באילו תנאים נאפשר החלפה של חלונות בית הספר בתאים סולאריים מבוססי-פרובסקיט?



רון בלונדר, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע
אלון שחם, גן המדע ע"ש קלור, מכון דוידסון לחינוך מדעי, מכון ויצמן למדע
אסתי זמלר, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

בכל מדינה מפתחים יחידה בנושא מדעי שונה אשר רלוונטי לקונטקסט המקומי.

במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע בישראל פותחה יחידה במהלכה התלמידים מתבקשים לקבל החלטה לגבי הסוגיה של החלפת חלונות בית הספר בתאים סולאריים מבוססי-פרובסקיט¹.

במסגרת פרויקט אירופאי בהוראת המדעים, פותחה במכון ויצמן יחידה ייחודית העוסקת בהיבטים חברתיים של מחקר ופיתוח עכשווי. הפרויקט נקרא **Irresistible**, בלתי ניתן לעצירה - והשם משקף את השאלה מי יכול, אם בכלל, לעצור פיתוח מדעי שעלולות להיות לו השלכות שליליות על הסביבה או על החברה שבתוכה המחקר מתבצע. הפרויקט מתקיים בעשר מדינות באירופה.

1. היחידה פותחה על ידי קהילה לומדת הכוללת מורי כימיה מובילים, חוקרים מהמחלקה להוראת המדעים ומומחים לחינוך לא פורמלי מגן המדע על שם קלור. צוות הפיתוח (על פי סדר אלף-ביתי): ד"ר רון בלונדר, רונית ברד, זיוה בר-דב, אסתי זמלר, פאדיה חטיב, סוהיר סחיניני, ד"ר שרמן רוזנפלד, שלי רפ ואלון שחם.

ששת ממדי ה-RRI

(Responsible Research and Innovation)

RRI כולל שישה ממדים אשר נגזרים מתפיסת האחריות ההדדית שיש למגוון השחקנים בחברה בכל הנוגע למחקר וחדשנות מדעית:

1. מחויבות ומעורבות (engagement) של כל בעלי התפקידים בחברה - הסכמה רחבה מתוך למידה משותפת ובחירה משותפת של אתגרים חברתיים הראויים לפיתוח מדעי-טכנולוגי, תביא למצינות במחקר ולפיתוחים טכנולוגיים הנותנים מענה ראוי לאתגרים חברתיים.
2. שיוויון מגדרי (gender equality) כזה שיאפשר לממש את מלוא הפוטנציאל האנושי.
3. חינוך מדעי (science education) - יש לצייד את דור העתיד בידע ובכלים הנדרשים לגיבוש תפיסת עולם במונחים של RRI. יש לעורר בקרב מי שיהיו מדעני המחר מודעות לפיתוחה של חברה בעלת אוריינות מדעית, ולעודד את כל שחקני המחר לחשיבה יצירתית כאמצעי לתועלת החברה.
4. נגישות למידע (open access) - שקיפות ונגישות תפחית חשדנות בדבר מניעים בלתי כשרים, תאפשר לשחקנים חברתיים לעשות שימוש בתוצאות מחקרים, לחלוק מסקנות עם שאר השחקנים ולהתקדם הלאה לעבר פיתוחים חדשים.
5. אתיקה (ethics) - על מנת להיענות לאתגרים חברתיים, יש לפעול על בסיס ערכים ועקרונות משותפים. תהליכי המחקר והפיתוח חייבים לכבד זכויות בסיסיות ולפעול עפי סטנדרטים גבוהים של אתיקה. אין לראות באתיקה גורם מעכב לתהליכי מחקר כי אם אמצעי להבטחתן של תוצאות באיכות גבוהה.
6. פיקוח (governance) - מטריית-העל אשר תבטיח מודל הרמוני המשלב בין כל שאר הממדים ותמנע התפתחויות מסוכנות ובלתי אתיות בתהליכי מחקר ופיתוח.

כדי לקבל את ההחלטה בסוגיה של החלפת חלונות בית הספר בתאים סולאריים מבוססי-פרובסקיט, התלמידים מתנסים וחווים מגוון פעילויות כגון:

- סיור בגן המדע
- הכנת תא סולרי בניסוי חקר
- פאנל של תלמידי מחקר במכון ויצמן
- מהדורת חדשות ייחודית.

התלמידים מונחים כיצד לבחון את הבעיה המוצבת בפניהם מנקודות מבט שונות, ולהחליט כיצד לנהוג עם הטכנולוגיה החדשה שהובאה לבית הספר. את כל התהליך מציגים התלמידים בתערוכה שהם מתכננים במהלך הפעילות ובונים בבית הספר לאחר הביקור במכון. בתערוכה התלמידים מביאים לידי ביטוי את כל המידע הרלוונטי לדעתם לגיבושה של החלטה בנוגע לסוגיית החלפת חלונות בית הספר בחלונות סולאריים מבוססי-פרובסקיט. המבקרים בתערוכה - תלמידים עמיתים מאותו בית ספר ומבתי ספר אחרים אשר ישתתפו בתכנית - מונחים לקבל החלטה בסוגיית החלונות הסולאריים בעצמם.

מחקר וחדשנות אחראיים

מחד, מחקר ופיתוח מדעי הם עמודי התווך המניעים קיימות, שגשוג, צמיחה ומענה לצרכים חברתיים. מאידך, עם התפתחותו של המדע וכתוצאה מההאצה הטכנולוגית, מתרבים גם אירועים בעלי השלכות חברתיות, אתיות, סביבתיות ובריאותיות רחבות היקף חלקם בעלי השפעה שלילית. מתוך תפיסה הגורסת שלמדענים יש מחויבות מוסרית להביא בחשבון את השפעותיו של המחקר המדעי שהם עורכים, פיתח האיחוד האירופי את גישת RRI (Responsible Research and Innovation). בבסיס הגישה מוצב חזון של שיתוף פעולה בין המדע לחברה אשר יביא לידי ביטוי היבטים ערכיים, חברתיים וסביבתיים של מחקר ופיתוח עכשווי.

תיאור הפעילות

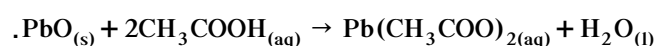
היחידה שפותחה במכון ויצמן כוללת הוראה מקדימה בכיתה ופעילות חוץ-בית-ספרית במכון

ויצמן. במסגרת היחידה התלמידים נחשפים לפיתוח חדשני הניצב כיום בחזית המדע - תאים סולאריים מבוססי-פרובסקיט. באופן הדרגתי התלמידים רוכשים במהלך הפעילות ידע וכלים אשר יסייעו להם לבחון סוגיה הנגזרת מן הפיתוח: האם לאפשר התקנתם של חלונות סולאריים מבוססי-פרובסקיט בבית ספרם? טבלה 1 מציגה את רצף הפעילויות של היחידה שפותחה. ניתן לראות כי החלק הראשון והחלק האחרון של בניית התערוכה מתקיימים בבית הספר.

טבלה 1: מרכיבי הפעילות

| מקום הפעילות | משך הזמן הנדרש | הפעילות | |
|---|------------------------------|--|------------------------|
| בית הספר | שעתיים | סיפורה של העופרת | שיעור מקדים |
| | שעתיים | עקרונות ה-RRI | |
| מכון ויצמן | 45 דקות | סיור בגן המדע | יום פעילות במכון ויצמן |
| | 30 דקות | מהדורת חדשות והצגת הסוגיה | |
| | שעתיים | הכנת תא סולרי - מעבדת חקר | |
| | | סריקת פני השטח של התא במיקרוסקופ AFM | |
| | 30 דקות | דיון להצגת טיעונים ולקבלת החלטות | |
| | 45 דקות | פאנל דוקטורנטים | |
| | בזמנים קצובים במה-לך כל היום | תכנון תערוכה ראשונית והצגתה בפני הדוקטורנטים | |
| בבית הספר ו/או כמטלת הערכה חלופית בבית הספר | נתון לשיקול המורה | הקמת תערוכה | |
| בית הספר | נתון לשיקול בית הספר | הצגת תערוכה וקבלת החלטות | |

עופרת חמצנית PbO (שנוצרת כתוצאה מחימום כלי העופרת באוויר) מגיבה עם חומצה אצטית שנוצרת בין ליצירת עופרת אצטט בעלת טעם מתוק



באופן זה מורידה העופרת את חומציות היין ואף ממתיקה ומשפרת את טעמו. המידע שהיה חסר לרומאים הוא התכונות הרעילות של העופרת אשר עלולות להוביל לפגיעה נירולוגית, לירידה במנת המשכל, להזיות, לטירוף ואף למוות. בהמשך השיעור התלמידים לומדים על השימוש בעופרת בתעשיית הצבעים, וצופים בסרטון על מאבקו של קלייר פטרסון בתעשיית הנפט בשל תוספי העופרת לדלקים. במסגרת השיעור דנים התלמידים בסוגיות אתיות, חברתיות וסביבתיות שעולות מסיפור

ממדי RRI וסיפור הרעילות של היסוד עופרת

הפעילות מתחילה, כאמור, בשיעור מקדים, שבו המורים לכימיה מלמדים את התלמיד בכיתה על היסוד עופרת, שימושיו השונים לאורך ההיסטוריה. סיפור העופרת מתחיל בתקופת הרומאים שהשתמשו בעופרת הן במערכת הובלת המים שפרסו במדינה, והן ככלי אוכל ושימור מזון. במסגרת הסיפור באים לידי ביטוי היבטים מגוונים של תהליכים כימיים שבהם מעורב היסוד עופרת. כך לדוגמה ניתן להתחקות אחר הסיבות שבגינן העדיפו הרומאים לשמור את היין בבקבוקי עופרת. מבחינתם - הייתה זו דרך לשפר את טעמו. בחינת התהליכים הכימיים מגלה את הסיבות לכך:

(תמונה 1) אשר מנצל את אנרגיית השמש על מנת להגיע לטמפרטורות גבוהות; מגל לחשמל (תמונה 2) אשר עושה שימוש במשאב טבעי אחר שניתן לנצל - גלי ים; מזרקה סולארית (תמונה 3) אשר עושה שימוש באנרגיית השמש; דוד שמש אשר ממיר את אנרגיית השמש לחום ולא לחשמל; טורבינת רוח (תמונה 4) אשר מדגימה שימוש בכוח הרוח לשאיבת מים; בויו - דרך מוחשית (וכיפית) לחוות שימור ואגירת אנרגיה. במוצג זה מותקן גלגל תנופה אשר אוגר את האנרגיה אשר משקיעים במשיכת הידית למטה. האנרגיה שמוסיפים למערכת נאגרת בכל פעם עוד ועוד, כך שניתן אפילו להתרומם באוויר לגובה של מספר מטרים. במכונות היברידיות יש גם גלגל תנופה אשר אוגר את האנרגיה המתבזבזת בבלימה על מנת לחסוך באנרגיה בזמן האצה ממנוחה. גם תלמידים שכבר ביקרו בעבר בגן המדע נהנים מן ההדרכה הממוקדת בנושא של אנרגיות מתחדשות ומרגישים שהסיור הינו בעל ערך מוסף.

העופרת, ובשאלות כגון: מה היה ניתן לעשות באופן שונה כדי למנוע את האסון החמור שנגרם בגלל חשיפות גבוהות לעופרת? אילו קווים אדומים נחצו? כיצד ניתן להימנע מתופעות דומות בעתיד? מתוך הדיון ובהנחיית המורה מוגדרים ששת ממדי ה-RRI (ראה מסגרת). לסיכום השיעור, התלמידים מתנסים בניתוח היגדים ובאיפיונם עפ"י ממדי ה-RRI. זהו הידע המקדים שעמו מגיעים התלמידים ליום הפעילות במכון ויצמן.

סיור בגן המדע - אנרגיות חלופיות

בשנים האחרונות קיים דיון מתמשך על מקורות אנרגיה מתחדשים. אנרגיה נשמרת כמובן בכל תהליך פיזיקלי וכימי; הבעיה נובעת מהיכולת שלנו להשיג אנרגיה זמינה (בצורת אנרגיה כימית) במינימום השפעה על הסביבה. במוזיאון גן המדע התלמידים נחשפים למקורות אנרגיה מתחדשים ולשימושים שלהם בחיינו בתיוכם של מגוון מוצגים: תנור שמש



תמונה 2: מגל לחשמל



תמונה 1: תנור שמש

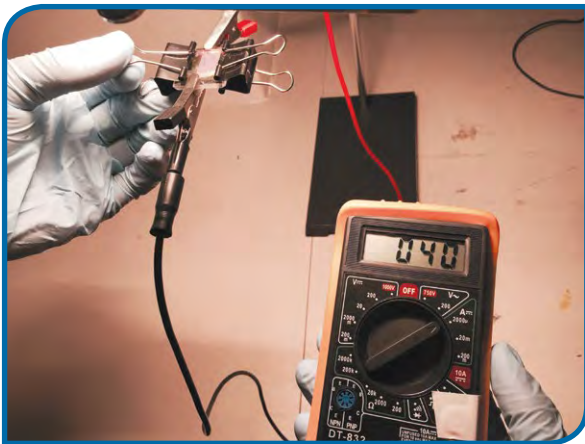


תמונה 4: טורבינת רוח



תמונה 3: מזרקה סולארית

אוקסיד באמצעות מיקרוסקופ ה-AFM, ממחישה לתלמידים את שטח הפנים הגדול עליו מתרחש תהליך המרת האנרגיה. באופן זה מתבהר הקשר בין מידת החספוס של שטח פני הטיטניום אוקסיד לבין יעילותו של התא.



תמונה 5: תא סולארי מרוגש צבע

לאחר הסיור בגן התלמידים צופים במהדורת חדשות מיוחדת שהופקה בערוץ 2 ואשר עוסקת בסוגיה: "האם לאפשר את החלפת חלונות בית הספר בחלונות סולאריים מבוססי-פרובסקיט?" התלמידים מקבלים על עצמם את האחריות לסייע לבית הספר בקבלת ההחלטה. המשך הפעילות יתמקד בתאים הסולאריים הללו. בהמשך יום הפעילות התלמידים צופים במבזקים מיוחדים המעלים סוגיות סביבתיות ובריאותיות הקשורות לשאלה המובילה של היום. בחלק זה התלמידים שואלים את עצמם: "האם מהדורת החדשות 'אמיתית?'", "האם הסיפור מציאותי?". הניסיון מלמד כי סיפור המסגרת המוצג באמצעות מהדורת החדשות גורם לתלמידים להיות מעורבים מאוד בהמשך תהליך הלמידה של היום ויוצר אצלם מוטיבציה ללמוד את הנושא לעומקו.

קבלת ההחלטה

בשלב הבא המורה מזכירה לתלמידים את ממדי ה-RRI שנלמדו בכיתה בהקשר של "סיפור העופרת" ונערך דיון לגבי השאלה המובילה של היום בהקשר של ממדי ה-RRI השונים. התלמידים מעלים שאלות שהיו רוצים לשאול כדי להחליט אם לקבל את הפיתוח.

להלן דוגמאות למספר שאלות שהעלו התלמידים:

מי צריך לפיגור שאלף בקבאלה החלטה כזו?

האם אנשים שלא יודעים מדע צריכים להשפיע על החלטה מדעית?

ומה אם אין ייצוג נשים בצוות הפיגור. האם בכך שאגן קבלה אלו?

לד כמה המדען צריך להגאמל כדי לחלף אג המחקר שלו בפני ציבור שאינו מורכב מחוקרים?

האם חייבים גם אפרסם אג החסלונג של המחקר?

האם המוצר ופיגור אוקחים בחשבון לרכים חברגיים וסביבגיים?

האם פיגור הוא בר-קיימא נמחלס בהשאלה על הפגיד?

האם יש פיקוח? מי יפקח? באילו שלבים של פיגור והמחקר יש ללכב אג הפיקוח?

בתהליך דינמי התלמידים בוחרים עמדה ומציגים את הטיעונים שלהם לעמדתם בנושא. הם מוזמנים

ניסוי הכנת תאים סולריים

כדי ללמוד את הנושא של תאים סולאריים, התלמידים מכינים תא סולארי ולומדים על מרכיביו. הניסוי מתקיים כניסוי חקר ברמה 2 חלקי, ובסופו התלמידים מפעילים את התא הסולארי הקטן שהכינו ומודדים את הזרם החשמלי שמתקבל במערכת. תמונה 5 מציגה את התא הסולארי שנוצר בניסוי. ניתן לקרוא את המאמר שכתב פרופ' דורון אורבך בעלון מורי הכימיה כדי להבין לעומקו את עקרון הפעולה של תא סולארי "מרוגש צבע" אשר מכינים התלמידים בניסוי.

התלמידים מכינים טיוטה ראשונית שבה הם מציגים את המידע שלמדו על תאים סולאריים. המידע יספק כלים לקבלת ההחלטה בשאלה "האם לאפשר החלפת חלונות בית הספר בחלונות סולאריים מבוססי-פרובסקיט?" הטיוטה תהווה בסיס לבניית תערוכה שתבקש מן המבקרים בה לנקוט עמדה בסוגייה האם לקבל את הפיתוח ולהתקינו בבית הספר?

סריקת התא הסולרי במיקרוסקופ AFM

התא הסולארי שמכינים התלמידים בנוי מננו-חלקיקים של טיטניום אוקסיד, שעל שטח הפנים שלהם מתרחש תהליך המרת אנרגיית האור לאנרגיה חשמלית. סריקת שטח הפנים של הטיטניום



תמונה 6: תלמידים במהלך יום הפעילות במכון ויצמן

הכנת תערוכה

התלמידים משתמשים בטיוטות שהכינו בשלבי השונים של היום ומכינים בבית הספר תערוכה. התערוכה מתייחסת לסוגיה שבה עסקו התלמידים לאורך כל היום הן מבחינת התכנים המדעיים והן מבחינת ההשלכות הסביבתיות-חברתיות (ממדי ה-RRI). את הטיוטות של התערוכה התלמידים מציגים לדוקטורנטים (תלמידים לתואר שלישי) במכון ויצמן, אשר מגיעים לסופו של היום במכון ויצמן כדי לספר לתלמידים על המחקר שלהם. אנו מציעים למורים המשתתפים בתכנית להמשיך את בניית התערוכה בשיעור ולהציגה בבית הספר (תמונה 7). התערוכה - כתוצר לימוד רב-ממדי של הנושא - מהווה דוגמה להערכה חלופית במסגרת 30% מתכנית הלימודים החדשה אשר מוערכים בהערכה בית ספרית. יחידה זו יכולה לשמש כחידת הוראה והערכה חלופית במבנית "כימיה מכל וחול".

לשקול את עמדתם לאחר צפייה במבזקי חדשות המאירים עוד צדדים של הפיתוח, לדוגמה: מבזק מס' 1 מציג את הסיבות להתנגדות ועד ההורים המרכזי לפיתוח; מבזק מס' 2 מציג את המקום שבו מיוצרים התאים ואת התנהלותו של מפעל הייצור כלפי התושבים המקומיים וכו'.

"בשלב זה התלמידים מכינים טיוטה ראשונית שבה הם מציגים את המידע הרלוונטי לממדי RRI בסוגיית שילוב תאים סולאריים מבוססי-פרובסקיט על חלונות בית הספר?" כלומר, האם לקבל את הפיתוח בבית הספר?



תמונה 7: תערוכת תוצרים בביה"ס "קציר" ברחובות

ו-4 שעות בבית הספר. הפעילות מתאימה לתלמידי כיתות י-י"ב, לדוברי עברית או ערבית.

ומה אומרים המורים שהשתתפו בפעילות?

"הגאמידיים מאטל "נכנסו לצה". ניסו לשכנע אחד אג השני אפילו טיילונים מוכנים מבוססים על הידע המדעי שלהם".

"בניסוי החקר הגאמידיים שלי הגרפם מאוד שהצליחו אפסיק חשמו מאוד בגא הסאורי שהם הכינו. הם שאאו אאגי אאם אפסר אכין גא כזה גם בביג כדי אפראאג אפרים".

"הגאמידיים שלי פליאו אפליאור אאא אאגי באור חדש. הם הגרשמו מכך שאני מכירה חוקרים באמון ויצמן ומביא אאגם אפליאור המיוחדג פזא".

יחידת הלימוד "האם לאפשר החלפת חלונות בית הספר בחלונות סולאריים מבוססי-פרובסקיט?" משלבת פעילות בבית הספר עם פעילות חוץ בית ספרית במכון ויצמן. הפעילות עוסקת בנושא מדעי של פיתוח תאים סולאריים חדשנים כמו גם בהשלכות של הפיתוח על החברה והסביבה. יום הפעילות במכון ויצמן משלב סיור בגן המדע וניסוי חקר ברמה 2 חלקי. תוצרי הפעילות המוצגים כתערוכה בבית הספר יכולים להוות חלק מ-30% של לימודי הכימיה הניתנים להערכה חלופית בית ספרית.

ההשתתפות בפרויקט מצריכה למידה של המורים המובילים את הכיתה, וכוללת יום מלא במכון ויצמן



תמונה 8: צוות פיתוח יחידת הלימוד, בסיור בגן המדע



QR codes לשימוש בכיתה

רותי שטנגר, מכון דוידסון לחינוך מדעי, מכון ויצמן, רחובות

הטלפון הסלולרי שלנו.



דוגמה: QR code לאתר מפמ"ר כימיה. סריקת הברקוד על-ידי טלפון סלולרי חכם או טבלט, לאחר שהורדה אפליקציה מתאימה, כמו QR reader או QR scanner, פותחת מיד

את דף האינטרנט של נטוכימיה על מסך הטלפון הסלולרי. תוכלו לקרוא באתר **על צורת הברקוד וחלקיו.**

Quick Response Code - בקצרה QR code - ובעברית: קוד תגובה מהירה, הוא ברקוד ריבועי, שסריקתו בעזרת טלפון סלולרי חכם או טבלט (לאחר התקנת אפליקציה מתאימה), מובילה ישירות ליעד דיגיטלי: אתר אינטרנט, תמונה, קובץ קול, וידאו - כל קובץ שנמצא באינטרנט. סריקת ה-QR code חוסכת את הקלדת כתובת האינטרנט, ואפשר לסרוק QR code גם ממרחק, אם הוא מספיק גדול - ממסך המרצה בזמן הרצאה, מפרסומת התלויה על בניין מרוחק וכו' - ולקרוא את המידע הרלוונטי על מסך

כיצד יוצרים QR code?

ברשת נמצאים אתרים רבים המאפשרים יצירת QR code לכתובת אינטרנט רצויה. לפניכם מספר אתרים ליצירת QR code:

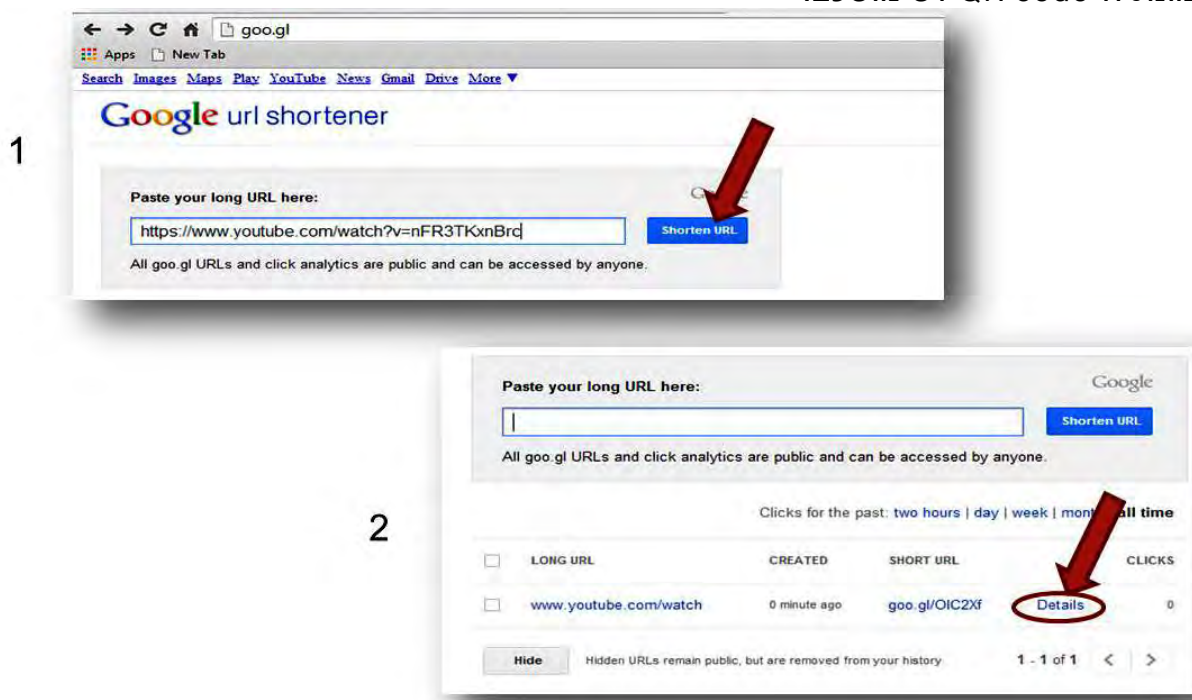
1. האתר [qrcode generator](http://qrcodegenerator.com)



סמנו מצד שמאל את האפשרות URL (1).
העתיקו את כתובת האינטרנט הרצויה לחלון שבמרכז (2).
מצד שמאל יתקבל מיד QR code עבור כתובת האינטרנט הרצויה (3). שמרו את תמונת ה-QR code לשימושכם.

2. האתר goo.gl

העתיקו לחלון את כתובת האינטרנט הרצויה ולחצו על Shorten URL (1).
מתקבלת כתובת אינטרנט מקוצרת. ברשימה שנפתחת מצאו את כתובת האינטרנט המקוצרת שהתקבלה, ולחצו לידה על Details (2). מיד יתקבל QR code עבור כתובת האינטרנט. שמרו את תמונת ה-QR code לשימושכם.





3. ישנם אתרים המאפשרים גם ליצור QR codes צבעוניים, ואף בשילוב תמונה.

דוגמה: QR code לאתר המרכז הארצי למורי הכימיה - בשילוב תמונה.

שימושים ב-QR codes בחיי היומיום

QR codes נמצאים סביבנו על מודעות בעיר, אריזות של מוצרים, פרסומות ועוד. סריקת ה-QR codes מספקת רובד מידע נוסף במרחב הציבורי.

בתמונות שבעמוד הבא מספר דוגמאות ל-QR codes סביבנו:

תמונה 1: מידע על אתרים היסטוריים - סריקת QR code על ידי הטלפון הסלולרי מובילה לאתר אינטרנט שבו המידע המבוקש, בשפה המתאימה.

תמונה 2: שיווק - סריקת ה-QR code על ידי העוברים והשבים מובילה למידע באינטרנט על דירות למכירה בבניין.

תמונה 3: QR code להתמצאות עירונית.

תמונה 4: QR code לאתר לקניית כרטיסים למופעים

תמונה 5: QR code להתמצאות בתוך הסופרמרקט. שימוש יעיל ב-QR code, למרות הבעייתיות המגדרית.

תמונה 6: QR code לקבלת מידע על תערוכה במוזיאון.

תמונה 7: QR code בתחבורה הציבורית - לתשלום עבור נסיעה באוטובוס.

תמונות 8+9: QR codes על מוצרי מזון לקבלת מתכונים, נתונים קלוריים או מידע על מפעל הייצור.

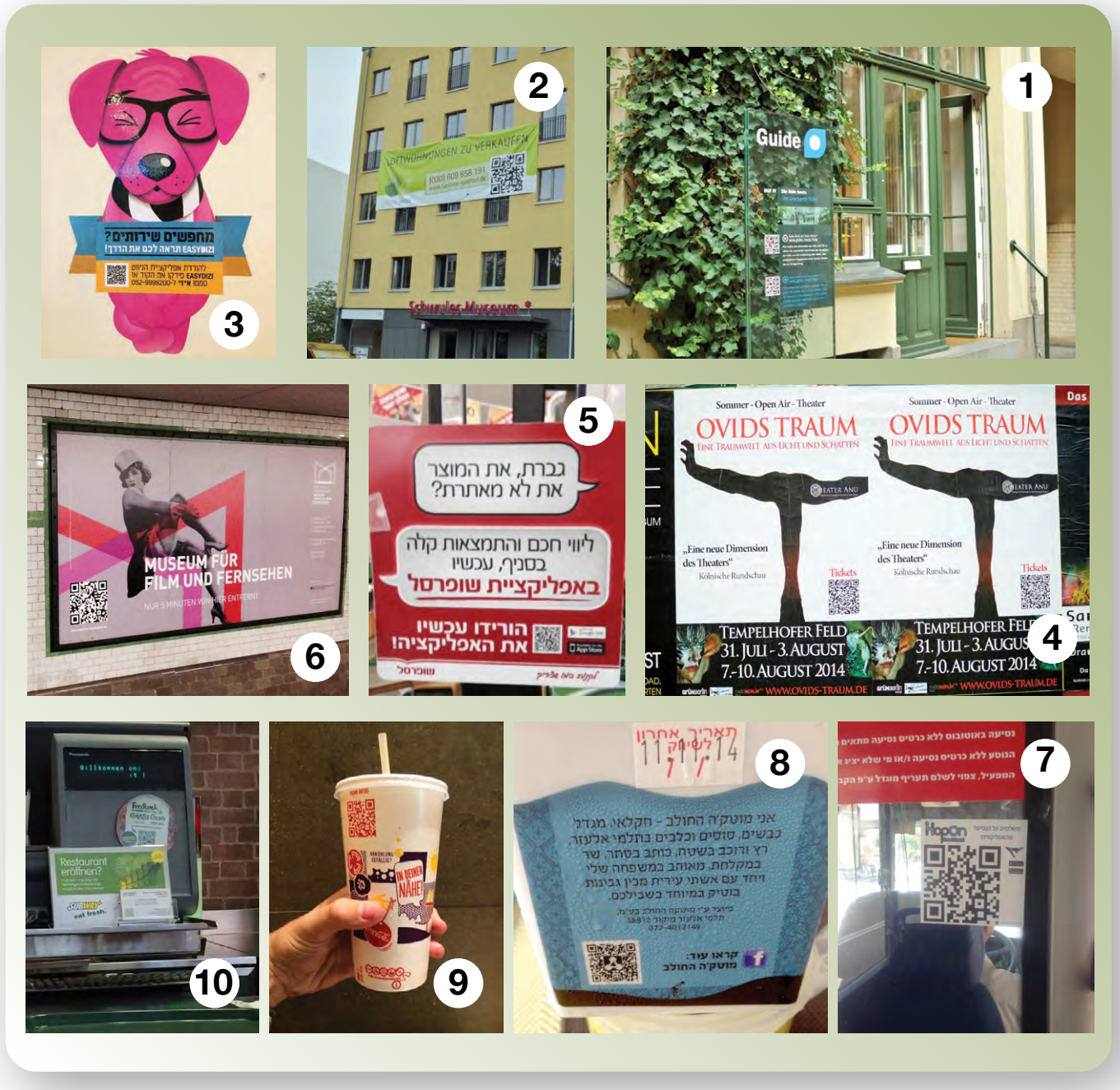
תמונה 10: QR code לכתיבת משוב על מסעדה.

QR codes בכיתה

ל-QR codes שימושים אפשריים רבים לצורכי למידה. לפניכם מספר דוגמאות:

1. לוח אירועים של הכיתה או המגמה - לוח שנה על הקיר שעליו מצוינים בקצרה האירועים הרלוונטיים: סיור לימודי, מבחן, הגשה של דו"ח מעבדה וכו'.

ליד כל אירוע QR code שסריקתו מובילה למידע מפורט על האירוע. אפשר לשכפל לוח אירועים זה גם לתלמידים או לשלוח להורים בדוא"ל. **דוגמה ללוח אירועים.**



2 דף עבודה לתלמידים שבסופו QR code. סריקתו פותחת דף אינטרנט עם הפתרונות לשאלות שבדף.

3. **טבלה מחזורית שבה QR code לכל יסוד** - סריקת הקוד פותחת דף מידע על היסוד באתר webelements. אפשר להדביק טבלה זו ליד הטבלה המחזורית הרגילה בכיתה.

4. פוסטרים שאפשר לפזר ברחבי בית-הספר בימי שיא (יום מגמה, יום המול וכו') ועליהם שאלות ו-QR code המפנה לתשובה או למידע נוסף.

דוגמאות:

- א. אלפרד נובל - סריקת ה-QR code מובילה למידע על מדען זה, מדען אחר או כל נושא רלוונטי אחר.
- ב. התוכלו לזהות את היסוד הכימי שתמונתו מופיעה כאן? סריקת ה-QR code פותחת את התמונה.



ג. תחרות תלמידים בנושא מסוים, שנערכה לקראת יום השיא - התלמידים מעלים את עבודותיהם לאתר, שה- QR code שלו מודבק ברחבי בית-הספר. כך ניתן לעקוב אחרי העבודות שמצטרפות כל הזמן לתחרות, ואף לגלות מי הזוכים.

5. תמונות מהמעבדה או מהסיוור הלימודי.

התמונות נמצאות באתר האינטרנט הבית ספרי או באתר אחר ועולות לאחר סריקת ה- QR code.

6. ספרים נבחרים בספרייה שעליהם מודבק QR code. הסריקה פותחת דף מידע באינטרנט על הספר ועל אופן השימוש בו.

7. דו"ח מעבדה או עבודה המוגשים עם ביבליוגרפיה. מצרפים QR code ליד כל מקור אינטרנטי. סריקתו מעלה את המקור למורים הבודקים וחוסכת את הצורך להקליד את כתובת האתר.

8. עריכת סקר או העברת שאלון לתלמידים בעזרת google form. הכניסה לדף מתבצעת בעזרת סריקת QR code.

9. משחק "מצא את המטמון". התלמידים נעים בין תחנות שונות ברחבי בית-הספר. בכל תחנה QR code, שסריקתו פותחת דף אינטרנט עם משימה (ביצוע מדידה במעבדה, לדוגמה), או שאלה. התלמידים מקלידים את תשובתם ומקבלים הנחיות או רמזים למציאת התחנה הבאה, שבה מחכה להם QR code נוסף.

צפו בסרטונים המראים תלמידים בפעילות כזאת: [דוגמה 1](#) ו**[דוגמה 2](#)**.

אפשר להכין משחק "מצא את המטמון" ליום שיא, לסיום הלמידה של נושא מסוים, להכרת המעבדה לתלמידי מגמה חדשים וכו'.

התוכנה Treasure HIT של המכון הטכנולוגי בחולון מאפשרת את יצירת המשחק "מצא את המטמון" שבו התחנות מזהות על ידי QR code שנמצא בכל תחנה או על פי נתוני GPS (אם המשחק מתבצע באזור נרחב מספיק, שהוא גדול משטחו של בית-ספר ממוצע). **יש להירשם באתר** כדי ליצור משחק כזה. יצירת המשחק אינה מסובכת: מקלידים את הנתונים והמשימות של כל התחנות על פי ההוראות ומקבלים QR code עבור כל תחנה. מדפיסים את ה- QR codes ומדביקים אותם בתחנות השונות. רצ"ב **דף ההוראות ליצירת המשחק** ו**סרטון רקע קצר**. ולסיום, סרקו את ה- QR code וצפו בסרטון על מסע פרסום מעניין.



בהצלחה!

מחוף הים לשולחן המעבדה

שרה אקונס, רכזת הקורס השנתי מעבדת חקר לכימיה תשע"ה - המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע

מרים כרמי, מנחה בקורס השנתי מעבדת חקר לכימיה תשע"ה - המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע

הכול התחיל כשדולב היה בדרכו הביתה ושאל אותי אם להביא קינוח לצהריים מהקיוסק שליד הים.
"מה יש להם?" התפנקתי.

"מלבי, ענה דולב. רוצה?"

"איזה מלבי?" המשכתי להקשות.

"יש להם מלבי פרווה, מלבי חלבי ומלבי עם שמנת מתוקה. נו, איזה? תחליטי כבר."

מובן שבחרתי באפשרות השלישית, שנשמעה הכי טעימה, ותוך כדי ההמתנה ועריכת השולחן, התעוררה המורה שבי. מעניין איך מכינים מלבי פרווה, רק עם מים ועמילן? וכמה סוכר יש בכל סוג? ואילו כמויות דרושות? ואיך משפיע זמן הבישול על הסמיכות של המלבי? אולי נערוך ניסוי חקר חדש עם התלמידים? אילו משתנים בלתי תלויים נוספים יש...? התלמידים ישמחו לאכול מלבי בסוף השיעור...

לא פעם אירוע שמתרחש מהווה מקור להשראה לרעיון חדש, לשאלת בחינה או לניסוי חדש ותורם תובנה חדשה על תרומת הכימיה לחיינו.

איך בוחרים ניסוי חדש?

מורים רבים מלמדים את יחידת החקר במסגרת הוראת הכימיה. **סקר** שנערך בתשע"ד הראה כי מורים רבים מבצעים בסופו של דבר מספר מצומצם יחסית של ניסויים מתוך מאגר הניסויים המוכר. עם זאת מורים ותיקים הביעו רצון להרחיב את סל הניסויים שבידם ולהתחדש.



חיפוש רעיון לניסוי חדש הוא בעיה לא פשוטה, שכן מבחר החומרים המותרים לשימוש בבית הספר הולך וקטן משנה לשנה ואתם יורד מספר האפשרויות לביצוע ניסויי תלמידים. ביצוע ניסויי חקר כבר בכיתה י' בהתאם לתכנית החדשה, התרחב ומשמש לשיווק המקצוע ולעידוד תלמידים לבחור ללמוד במגמת הכימיה, ולכן נדרשים רעיונות חדשים. זאת למרות הקושי למצוא ניסויים בעלי רקע מדעי המתאים לתכנית הלימודים של כיתה י'.

פתרון חלקי טמון בחיפוש אחר ניסויים שהרקע המדעי בהם רחב יותר תוך כדי שילוב מושגים מדעיים שאינם בהכרח בתכנית הלימודים. שילוב מושגים אלו במהלך ביצוע של ניסוי הוא בעצם מנוף ללמידה משמעותית ולהעמקת ההבנה. כלומר, יש להרחיב את מקומות החיפוש אחר רעיונות חדשים לניסויים רלוונטיים יותר וכאלה שמושכים תלמידים. יש יתרון לניסוי שבסופו גם אוכלים משהו. ראו את הצלחתו של ניסוי הפופקורן...

כך הגענו אל המטבח. חבורת מורים שחיפשה רעיונות חדשים, התנסתה במהלך השתלמות שנתית בחשיפה לניסויים חדשים שהמשותף להם היה שימוש בחומרים שנמצאים בבית, רובם במטבח - המעבדה הביתית.

חיפשנו ניסוי בעל המאפיינים הבאים:

- ❑ רלוונטי לחיי התלמידים
- ❑ מפתיע ומעניין
- ❑ נעשה בו שימוש בחומרים זמינים ולא רעילים

- כולל דרכי מדידה מגוונות
- מבוסס גם על מושגים מדעיים שאינם בתכנית הלימודים
- ניתן לביצוע ברמות חקר שונות
- כולל שלבי עבודה הדורשים תיאום והפעלה של כל חברי הקבוצה.

בהתבסס על המאפיינים הנ"ל בחרנו במספר ניסויים: הכימיה של המלבי, משחקים עם אוויר, קר כקרח, הכנת גבינה, הסרת כתמים, הברזל שבקורנפלקס. ניסויים אלו בוצעו על ידי המורים בהשתלמות, וחלקם נלקחו ליישום בבית הספר. בכתבה זו נתייחס לניסוי "הכימיה של המלבי" ונספר את "גלגולו".

מה הניסוי שעשו המורים?

הכימיה של המלבי - הנחיות לניסוי

ציוד וחומרים

4 כוסות חד-פעמיות
4 כפיות חד-פעמיות, 2 ספטולות קטנות.

מד טמפרטורה

מאזניים

2 כוסות זכוכית 200 מ"ל

2 משורות פלסטיק 50 מ"ל

פלטה חשמלית

פנס לייזר

חיישן אור ממוחשב, כבל חיבור למחשב, פנס, 2 סטנדים, ג'ק להניח עליו את הכוס

כ-30 גרם קורנפלור

כ-300 מ"ל חלב

כ-25 גרם סוכר

בקבוק מים מזוקקים

צלחת פטרי עשויה פלסטיק

מלקחיים (כדי לאחוז את הכוסות החמות).

מהלך הניסוי

חלק א - הכנת תערובת עמילן-מים

שקלו 8.5 גרם קורנפלור והכניסו לכוס חד-פעמית.

שקלו 10 גרם סוכר והכניסו לכוס חד-פעמית.

מדדו בעזרת משורה 100 מ"ל מים מזוקקים.

לכוסית כימית של 100 מ"ל הוסיפו 50 מ"ל מים מזוקקים ואת כמות העמילן ששקלתם.

ערבבו היטב עם מקל זכוכית.

לכוסית כימית של 200 מ"ל הוסיפו 50 מ"ל מים מזוקקים ואת כמות הסוכר ששקלתם.

ערבבו היטב עם מקל זכוכית.

הניחו את תערובת הסוכר והמים על פלטה חשמלית וחממו עד לרתיחה. כאשר התערובת רותחת,

הוסיפו אליה בזהירות (!!!) את תערובת העמילן והמים שהכנתם מראש. המשיכו בחימום תוך כדי

בחישה למשך 3 דקות.

חלק ב - בדיקת תכונות התערובת עמילן-מים

1. בדיקת עכירות התערובת מים-עמילן בעזרת חיישן אור ממוחשב. העמידו כוס זכוכית המכילה מים מזוקקים מול חיישן האור. מדדו את עצמת האור העובר דרך הכוס. העבירו חלק מהתערובת שהכנתם אל כוסית כימית ריקה ובדקו את עצמת האור העובר דרך התערובת. רשמו והשוו את שתי התוצאות.
2. חישבו צפיפות התערובת שקלו משורה ריקה. העבירו חלק מהתערובת אל המשורה ומדדו את הנפח. שקלו את המשורה והתערובת. חשבו את צפיפות התערובת.

חלק ג - הכנת תערובת עמילן-חלב

חזרו על כל שלבי הניסוי, אך במקום מים השתמשו בחלב.

חלק ד - בדיקת תכונות התערובת עמילן-חלב

1. בדיקת עכירות התערובת חלב-עמילן בעזרת חיישן אור ממוחשב. העמידו כוס זכוכית המכילה חלב מול חיישן האור. מדדו את עצמת האור העובר דרך הכוס. העבירו חלק מהתערובת חלב-עמילן שהכנתם אל כוסית כימית ריקה ובדקו את עצמת האור העובר דרך התערובת. רשמו והשוו את שתי התוצאות.

חלק ה - יצירת תערובת מיוחדת

1. הכניסו 2 כפיות גדושות עמילן לתוך צלוחית פטרי. הוסיפו 6 מ"ל מים. לוו את התערובת בקצה האצבעות. נסו לערום את החומר. לחצו את התערובת והרפו. רשמו תצפיות.

הכימיה של המלבי - הערות בטיחות

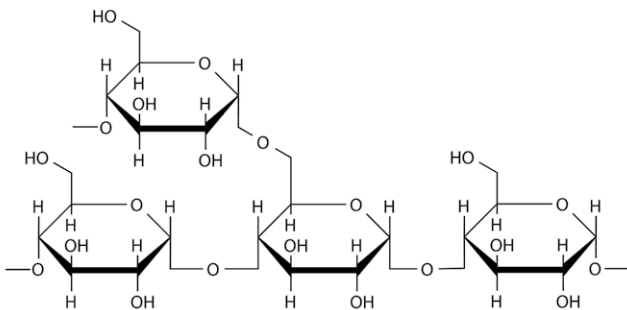
יש לנקוט אמצעי זהירות במהלך העבודה של התלמידים עם נוזלים (מים, חלב) רותחים. בתום הניסויים יש לשפוך את התערובות לשקית פוליאטילן ואחר כך לזרוק לפח. אין לשפוך את תערובות העמילן אל הכיור.

הכימיה של המלבי - רקע מדעי מצומצם

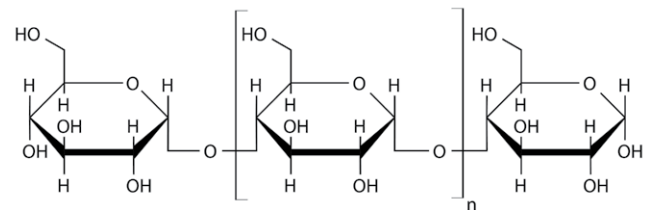
עמילן הוא פחמימה, פולימר, רב-סוכר המורכב מיחידות חוזרות של גלוקוז. הוא חומר המשמש לתשמורת צורת אגירת סוכר זמין בצמח לצורך הפקת אנרגיה כימית. הוא מורכב מתערובת של עמילוז ועמילופקטין. במרבית הצמחים כ-75% מהעמילן מופיעים בצורת עמילופקטין. ראו השוואה בין מבנה העמילוז והעמילופקטין בטבלה 1.

טבלה 1: השוואה בין עמילוז ועמילופקטין - מבנה ותכונות

| מבנה/תכונה | עמילוז | עמילופקטין |
|--|--|--------------------------------|
| מבנה כללי | כמעט ללא הסתעפויות (תמונה 1) | הסתעפויות רבות (תמונה 2) |
| אבן הבניין | גלוקוז | גלוקוז |
| סוג הקשר הגליקוזידי | $\alpha(1-4)$ | $\alpha(1-4)$ ו- $\alpha(1-6)$ |
| דחיסות | יותר דחוס | פחות דחוס |
| דרגת פולימריזציה (מספר יחידות גלוקוז במולקולה) | כ-3000 | כ-600,000 |
| הצבע המתקבל בנוכחות תמיסת יוד | כחול עמוק | חום-סגול |
| ייצוב המבנה | ייצוב של השרשרת ע"י יצירת קשרי מימן בין טבעות סמוכות ובין טבעות שנמצאות בשרשרת שונות זו על זו. | |



תמונה 2: עמילופקטין



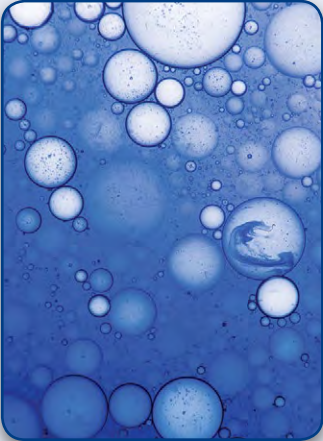
תמונה 1: עמילוז

שימושים של עמילן

- להפקת אנרגיה בתהליכי העכול בגוף
- להעלאת סמיכות רטבים
- לייצור דבקים, נייר וטקסטיל
- לסינתזה של תרכובות המשמשות בתעשיית המזון
- לספיחת ריחות רעים
- לעמלון בגדים

נציג את ממצאי הניסוי "הכימיה של המלבי" שבצעו המורים.

טבלה 2 - הכימיה של המלבי - ממצאי הניסוי בהיבטים מאקרוסקופיים ומיקרוסקופיים.

| מושג להרחבה | הסבר מדעי | תצפית(מאקרו) | הפעולה |
|--|--|---|-----------------------------|
|  <p>תרחיף או סוספנדיה</p> | <p>מתקבל תרחיף - חלקיקים של מוצק (עמילן) שמפוזרים בתוך הנוזל (מים וחלב).</p> <p>אין מתקבלת תמיסה. העמילן נשאר בצורה גבישית - כגרגרים קטנטנים בתוך המים (גרנולות). חלק מקשרי המימן שבין מולקולות העמילן מתפרקים.</p> <p>הקשרים בין מולקולות העמילוז והעמילופקטין הם קשרים חזקים יחסית(קשרי מימן).</p> | <p>נוזל בצבע לבנבן עכור עם הזמן גרגרי העמילן שוקעים</p> | <p>המסת עמילן במים/בחלב</p> |
| | <p>מולקולות המים והעמילן נעות מהר יותר (אנרגיה קינטית רבה יותר) עד שהן מאפשרות לגרגיר העמילן "להיפתח". מולקולות העמילן יוצאות מהגרנולות,</p> <p>הן חופשיות לנוע בנוזל ולהתפזר בין מולקולות המים. ההסמכה היא תוצאה של יצירת קשרי מימן נוספים בין המולקולות הארוכות.</p> | <p>קבלת דייסה סמיכה</p> | <p>חימום התערובת</p> |
| <p>ג'ל</p> | <p>מולקולות העמילן ארוכות, הן מסתבכות זו בזו ונקשרות זו לזו, ונוצרת רשת של שרשרות עמילן, שכולאת בתוכה מולקולות מים. נוצרים קשרי מימן ביניהן לבין מולקולות העמילוז והעמילופקטין.</p> | <p>קבלת מבנה דמוי ג'ל</p> | <p>קירור התערובת</p> |

אנימציה 1 ממחישה את תהליך ההסמכה שמתרחש כאשר מחממים תערובת עמילן ומים ומקררים אותה. האנימציה יוצרה על ידי אתר דוידסון און-ליין. לאחר ביצוע הניסוי ביצענו פעילויות נלוות שיש להן תרומה להעמקת הלמידה.

איך הופכים את הלמידה למשמעותית יותר?

בחרנו במספר דרכים להעמקת הלמידה.

הופכים את הלמידה למשמעותית יותר בעזרת סיכום ניסוי.

1. **סיכום אישי** - באמצעות **סיכום אישי** ניתן ללמוד על המעורבות של התלמידים בביצוע הניסוי ובעיבודו בהכנת הדו"ח. כמו כן, ניתן להפעיל את התלמידים ה"טרמפיסטים".

מתוך הסיכומים האישיים של המורים שביצעו את הניסוי "הכימיה של המלבי" בהשתלמות למדנו כיצד נתרמו המורים מהניסוי.

א. תרומה לידע חדש

עינת: "הגאפלה: הכרטי אג הגאפלה אך לא הקדשג מחלפה אהסכר פמדזי-כימי ל..."
סבטלנה: "הכרטי שיטג אמדיג מלכר אור לם חיילן כמדד אצפיאג".

אורית: "הידול בניסוי מבחינתי היה בנושא המסיב. הלאבדה כי בניסוי של זמיון + סוכר + שמן לא הגמסס הסוכר, ובחימום הוא הפך לקרמל ונשלה. ציפנו כי כן גפיה המסה מכילון לסוכר יוצר קשתי זימן זלם זאן דר זאלס."
שושי: "לא הגלמקג הלכר בהגפלה לל רב-סוכר לם דו-סוכר ובקישור בניופם, ובסזליג לל הלפלג פטמפטרורה זכמג סוכר לל שקיפוג הגזר הסזך זלל הצמילג, כמז כן הגזאלה פיו מזנינג".
ניתן לראות שסיכום אישי הוא כלי מתאים להפעלה גם עם התלמידים בכיתה.

ב. מושגים ותכנים מדעיים שמלמדים וקשורים לניסוי: קשרים בין-מולקולריים, חד-סוכרים, דו-סוכרים ורב-סוכרים: מבנה ותכונות, חומר תשמורת, מסיסות רב-סוכר.

ג. מושגים ותכנים מדעיים נוספים שאינם בתכנית הלימודים וקשורים לניסוי: צפיפות, גיל, תרחיף, תחליב, גרנולות, קולואידים.

2. **סיכום כיתתי** - סיכום ניסוי קבוצתי בכיתה. בתום ביצוע הניסוי, במהלך בדיקת הדוחות של התלמידים המורה אוסף את הנקודות החשובות של כל קבוצה ומציג אותם בטבלה המסכמת את עבודת הכיתה כולה. הטבלה משוכפלת וניתנת לכל תלמיד, ובעקבותיה מתקיים דיון כיתתי הנמשך כשיעור. בדיון משוחחים על שאלות החקר שנחקרו בכיתה, מתייחסים לממצאים ולדרך הצגתם, וכן למסקנות של הקבוצות השונות. הטבלה הכיתתית כוללת את שמותיהם של כל חברי הקבוצה. במהלך הדיון תלמידי הכיתה מוזמנים לשאול שאלות הנוגעות לניסוי שבוצע על-ידי קבוצה מסוימת או לברר שיטות עבודה. חברי קבוצת הניסוי מוזמנים לספר על קשיים שבהם נתקלו, על הדרכים להתגבר על כך וכן להגיב על השאלות.

דיון מסוג זה מהווה סיום ראוי לניסוי שבוצע והצגת תמונה כוללת לכל התלמידים הלומדים על רעיונות חדשים שהועלו או על שיטות עבודה שחבריהם נקטו. ניתן לקיים סיכום כיתתי בסיומו של ניסוי משמעותי המתקשר למושגים שנלמדו, או בסיומו של כל אחד מניסויי החקר (ראו טבלה 3).

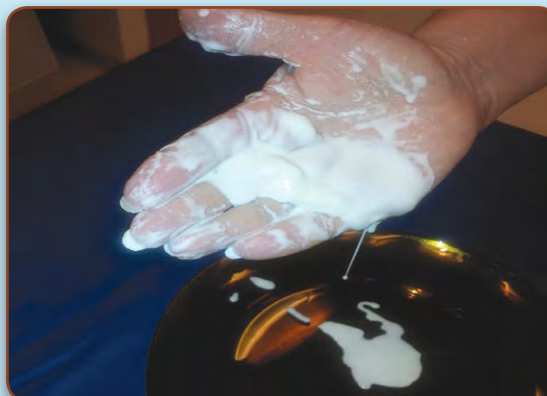
הופכים את הלמידה למשמעותית יותר בעזרת חקר כיוונים חדשים.

בעקבות ביצוע הניסוי של שאלת חקר 4 הופתענו לגלות כי ביחס מסוים של עמילן/מים מתקבלת תערובת המתנהגת בצורה "מוזרה". כאשר הפעלנו לחץ על התערובת, היא התקשתה והפכה למוצק, וכשהרפינו המוצק הפך מחדש לתערובת נוזלית.

תמונה 3 - התערובת ה"מוזרה"



1. התערובת לאחר הפעלת לחץ, מתנהגת כמוצק

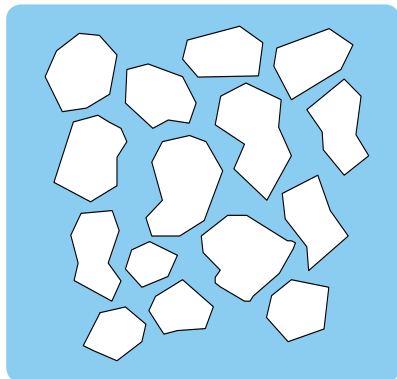


2. התערובת לאחר הרפיית הלחץ, מתנהגת כנוזל

| מסקנות | תוצאות | שאלת החקר | הקבוצה |
|--|---|--|--------|
| <p>ככל שמסת הסוכר גדלה עוצמת האור העובר דרך התערובת קטנה.</p> | <p>תלות עוצמת האור במסת הסוכר</p> | <p>האם וכיצד משפיעה מסת הסוכר על עוצמת האור?</p> | 1 |
| <p>סוג הנוזל משפיע. אין מסקנות חד-משמעיות.</p> | <p>השפעת סוג הנוזל על הצפיפות של התערובת</p> | <p>האם וכיצד ישפיע סוג הנוזל שבו מערבבים את העמילן, על הצפיפות של התערובת המתקבלת?</p> | 2 |
| <p>אין מסקנה חד-משמעית.</p> | <p>השפעת סוג הסוכרים על צפיפות התערובת</p> | <p>האם וכיצד משפיע סוג הסוכרים על צפיפות התערובת?</p> | 13 |
| <p>יחס גבוה בין עמילן למים גרם להאטת תנועת האבן. יחס גבוה במיוחד גרם ליצירת תערובת בעלת תכונות מעניינות.</p> | <p>השפעת יחסי הנפח: עמילן/מים על זמן נפילת אבן</p> | <p>האם וכיצד יחס המסות עמילן: מים משפיע על משך הזמן שלוקח לאבן לרדת לאורך מבחנה?</p> | 4 |

הסבר התופעה

העמילן בנוי מחלקיקים רבים בעלי צורה שונה. לאחר הוספת מים המולקולות נעות סביב העמילן ומתנהגות כחומר סיכה, המאפשר לחלקיקים להחליק זה מעל זה (תמונה 4).



תמונה 4: תערובת נוזלית של עמילן - מים

כאשר מפעילים כוח פתאומי על התערובת, מולקולות המים יוצאות מבין החלקיקים, החלקיקים מתקרבים, אינם יכולים לנוע זה מעל זה, כוחות המשיכה גוברים, והחומר מתנהג כמוצק (תמונה 5).

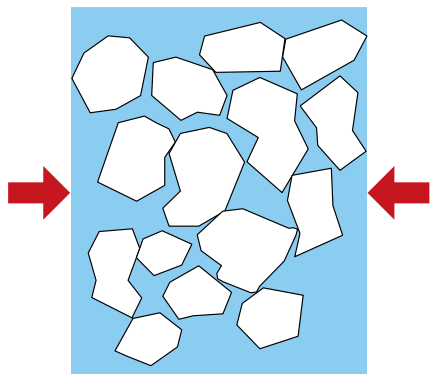
השפעת הכוח היא זמנית, וכאשר הכוח מוסר והתערובת "נחה" - מולקולות המים חודרות בין החלקיקים, והתערובת נוזלית שוב.

חיפשנו הסברים לתופעה, כדי להרחיב את הידע המדעי, ומצאנו.

הופכים את הלמידה למשמעותית יותר בעזרת עיבוי הרקע המדעי של הניסוי.

אחת הדרכים המאפשרות את העמקת הלמידה היא לעבות את הרקע המדעי של הניסוי באמצעות שילוב שאלות בהנחיות לניסוי (לפני ביצועו, במהלך הניסוי או במהלך כתיבת הדו"ח).

בהמשך מוצגות שאלות שמורים הציעו לשלב בהנחיות לביצוע הניסוי וכתיבת הדו"ח ("הכימיה של המלבי").



תמונה 5: תערובת מוצקה של עמילן - מים

א. מה פאנפה של עמילן ושל סוכר וזאזא קשרים לאיקואידים קיימים בעמילן ובסוכר?

ב. מדוע גמיס פסאכא צאזא פאז גמיס פאזאז אכא?

ג. מדוע מאסיפם אג פאזאז אגמיס סאכר חאפ?

ד. מדוע גמיס פאזאז אגקלפ כאזא מפאזאז אזיפ כאו נכאכא?

ה. מה קורה לעמילן בערבא פם מים קרים?

ו. האם עמילן אגאמס במים? נמקא גלאאכא.

ז. מהי אגאכא קאזאזאזא? קלאזאזא אגאכא קאזאזאזא.

ח. האם אכאזא משפאזא סאזא שונים של חד-סאכרים אז צפאפא אגאכא? חד סאכר-עמילן-מים?

ט. האם אכאזא משפאזא מסא פאזאזא אגאכא-עמילן-מים אז צפאפא?

י. האם אכאזא משפאזא סאזא פסאכרים אז צפאפא גמיס מיימיג של סאכר זאזא עמילן?

(מתוך פורום הקבוצה המשותף למורי ההשתלמות)

הידעתם?

משתמשים בחומר לשעשועים, וכן בפיתוח של אפוד הגנה אישי.

לסיכום

אז מה היה לנו?

התחלנו ממלבי טעים בדרך מהים שנתן את הרעיון, המשכנו בחשיבה מהו ניסוי מתאים, בחרנו ניסויים, שאלנו שאלות חקר, ביצענו ניסויים.

במקביל העמקנו את הלמידה באמצעות סיכומי ניסויים (אישי וקבוצתי) ועיבוי הרקע המדעי לכל ניסוי. השתלם המלבי!!

| | | |
|----|----|-------|
| Rb | K | -2.93 |
| K | Ca | -2.92 |
| Cs | Ba | -2.90 |
| Ba | Ca | -2.87 |
| Na | Na | -2.71 |
| Mg | Mg | -2.37 |
| Al | Al | -1.66 |
| Mn | Mn | |
| Zn | Zn | |

INTER LAB



תופעות והדגמות סביב פחמן דו-חמצני

עבדאללה חלאילה, מורה לכימיה, תיכון סחנין ומדריך לכימיה במגזר הערבי

איזה כו"ז? שהגאמידים לאי נפנים ומגאפבים כאשר הם צופים בניסויים שאני מבצע בלש פחמן דו-חמצני. גקצר פירינה מאגאר אג כא הגאובאג אפסליזאיואג שבפן מלגא פחמן דו-חמצני, אנסקאר בקצרה כאפ מן.

רקע כללי על פחמן דו-חמצני

פחמן דו-חמצני (פד"ח) הנו גז חסר צבע, חסר ריח ובעל טעם חומצי קל. גז שהצמחים אינם יכולים לחיות בלעדיו. הוא אינו דליק ומשמש בין היתר לכיבוי שרפות. הגז כבד מהאוויר פי 1.67, לכן דוחה את האוויר ותופס את מקומו, וכך ניתן לשפוך אותו מכלי אחד לשני בלי להבחין בקיומו, כי הוא חסר צבע. הגז נוטה להישאר במקומות נמוכים, לכן הרבה מקרי מוות מחנק התרחשו במכרות ובחללים תת-קרקעיים.

זאת, כאמור, משום שהפחמן הדו-חמצני שדוחה את האוויר ותופס את מקומו. פחמן דו-חמצני אינו קיים כנוזל בלחץ אטמוספרי. הוא הופך לנוזל תחת לחץ ומתמצק בטמפרטורה -56.7°C . מוצק זה ידוע כקרח יבש ומשמש לקירור. טמפרטורת ההתמצקות של פד"ח בלחץ אטמוספרי היא -78.5°C . כאשר כמות קטנה ממנו נמסה במים הוא מגיב עם מים והופך לחומצה הפחמתית שהיא חומצה חלשה ולא יציבה. המשקאות המוגזים מתקבלים מהמסת פד"ח בלחץ גבוה.

זה אומר שאנרגיה זו נשארת באטמוספירה של כדור הארץ, וכך התברר במשך עשורים רבים שישנה קורלציה בין עליית ריכוז פד"ח באטמוספירה לבין עליית הטמפרטורה הממוצעת על פני כדור הארץ.

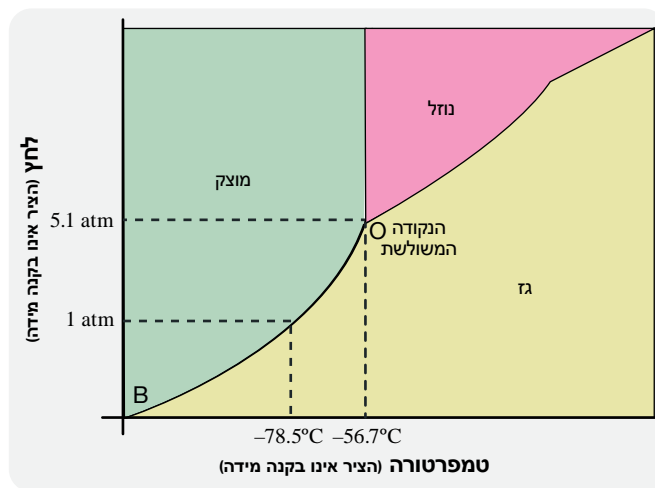
אפקט החממה הנו תופעה חשובה. תופעה זו היא המאפשרת חיים על פני כדור הארץ וגורמת לכך שהטמפרטורה הממוצעת של כדור הארץ היא 15°C . ללא אפקט החממה הייתה טמפרטורה זו יורדת ל- 18°C וכדור הארץ היה הופך לכדור שלג שאין בו בחיים. הבעיה היא שריכוז גזי החממה באטמוספירה של כדור הארץ עלה בצורה חסרת רסן ובלתי מבוקרת. הדבר עלול לגרום לשינויי אקלים נרחבים ותופעות לוואי אחרות ברחבי העולם כמו המסת קרחונים והצפות המסכנות את החיים על פני כדור הארץ.

התגמות שבתן פשתתקי פחמן דו-חמצני

אפשר להכין פחמן דו-חמצני במעבדה בתגובה בין חומצה לבין אבן גיר או כל מלח פחמתי אחר. יש גם אפשרות לקנות בלון קטן של גז זה למעבדה על-מנת להשתמש בפד"ח בעת הצורך.

לוקחים "גלון" מפלסטיק בעל נפח של כ-5 ליטרים (ששימש בעבר לאחסון שמן), ריק, נקי מעקבות שמן. ממלאים אותו בגז פחמן דו-חמצני וסוגרים אותו בפקק המתאים לו. מדגימים בפני הכיתה ושופכים מגלון זה לכלי הריק הראשון (כל שלושת הכלים שנשתמש בהם הם כוסות כימיות שנפחן 2 ליטר), לאחר מכן מעבירים את תכולת הכלי הראשון לכלי השני, ומהכלי השני לשלישי, ובסופו של דבר שופכים את הכלי האחרון על כמה נרות דלוקים שנמצאים על השולחן. ואז החוויה הגדולה: הנרות נכבים, למרות שלא נראה לעין שהיה משהו בתוך הכלים. למעשה, בתוך הכלים היה הגז פד"ח.

כך ניתן לבצע גם את ניסוי מערת הכלבים. אנו לוקחים כמה מדרגות בנויות מעץ או מפלסטיק ומכניסים אותן לתוך כוס כימית של 2 ליטר או לתוך כלי שקוף מתאים אחר, שמים על המדרגות נרות דלוקים, וכאשר מזרימים את הגז פד"ח באמצעות צינור גומי מתאים לתחתית הכוס הכימית, הנרות מתחילים להיכבות זה אחרי זה מלמטה למעלה, כי פד"ח כבד מן האוויר, דוחה אותו ותופס את מקומו.



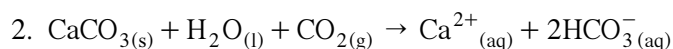
הצמחים (ביבשה) והאצות (במים) קולטים פחמן אי-אורגני בצורת פחמן דו-חמצני מן האטמוספירה ומייצרים ממנו תרכובות אורגניות בתהליך הפוטוסינתזה. התרכובות האורגניות עוברות במארג המזון מן הצמחים אל בעלי-החיים. בתהליך הנשימה המתרחש ביצורים החיים מתפרק חומר אורגני (סוכר) ונפלט פד"ח אל הסביבה. בין היתר נפלט לאוויר פד"ח גם בעקבות התפרצות הרי געש. התהליכים האחרונים הם חלק ממחזור הפחמן בטבע.

פד"ח נחשב לגז החממה העיקרי ואחד הגורמים המרכזיים בתופעה הנקראת התחממות גלובאלית, בנוסף לגזים אחרים כמו אדי מים, גז מתאן $\text{CH}_4(g)$ וחד-תחמוצת החנקן $\text{N}_2\text{O}(g)$. שיעור הפחמן הדו-חמצני שבאטמוספירה קובע את טמפרטורת כדור הארץ. כיום הוא עומד על 0.038% מנפח האוויר. לפני המהפכה התעשייתית (לפני מאתיים שנה בערך) היה ריכוז הפחמן הדו-חמצני כשליש מערכו הנוכחי. הגידול בריכוז פד"ח באטמוספירה מיוחס לשימוש הרב בדלקים פוסיליים ובירוא יערות. הדלקים הפוסיליים - כמו נפט ופחם משמשים לצורכי האדם - כמו תחנות כוח, מפעלי תעשייה ואמצעי תחבורה למיניהם - ובזמן שרפתם משחררים פד"ח לסביבה. כך התערב האדם במחזור הטבעיים כמו מחזור הפחמן בטבע ע"מ לפתח את סביבתו ולהתאימה לצרכיו. אשר לבירוא יערות, האדם ניצל יערות ושטחים ירוקים בלי ליצור שטחים חלופיים במקומם שיוכלו לספוג את הפד"ח שבאטמוספירה בתהליך הפוטוסינתזה וליצור גלוקוז שיחד עם חומרים אחרים בונה את גוף הצמח. מולקולות של פד"ח ושל גזי חממה אחרים בולעות חלק מן הקרינה האינפרא-אדומה שנפלטת מכדור הארץ בחזרה לחלל ופולטים אותה בחזרה לכל הכיוונים.



הזרמת פחמן דו-חמצני מבלון לכלי המכיל נרות דלוקים בגבהים שונים

לראות בתגובה 2.



תגובה 2 מתרחשת בטבע ומסבירה את אחת התופעות שנקראת קארסט, שהיא ע"ש אזור הררי במדינת סלוביניה שנקרא קארסט. שם נמצאת מערת הנטיפים שהיא המערה הגדולה ביותר בעולם מסוג זה. באזור זה תופעות אלה די נפוצות. התופעה מדגימה המסה של סלעי גיר שנמצאים באזור זה.

תגובה הפוכה לתגובה 2 הנה תגובה 3 אשר מתרחשת בקומקומים ובגופי חימום אחרים שכוללים מים חמים כמו מכונות כביסה, מגהצים, מדיחי כלים ודודי שמש שבעקבותיה נוצר המשקע $\text{CaCO}_3(\text{s})$. הרי הסיידן ביקרבונאט שהוא מסיס טוב במים מגיב בחימום ליצירת המשקע $\text{CaCO}_3(\text{s})$. תגובה זו מתרחשת גם בתוך מערות נטיפים בזמן יצירת הנטיפים והזקיפים בחלל המערה.

3. $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{HCO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$
אנא צפו **סרטון 1** ו**בסרטון 2** אשר מדגימים את התגובות של פד"ח בחלק מן התופעות אשר הזכרנו לעיל.

ביבליוגרפיה

1. הכימיה - אתגר, רות בן-צבי ויהודית זילברשטיין, המחלקה להוראת מדעים, מכון ויצמן למדע, תשנ"ב 1991, חומר רקע לפרק רביעי.
2. יש לי כימיה עם הסביבה, דפנה מנדלר ואחרים, המחלקה להוראת מדעים מכון ויצמן למדע, תשע"ב 2011.

בהמשך, כשכמות הפד"ח עולה, הוא מכבה בהדרגה את הנרות מהתחתון ועד העליון.

זיהוי פד"ח ע"י הערכת מי-סיד צלולים

זוהי אחת השיטות שבה משתמשים לזיהוי ואבחון הגז פד"ח. להכנת מי-סיד צלולים לוקחים כפית של סיד (סידן הידרוקסידי) מוצק לתוך כוס כימית שנפחה 100 מ"ל מלאה במים ומערבבים היטב. אחר כך מסננים את התמיסה לתוך אירלנמייר קטן. התסנין שמתקבל נקרא מי סיד צלולים או הבסיס סידן הידרוקסידי. מזרימים אל התסנין בזהירות את הגז פחמן דו-חמצני ואז רואים שנוצרת עכירות. העכירות הנה המשקע סידן פחמתי $\text{CaCO}_3(\text{s})$. דרך אגב, אין להשאיר לזמן ממושך את התסנין החשוף לאוויר בתוך כלי פתוח, כי הפד"ח שבאוויר מעכיר אותו. אפשר גם לנשוף לתוך הכלי באמצעות של קשית שתייה קרה, ונקבל אותן תצפיות (כשנושפים בקשית, יש להיזהר לא לשתות מן התסנין!). ניתן גם להשתמש באינדיקטור פינולפתלאין. שמים כמה טיפות אינדיקטור בתוך התסנין, ומתקבלת תמיסה בעלת צבע אופייני ורוד-סגול, בגלל שהתסנין הוא בסיסי. אם מזרימים מספיק פחמן דו-חמצני לתסנין, הצבע נעלם, וזו ההוכחה שזו תגובת חומצה-בסיס.

תגובה 1 מתארת תגובה בין פחמן דו-חמצני לבין מי סיד צלולים:



התגובה אינה מסתיימת כאן, אלא בזמן שממשיכים להזרים פחמן דו-חמצני, העכירות נעלמת כי הפחמן הדו-חמצני מגיב עם המים ועם ה- CaCO_3 לקבלת סידן ביקרבונאט, שהוא מסיס טוב במים, כפי שניתן

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

הפרס לשנת תשע"ה מוענק לגברת נאדיה גנאים



הספר המקיף אל-בטוף שבכפר עוזיר בגליל עילית ושייך למועצה אזורית אל-בטוף. את באוניברסיטה העברית ואת תעודת ההוראה בחיפה. נאדיה לימדה בשלוחה הצפונית ועד היום היא מורה לכימיה בתיכון המקיף הכימיה, רכזת מדעים מזה שבע שנים ורכזת משכבה ז' עד י"ב. נאדיה התנדבה במשך לילדים חולים הרתוקים לביתם.



נאדיה גנאים היא מורה לכימיה בבית התחתון. הכפר ממוקם ליד העיר נצרת השכלתה העל-תיכונית היא רכשה קיבלה מהמכללה הערבית לחינוך של מכללת שנקר, ומשנת 2003 בכפר עוזיר. היא אחראית על מגמת מגמת עתודה טכנולוגית למצטיינים שנים באגודת תללים, העוזרת

מכמות בלתי רגילה של מכתבי המלצה שהגיעו, הן מתלמידים והן מעמיתים להוראת הכימיה ולהוראה בכלל, עולה תמונה שניתנת לסיכום במשפט שכתבה תלמידה לשעבר על נאדיה: "כשמדברים על כיתה שלמה שקוראת למחנכת שלה "אימא" אז מדובר על נאדיה". ואכן, נאדיה מצליחה לשלב בצורה ייחודית ומעוררת התפעלות את יכולותיה כמורה וכמחנכת. לא רק שהיא מצליחה לרתק תלמידים למקצוע הכימיה, כפי שהדבר בא לביטוי בהשתתפותם של תלמידיה בכנסי תלמידים ובכימיאדה, אלא היא מחזקת ומעצבת אותם בדרכם המקצועית. כותב עליה אחד מתלמידיה: "לא רק שנאדיה מלמדת אותנו כימיה, היא גם מלמדת אותנו איך להיות מכובדים ואיך לכבד את האחרים. היא פשוט אישה מושלמת מבחינת העברת החומר וגם מבחינת איך שהיא מלמדת את התלמידים ערכים חשובים מאוד". שנת 2014 נאדיה משמשת גם כמדריכה מחוזית. כותבת עליה מורה צעירה לכימיה: "למורה נאדיה היה חלק גדול בעיצוב ההצלחה שלי ושל התלמידים ביחד. זאת בזכות התמיכה שקבלתי ממנה כמורה חדשה, והעידוד שחזק את הביטחון העצמי שלי בפני הכיתה, כלים מאוד חשובים שהיא כיוונה אותי אליהם בהוראת המקצוע".



נאדיה גנאים ומשפחת מנדלר במעמד קבלת הפרס

נאדיה משלבת מיחשוב, מעבודות ופרויקטים לקידום המקצוע אצל התלמידים.

על היותה של נאדיה גנאים, כפי שכותבת עליה מרצה ל"אמנות ויצירה" גב' מהא אבו חוסיין, "דמות כריזמטית, בעלת חזון ויכולת ביצוע יוצאת מן הכלל. על היותה ערנית ואכפתית למקום בו היא חיה, למעגלים הקרובים אליה ולמעגלים הרחבים והקולקטיביים" החלטנו להעניק לה את פרס המורה המצטיינת לכימיה בפריפריה לשנת תשע"ה על שם ד"ר ורה מנדלר.

קרון הפרסים על הצטיינות בהוראת הכימיה ע"ש נעמה גרינשפון ז"ל

הנימוקים לפרס לשנת תשע"ה עבור אסתי זמלר

אוניברסיטת תל אביב בביולוגיה, ובעלת תואר היא מורה לכימיה וביולוגיה מזה 26 שנים הצטיינה בלימודיה לתואר שני והתבלטה עבודותיה. אסתי משלבת יכולות קוגניטיביות נוספים בהוראה הנוגעים לאספקטים זה, מובילה אסתי קבוצת מורים הלומדים בהוראת הכימיה. בנוסף לכך, יש לאסתי ואסטרטגיות הוראה חדשים.



גב' אסתי זמלר היא בוגרת שני בהוראת הכימיה ממכון וייצמן. ומשלבת מחקר בעבודתה. אסתי ברצינותה וברמה גבוהה של גבוהות ביותר, וידע עמוק בתחומים חברתיים של הוראה ולמידה. בהקשר כיצד לשלב אספקטים חברתיים ניסיון רב בשילוב חומרי למידה

אסתי פיתחה יחידת התערבות בנושא גלולות למניעת הריון שבה השכילה לשלב בין תחומי דעת שונים, ביולוגיה, כימיה רפואה וחברה. להוביל את התלמידים צעד אחר צעד, בתהליך שבסופו יוכלו לקבל החלטה לגבי שימוש בגלולות למניעת הריון, ואם כן, באיזה סוג גלולה.

אסתי הפעילה את יחידת הלימוד שפיתחה וליוותה את ההפעלה במחקר פעולה איכותי.

אסתי תורמת לעמיתיה בעצות, במתן ביקורת בונה ובחיוך רחב. מאמציה לקידום תלמידיה בתחום המדע בכלל והכימיה בפרט, זוכים להערכה מרובה בקרב קהילת המורים והתלמידים לכימיה. היחס החם אותו היא מעניקה לתלמידיה הוא מאפיין שעולה בכל הקשר בו היא מוזכרת. היא עובדת בבית-ספר שאליו מגיעים תלמידים מרמה סוציאקונומית נמוכה, אך אינה מוותרת על אף תלמיד ומובילה אותם לאהבה של מקצוע הכימיה ולהצלחה בבחינות הבגרות.



גדי גרינשפון, אסתי זמלר וניצה ברנע במעמד קבלת הפרס

פרס המורה המצטיין של החברה הישראלית לכימיה, תשע"ה

פרס החברה הישראלית לכימיה למורים מצטיינים הוענק השנה לשתי מורות ותיקות:
גב' יונת שמאי מבית הספר התיכון אביב ברעננה ו**גב' דפנה שלם** מבית
הספר הריאלי העברי בחיפה.



יונת שמאי היא בוגרת תואר ראשון בכימיה תרופתית מאוניברסיטת בר-אילן ותואר שני בפרמקולוגיה מהפקולטה לרפואה באוניברסיטת תל-אביב. היא החלה את דרכה המקצועית בתיכון אילון בחולון בשנת 2001, הקימה את מגמת הכימיה בתיכון אביב ברעננה ומאז היא מלמדת בו כמורה לכימיה ורכזת המגמה.

יונת היא מורה מסורה אשר אינה מוותרת על אף תלמיד, מקדישה לתלמידיה זמן מעבר לשעות הלימודים ומובילה אותם למצינות. היא מארגנת לתלמידיה סיורים במכון ויצמן ובתעשיות השונות כדי לקרב אותם אל המקצוע. בזכות יונת מספר לומדי הכימיה בבית הספר הוא גדול וההישגים מצוינים. תלמידיה מעידים כי היא המורה המשמעותית ביותר שהייתה להם בחייהם, אשר תרמה רבות לעיצובם כבני אדם.

יונת מדריכה מזה שנים במחוז מרכז מורים חדשים כוותיקים, תורמת את מיטב זמנה למשימה ופועלת לקידום מקצוע הכימיה. במסגרת מעבדת החקר בכימיה, קידמה יונת את ניסויי החקר ברמה 3. במסגרת קורס יוזמות במכון ויצמן היא פיתחה יוזמה בנושא והיא מובילה ומסייעת בהטמעת ניסויים ברמה 3 בקרב מורי הכימיה בכל רחבי הארץ. יונת רואה בחינוך ובהוראה דרך חיים, פועלת בקרב תלמידים ומורים באהבה, בדרכה הצנועה והאצילית, ומהווה מודל ודוגמה אישית למורים רבים.



דפנה שלם היא בוגרת תואר ראשון בהנדסת מזון וביוטכנולוגיה מהטכניון, ותואר שני בחינוך, בהצטיינות, מהאוניברסיטה הפתוחה. היא החלה את דרכה המקצועית בתעשיית המזון ועשתה הסבה להוראה בשנת 1995. מאז שנת 2000 היא מכהנת כמורה ורכזת מגמת הכימיה בחטיבה העליונה של בית הספר התיכון הריאלי העברי בחיפה.

דפנה פועלת לחיזוק מעמד הכימיה בבית-הספר, מפעילה פרויקטים המקדמים למידה משמעותית והערכה חלופית כגון פרויקט הרדיואקטיביות והפרויקט הסטוכיומטריה, אשר פורסם בעיתון "על כימיה" לטובת כלל מורי הכימיה בארץ. דפנה פועלת לטיפוח צוות הכימיה בבית הספר, מדריכה ומסייעת למורי הצוות להתקדם ולהשתפר תוך הפרייה הדדית. בזכותה עלה מספר התלמידים הלומדים כימיה ברמת 5 יחידות לימוד והישגי התלמידים בבחינות עלו. דפנה מקרבת את לימודי הכימיה לחיי התלמידים על ידי סיורים בתעשיות המזון ובתעשיות הכימיות. היא גורמת לתלמידי הכימיה ולמורי הכימיה בבית ספרה להיות גאים בבחירה המדעית שלהם ובמימוש הפוטנציאל האינטלקטואלי שגלום בכל אחד מהם.



כנס חנוכה, תשע"ה - "כימטק, כימיה בהייטק"

זיוה בר-דוב, המרכז הארצי למורי הכימיה בישראל, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

החינוך. בארגון הכנס לקחו חלק חברי המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן. הוועדה המארגנת כללה את: שרה אקונס - יו"ר, זיוה בר-דוב - יו"ר, ד"ר רון בלונדר, ד"ר מלכה יאיון, ד"ר מרים כרמי, ד"ר דבורה קצביץ וד"ר יעל שורץ.

הכנס נפתח במושב חגיגי שכלל גם הדלקת נרות חנוכה על ידי גלעד פילוסוף, מורה מוביל, שתורם רבות לקידום המקצוע. נשאו ברכות ד"ר רחל ממלוק-נעמן, מנהלת המרכז הארצי; ד"ר דורית

בחנוכה תשע"ה התקיים הכנס הארצי של מורי הכימיה בנושא "כימטק, כימיה בהייטק". הכנס עסק בנושאים מחזית המדע, בטכנולוגיות מתקדמות כמו גם בהתמקצעות מורים - נושא המהווה מרכיב מרכזי בפעילות של המרכז הארצי למורי הכימיה.

הכנס התקיים במכון דוידסון לחינוך מדעי ליד מכון ויצמן למדע ואורגן על ידי חברי המרכז הארצי למורי הכימיה, ובראשם ד"ר רחל ממלוק-נעמן, מנהלת המרכז הארצי למורי הכימיה, בשיתוף עם פיקוח על הוראת הכימיה, ד"ר דורית טייטלבוים, מפמרת כימיה, אגף מדעים, המזכירות הפדגוגית, משרד



הדלקת נרות חנוכה על-ידי גלעד פילוסוף



ד"ר דורית טייטלבוים - מפמרת כימיה



ד"ר רחל ממלוק-נעמן - מנהלת המרכז הארצי למורי הכימיה



קהל מורי הכימיה בהרצאות המליאה



קהל מורי הכימיה במושבים המקבילים - מושב בהנחייתה של ד"ר דפנה מנדלר

טייטלבוים, מפמרת כימיה, אגף מדעים, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך; ד"ר חוסאם דיאב, מפקח על הוראת המדעים במגזר הערבי, משרד החינוך; פרופ' אהוד קינן, נשיא החברה הישראלית לכימיה; ד"ר ניר מיכאלי, יו"ר המזכירות הפדגוגית במשרד החינוך. ד"ר רחל ממלוק-נעמן סקרה את הפעילות של המרכז הארצי והדגישה את תפקידם ומעמדם של מורי הכימיה.

ד"ר דורית טייטלבוים הדגישה את חשיבות הכנסים של מורי הכימיה ושל הרפורמה "ישראל עולה כיתה המכוונת ללמידה משמעותית". ד"ר ניר מיכאלי הדגיש את חשיבות קידום של מקצועות מדעיים ושל למידה משמעותית.

בכנס הוענקו פרסים למורי כימיה מצטיינים. בפרס המורה המצטיין על שם דר ורה מנדלר זכתה נאדיה גנאים, מורה בבית ספר מקיף אלבטוף עראבה, ומדריכה במחוז צפון במגזר ערבי ודרוזי (ראו הרחבה בכתבה נפרדת). בפרס על שם נעמה גרינשפון זכתה אסתי זמלר, מורה בתיכון אזורי רמלה-לוד, ומדריכה ארצית (ראו הרחבה בכתבה נפרדת). כמו כן הוענקו פרסים לתלמידים על עבודות גמר.

בכנס התקיימו ארבע הרצאות מליאה:

ההרצאה "כימיה ומערכות אלקטרואופטיות, היבטים בתהליך תכנון מוצר" ניתנה על ידי ד"ר גלית זילברמן, כימאית ומהנדסת חומרים בכירה, חטיבת הפיתוח, אלביט מודיעין ואלקטרואופטיקה, אלאופ. ההרצאה "על פיתוח תרופות במאה ה-21: האם אנו עומדים לרפא את כל המחלות?" ניתנה על ידי פרופ' אהרון צ'חנובר, חתן פרס נובל לכימיה, המרכז לחקר גידולים וכלי דם, הפקולטה לרפואה ומכון ע"ש רפפורט, הטכניון, חיפה.

ההרצאה "ננוביומימטיקה - חומרי העתיד" ניתנה על ידי פרופ' עודד שוסיוב, המכון למדעי הצמח והגנטיקה, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית. ההרצאה "למידה משמעותית בכימיה" ניתנה על-ידי ד"ר דורית טייטלבוים, מפמרת כימיה, אגף מדעים, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך.

במרכז הכנס עמד מושב המורים שעסק ביריד ניסויים והדגמות. המורים הציגו פעילויות וניסויים רלוונטיים לחיי יום יום, המעודדים למידה משמעותית.

רשימת ההצגות:

- ❑ הצגת פרויקט TEMI - הוראת כימיה בשילוב דרמה וסיפורי מסתורין. מציגים: ד"ר מלכה יאיון, ד"ר רן פלג, ד"ר דבורה קצביץ, בתיה ליפשיץ-גולדרייך, סופי ליידרמן, דוד בן אושר.
- ❑ הצגת פרויקט Irresistible, ביצוע ניסוי חקר בו מכינים תא סולארי המשלב ננוחלקיקים. מציגות: ד"ר רון בלונדר, סוהיר סחניני, אסתי זמלר, שלי רפ ופאדיה חטיב.
- ❑ הכחול הנעלם - ניסוי קינטי בשלוש רמות. מציג - ד"ר איתן קריין.
- ❑ תכנית סיורים וניסויי שטח תלת שנתית במסגרת לימודי כימיה בכיתות י' עד י"ב. מציגות - ד"ר אסנת רווה וד"ר אלה ליבשיץ.
- ❑ מה למעכבי בעירה ולהיטק? מציגה - ד"ר מירי קסנר.
- ❑ Wet Never (לעולם לא רטוב). מציג - ירין יולס.
- ❑ ספקטרום הבליעה של פיגמנטים שמקורם בצמחים. מציג - מיכאל קויפמן.
- ❑ סדנת בישול מולקולרי. מציגה - ד"ר דפנה מנדלר.
- ❑ הקניית כלים למעורבות פעילה בנושאי מדע-חברה במסגרת פרויקט ENGAGE. מציגים - ד"ר יעל שורץ, אמיל אידין, אורלי פלוטקין.
- ❑ הכנת משחק בכימיה - פרויקט סיכום בכימיה לתלמידי כיתה י'. מציגה - חני אלישע.

הרצאות המליאה ויריד הניסויים חשפו את משתתפי הכנס לחידושים מחזית המדע והטכנולוגיה, למחקרים חדשים ולניסויים מעניינים וחדשניים.

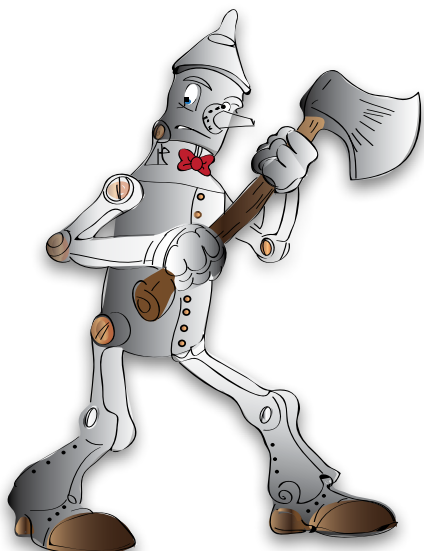
האווירה בכנס הייתה נעימה מאוד. מורים שמחו לפגוש מורים אחרים ולהחליף חוויות. זו הייתה הזדמנות למפגשים של מורים ותיקים, חדשים ופרחי הוראה.

כדי לראות תמונות וחומרים הקשורים להרצאות ולפעילויות מהכנס היכנסו לאתר של [המרכז הארצי למורי הכימיה](#).

חמצון-חיזור וסטויכומטריה

נורית דקלו, מורה לכימיה, עמל ב', פתח תקווה¹

... דורותי הביטה באיש הפח שכל גופו עשוי ברזל. ראשו וזרועותיו היו מחוברים אל גופו בצירים. והוא ניצב כך בלי נוע, ליד עץ גדוע למחצה, נראה כאילו אינו מסוגל לזוז. טוטו פרץ בנביחות זעם וניסה לנשוך את רגלו. אולם התוצאה היחידה הייתה שהוא הכאיב לשיניו בעת שגרם לריקוע של הפח הקשה. במאמץ רב הניע איש הפח את פיו ואמר:



"אני כבר חלמד פה זמן רב, הציריב שלי כל כך חלודים עד שאיני יכול
לפניך אלגם חוד אפס ממש מגפוררים."

"מה אוכל לעשות אמענך?" שאלה דורותי.

"אג חייבג לעצור אג גפאך פקורוציפ".

"גפאך מהפ?" שאלה.

"פהחודפ, חמצון פברזל", השיב איש הפח שלמעשה עשוי מברזל.

"אג חייבג לעצור אי."

"איך?" שאלה דורותי.

איך ניתן לעזור לאיש הפח?

1 השאלה מבוססת על עיבוד של מלכה יאיון לסיפור "הקוסם מארץ עוץ" ועל בחינת בגרות תשע"א, שאלה 6.

1. קבעו עבור כל אחד מההיגדים i-iii שלפניכם אם הוא נכון או לא נכון. **תקנו קביעה לא נכונה.**

i הברזל (Fe) שממנו עשוי איש הפח קשה וחזק בזכות מבנה הסריג המתכתי שממנו עשוי ובו קשרים חזקים בין יונים חיוביים ליונים שליליים.

ii יכולת הריקוע של ברזל מוסברת על ידי תזוזה, על ידי הפעלת לחץ, של שכבות יונים חיוביים של סריג המתכת המסודר.

iii הברזל החלוד מתפורר משום שבתהליך ההחלדה נוצרת תרכובת בעלת מבנה גבישי תואם לזה של הברזל.

2. המרכיב העיקרי של חלודה הוא תחמוצת ברזל $Fe_2O_3(s)$.

החלודה נוצרת בתהליך חמצון-חיזור על פי התגובה הבאה: $2Fe_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow Fe_2O_{3(s)}$ (1).

i מהי דרגת החמצון של הברזל בתחמוצת $Fe_2O_3(s)$?

ii מהי דרגת החמצון של החמצן בתחמוצת $Fe_2O_3(s)$?

iii האם הברזל בתגובה (1) הוא מחזר או מחמצן? נמקו תשובתכם.

3. לאחר שדורותי הסירה את החלודה מאיש הפח, הוא הבחין כי ירד במשקל... מסת הברזל $Fe_{(s)}$ שממנה היה עשוי פחתה ב-168 גרם כתוצאה מתהליך הקורוזיה.

i כמה מול ברזל הגיבו בתהליך הקורוזיה? פרטו חישוביכם.

ii מהו נפח החמצן שנדרש לתהליך? נפח מולארי של גז בתנאי התגובה שהתרחשה בסרט הוא 25 ליטר למול. פרטו חישוביכם.

iii כמה מול אלקטרונים עברו במהלך התגובה? פרטו חישוביכם.

ניתן להגן על ברזל מפני קורוזיה בשיטות שונות. אחת מהן היא על ידי חיבור לוח מתכת שונה מברזל ללוח הברזל.

דורותי רצתה לעזור לאיש הפח ולהגן עליו מפני המשך תהליך הקורוזיה על ידי חיבור לוח מתכת. לרשותה עמדו שתי מתכות: אלומיניום $Al_{(s)}$ ו- נחושת $Cu_{(s)}$.

ידוע כי ניתן לאחסן תמיסה של יוני ברזל Fe^{3+} בכלי עשוי נחושת $Cu_{(s)}$, אך לא ניתן לאחסנם בכלי עשוי אלומיניום $Al_{(s)}$.

4. i דרגו את המתכות אלומיניום $Al_{(s)}$, נחושת $Cu_{(s)}$ וברזל $Fe_{(s)}$ על פי כושרן היחסי לחזר.

ii באיזו מתכת - אלומיניום $Al_{(s)}$ או נחושת $Cu_{(s)}$ על דורותי להשתמש כדי להגן על איש הפח?

iii הציעו שיטת הגנה נוספת שבעזרתה ניתן להגן על איש הפח מפני קורוזיה של הברזל שממנו הוא עשוי. הסבירו כיצד השיטה שהצעתם מונעת את הקורוזיה של הברזל.

תשובה לשאלה חמצון-חיזור וסטיכומטריה

i.1 לא נכון. הברזל הוא סריג מתכתי ובו יונים חיוביים של ברזל Fe^{3+} וביניהם אלקטרונים בלתי מאותרים (או "ים אלקטרונים").

ii נכון. ריקוע הסריג המתכתי מתאפשר הודות לשינוי בסידור היונים החיוביים של המתכת המאורגנים בסריג בשכבות, בלי ליצור דחייה חשמלית עקב כך, כתוצאה מהפעלת לחץ.

iii לא נכון. החלודה הנוצרת שונה במבנה המיקרוסקופי משכבת הברזל, ולכן היא מתפוררת. כאשר נוצרת שכבה הדומה במבנה המיקרוסקופי למתכת, נוצרת שכבה המגנה בפני המשך הקורוזיה, והמתכת אינה מתפוררת.

i.2 דרגת החמצון של הברזל ב- $Fe_2O_{3(s)}$ היא +3

ii דרגת החמצון של החמצן ב היא 2

iii דרגת החמצון של הברזל עולה מדרגת חמצון 0 לדרגת חמצון +3, ולכן הוא מחזר.

3. חישובים:

| | $2Fe_{(s)}$ | $1.5O_{2(g)}$ | $Fe_2O_{3(s)}$ |
|-------|------------------------|---|----------------|
| m | 168gram | | |
| Mw | 56gr/mol | | |
| n | $n=m/Mw=168/56=3$ mole | 2.25 mole | |
| V_m | | 25 liter/mole | |
| V | | $v = n \times V_M = 2.25 \times 25 = 56.25$ liter | |

בתגובה הגיבו 3 מול ברזל.

נדרשו לתהליך 56.25 ליטר חמצן.

בתהליך $2Fe_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow Fe_2O_{3(s)}$ עוברים 6 מול אלקטרונים. לכן בתגובה של 3 מול ברזל (2.25 מול חמצן) יעברו 9 מול אלקטרונים.

i.4 ניתוח תוצאות הניסויים: $Al_{(s)} + Fe^{3+}_{(aq)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + Fe_{(s)} \Rightarrow Al > Fe$

$Cu_{(s)} + Fe^{3+}_{(aq)} \rightarrow$ אין תגובה $\Rightarrow Fe > Cu$

על פי תוצאות הניסוי, כושרן היחסי של המתכות לחזר הוא: $Al_{(s)} > Fe_{(s)} > Cu_{(s)}$

ii יש להשתמש באלומיניום. על פי הדרוג הני"ל, האלומיניום מחזר טוב יותר מהברזל, ולכן הוא יעבור חמצון במקום הברזל.

iii ניתן להגן על הברזל בשיטות האלה:

ציפוי הברזל בשכבה של צבע (או קרמיקה או פולימר או מתכת שהיא מחזר גרוע) המבודדת את הברזל מהסביבה ומונעת מגע עם חמצן ומים.

טיפול בסביבה - ייבוש האוויר שמונע מגע של ברזל עם המים.

ציפוי הברזל בשכבה של אבץ (גלון, ובעברית "איבויץ"). שכבת האבץ מבודדת את הברזל מהסביבה (וגם מגנה עליו).

יצירת סגסוגת (פלדה) על ידי הוספת מתכות כמו כרום וניקל. הסגסוגת מתכסה בשכבת התחמוצת $Cr_2O_{3(s)}$ שמונעת מגע של הסגסוגת עם חמצן ומים.



פרי הקסם - *Synsepalum dulcificum*

אילה אהרונוב, ניצן תורן, כיתה ט, בית הספר: "עתיד, תיכון למדעים", לוד

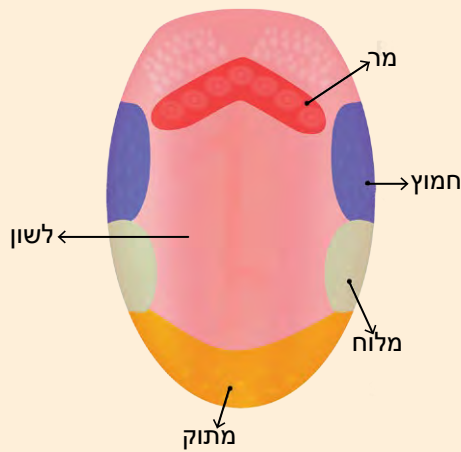
האם חלבית שגאכאן אלהג בירה, חומץ באסמי או מיץ לימון ובמקום אחר אג טעם החמוץ, גחון טעמים מגויס מדבש? נשמע לא אמיג? באא אכילו אג פרי הפלא...

כשאנו אוכלים מאכלים שונים, אנו מצפים שתחושת הטעם שלנו תהיה פשוטה וברורה, אולם לא תמיד הסיפור כה פשוט. בכל פעם שאנו טועמים את אחד הטעמים הבסיסיים - מתוק, מר, חמוץ ומלוח - עובר מסר ישיר למוח. לפעמים יכולים לחול שיבושים במסר שעובר למוח, ונחווה טעם שונה לגמרי מהצפוי.

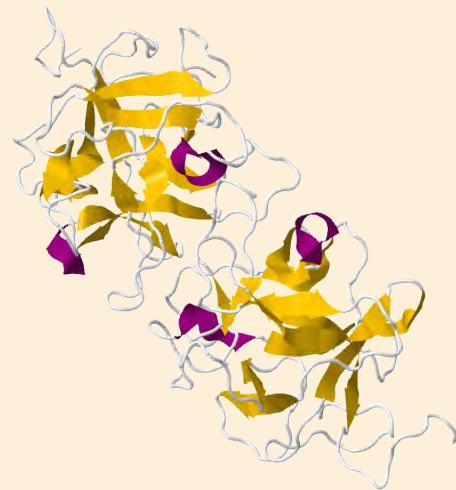
פרי הפלא הוא פרי קטן ואדום בגודל של כשני ס"מ שגדל על שיחים נמוכים במערב אפריקה והופך כל מזון למתוק.

ידוע שטעמו של אוכל בריא אינו תמיד מענג, אך ישנו פתרון שיכול לשלב טעם מתוק עם אוכל בריא, וכך ניתן להרוויח משני היתרונות הללו בעת ובעונה אחת. פרי הקסם (הפלא) מכיל גליקופרוטאין בשם מירקולין אשר משתמשים בו גם לממתיקים מלאכותיים.

1 הכתבה זכתה בפרס ראשון במסגרת תחרות "יש לנו כימיה - כימיה, תעשייה וסביבה בראי החברה והפרט", מכון ויצמן למדע. בהנחיית המורה: רות ולדמן



מיפוי הטעמים בפה



החלבון מירקולין שנמצא בפרי הקסם

בסוף הקיץ. שיח פרי-הפלא הוא שיח טרופי שצורך הרבה מאוד מים (לכן הוא פורח אחרי הגשמים), לחות גבוהה ואדמה חומצית בין pH 4.5-5. העץ רגיש לקור ולקרקה בסיסית, ובנוסף הוא גדל יחסית באטיות. לאחר ארבע שנים משתילתו הפרי נותן פירות. כדי שהפירות לא ייפגעו מזבובי-הפירות, יש לעטוף את השיח, וכך יוכל פרי הפלא להניב שני מחזורי פרי בקיץ.

הסבר מדעי

יש לזכור שמירקולין משנה ומשפיע על תחושת הטעם, אך לא על המבנה הכימי של המזון ולא על גופנו. פרי הפלא מדהים, ולא בהכרח בגלל טעמו, אלא משום שהוא משבש את הרצפטורים בפה ומשפיע על חוש הטעם למשך חצי שעה עד שעתיים, כך שלכל מה שאוכלים אחריו יהיה טעם מתוק. הפרי משפיע על קולטני הטעם הנמצאים על לשוננו אשר משדרים למוחנו את טעמי החמוץ והמר.

ב-1968 בודד מהפרי החלבון הנקרא מירקולין (miraculin) שאחראי לתופעה. מחקרים מדעיים שנערכו לאחרונה גילו כי הסיבה לתופעה הפלאית של פרי הפלא אכן נעוצה בגליקופורוטאין³ הידוע כ-Miraculin המצוי בפרי הפלא. מנגנון הפעולה המלא אינו ברור. החוקרים משערים שהחומר נקשר אל קולטני הטעם המתוק על הלשון באמצעות קשרי

פروتיו של השיח ידועים בשם "הפרי המכושף". שמו של החומר הפעיל בפרי הוא "מירקולין" בהשאלה מהמילה "Miracle" באנגלית. פרי הפלא הזה גורם לחוויה מתעתעת, ללא כימיקלים וללא חומרים משני תודעה כלשהם. לפרי השפעה מדהימה על בלוטות הטעם האנושיות. אחרי שאוכלים פרי קטן אחד, כל מאכל חמוץ, כגון חמוץ או ירקות כבושים, יזוהה על ידי בלוטות הטעם כמתוק במשך חצי שעה עד שעתיים.

פרי הפלא - The miracle berry, או בשמו המקורי "Synsepalum dulcificum", התגלה לראשונה למערב במסע המחקר של החוקר הצרפתי שבאליה דה מארשה במערב אפריקה בשנת 1725. מארשה שם לב שהמקומיים אוכלים את הפרי הזה לפני כל ארוחה. הפרי שימש באופן מסורתי מזה מאות שנים לאיזון התזונה החומצתית של השבטים המתגוררים באזור. התושבים המקומיים, אשר נהגו למצוץ את הפרי, גילו לתדהמתם, כי לאחר שמצצו את הפרי, חוש הטעם שלהם השתנה באופן זמני והפך את המאכלים החמוצים שהיוו חלק אינטגרלי מהתזונה שלהם, למתוקים (הפרי עצמו, אגב, אינו מתוק).

על הצמח

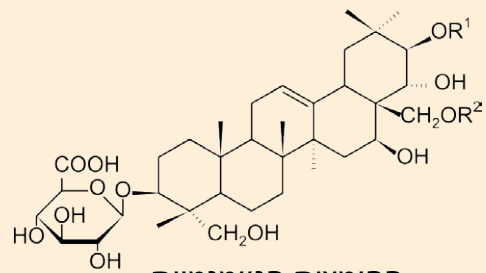
שתילת שיח פרי הפלא מומלצת לא בימים קרים (עדיף לשתול באמצע האביב), וגיזומו צריך להתבצע

² pH הוא ערך ה־pH, כלומר, הוא מדד לרמת חומציות של תמיסה מיימית.

³ גליקופורוטאין (אנגלית: Glycoprotein) הוא תרכובת של חלבון ושל פחמימה הקשורים ב*קשר קוולנטי. סוכרים הקשורים אל החלבון יכולים לגרום לשינוי במבנה המרחבי שלו ובכך לשינוי תכונותיו.



החלבון קורקולין



החומצות הגיימנמיות

נפגשה לראשונה עם הפרי כשבן חברתה חלה בסרטן. בגלל הטיפולים שעבר, פיו התמלא בטעם מריר. כדי לשפר את הרגשתו ולפתור את בעיית הטעם המר הביאו לו את הפרי. עם אכילת הפרי נפסק הטעם המריר בפיו, והרגשתו השתפרה. לאור ההצלחה בטיפול החליטה ליאור להפיץ את הפרי בישראל. ליאור מספרת כי לפרי יש ביקוש רב בארץ למרות שאין משקיעים בפרסומו.

סיכום

צריכת פרי הפלא מאפשרת למשתמשים לספק את תאונותם למתוק, וזאת בלי לצרוך קלוריות מיותרות או שאר מזונות שאינם מוסיפים לבריאותם. הודות לכך פרי הפלא עשוי להיות הפתרון החדש לסיפוק התשוקה למתוק, שהפכה למאפיין של העולם המודרני, ולירידה בצריכת מאכלים מתוקים שמובילה לעלייה בהיקף הבעיות הרפואיות. כמו כן יכולת ההמתקה של הפרי מאפשרת לצרוך מזונות בריאים שאינם אהודים על הרוב, ולנטרל את טעמם הבלתי אהוב באמצעות מתיקותם, וזאת בלי להשפיע על המבנה הכימי של המזון ובלי לפגוע בהשפעתו על גופנו. השימוש בפרי פופולרי בקרב חולי סכרת ותזונאים.

מקורות

1. גידול פרי הפלא
2. פרי הפלא תרופה למרירות
3. כדור הפלא החדש הופך את החיים למתוקי
4. פרי הפלא Mberry
5. מדע בצלחת - טעמים מתחפשים
6. הזכויות לתמונה בשער הכתבה שמורות ליצרן .miraclefruitworld
7. תודות למפיצה בישראל - ליאור גל-כהן
7. איורי החלבונים לקוחים מאתר ויקיפדיה.

מימן ומשנה את המבנה המרחבי שלהם. כתוצאה משינוי זה קולטני הטעם המתוק מופעלים על-ידי חומרים חומציים (על ידי יוני הידרוניום שישוחררו על-ידם) ולא בהכרח על ידי חומרים מתוקים. הפעלה זו גורמת ליצירת דחף עצבי המועבר למוח ומעביר את המסר "מתוק".

דוגמאות לתופעות דומות

- קורקולין (curcumin) שמצוי בצמח מלזי דומה לפרי הפלא ביכולתו להפוך מאכלים חמוצים למתוקים. הקורקולין מגביר את מתיקותם של מאכלים מתוקים, אך השפעתו קצרה יותר מזו של מירקולין. ככל הנראה, חומרים ברוק מדכאים את הפעילות הממתיקה של קורקולין ולכן השפעתו נמשכת רק מספר דקות.
- הארטישוק מכיל את המולקולה צינארין (cynarin). בדומה למירקולין, צינארין גורם לרכיבים שבקרבתו להיחוות כמתוקים יותר.
- ממתיק ה"וילי וונקה", הוא למעשה צמח גרגרים (berry) ממזרח אפריקה, בשונה מפרי הפלא שהוא ממערב אפריקה. פרי זה מכיל שרשרת פחמימות בשם מירקולין (אותו חומר פעיל שנמצא בפרי הפלא), אשר נקשרת עם הלשון, ממתיקה כל דבר חומצי שבא בעקבותיה ומעדנת מרירות.
- החומצות הגיימנמיות (Gymnemic acids) שמקורן בצמח ההודי *Gymnema sylvestre*. חומצות אלה מדכאות את קולטני המתוק, כלומר, יש להן השפעה הפוכה מזו של פרי הפלא.

ריאיון עם ליאור גל כהן - משווקת פרי הפלא בישראל

בחיפוש אחר השגת הפרי בישראל הגענו אל ליאור גל כהן, אחת המשווקות של פרי הפלא בארץ. ליאור