



28

תמוז תשע"ו • יולי 2016

כתב עת למורי הכימיה



מכון
ליצירת
מדע

המחלקה להוראת המדעים



המרכז הארצי
למורי הכימיה

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



מדינת ישראל, משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית, אגף מדעים
הפיקוח על הוראת הכימיה



גיליון מס' 27 • שבט תשע"ו • יולי 2016

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

תוכן העניינים

מורים מצטיינים

אורית מולוידזון - המורה של המדינה 2016

ראיינה דבורה קצביץ.....6

חזית המדע

פפטידים אנטי מיקרוביאליים לעצירת תגובה דלקתית לא מבוקרת עיצובים ברמת החלקיקים

חנית פיס דוד, לידה ליבוב.....10

נוזלים יוניים: סיכויים וסיכונים

ד"ר עבד עזב.....17

פעילויות

שילוב דיבייט במשימה להערכה חלופית בנושא פולימרים - מדפסת תלת-ממדית - מדמיון למציאות

חגית רפאלי-מישקין.....27

שילובים: פרויקט Engage משלב נושאי חברה ואתיקה בלימודי הכימיה

אתי דגן, אמיל איידין וד"ר יעל שורץ.....32

האחר הוא אני - כימיה בין תלמידים

נורית דקלו.....38

הוראת המדעים

תכנית הרחבת הסמכה להוראת הכימיה למורים לביולוגיה המתקיימת במכון ויצמן למדע- שיתוף פעולה בין חברת טבע למשרד החינוך

רחל ממלוק-נעמן, מרים כרמי, דבורה קצביץ, דורית טייטלבוים.....40

מורים מצטיינים

ד"ר דורותה צ'רקי, מר מיכאל קיפמן ומר שי שחר.....47

פינת השאלה היפה

כימיה בכוס קפה

חתי שטנגר.....49

פינת התלמידים

קאנביס רפואי - על החיים ועל המוות

שירה פרידמן, ריבי אדלמן ושרית גניזי.....52

לזכרם

לזכרה של זיוה לנדא ז"ל

חנה מרגל.....56

מערכת: ד"ר דבורה קצביץ, ראש המרכז הארצי למורי הכימיה, מכון ויצמן למדע.

ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"ר כימיה, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך.

ד"ר רון בלונדר וד"ר יעל שורץ, קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

יעוץ מדעי: פרופ' ליאור קרוניק

יעוץ פדגוגי: ד"ר רחל ממלוק-נעמן

עריכה לשונית: נדון קלברמן

גרסת אינטרנט: ד"ר שלי ליבנה

איורים ועיצוב גרפי: מור מוריה-שיפוני

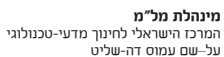
איורים בעמודים 12, 13, 14, 29: זיו אריאלי

תמונת השער: נשיא ומנכ"ל טבע ארז ויגודמן וגברת אורית מולוידזון במעמד הענקת הפרס: "המורה של המדינה".
צילום: יח"צ טבע, שלומי אלבו

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

© כל הזכויות שמורות - משרד החינוך

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



מדינת ישראל, משרד החינוך המזכירות הפדגוגית, אגף מדעים הפיקוח על הוראת הכימיה

דבר המערכת

האתר החדש של המרכז הארצי עלה לאוויר, ועמו גיליון מספר 28.

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

ברכות לאורית מולווידזון על זכייתה בתואר ה"מורה של המדינה".

במדור "**חזית המדע**" מופיעה הכתבה של רונית פיס דוד ולידיה ליבוב: "פפטידים אנטי מיקרוביאליים לעצירת תגובה חיסונית לא מבוקרת". כתבה זו היא תוצר של קורס שהתקיים בשנה שעברה במרכז הארצי למורי הכימיה: "מורים לכימיה חוזרים למעבדת המחקר". הקורס הועבר בהנחיה של ד"ר רון בלונדר וד"ר שלי רפ. הכתבה מסבירה כיצד מפיקים במעבדה פפטידים אנטי מיקרוביאליים. נוסף על כך מעניין לפגוש במדור זה חומרים יוניים נוזליים במאמר "נוזלים יוניים: סיכויים וסיכונים". ד"ר עבד עזב חושף אותנו למגוון חומרים יוניים נוזליים ושימושיהם. (שלא כפי שאנחנו מלמדים שחומרים יוניים מוצקים בטמפרטורת החדר).

במדור "**הוראת המדעים**" ניתן להתרשם מכתבה העוסקת בהכנת עתודת מורים לכימיה במסגרת קורס להרחבת הסמכה של מורי ביולוגיה להוראת כימיה. היוזמה והמימון של הקורס הינם של הפיקוח על הוראת הכימיה ושל חברת "טבע", והביצוע של המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן.

גם הפעם ניכרת תרומתם של המורים מן השטח למדור "**פעילויות**". מורים משתפים את הקוראים בפעילויות-כיתה לגיוון ההוראה, להעלאת המוטיבציה של התלמידים ולקידום מקצוע הכימיה. בפעילויות אלו מציבים את התלמידים במרכז העשייה ויוצאים מתוך שבלונת הכיתה ה"מרובעת" של מורה, לוח-גיר ותלמידים: הצעה להערכה חלופית במסגרת ה-30%, בנושא "שילוב דיבייט במשימה להערכה חלופית בנושא פולימרים, מדפסת תלת-ממדית - מדמיון למציאות" מאת חגית רפאלי-מישקין, יהודית דורי. נורית דקלו מציעה פעילויות בקהילה לשילוב תלמידים עם צרכים אחרים "האחר הוא אני - כימיה בין תלמידים". על שילוב פעילויות אשר מעלות דילמות בפני התלמידים ודורשות מהם לנקוט עמדה, ניתן לקרוא בכתבה: "פרויקט ENGAGE משלב נושאי חברה ואתיקה בלימודי הכימיה" שכתבו אתי דגן, אמיל אידין וד"ר יעל שורץ.

פינת השאלה היפה מציגה שאלת unseen "כימיה בכוס קפה" שחיברה המורה רותי שטנגר. בשאלה זו ניתן להבין מדוע סוכר מפחית את המרירות של הקפה.

עוד תמצאו בגיליון זה התייחסות להכרזה על **המורים המצטיינים** של החברה הישראלית לכימיה, ד"ר דורתה צ'רקי, מיכאל קויפמן ושי שחר; וכן דברים לזכרה של המורה לכימיה זיוה לנדא ז"ל שכתבה חנה מרגל חברתה.

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

מערכת על-כימיה





מדינת ישראל, משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית, אגף מדעים
הפיקוח על הוראת הכימיה

דבר המפמ"ר

כימיה - אז מה היה לנו השנה?

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

מורים יקרים,

שנת הלימודים תשע"ו הייתה גדושה בעשייה ברוכה אצל כל העוסקים במלאכה: אתם המורים, המדריכים, חברי המרכז הארצי למורי הכימיה ועוד. הפעילויות השונות נעשות ביוזמתו ובחסותו של הפיקוח על הוראת הכימיה. כמפמ"רית, אני מעורבת בכל שלבי ההתארגנות של הפעילויות, תומכת, מקדמת וגם משתתפת ביחד אתכם ועם תלמידיכם באירועים ובתחרויות. אני מאמינה כי בכוחות משותפים נצליח להעביר ולשווק את המסר שלפיו "כימיה היא הכול" ו"כימיה היא מקצוע פותח דלתות" לתלמידים, להורים, ליועצות, למנהלים ועוד ועוד.

כימיה - מדע בסיסי העומד בפני עצמו, אך גם תומך ומהווה תשתית למדעים אחרים!

אז מה עשינו השנה ביחד לקידום הכימיה?

פתיחת מגמות כימיה חדשות - השנה נפתחו מגמות כימיה חדשות באזורים שונים בארץ. אנו תקווה כי בבתי הספר שבהם נפתחו המגמות החדשות, הן יעלו, יצמחו ויפרחו. אני בטוחה שכל אחד מאתנו ישמח לתת כתף לשימור ולהתפתחות המגמות החדשות. נאחל הצלחה לתלמידי המגמות החדשות!!!

כנסי תלמידים - השנה התקיימו 8 כנסי תלמידים באזורים שונים בארץ: ירושלים, טירה, כפר מנדא, נתניה, פתח תקווה, קריית גת, רמת גן, רמת השרון. בכנסים השתתפו כ-1500 תלמידי כימיה ואתם כ-75 מורים מ-50 בתי ספר. אני מקווה כי בשנת תשע"ז נראה יותר כנסים בהשתתפותם של מורים ושל בתי ספר נוספים.

פרויקט "יש לנו כימיה" - הפרויקט מיועד לתלמידי כיתות ט' עד י"ב. לפרויקט שלושה שלבים מרכזיים: (1) חשיפה ולמידה של התלמידים אודות הקטגוריות השונות שבתחרות: סרטון, צילום, כתבה, מאמר, עבודת חקר. הלמידה נעשית בשיתוף עם מומחים בקטגוריות השונות; (2) הכנת העבודות בליווי צוות הפרויקט והמורים והגשתן לשיפוט אזורי; (3) כנס הסיום למי שעברו בהצלחה את השיפוט בשלב השני, ובו מוכרזים הזוכים בתחרות בכל קטגוריה.

בתחילת הדרך השנה הגישו 550 תלמידים עבודות בקטגוריות השונות. בכנס הסיום השתתפו כ-180 תלמידי כימיה מכל הארץ ביחד עם מוריהם. אני מקווה לראות בשנה הבאה יותר תלמידים הלוקחים חלק בפרויקט וביניהם עוד תלמידים מכיתה ט'.

הכנס הארצי של מורי הכימיה - כמדי שנה גם השנה התקיים הכנס הארצי בחנוכה. בכנס השתתפו כ-320 מורי כימיה, וכך שברנו את השיא של מספר המורים המשתתפים. הכנס עסק בסוגיית הגז הטבעי, נושא שריתק את כל הנוכחים, ושבזכותו נוכחנו לדעת כי יש לנו עוד הרבה מה להוסיף וללמוד בתחום זה בכימיה. לכן במהלך הקיץ ובשנת הלימודים תשע"ז נקיים השתלמויות בנושא אנרגיות מתחדשות וגז טבעי מהצפון ועד הדרום. אני מצפה לראותכם גם בכנס הארצי הבא שייערך אף הוא בחנוכה תשע"ז.

כנס החברה הישראלית לכימיה (הח"ל) - כנס הח"ל התקיים כמדי שנה בחודש פברואר ונמשך יומיים רצופים. בשנים האחרונות מתקיים מושב הוראת המדעים לאורך כל היום הראשון של הכנס. במושב המורים מתקיימות רוב ההרצאות בעברית, והן עוסקות בסוגיות הקשורות לכימיה ולהוראת הכימיה. בנוסף אחה"צ מתקיימים שולחנות עגולים שסביבם המורים לומדים מפי החוקרים עצמם על מחקרים עדכניים בתחום הכימיה באקדמיה ו/או בתעשייה. אני מקווה לראותכם בכנס הבא שייערך בחודש פברואר 2017.

קהילות מורים - ארבע קהילות מורים קרוב לבית (קל"ב) התקיימו השנה ברחבי הארץ: בבאר שבע, בחולון, ברעננה ובשפרעם. בכל קהילה השתתפו כ-15 מורים ממגוון בתי ספר באזור הקהילה קל"ב. את קהילות המורים הובילו מורים מובילים, שנפגשו ולמדו במהלך השנה במרכז הארצי למורי הכימיה בהנחיה של צוות המרכז הארצי. אני מקווה כי בשנת תשע"ז נגדיל את מספר קהילות המורים לכימיה בארץ.

ניסויי חקר ברמה 3 - בשנים האחרונות החלו מורים לשלב בהוראה של מעבדת החקר גם ניסויים ברמה 3. ניסויים ברמה 3 נערכים בתמיכה מלאה של מדריכים וכוללים פורום, מיילים וטלפונים. משנה לשנה עולה מספר הכיתות הלוקחות חלק בכך. הייחוד של רמה 3 הוא בזה שהתלמידים מבצעים מיני מחקר בנושא המעניין אותם, כולל למידה עצמית של הרקע המדעי, בסיוע וליווי של המורה וכן ביצוע ניסויים מקדימים רבים לבדיקת היתכנות הניסוי המרכזי שיבצעו. התלמידים הופכים בכך ל"מיני חוקרים". זוהי למידה משמעותית במלוא מובן המילה!

ערבי מגמה ימי שיא - עשיתם? ספרו ושתפו את כולנו.

מורים רבים קיימו השנה ימי שיא בכימיה וכן ערבי מגמה בבית ספרם. חלקכם כותבים אל המדריכים ואלי ומשתפים בנעשה. חשוב מאוד כי תשתפו זה את זה בעשייה הברוכה, המשפיעה לטובה על מגמת הכימיה בבית הספר. רבות הן הדרכים לשתף: כתיבת מאמר בעיתון על-כימיה, פרסום בפורום "נטוכימיה" או "מורים מדברים", שיתוף בקהילת המורים קל"ב, פרסום בפייסבוק של המרכז הארצי למורי הכימיה, הצגת הפעילות בכנס הארצי בחנוכה במושב המורים וכיו"ב. פעילויות אלו חשובות ביותר לקידום הכימיה בבית הספר. הן מגלות את עולם הכימיה למנהלים, להורים ולתלמידים עתידיים.

משימות אורינות כימיות מתוקשבות - זה שנתיים המדריכים שוקדים על פיתוח של משימות אורינות מתוקשבות להוראת הכימיה. עד כה עלו לאתר המפמ"ר 6 משימות אורינות מתוקשבות, ובתקופה הקרובה עתידות לעלות עוד 4 משימות מתוקשבות. מורים העושים שימוש במשימות המתוקשבות, מציינים את תרומתן ללמידת תלמידים בנושאים שונים בתכנית הלימודים. בידיכם, מורים יקרים, נתונה היכולת לקבוע אם תלמידיכם יחוו למידה מגוונת, הכוללת את מיומנויות המאה ה-21, שתורמת ללמידה שיש בה משמעות ומאפשרת העמקה במקד אחר.

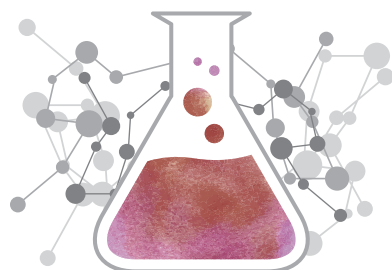
השתלמויות במחוזות במהלך שנת הלימודים והשתלמויות בקיץ - מורים מקצוענים הם מורים המתעדכנים ומשתלמים, במטרה להרחיב את ידיעותיהם בידע חדש ועדכני הרלוונטי להוראה ואף מעבר לכך.

בקיץ תשע"ו ייפתחו מגוון השתלמויות במגוון נושאים: חקר, 70% PBL, פדגוגיה דיגיטלית, נושאים מתכנית הלימודים, אנרגיות חלופיות וגז טבעי ועוד. ההשתלמויות מופעלות באזורים שונים: בטכניון, בירושלים, בתל אביב, במכון ויצמן ובמרחב הווירטואלי. אני ממליצה לכולכם, המורים, לקחת חלק בהשתלמות אחת לפחות. כל הפרטים נשלחו אליכם במייל על ידי המדריכים, והם מפורסמים באתרים.

פרסים למורים מצטיינים - רבים ממורי הכימיה הם מורים מצטיינים הפועלים ללא לאות לקידום הכימיה וטיוב ההוראה. בכל שנה מוענקים מספר פרסים למורים מצטיינים. בפרסים אלו אנו מוקירים תודה למורים העושים מעל ומעבר בהוראת הכימיה. אני מקווה כי גם בשנה הבאה, תשע"ז, יוגשו מורים רבים לפרסים השונים. פרסומים בנושא יופצו בקרוב. חשוב כי תפרגנו זה לזה ותסייעו ותתמכו בהגשת המועמדים הטובים ביותר.

מפגשים עם המפמ"ר - השנה נפגשתי עם מורים רבים מאוד במסגרות השונות שמניתי לעיל ועוד. המפגש אתכם המורים היה תמיד חווייתי, מעניין ומלמד. הקשר הישיר בינו הנו חשוב מאוד ותורם רבות לעבודתי ועשייתי כמפמ"ר. זו אחת הדרכים להכיר מקרוב את ה"שטח", ללמוד על הנעשה כיום ועל מה שדורש עבודה נוספת.

השנה נפתחו מגמות חדשות לכימיה במספר בתי ספר ברחבי הארץ, לבתי ספר רבים הוענקו שעות תגבור, ובבתי ספר מסוימים הוכנס ציוד למעבדה לכימיה. כל זאת נעשה על פי תבחינים שפורסמו על ידי הפיקוח. מהלך זה של עידוד לימודי הכימיה נעשה כחלק מהתכנית הלאומית לקידום המתמטיקה והמדעים. אני בטוחה כי גם בשנה הבאה, תשע"ז, נמשיך לפעול ביחד ובמרץ להגדלת מספר לומדי הכימיה בארץ.



העבודה רבה, והמלאכה לא תמה.
המשיכו לעשות חיל בעבודתכם הנאמנה.

קיץ נעים וחופשה מהנה!!!

דורית טייטלבוים



אורית מולוידזון המורה של המדינה 2016

ראיינה דבורה קצביץ

מספר השעות הרב שאני מבלה אתם יוצר קשרים אפילו מעבר לקשרים שבין תלמידים למחנכת. הקשרים האלו החזיקו שנים, בוגרים חוזרים לבקר ומתארים את הרגעים המיוחדים במעבדה. הם זוכרים איך שיתפו אותי בסיפורים האישיים שלהם, איך הייתי אוזן קשבת והייתי שם בשבילם. אני ממש שמחה שהבחירה בי כ"מורה של המדינה" שמה את הכימיה על המפה. זה מעלה את קרנה של הכימיה. זה מגיע לנו, אנחנו עובדים ממש קשה. המקצוע לא קל, אבל הוא מדהים בעיניי."

ספרי לנו למה זה מגיע לך? למה דווקא את?
"אולי כי אני עושה המון דברים, בהרבה מישורים, ולכן לא נשחקת ונשארתי רעננה.

הריאיון התקיים שלושה ימים לאחר ההכרזה, אורית ממש נרגשת ומתקשה לעכל את הסטטוס החדש שלה. אורית מורה לכימיה 36 שנים, 11 שנה בהדרכה, 5 שנים עובדת בפרויקט "יש לנו כימיה" במכון ויצמן, הייתה הרבה שנים גם מורה מחנכת.

לטענתה הזכייה נזקפת במידה רבה ליחידת המעבדה בכימיה....

"למורים לכימיה יש הזדמנות נפלאה ליצור קשרים עם תלמידים וזו המעבדה. המעבדה היא מקום נפלא ליצור קשרים. עצם העובדה שאני עוברת בין הקבוצות מאפשרת שיחה מאוד קרובה, לא בהכרח בכימיה. יש אפשרות להתעניין בכל תלמיד, לשאול מה שלומו, לחזק ולתמוך.



אורית ותלמידיה

שיגיעו בזמן לכיתה, שיעשו שיעורים, שיעמדו בכל המשימות שלהם. אבל אם אינם עומדים בכל המחויבויות, לא להגיד להם "לכו למגמה אחרת", אלא למצוא דרך איך לעזור להם להישאר ולהתגבר ולהאמין ביכולות שלהם. מורים חייבים לפעול לפי הפתגם נאה דורש נאה מקיים.

לגבי טיפים למורי כימיה, מילת המפתח היא גיוון. לגוון בדרכי הוראה, בעזרי הוראה, להיות לא-שגרתית. לדוגמה, ללמד דרך משחקים, חידונים, להיעזר במשימות מתוקשבות טכנולוגיות מתקדמות. לגוון בניסויים, לבחור ניסויים שרלוונטיים לתלמידים. בנושא תערובות עשינו מיוזם ועשינו פעילות על שוקולד. עשינו חידון על שוקולד לכל תלמידי בית ספר בהפסקה פעילה, ולא רק לתלמידי הכיתה. לסיום השנה עשינו חקר גלידה, הכנו גבינה, הכול כדי להוביל לחקר ולמידה משמעותית. אני נעזרת הרבה בלמידת עמיתים בשיטת הג'י.קסו. לדוגמה, הפתיחה לנושא "טעם של כימיה", מתחילה בלמידת עמיתים בנושא אבות המזון וויטמינים. ואז אנחנו עוברים לארוחת בוקר כימית משותפת שבה מנתחים את מרכיבי המזון.

השנה נתתי לתלמידי כיתה יוד לעשות ניסוי בית כי המעבדה שלנו הייתה בשיפוצים. הם נדרשו למצות צבעים בבית מפרות וירקות, הפעילות סחפה את כל בני הבית. (ראו דף הנחיות לתלמיד) זאת לאחר שלמדנו בכיתה את הנושא שיטות הפרדה. התלמידים היו צריכים לתכנן ניסוי שבו הם ממצים צבע מסוים ולתעד את דרך עבודתם. התפתח דיון מאלף, כי היו תלמידים שערכו מיצוי מאותו פרי או ירק, אך קיבלו תוצאות ממש שונות. כך יכולנו לדבר על סוג החומר שנעזרנו במיצוי, בתנאים שבו התרחש הניסוי, בכמויות,

אולי כי אני מנסה להגיע לכל התלמידים, אולי כי כל פעם אני מתלהבת מחדש, רואה את העיניים המבינות שלהם, שומעת את השאלות המעניינות שלהם. אני מרגישה מאושרת שהתלמידים מסתקרנים, אולי כי אני יודעת להסביר דברים בכמה וכמה דרכים, אולי כי אני מאמינה בהם.

כשאני מתחילה עם קבוצה חדשה ותמיד מרגישה שכל ילד עם המנגינה שלו. חלק מהצלילים אני אוהבת כבר בהתחלה, וחלק לא. עד שאני מגיעה למצב שכל ילד מנגן את המנגינה שלו אבל בהרמוניה עם שאר כלי הנגינה בכיתה. לכל אחד יש את המקום שלו בתזמורת, התרומה שלו ליצירה המשותפת. לכן כל כך התחברתי לערב סמבה שארגנתם במפגש הסיום של קהילות מורי הכימיה. אני מרגישה שאני בונה את התזמורת שלי בכיתה. אין אחידות, יש הרבה דרכים להתבטא, אבל בהתחשב בשאר הקבוצה. האווירה בכיתה מאפשרת למידה ועבודת צוות.

לדוגמה, ביום שהגיעו צלמים לכיתה שלי להכנת סרטון לקראת התחרות, הצלמים והבמאי ממש איחרו. כשצלצלו מהחניה כדי להודיע שהם הגיעו, אמרו לי התלמידים שלי "תעשי להם את הקטע של דוגמה אישית: סליחה זו כניסה לכיתה? תסגור את הדלת, ותיכנס מחדש. תפתח את הדלת, תבקש סליחה שאיחרת ותשאל האם מותר לי להיכנס?". הם הוסיפו "את לא מאחרת, למה הם מרשים לעצמם לאחרי?". דוגמה אישית היא המפתח ליצירת כיתה עם אווירת למידה ואחריות ומחויבות ללמידה. אני למעשה מחנכת אותם, אני לא צועקת עליהם, מדברת אליהם בגובה העיניים, ואם יש בעיות, פותרת אותן נקודתית."

כשאת שומעת את הביטוי "המורה של המדינה", מה המשמעות של זה מבחינתך?

"כבוד וכחייב, אפילו מפחיד במובן מסוים. וואוו! אם אני מפשלת - זה נורא. זה כל כך נכון לתת למורים את ההוקרה על עבודתם. זה לא סוד שמורה הוא לא המקצוע המוערך ביותר והמכובד ביותר. התחרות הזו פשוט אומרת תודה למורים, מעריכה את עבודתם וגורמת לקהל הרחב לעצור לרגע ולהגיד תודה."

אילו טיפים את יכולה לתת למורים בהקשר לניהול כיתה?

"מורה חייב להיכנס לכיתה עם התלהבות עם כבוד כלפי התלמידים, להיות מוכן לשמוע, להיות פתוח לקבל דברים, לא לוותר! לא לוותר לתלמידים ולא לוותר על התלמידים,



שמונת המתמודדים שנבחרו וקבלו את התואר "המורה של המדינה". אורית שניה משמאל.

דקות. הריאיון היה ממש מוצלח. אומנם שאלו המון שאלות, אבל נתנו לי להתבטא ולסיים את כל התשובות שלי. יצאתי עם הרגשה טובה מאוד, ואמרו לי "נודיע לך בהמשך מה קורה". לפני יום הזיכרון קיבלתי טלפון שבישר לי שאני בין 18 המועמדים. הם ציינו שהרשמתי מאוד את הוועדה. ומוועדה לוועדה חדשה. הוועדה החדשה כללה 12 מראיינים שירו, שאלו וממש לא נתנו לענות תשובה מלאה לשאלות. יצאתי עם תחושה מאוד לא טובה. אבל הסתבר לי שכל מי שהיה בריאיון יצא בהרגשה דומה."

הסרטון שהפיקו בשבילך היה שונה מהסרטונים של שאר המועמדים. אצל כולם התמקדו בתלמיד מסוים שהמורה היה מאוד משמעותי עבורו. אצלך זה היה אחרת. ספרי לנו על הפקת הסרטון.

"מערכת ההפקה ביקשה שתהיה התמקדות בילד אחד, ושהסיפור יהיה מרגש, מצמרר, עם לחלוחית בעיניים. זה ממש קומם אותי! כי אם אני עושה את העבודה שלי במשך 36 שנה במסירות, בנאמנות במקצועיות ולא דווקא עם סיפורים מצמררים, זה לא מספיק טוב? גם אם יש לי סיפור כזה - זה לא נשמע לי טוב להפוך אותו לסיפור פומבי. הצעתי לקחת כמה בוגרים מגילאים שונים שחלקם מורים היום, ושהם יספרו את הסיפור. ואז המפיקה נדלקה ואמרה "יש לנו סיפור, שרשרת של מורים". ביום הטקס אתה יושב ומחכה להכרזה, זה מתח אדיר, הייתה

בריכוז הצבע, בשמירת הצבע לאחר המיצוי וכו'. היה מעולה, והכול כי לא הייתה מעבדה זמינה. התלמידים ציירו ציורים עם הצבעים. לאחר הדיון התבקשו התלמידים לרשום מחדש הוראות לביצוע המיצוי."

ספרי לנו על התהליך של הבחירה בך.

"יום אחד התקשרו אליי ואמרו לי שאני מועמדת לבחירה במסגרת התחרות "המורה של המדינה", אחת מתוך רשימה של 150 מורים שהתקבלה לאחר מיון של מאות רבות של מורים. שאלתי מה זה אומר? אמרו לי שבשלב הזה אני לא בתמונה, והם פונים לממליצים נוספים שסופקו ע"י הממליצים הראשוניים וגם למנהל בית הספר. אם תעברי לשלב הבא, נעדכן אותך".

האם את יודעת מי המליץ עליך?

"שתי מורות המליצו עליי. אחת מהן היא מורה חברה, רחל קירה. נאמר לי שהייתה מורה נוספת; אני מעריכה שזו מורה שאימנתי במסגרת הפרקטיקום של תעודת הוראה במכון ויצמן. וכן הגיעו המלצות מתלמידים, אך לא נאמר אם מדובר בתלמידים נוכחיים או מן העבר.

אחרי כמה שבועות קיבלתי טלפון שבו הודיעו לי שאני בין 50 המועמדים הסופיים, ועכשיו אנחנו מזמינים לריאיון בפני ועדה, ומתוך ה-50 ייבחרו 18. הגעתי להסתדרות המורים לריאיון, פגשתי שם המון מועמדים, ראינו אותי 4 מראיינים במשך 50

שלי שלא הגיעה לטקס - בזמן אמת היה לה חשוב מאוד להתעדכן ולדעת מה קורה.

לא חשבתי שאני חריגה, אבל מישהו ראה את העבודה שלי, ויש אנשים שמעריכים את זה. אני שייכת לקהילת מורי הכימיה, שהיא קהילה מיוחדת. מורים שמשתלמים בלי סוף, יצירתיים, מוכנים להתחדש, כולם יודעים שחלק מהעבודה אינו מתוגמל - יחידת המעבדה. אבל נכנסנו לזה עם התלהבות, עם אהבה למקצוע. מגיע לכל מורי הכימיה! אני ממש שמחה שזה העלה את קרנה של הכימיה."

לי תחושה שזה יבוא. ישבתי באולם לבד, רחוק מהמשפחה, מהתלמידים ומהחברים. היה לי ממש קר. כשהגיעו למורים הזוכים במסלול מדעים, מסלול שהיה בחסות "טבע", אמר מנכ"ל טבע "הזוכה, הזוכה, מה אין כאן ניקוד" אז הבנתי שזה אני, רק שם המשפחה שלי דורש ניקוד. עליתי לבמה וראיתי אתכם, את המשפחה, את התלמידים קופצים ומריעים, הרגשה שלא ניתנת לתיאור במילים.

אני חייבת לציין את הגב של הבית, העידוד והערכה מכן-זוגי, הילדים - תמיד כולם מעודדים ומחזקים. גם הבת החרדית

מיצוי צבעים מצמחים וסדנת ציור כיתה י (עבודה בזוגות)

ערכה אורית מולוידזון על בסיס תרגיל בית של ד"ר רעית גרליץ

- מיצוי (Extraction)** היא אחת השיטות החשובות שבני אדם מבצעים על מנת להפריד חומרים זה מזה.
4. שמור את תמיסת הצבע בכלי סגור (במקרר) והבא לכיתה.
5. תעד את הדרך שבה מיצית את הצבע.

הנחיות להכנת דו"ח

1. הכינו תיאור מפורט של מהלך הניסוי, ציינו:
א. מהם השלבים בניסוי?
ב. באילו כלים וחומרים השתמשת?
2. הכינו תיעוד מלא של הניסוי
א. רישום תצפיות מפורטות
ב. צילומים (לא חובה).
3. רשמו תוצאות: האם התקבלה תמיסה צלולה צבעונית?
4. התייחסו בביקורתיות למהלך הניסוי ולתוצאות: האם דרך המיצוי מתאימה? (הממס, הכלים, שלבי התהליך) כיצד לדעתך ניתן לשפר את התהליך?

סדנת ציור: הניחו את הצבעים על שולחן המורה, בחרו מצע לציור (נייר, בד, קרטון...) קחו מכחול וציירו להנאתכם.



ציור בצבעי המיצוי

מבחינים בין שני סוגים של מיצוי: מיצוי נוזל-נוזל, שבו מעבירים חומר (אורגני) מממס מסוים שבו הוא נמצא לממס אחר; ומיצוי נוזל-מוצק, שבו מעבירים חומרים רצויים מתערובת מוצקים לממס כלשהו.

שאלות הכנה

1. הביאו דוגמאות לתהליכי מיצוי מחיי יום-יום?
2. אילו סוגי חומרים ניתן למצות בעזרת מים, ואילו סוגי חומרים ניתן למצות בעזרת שמן?
עליך למצות את חומרי הצבע מירק, פרי, פרח או תבלין (פטרוזיליה, גזר, סלק, כרוב אדום, בטטה), לתעד את התהליך ולהביא צבע מוכן לכיתה לסדנת ציור.

המטרה: לקבל תמיסה צבעונית צלולה ולרשום מהלך להכנתה.

בטיחות וזהירות: הקפידו על כללי זהירות! עבודה במטבח דומה לעבודה במעבדה. היעזרו במבוגר במידת הצורך!!

מהלך עבודה

1. רסק/כתוש את הירק.
2. המס את חומרי הצבע בממס מתאים. אפשר לנסות (מים, שמן, כוהל...)
3. סנן את תמיסת הצבע משאריות הירק.



פפטידים אנטי מיקרוביאליים לעצירת תגובה דלקתית לא מבוקרת עיצובים ברמת החלקיקים

רונית פיס דוד, מורה ורכזת כימיה, תיכון עירוני א' ת"א ומורה לכימיה בתיכון מקיף י"ב, המעיין ראשל"צ
לידיה ליבוב, מורה לכימיה, תיכון נווה גן ע"ש יצחק שמיר

(Rushton, Lotter, & Singer, 2011) - כיוון שתפיסות שלהם לגבי השאלות - מהו ידע? ומהו מחקר מדעי? - משתנות אף הן. לפיכך ספקטרום התלמידים שיהינו מן ההתפתחות המקצועית של המורים שייקחו חלק בפרויקט הינו רחב. הוראת הכימיה מתבצעת ע"י קבוצת מורים איכותית אך בוגרת ברובה, ולכן רחוקה כ-20 שנה ממעבדות המחקר ומחזית המחקר. שכבת מורים זו כמהה לקשר עם מעבדות המחקר, והחיבור החדש הזה משדרג את המורים בצורה משמעותית. היכרות עם שיטות מחקר חדישות מכשור מתקדם המאפשר צפייה באטומים בודדים מולקולות והאינטראקציות ביניהם. מעקב אחר התקפלות חלבונים ניתוחים קריסטלוגרפיים ועוד. במסגרת הקורס המורים הצטרפו בזוגות למעבדת מחקר

בשנת תשע"ה התקיים במרכז מורי הכימיה הקורס "מורים לכימיה חוזרים למעבדת המחקר". הקורס הועבר בהנחייה של ד"ר רון בלונדר וד"ר שלי רפ מן המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן. קורס זה מהווה גישה ייחודית להכשרת מורים מובילים ולתמיכה בהתפתחות המקצועית שלהם. בספרות המחקרית המתארת דרכים שונות להתפתחות מקצועית של מורים (Loucks-Horsley, Stiles, Mundry, Love, & Hewson, 2010) ישנה התייחסות להתפתחות מקצועית של מורי מדעים דרך עבודה אותנטית במעבדות מחקר. שהייה ועבודה של מורים בתוך מעבדות מחקר פעילות, תומכת בהתפתחות המקצועית שלהם. מחקרים מראים כי גם ההוראה של מורים שמתנסים במחקר פעיל משתנה

מושגים:

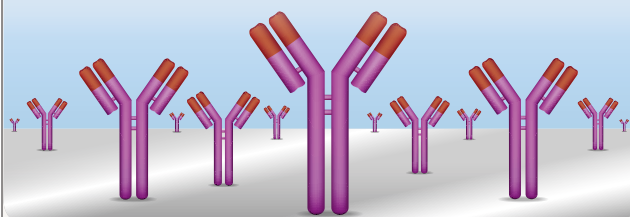
אנטיגן: חומר או תאים זרים החודרים לגוף וגורמים להפעלת המערכת החיסונית נגדם. האנטיגנים יכולים להיות חיידקים, וירוסים (נגיפים), פטריות, ארס נחשים, ארס דבורים, חומרים שונים.

נוגדנים: חלבונים הנוצרים ע"י תאים במערכת בחיסון כתגובה לחדירת אנטיגנים לגוף. תפקיד הנוגדנים הוא להיקשר לאנטיגנים העלולים להזיק לגוף. חיבור הנוגדן לאנטיגן מאפשר את חיסולו של הפולש במספר דרכים.

ציטוקינים: חלבונים קטנים המקשרים בין תאי הגוף ואחראים להנעתם של תהליכים מרכזיים בתאים רבים. מכאן ניתן להבין את משמעות השם ביונית, תא - cyto, תנועה - kinos. רבים מהציטוקינים מופרשים מתאים של מערכת החיסון ופועלים על התאים שהפרישו אותם או על תאים סמוכים. הציטוקינים אינם מיוצרים כל הזמן אלא כתגובה לאנטיגן. הציטוקינים נקשרים לקולטנים יחודיים לסוג תאים מסוים אשר ממקמים על גבי ממברנות התאים ומפעילים או מעכבים אותם. קישור ציטוקין לקולטן שלו מעורר שרשרת תגובות כימיות באמצעותה מועבר האיתות (signal) הנדרש לתגובה הביוכימית בתוך התא המופעל.

תאים בולעניים (פגוציטים): אחד ממנגוני ההגנה של מערכת החיסון המולדת. הפגוציטים הם תאים המתמחים בבליעה, הרג ועיכול של מיקרואורגניזמים שונים.

דלקת: תגובה חיסונית מורכבת הנגרמת עקב זיהום או נזק לרקמה ואשר כרוכה בגיוס מגוון תאים ומולקולות של מערכת החיסון אל אתר הזיהום.



תמונה אופיינית של נוגדנים

פעילה ועסקו באחד מן המחקרים שמקיימים בה. לאחר העבודה המעשית במעבדה כתבו המורים מאמר לעלון המורים "על-כימיה" או הכינו סרטון לשימוש מורי ותלמידי הכימיה בארץ. המאמר המוצג בעלון זה הוא התוצר הראשון מן הקורס אשר מתפרסם. את המאמר "פפטידים אנטי מיקרוביאליים לעצירת תגובה חיסונית לא מבוקרת" כתבו רונית פיס דוד ולידיה ליבוב אשר השתתפו בקורס והצטרפו למעבדה של פרופ' יחיאל שי בהנחיה של הדוקטורנטית הדר כהן.

הקדמה

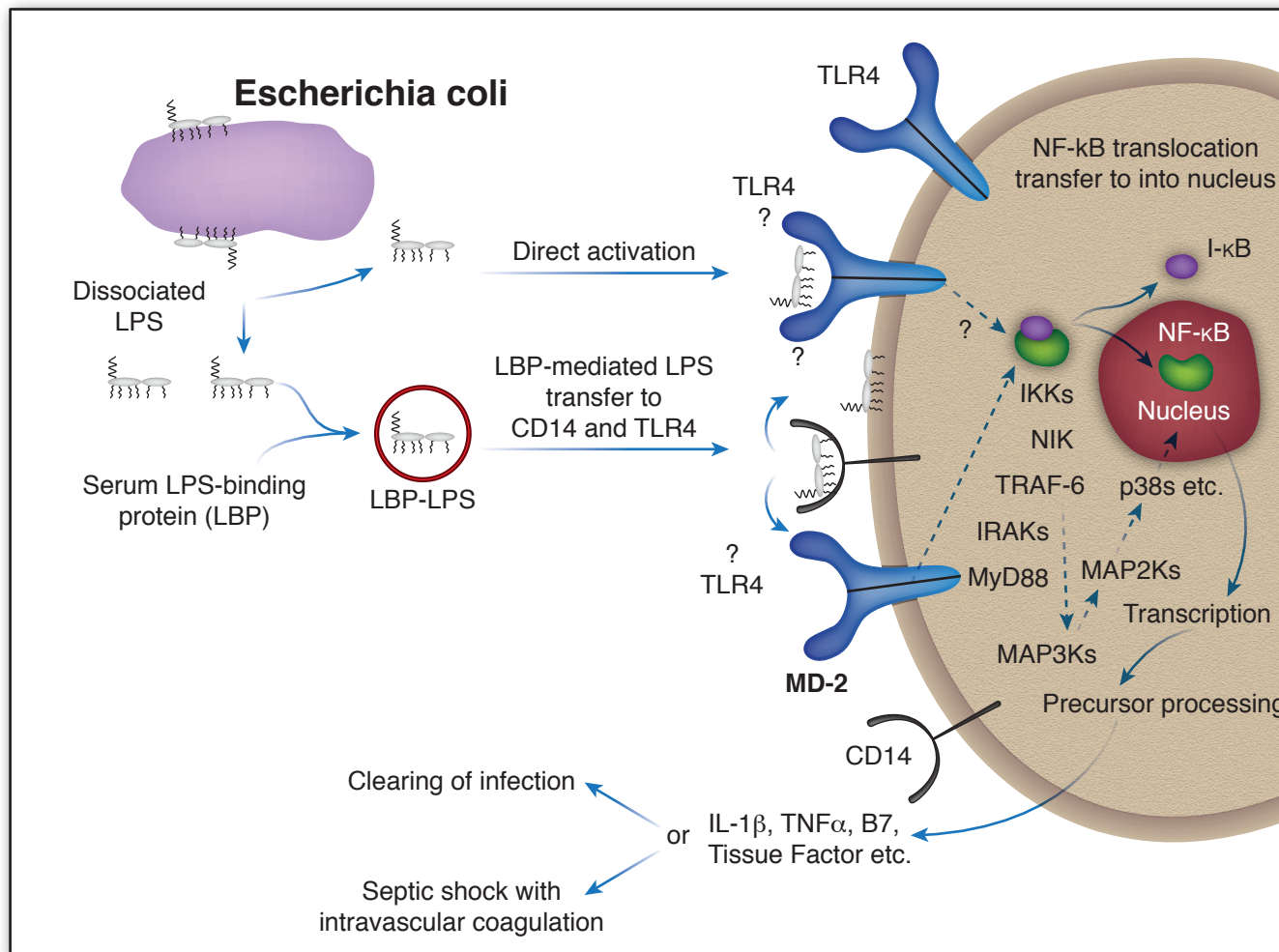
מערכת החיסון מורכבת ממכלול של תאים, רקמות ואיברים אשר עובדים יחד כדי להגן על הגוף מפני התקפה של אורגניזמים זרים, מחוללי מחלה כגון: חיידקים, וירוסים ופטריות. מערכת החיסון נחלקת למערכת החיסון המולדת ומערכת חיסון נרכשת. מערכת החיסון המולדת כוללת מחסומים פיסיקליים של העור, תאים בולעניים (פגוציטים) ותגובה דלקתית ואילו מערכת החיסון הנרכשת הינה בעלת זיכרון חיסוני וכוללת את הלימפוציטים מסוג T ו-B ואת הנוגדנים

תגובה חיסונית בלתי נשלטת

במערכת החיסון המולדת מעורב חלבון שנקרא Toll Like Receptor 4 (TLR4), אשר מאוקטב ופועל כתגובה לחשיפה לחיידקים גראם שליליים או לרעלן שהם מפרישים הנקרא LPS. ברגע שנוצר קישור בין ה-LPS ל-TLR4, יש הפרשה של חלבונים פרו דלקתיים, הנקראים ציטוקינים, זאת על מנת שיעודדו תהליך דלקתי בגוף שימגר את החיידק (איור 1). תהליך דלקתי לא מבוקר יכול לגרום להתפתחות של מחלות כגון: סכרת, סרטן, קרון וספסיס (אלח-דם).

בדרך אל הפפטיד האנטי-מיקרוביאלי

במעבדה של פרופ' יחיאל שי מסנתזים פפטידים אנטי-מיקרוביאליים בעלי יכולת הן להרוג חיידקים והן לנטרל את הרעלן, LPS ובכך להפחית את רמת הפרשת הציטוקינים הפרו-דלקתיים. תכנון רצף חומצות אמיניות הוא השלב היצירתי בפיתוח משום שישפיע על פוטנציאל הפעילות שלו והאפקט הסופי שלו. כיאה לכל תחום של עיצוב יש להתאימו לאובייקט המטרה הלא הוא LPS (ראו איור 2). המבנה כימי של LPS הינו ברור: איזור הידרופובי ליפיד A המכיל 6 שרשראות Acyl, אזור של חיבור לסוכר ומטען שלילי שמקורו מהמצאות פוספטים. הכרות עם המבנה הכימי



איור 1. תא המאוקטב כתגובה להפרשת LPS חיידקי.

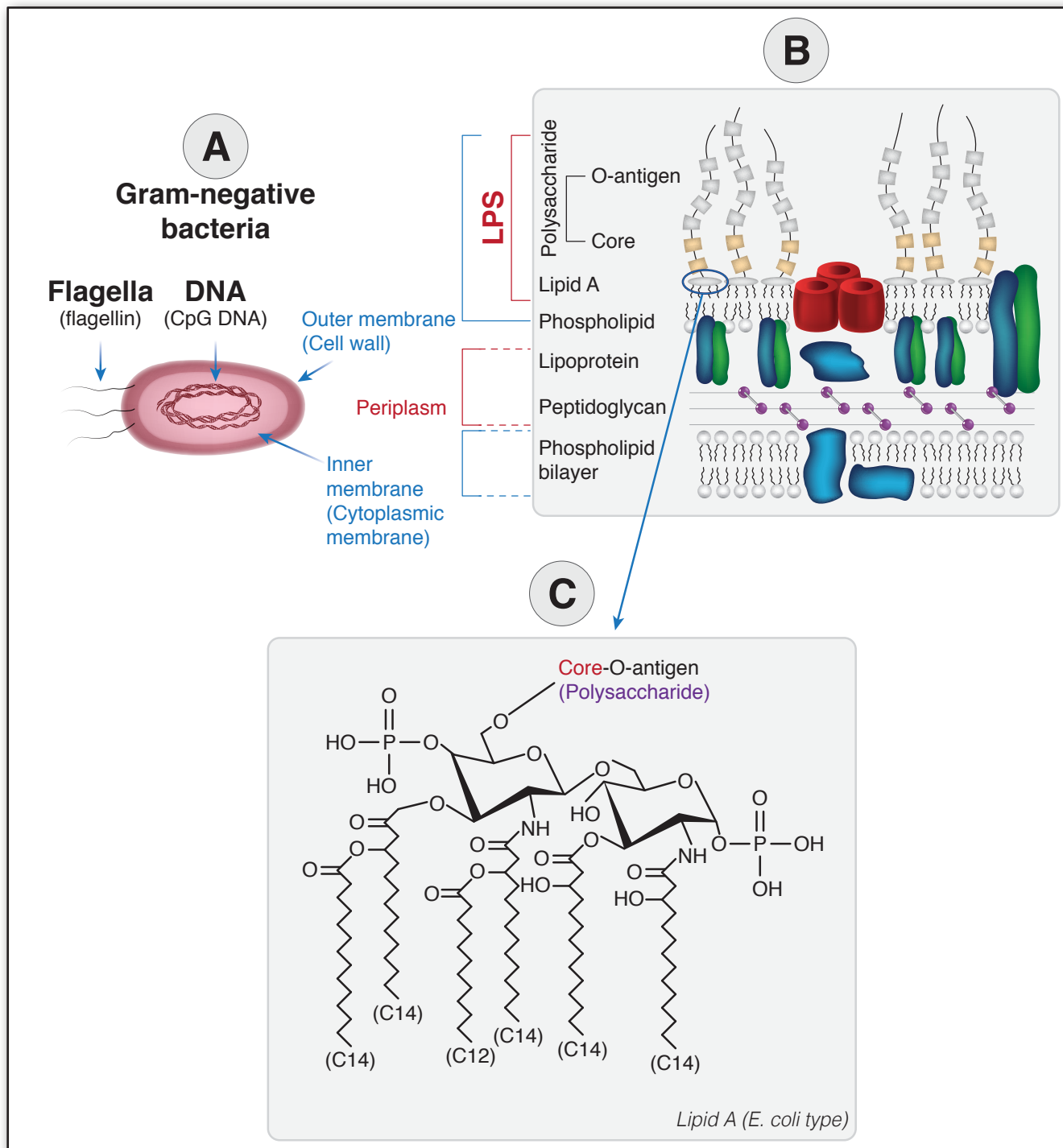
בגודל של מיקרון הנקרא רזין (resin) אשר מהווה את הפאזה המוצקה עליה יסונתז הפפטיד. על הרזין קשורה חומצה אמינית מהצד הקרבוקסילי שלה כאשר הצד האמיני מוגן בקבוצת הגנה (איור 3, A) ובשלב הראשון יש להסירה לשם התחלת התהליך (איור 3, B). כל חומצה אמינית אשר מוסיפים במהלך בניית הרצף הפפטידי מוגנת אף היא בקבוצת הגנה על הקבוצה האמינית כאשר הקצה הקרבוקסילי שלה משוחרר ופנוי לקשר (איור 3, C). החומצה האמינית המוגנת שהוכנסה נקשרת בתהליך דחיסה מהצד הקרבוקסילי שלה אל הצד האמיני של החומצה האמינית הקשורה לרזין (איור 3, D). הקשר הנוצר בין כל שתי חומצות אמיניות בתהליך הדחיסה נקרא קשר פפטידי ובמהלכו נפלטת מולקולת מים. בשלב הבא שוב יש להסיר את קבוצת ההגנה שעל הקצה האמיני של הפפטיד הקשור לרזין כדי לאפשר התארכותו וחוזר חלילה. הסרת קבוצת ההגנה נעשית בהדרגה לאורך כל

מבילה לכך שהעיצוב של מולקולות לנטרול יהיה בעל אופי הידרופובי מחד ומאידיך טעון חיובי וכל זאת על מנת להיקשר למולקולות ה-LPS ובכך לנטרל את הפעולות שלו ולשמש כמעכב תחרותי. תכנון רצף חומצות אמיניות הוא השלב היצירתי בפיתוח משום שישפיע בין היתר על האפשרות של הפפטיד להתקפל עם יצירתו דבר שממנו מנסים להימנע.

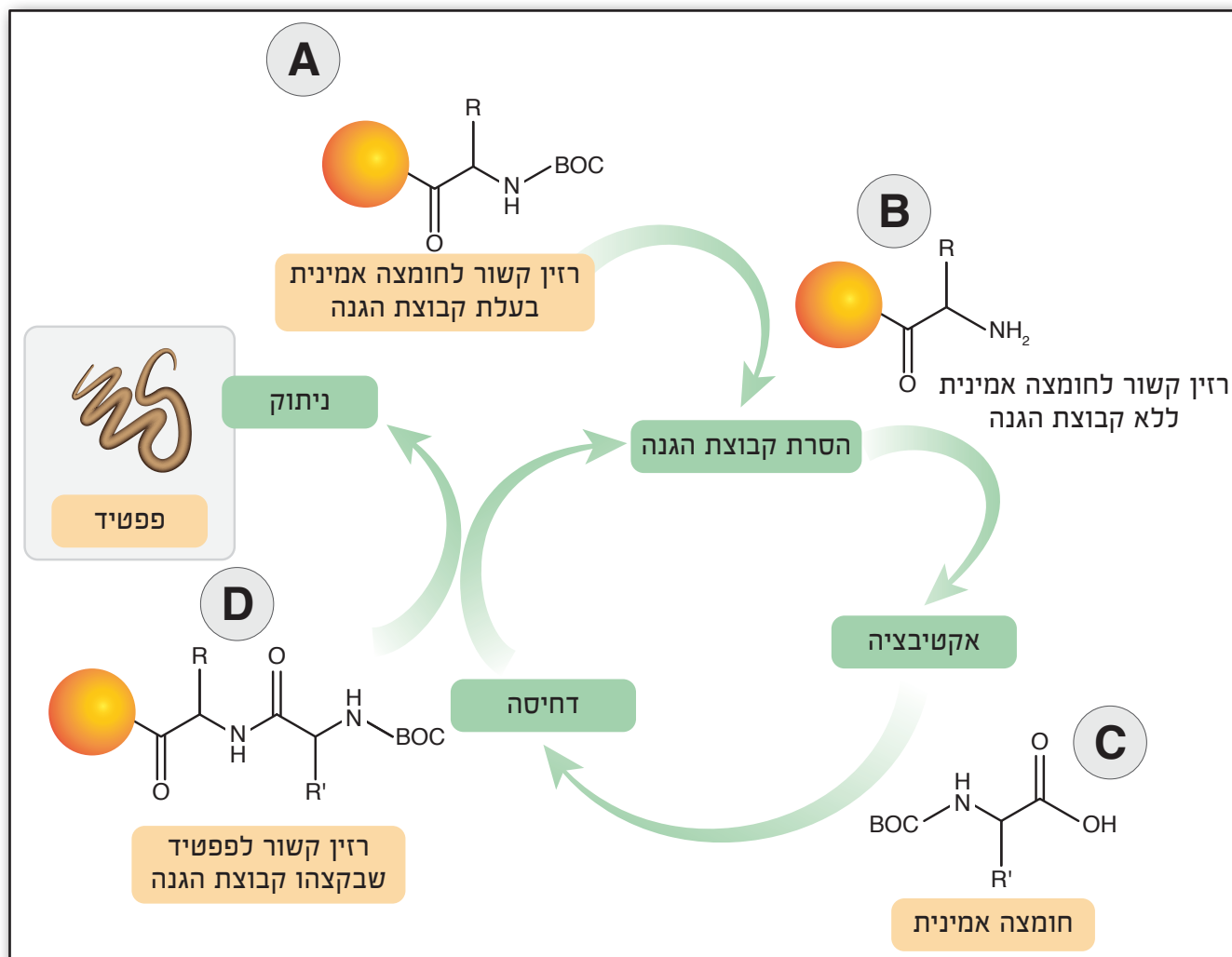
מחשיבה לסינתזה

סינתזת הפפטידים במעבדה נעשית על מצע מוצק בשיטת SPSS (Solid-phase peptide synthesis) והינה בעלת ניצולת גבוהה יחסית. שיטה זו פותחה על ידי רוברט ברוס מריפילד בשנת 1963 (זכה על כך בפרס נובל בשנת 1984). באיור 3 השיטה מתוארת באופן סכמתי.

ה"עוגן" ממנו מתחיל תהליך הפילמור הוא חלקיק פולימרי



איור 2. (A) מבנה חיידק גראם שלילי. (B) מבנה ממברנה של חיידק גראם שלילי מורכבת משתי שכבות פוספוליפידיות. בחלק החיצוני של הממברנה יש מולקולות LPS אשר "שקועות" כאשר ה"זנב" הפוליסכרידי מופנה כלפי חוץ. יש אזור בפרי פלזמה שמורכב מפפטידוגליקן זה שמבדיל בין גראם חיובי לשלילי. חיידקים עם שכבה מסיבית וגדולה של מפפטידוגליקן מכונים גראם חיוביים משום שנצבעים בצביעת גראם ואלו המכילים שכבה דקה של פפטידוגליקן מכונים גראם שליליים כמו החיידק המוכר *E. coli*. (C) אזור הליפיד A של מולקולת LPS.



איור 3. שלבים בסינתזת הפפטיד על מצע מוצק בשיטת SPPS

סינתזת פפטידים (synthesizer) ומוצג בתמונה 1. מכשיר זה מורכב משני חלקים עיקריים:

1. מיכל תגובה עם צנרת הנועד להכנסת תמיסות ולהוצאתן.
2. לוח פיקוד ממוחשב המפקח על הסדר המתאים של החלפת תמיסות ועל תזמון של התהליכים השונים. התמיסות עצמן נתונות בתוך שורת מיכלים והללו נפתחים לפי תוכנית פעולה. התמיסה המתאימה נדחסת אל מיכל התגובה בעזרת משאבה. התרחיף המצוי במיכל התגובה נבחש במשך זמן קבוע מראש. התמיסה שסיימה את תפקידה נשאבת ונשטפת מן המיכל ותמיסה אחרת באה על מקומה. כל תגובת דחיסה פירושה מגע בין הפולימר, רזין, נושא הפפטיד המתארך ובין התמיסות השונות כאשר כל אחת מהן מכילה חומצה אמינית אחרת.

תהליך הסינתזה ורק לאחר סיום תהליך הדחיסה ויצירת הקשר הפפטידי הרצוי מסירים את קבוצת ההגנה ומוסיפים ח"א אחרת לפי הרצף המתוכנן מראש וזאת לצורך בקרה על תהליך הסינתזה. במעבדה של פרופ' יחיאל שי משתמשים בעיקר בקבוצת ההגנה מסוג (Fmoc (איור 4, A) tert-butyl (Boc) (איור 4, B). הסרת קבוצת ההגנה של הקבוצות האמיניות נעשית ע"י חומר הנקרא פיפירדין. בסופו של תהליך נותר לנתק את הקשר הראשוני בין הקצה הקרבוקסילי של הפפטיד המוגמר ובין העוגן. צעד זה נעשה באמצעות TFA 95% שזו חומצה חזקה.

קישור [לסרטון](#) המתאר את סינתזת הפפטיד בשיטה זו.

הפפטידים מסונתזים במעבדה במכשיר הנקרא עורך



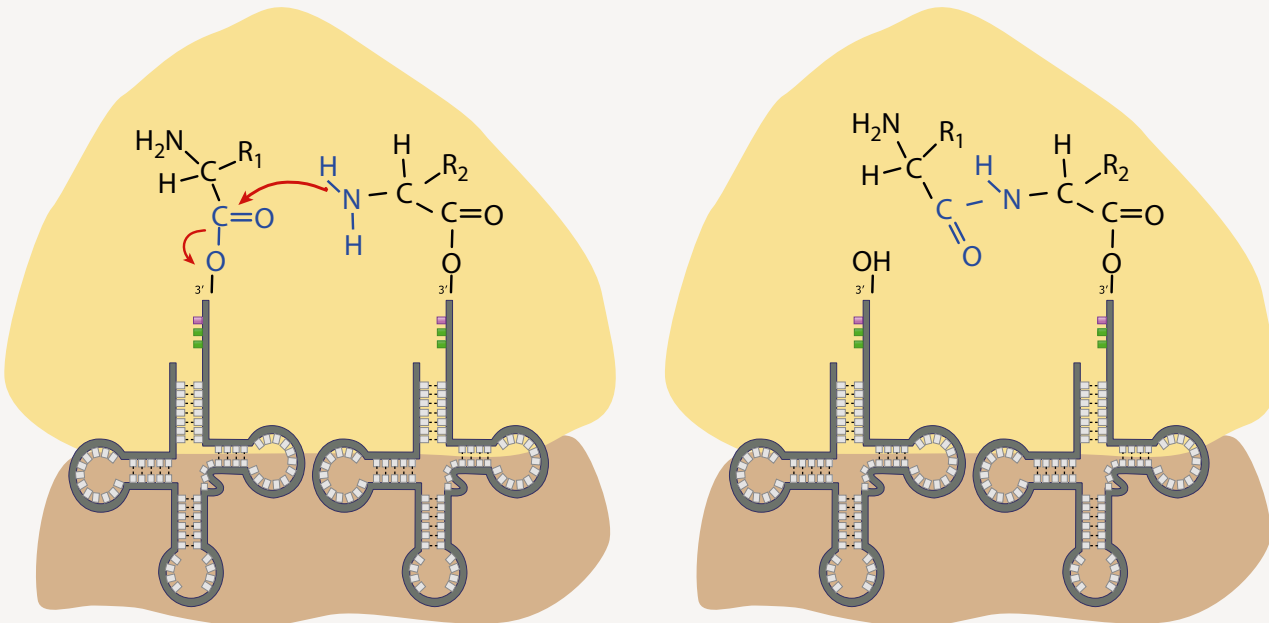
תמונה 2. מכשיר HPLC



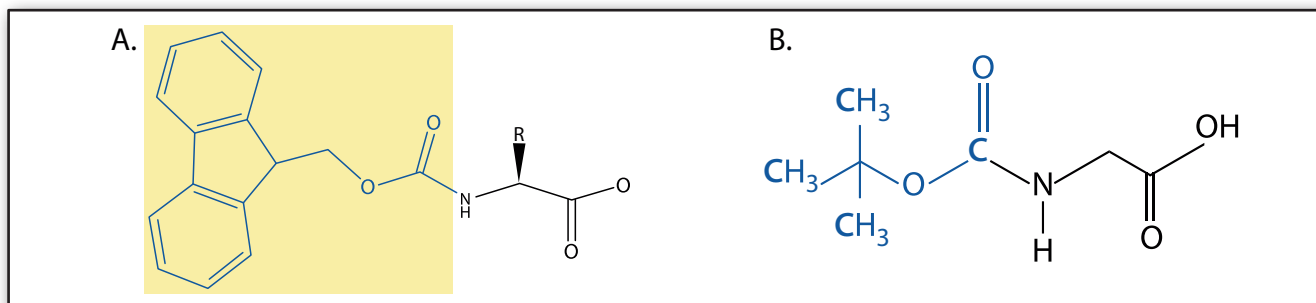
תמונה 1. עורך סינתזת פפטידים (synthesizer).

סינתזת פפטידים ביצורים חיים

סינתזת פפטידים הינה תהליך המתרחש באופן טבעי בכל רגע ובכל אחד מתאי גופינו. התהליך מתרחש באברונים הנקראים ריבוזומים אשר נמצאים בציטופלזמה של התא ובהם הצופן הגנטי הנמצא על מולקולת ה-mRNA מתורגם לחלבון שהוא שרשרת פולי פפטידית אחת או יותר. אחד ההבדלים המשמעותיים בין הסינתזה בריבוזום לסינתזה בשיטת SPPS הוא כיוון הסינתזה. באופן טבעי הסינתזה היא בין הקצה האמיני של החומצה המתווספת לקצה הקרבוקסילי של החומצה האמינית האחרונה בשרשרת ואילו בשיטת SPPS הכיוון הוא הפוך.



יצירת קשר פפטידי בין חומצות אמיניות הקשורות ל-mRNA בריבוזום



איור 4. (A) קבוצת הגנה (Fmoc) 9-Fluorenylmethyloxycarbonyl (B) קבוצת הגנה (BOC) tert-Butyloxycarbonyl.

ולמעמיק בהבנת ההסברים התאורטיים, תוך עבודה מעשית במעבדה. ההתנסות תרמה לפיתוח המקצועי שלנו וציידה אותנו בידע וכלים חדשים להוראת נושא החלבונים.

ביבליוגרפיה

אילנה שמידט הופפלד (1988), מולקולות ותאים במערכת החיסון, מכון ויצמן, דפוס יעל עמנואל

עמוס כרמל, שיטה מהירה, כמותית ואוטומטית לסינתסה של פפטידים ארוכי שרשרת, "מדע" עיתון מדעי לכל כך כ"ט מספר 2

Berg, J.M., Tymocyyko, J. L. and Stryer, L. (2002). Biochemistry, 5th Edition N.Y.: W.H. Freeman and Company

Nelson, D.L. and Cox, M.M. (2004). Lehninger Principles of Biochemistry 4th Edition. N.Y.: W.H. Freeman and Company

Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S., Love, N., & Hewson, P. W. (2010). Strategies for professional learning Designing professional development for teachers of science and mathematics (Third ed., pp. 157-278). California: Corwin

Rushton, G. T., Lotter, C., & Singer, J. (2011). Chemistry teachers' emerging expertise in inquiry teaching: The effect of a professional development model on beliefs and practice. J. Sci. Teacher Educ., 22, 23-52. doi:DOI 10.1007/s10972-010-9224-x

ניקיון הפפטיד

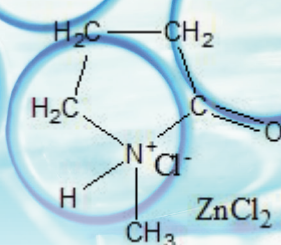
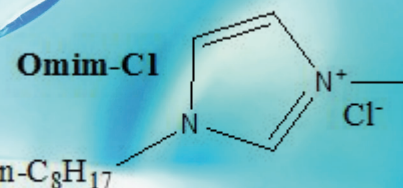
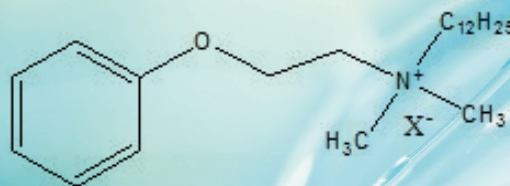
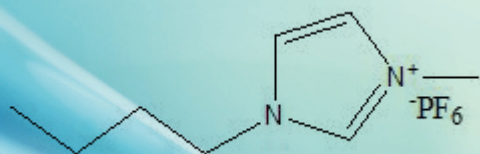
כאמור, תהליך הסינתזה הינו בעל ניצולת גבוהה אך אין אפשרות לשליטה מלאה. וכך במהלך הסינתזה מתקבלים מספר תוצרים ויש צורך בניקוי התוצר הרצוי משאר התוצרים הלא רצויים. תהליך הניקוי נעשה במכשיר הנקרא (High-performance liquid chromatography HPLC) (תמונה 2). לאחר ההפרדה במכשיר, מקפיאים את הדוגמא באמצעות קרח יבש (טמפרטורת קיפאון -78°C) ומעבירים תהליך של ליופוליזציה (הקפאת הדוגמא, ונידוף המים על ידי עבודה בלחצים מאוד נמוכים - כלומר בואקום) כמו שעושים במפעל "טסטר צ'ויס" כאשר מייצרים את הקפה המגורען. באופן כזה מקבלים את החומר הנקי כאבקה בלי צורך לחמם כדי לסלק את הממס.

בדיקות לפפטיד המוגמר

לפני בדיקת יעילות הפפטיד על תרביות תאים, יש לבצע בדיקת רעילות הפפטיד בריכוזים שונים על מנת לקבוע מהו הריכוז המקסימלי שניתן לשימוש ללא פגיעה בתאים. לאחר מכן בוחרים ריכוז ספציפי ובודקים את יכולת נטרול ה-LPS שלהם. הבדיקה נעשית בשיטות שונות ובבדיקים פוטנציאלי הפעולה שלו על פתולוגיות/מחלות שונות כגון אלח דם. תהליך היצירה והפיתוח אורך שבועות ספורים עד לקבלת החומר הנקי.

רפלקציה

לסיכום, ברצוננו להודות לדוקטורנטית הדר כהן על ההנחיה, לד"ר רון בלונדר וד"ר שלי רפ על התמיכה. העבודה במעבדת המחקר של פרופ' יחיאל שי עם הדוקטורנטית הדר כהן היתה עבורנו חוויה מרתקת ומעניינת. הכרנו מחקרים פורצי דרך, מכשור מהמתקדמים בתחום, ניתנה לנו הזדמנות להשתמש בציוד ובחומרים עליהם אנו מלמדות, לבסס



נוזלים יוניים: סיכויים וסיכונים

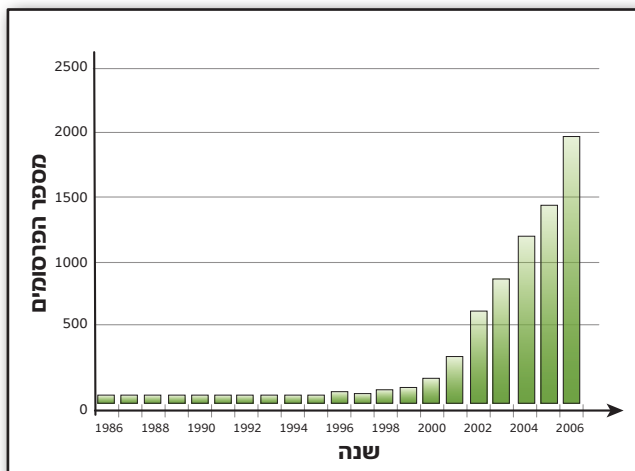
ד"ר ענד עזב, חוקר ב"אגודת הגליל" (כימיה של צמחי מרפא וכימיה סביבתית)

א. גילוי והגדרה

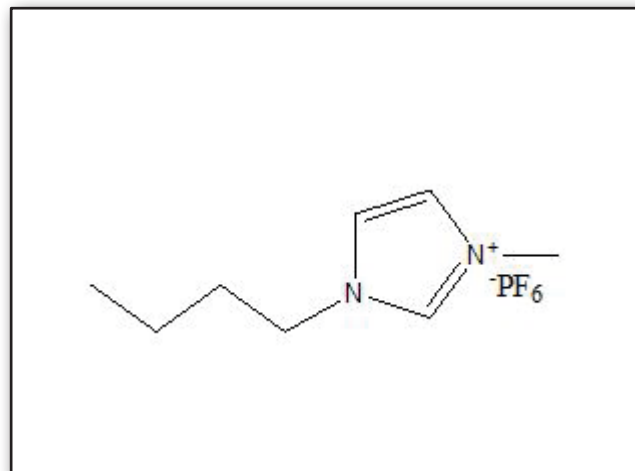
לש-הידראט שלו, $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, נקודת היתוך של 100°C (מתפרק). למלח בריום כלוריד, BaCl_2 , נקודת היתוך של 962°C ואילו לדו-הידראט שלו, $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, נקודת היתוך 120°C ¹. הדבר איננו מפתיע כמובן, לאור העובדה כי כניסת מולקולות המים לתוך הסריג היוני גורמת להרחקת המטענים המנוגדים זה מזה ולהחלשת המשיכה ביניהם.

אבל בימינו כאשר מדובר על נוזל יוני, Ionic Liquid, IL, הכוונה היא בדרך כלל לנוזלים יוניים בתנאי החדר, שאינם כוללים יונים מתכתיים. קיימת מחלוקת בספרות המדעית לגבי החומר הראשון שנחשב לנוזל יוני. החומר הראשון שמתאים להגדרה של נוזל בטמפרטורת החדר ($\text{MP} < 25^\circ\text{C}$) הוא אתיל-אמוניום-ניטרט, $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+\text{NO}_3^-$ שהוכן ע"י P. Walden בשנת 1914². לחומר זה נקודת היתוך של 12°C אבל אין הוא יציב, והשימושים בו זניחים. נוזלים יוניים כמעט ונשתכחו מהתודעה של הכימאים עד לסוף שנות ה-90 של המאה הקודמת, שבהן סונטוז

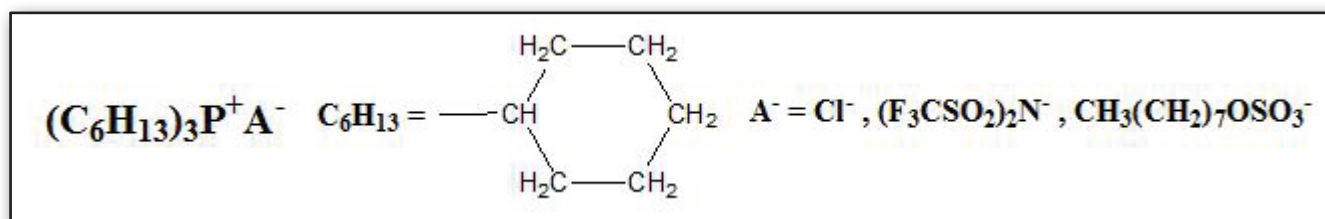
נהוג לחשוב שהוראת הפרק שעוסק בחומרים (וסריגים) יוניים ברמה של ב"ס תיכון או מכללה, היא אחת המשימות הקלות של המורה. לחומרים יוניים, בניגוד לחומרים מולקולריים, תכונות הרבה יותר ברורות וקבועות. המשיכה בין המטענים החשמליים הפוכים בחומרים היוניים יוצרת חומרים מוצקים בטמפרטורת החדר (חלקם הגדול מסיס במים) שטמפרטורות היתוך שלהם גבוהות והגבישים שלהם שבירים. אבל בעבודתנו במעבדות אנו נתקלים לא פעם במלחים אי-אורגניים שעם מעט חימום, או פשוט ביום קיצי חם, רק פותחים את הצנצנת ומיד מתגלה לתדהמתנו נוזל. למשל, לחומרים היוניים AsCl_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, $\text{Al}(\text{BH}_4)_3$, AsF_3 , BiH_3 , נקודות היתוך של -64.5 , 0 , -16 , -5.9 , -67°C בהתאמה¹. כאשר מדובר בהידרטים, נקודות היתוך צונחות לאלומניום כלוריד, AlCl_3 , נקודת היתוך של 196.2°C ואילו



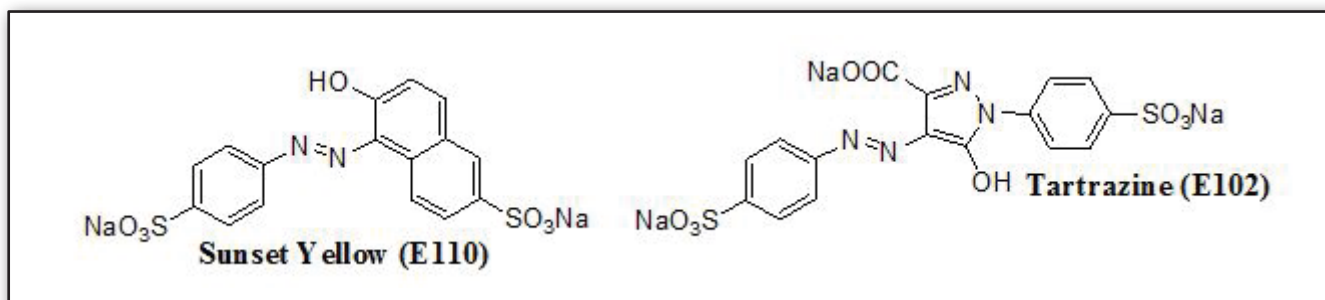
גרף 1: מספר הפרסומים האקדמיים אודות נוזלים יוניים בשנה



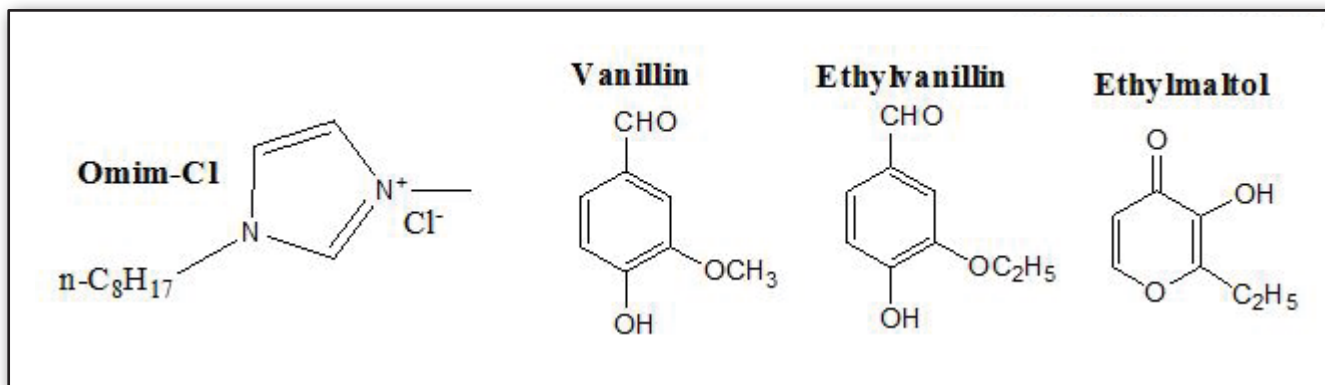
איור 1



איור 2



איור 3



איור 4

בדרך כלל אתגר לא פשוט לכימאי האנליטי שרוצה להפריד חומצות אלה מיתר מרכיבי התערובת ולהפריד אותן זו מזו. נוזלים יוניים נמצאו כמסייעים בתחום זה, וזאת לפי מחקר שפורסם באחד העיתונים החשובים ביותר העוסקים בכימיה של מזון.⁸ ההפרדה בוצעה בעזרת ארבעה נוזלים יוניים על בסיס חנקן-חיובי ועל בסיס זרחן-חיובי, והיא כללה תערובות של חומצות שומן עם שרשרות C_{18} - C_{22} , רוויות ובלתי-רוויות (בדרגות שונות ועם גיאומטריות ציס וטרנס). גם ריכוזים של תבלינים אפשר לקבוע ע"י מיצוי בנוזלים יוניים כפי שמדווחת הקבוצה הסינית של H.-B. Zhu ושותפיו בשנת 2014.⁹ הם מיצו ונילן (וניל), אתיל-ונילן (שוקולד) ואתיל-מלטול (פירות משומרים). איור 4 מציג את מבני החומרים והנוזל היוני שבו בוצע המיצוי.

ג. שימושים בולטים של נוזלים יוניים בכימיה סביבתית

המבנה המיוחד של נוזלים יוניים שממנו נובעות התכונות המיוחדות שלהם¹⁰ - במיוחד צמיגותם הגבוהה, ביצוע תגובות כימיות בתוכם כממסים, כממסים-זרזים או כממסים-מגיבים - פתח בפני הכימאים שער למגוון רחב של תגובות שלא היו ידועות או לא היו אפשריות לפני כן. כך למשל, L. Li ושותפיו,¹¹ מדווחים על שימוש בנוזל יוני (כזר-שותף) להרחקת יוני מתכות רעילות ממים כשיטה ירוקה לטיהור מים מזוהמים. ובתחום זה של איכות-הסביבה מושקעים מאמצים אינטנסיביים כדי לנצל נוזלים יוניים לייצור דלק ירוק-מתחדש. אחד המקרים הבולטים הוא הסינתזה של ביודיזל (Biodiesel).¹² נזכיר רק שביודיזל הוא תוצר טרנס-אסטרפיקציה של שמן צמחי (לרוב פסולת שמן) לאסטרים מתיליים/אתיליים של החומצות השומניות (ראו איור 5), וכך עולה אחוז המימן בדלק, והוא הופך לפחות מזהם (פחות פליטה של $CO_{2(g)}$).

בנוכחות סוגים שונים של נוזלים יוניים, התגובה נותנת אחוזי המרה גבוהים יותר בהשוואה לממסים אחרים, ובחלק מהמקרים שימש הנוזל היוני עצמו כזרז. הבעיה היחידה (והגדולה) בשיטה זו היא המחיר הגבוה של הנוזלים היוניים, דבר שהופך אותה ללא רלוונטית מבחינה כלכלית. בתחום הדלק הקונוציונלי, הבעיה הגדולה ביותר מבחינה סביבתית היא נוכחות תרכובות גפרית בתוך הדלק, וכן העובדה שעם שרפתו הן פולטות גפרית-דו-חמצנית, $SO_{2(g)}$. גז זה הוא כידוע אחד המזהמים האחראים על נזקי

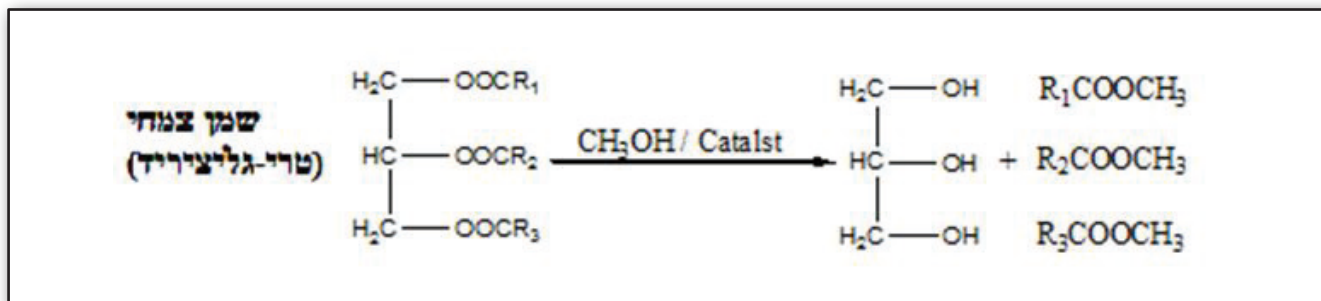
חומרים יציבים יחסית כמו 1-butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate (איור 1).³ לחומר זה, שהוא יציב יחסית, נקודות היתוך של $-8^{\circ}C$. בחינה של המבנה המולקולרי של נוזלים יוניים יכול להסביר תכונה מיוחדת זו: היות החיובי נפחי מאוד (Bulky), והמטען החיובי ממוסך ע"י הקבוצות הקשורות אליו. רוב הנוזלים היוניים כוללים אטום חנקן חיובי (אמוניום) אבל חלקם כוללים אטומים אחרים. גם היות השלילי יכול להיות פשוט (הליד) או נפחי, כפי שרואים באיור 2.⁴

בתחילת שנות האלפיים חלה עלייה דרמטית במחקר של נוזלים יוניים, והיא נמשכת ומתגברת מאז. אחד המאמרים הבולטים הממחישים את הקביעה האחרונה פורסם ע"י Plechkova & Seddon בשנת 2008.⁵ הם סוקרים את ההתפתחות במחקר ואת יישומי הנוזלים היוניים וכן את החברות המסחריות שקמו בעקבות התפתחות זו וחלק מהיישומים הבולטים (שנתייחס אליהם בהמשך) של תופעה זו (ראו גרף 1).

ב. נוזלים יוניים כממסים

מאמר סקירה מעניין שמתייחס להיבטים תאורטיים ומעשיים של תכונות נוזלים יוניים כממסים פורסם בשנת 2010 ע"י Khupse & Kumar מהודו.⁶ בניגוד לרוב^A הממסים האורגניים שאינם קוטביים, לנוזלים יוניים קיטוב גבוה יחסית, ויש לו אפשרויות ביטוי רבות שאינן קיימות בממסים אורגניים רגילים ואפילו במים. אם נביא בחשבון כי מכפלת המסיסות במים של סידן-פחמתי, $CaCO_{3(s)}$, היא $K_{sp} = 3.3 \times 10^{-9}$, חישוב מהיר יראה כי המסיסות שלו היא 0.00013 mol/L . לעומת זאת, מסיסות אותו חומר ב- BMIM-Cl היא 0.21 mol/L שהם 2.21 g . העובדה שמצד אחד הנוזלים היוניים קוטביים ומצד שני הם כוללים חלקים הידרופוביים, היא יתרון גדול כאשר מדובר במיצוי של חומרים שיש להם תכונות דומות. כך למשל, אפשר בעזרת BMIM-Br למצות כמויות קטנות מאוד של צבעי מאכל ממזונות שונים כדי לקבוע אם היצרן שהשתמש בצבעים אלה חרג מהתקנים או לא. מקרה כזה דווח לגבי שני חומרי הצבע הצהובים (בדומה לכורכום) Sunset Yellow, Tartrazine (ראו איור 3).⁷

תערובת המכילה חומצות שומן ארוכות-שרשרת, מהווה

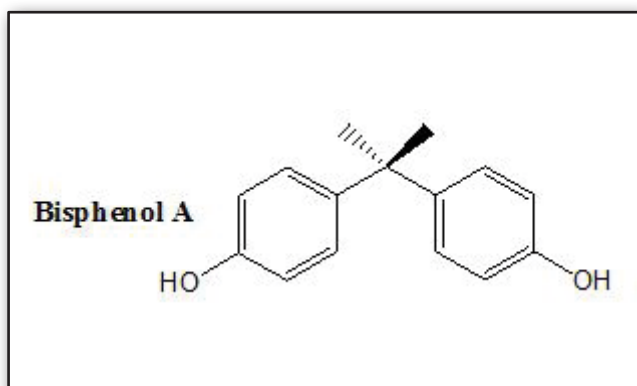


איור 5

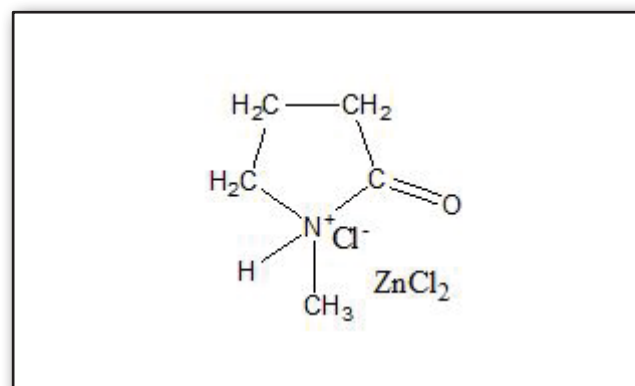
טבלה 1: תוצאות מיצוי של תרכובות גפרית מדיזל בעזרת נוזלים יוניים (לפי Dharaskar, 2012)

ניסוי	נוזל יוני/חומצת-לואיס והיס המולרי ביניהם	ריכוז הגפרית (ppm) אחרי המיצוי ^a
1	BMIM/AlCl ₃ , 0.35/0.65	275
2	^b EMIM/AlCl ₃ , 0.35/0.65	335
3	[HN(C ₆ H ₁₁)(C ₂ H ₅) ₂] ⁺ CH ₃ SO ₃ ⁻ /HN(C ₄ H ₉) ⁺ CH ₃ SO ₃ ⁻ , 1/1	310

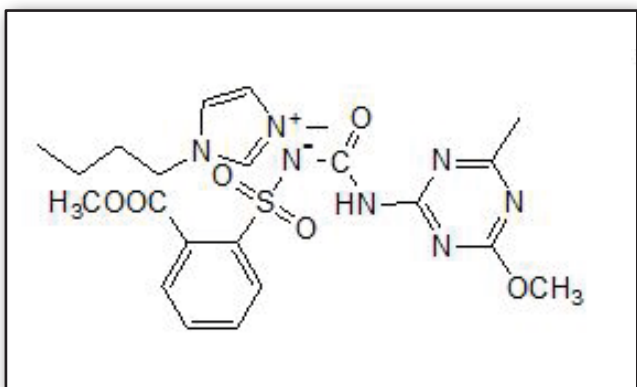
(a) הריכוז ההתחלתי היה 500ppm בתוך n-C₁₂H₂₆; (b) E פירושו קבוצת אתיל C₂H₅ במקום קבוצת n-Butyl.



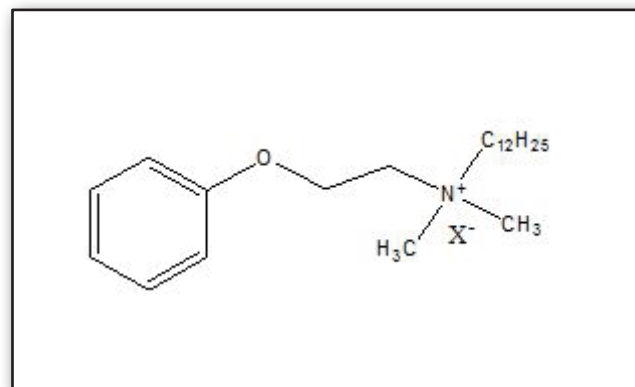
איור 7



איור 6



איור 9



איור 8

קבוצת מחקר משותפת מניגריה וגרמניה דיווחה כי בשימוש בנוזל היוני $\text{BMIM-N}(\text{CN})_2$, הם הצליחו לסנטז ננו-תחמוצות שונות של מוליבדן (MoO_3 , Mo_4O_{11} , $\text{Mo}_{17}\text{O}_{47}$) בקוטר של 17.5nm. תחמוצות אלה ידועות בחשיבותן בתחום הסינתזה האורגנית (לחמצונים שונים, כמו חמצון אתרים לדיאולים).

בהקשר זה הופיעו עבודות רבות אודות הסינתזה של ננו-חלקיקים של החומר TiO_2 שתכונותיו הקטליטיות הן עצומות, במיוחד כאשר מדובר בטיהור מים ופירוק מזהמים אורגניים שהם נגזרות של פנול. אחת העבודות האחרונות הראויות לציון היא עבודתם של T. Ravishankar ושותפיו מהודו,¹⁸ שסינתזו ננו-חלקיקים של TiO_2 בקוטר של 37nm. חלקיקים אלה הראו יכולת גבוהה מאוד בפירוק פוטוקטליטי של חומר מודל (Trypan Blue, $\text{C}_{34}\text{H}_{28}\text{N}_6\text{O}_{14}\text{S}_4$) וכן יכולת גבוהה של חיזור קטליטי של היונים הרעילים והמחמצנים מאוד של Cr^{+6} (תעשיית הציפויים) ליונים בטוחים יותר שהם כרום(III).

בצעד מתקדם עוד יותר הכינו J. Xia ושותפיו מסין, נקודות-קוונטיות^B של גרפין/ BiOX (X, הליד).¹⁹ החוקרים מדווחים כי לחלקיקי החומר היה קוטר ממוצע של 5nm, והוא סונטז בעזרת MIM-X , כאשר C_{16} , C_{16} היא קבוצת $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}$ המחליפה את קבוצת הבוטיל ב-BMIM, ואילו X הוא יון הליד. החומרים ששימשו כמודלים לפוליפנולים מזהמים היו: Rhodamine B, Ciprofloxacin, Bisphenol A (ראו איור 7).

ה. יישומים רפואיים נבחרים של נוזלים יוניים

אחד המאמרים המקיפים הסוקר את היישומים הרפואיים של נוזלים יוניים, ראה אור בשנת 2014.²⁰ מאמר זה איננו מדווח על תוצאות של החוקרים עצמם אלא סוקר בהרחבה מאמרים שהופיעו עד אז, והוא מומלץ מאוד לקריאה. עיקר ההתמקדות של המחברים היא בתפקוד של נוזלים יוניים מבחינה פרמקולוגית של Drug Delivery. שני חוקרים בריטיים סקרו בשנה שעברה מאמרי מחקר רבים שהוכיחו כי לנוזלים יוניים יכולות אנטי-בקטריאליות בולטות,²¹ לרבות בתחום מניעת היצירה של ביו-פילמים.^C בין אלה בולטת במיוחד קבוצת הנוזלים היוניים בעלי המבנה הכללי כפי שמופיע באיור 8.

שימוש בנוזלים יוניים מסובכים מעט יותר מבחינה מבנית ממה שראינו עד כה, דווח ע"י קבוצת חוקרים מפולין כריסוס

סביבה עצומים, לרבות תחלואה של בני אדם. במקרים נדירים שרפה של תרכובות גפרית שבדלק יוצרת גפרית-תלת-חמצנית, $\text{SO}_3(\text{g})$, שהסכנה הגדולה ביותר שלה היא יצירת חומצה גפרתית (H_2SO_4) במגע עם מים ויצירת סביבה חומצית הרסנית. בעניין זה מאמר הסקירה של A. Dharaskar ממצה את תוצאות המחקר עד 2012.¹³ התוצאות שהמאמר מציג אינן מעודדות משתי בחינות. מחיר הנוזלים היוניים היקר והתוצאות שהושגו. בהתחשב בעובדה כי הריכוז המקסימלי של גפרית בדלק לפי התקן הישראלי והתקן האמריקני הוא 20ppm ולפי התקן האירופי הוא 15ppm - אפשר לראות בטבלה 1 כי התוצאות אינן מרשימות, וזאת בלשון המעטה.

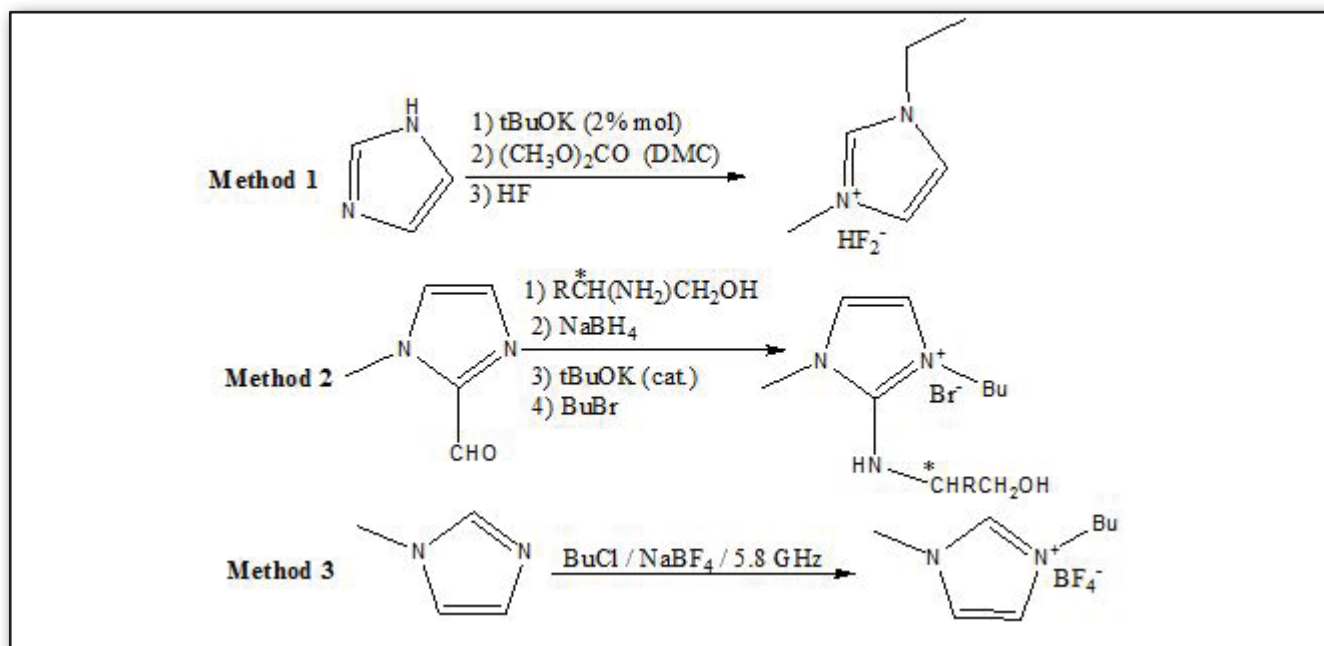
המחקרים בתחום זה של הרחקת גפרית מדלק, בעזרת נוזלים יוניים ובשיטות אחרות, ממשיכים להתפרסם באופן עקבי בקצב של כמה עשרות מאמרים בשנה. אחד האחרונים שהופיעו ואשר מדווח על תוצאות טובות ככל שמדובר בריכוז הגפרית אחרי המיצוי (והחמצון), הוא מחקרו של X. Chen ושותפיו.¹⁴ הם הגיעו לריכוז גפרית של 5.3ppm (הריכוז ההתחלתי היה 500ppm) כאשר השתמשו במערכת (איור 6).

אבל גם במקרה זה החיסרון הגדול הוא שיטה לא קלה לביצוע ומחיר גבוה של המגיבים/ממסים.

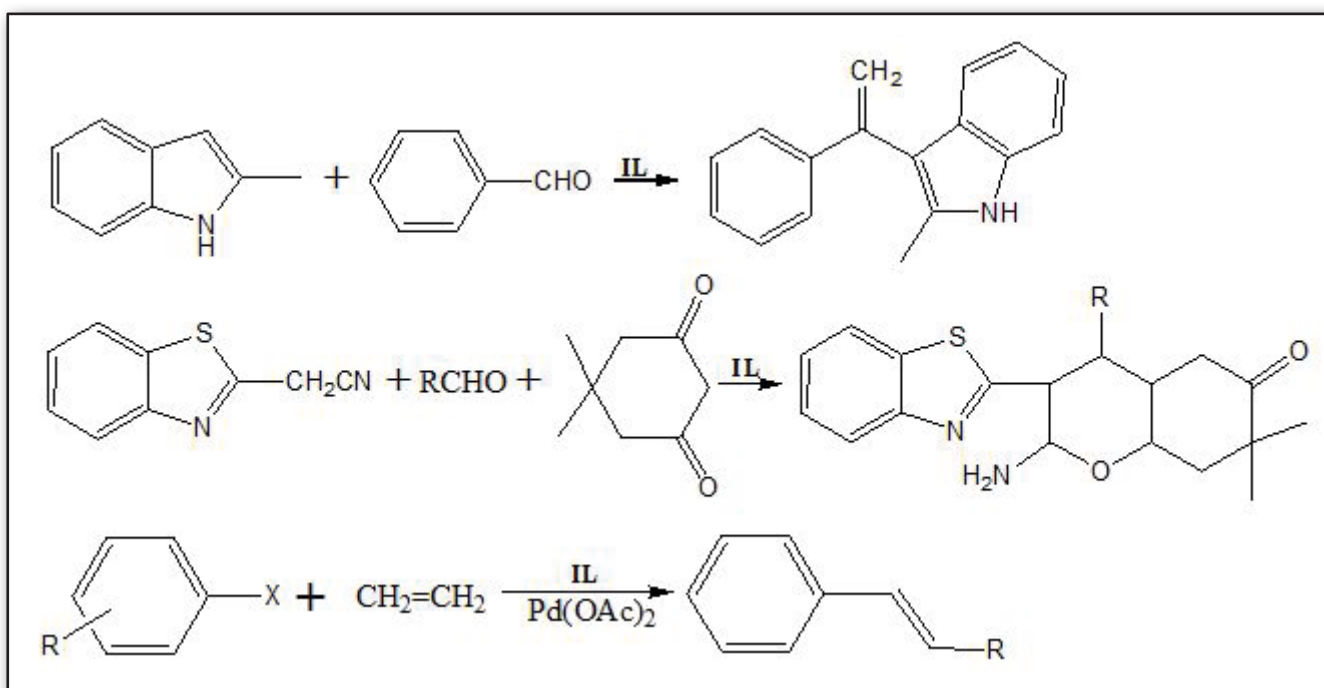
ד. נוזלים יוניים וננוכימיה: היתרון הגדול

ננוכימיה וננו-חלקיקים הפכו כיום לכלי שימושי רב-עצמה בכל הרמות: מחקר כימי, שמירה על איכות הסביבה, רפואה וכמובן בתחומי הפיזיקה היישומית השונים. עם הזמן התברר כי לנוזלים יוניים יתרון עצום על פני ממסים אחרים כאשר מדובר בסינתזה של ננו-חלקיקים ליישומים שונים. חשוב כבר לציון, כי בניגוד לממסים אחרים, נוזלים יוניים עצמם יכולים להימצא במבנה של ננו-חלקיקים.¹⁵

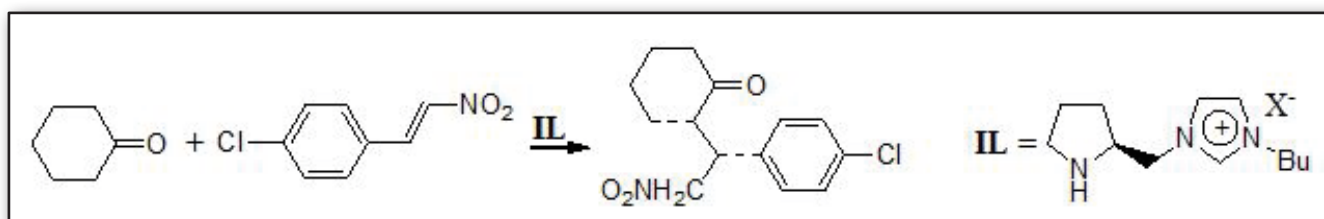
הקוטביות הגדולה של הנוזלים היוניים גורמת לכך שהם יוצרים סולבציה חזקה מאוד סביב חלקיקי המומס, ובכך הם מונעים מהם ליצור מבנים גדולים מאוד בדומה למצב בתגובות רגילות.¹⁶ החוקרים מדווחים כי כאשר סנתזו ננו-חלקיקי סיליקה (SiO_2) בממסים שונים, התקבלו התוצאות הבאות: במים לא נוצרו ננו-חלקיקים אלא משקע רגיל; באתנול היה קוטר החלקיקים (ללא מעטפת הסולבציה) קרוב ל-54nm ואילו ב-BMIM-BF₄ קוטרם היה קרוב ל-5nm.



איור 10



איור 11



איור 12

כאשר השתמשו בממסים אורגניים מקובלים ובנוזל יוני, הייתה האנטיסלקטיביות של התגובה כפי שרואים בטבלה 2.

ז. רעילות של נוזלים יוניים: החיסרון הגדול

כבר בתחילת הדרך של הכנסת הנוזלים היוניים לשגרת עבודה קבועה, התברר שהם רעילים במידה זו או אחרת, ולחלקם רעילות גבוהה מאוד. עד לשנת 2010 הצטבר מידע רב על הרעילות של נוזלים יוניים במאגרי מים, ביבשה, לבעלי חיים, הערכות לגבי רעילות לבני אדם, השפעת הקטיון על הרעילות, השפעת האניון על הרעילות והשפעת נוכחות אטומים שונים (כמו חמצן) על מידת הרעילות של נוזלים יוניים. התמונה שהצטיירה הייתה עגומה בהחלט לפי מאמר הסקירה R. Frade & C. Afonso.²⁷ מחלק מהחוקרים אף ניסו להראות ש"השד לא נורא כל-כך" כפי שעשה M. El-Harbawi מסעודיה.²⁸ הוא טען שבמקרה של נוזלים יוניים על בסיס MIM כמו BMIM שראינו כמה פעמים במאמר זה, ובמיוחד אם האניון הוא מימן-גופרתי, HSO_4^- - הרעילות נמוכה. הוא בדק את הרעילות של נוזלים יוניים אחדים לגבי שני מינים של דגי ים. אבל אפילו במחקר הזה הוא מראה כי כאשר ריכוז BMIM-HSO_4 היה 200ppm, הייתה התמותה 50% ובריכוז 350ppm הייתה התמותה 100%.

קבוצת חוקרים מפולין בדקה שני משתנים של רעילות נוזלים יוניים: סוג האניון (כאשר הקטיון הוא BMIM) ורעילות לגבי שני צמחים: שעורה (*Hordeum vulgare* L.) וצנון (*Raphanus sativus*).²⁹ הם גילו כי האניון די-מתיל-פוספט, Dimethyl phosphate $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{P}(\text{O})\text{O}^-$, הוא הרעיל ביותר ואילו יון הטוזילאט, $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3^-$ Tosylate, הוא בעל הרעילות הנמוכה ביותר. לגבי הצמחים, זרעי שעורה רגישים יותר מזרעי צנון, והוספת נוזלים יוניים עד ריכוז של 1000ppm לכל קילוגרם קרקע, לא השפיעה על הצמיחה של הנבטים הצעירים של שני הצמחים.

M. Bubalo ושותפיה מקרואטיה סקרו את הידע שהצטבר אודות הרעילות של נוזלים יוניים עד 2014.³⁰ מהסקירה שלהם עולים שני חידושים משמעותיים ביותר לעומת סקירות קודמות. החידוש הראשון הוא בזה שהמאמר כולל סקירה של הרעילות בשלבי הסינתזה ולא רק של התוצר הסופי. הם מראים כי הסינתזה של רוב הנוזלים היוניים משתמשת בחומרים ובשיטות שאינן ידידותיות לסביבה

קוטל עשבים שוטים.²² המבנה של אחד מקוטלי עשבים אלה שסונטז בניצולת של 99% ונמצא כנוזל חסר-צבע, מראה כי היות החיובי הוא לא אחר מאשר BMIM שהוא מבנה פשוט יחסית, אלא שהיות השלילי הוא בעל המבנה המורכב יותר וכולל קבוצות פונקציונליות רבות (ראו איור 9).

ו. סינתזה של נוזלים יוניים ותפקידם בסינתזה אורגנית

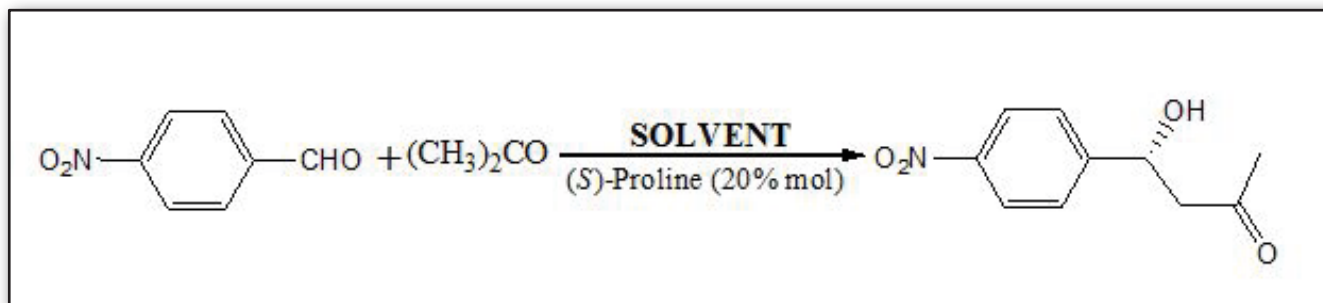
באופן כללי ניתן לומר שקיימות שלוש שיטות עיקריות לסינתזה של נוזלים יוניים (מופיעות באיור 10):²³

5. מתילציה של אמידזול בעזרת די-מתיל-קרבונט (Dimethyl carbonate, DMC).
6. סינתזה של נוזלים יוניים פירליים: העיקרון הכללי המנחה סינתזה זו היא תגובה בין נגזרת פעילה של אימידזול עם אמין פירלי ויצירה רב-שלבית של הנוזל היוני הפירלי. חשוב לציין כי הפירליות של התוצר נובעת מכך שהמרכז הפירלי של האמין איננו משתתף בתגובה.
7. סינתזה בעזרת גלי מיקרו: כאשר אורך גל הקרינה שיכולה לקטל תגובה זו ידוע, זו השיטה הקלה ביותר.

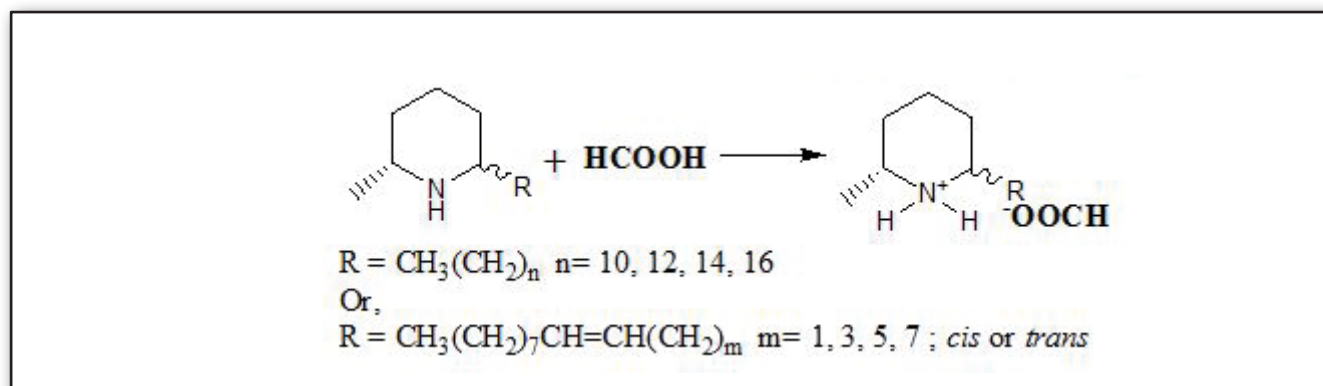
התפקידים של נוזלים יוניים בסינתזה אורגנית הולכים ומתגברים מיום ליום. תמונת המצב הנוכחית היא שנוזלים אלה נמצאים כמעט בכל תחומי הסינתזה האורגנית. אפשר לראות לקט נבחר ומייצג של תפקידים אלה במאמר הסקירה המצוין של R. Ratti, שתגובות נבחרות ממנו נביא באיור 11.²⁴ לא נפרט כאן לגבי כל סינתזה מהו הנוזל היוני (IL) ששימש בה. הקוראים המעוניינים ימצאו זאת במאמר עצמו (גישה פתוחה, Open Access ללא תשלום).

אחד ההיבטים המעניינים ביותר של קטליזה בעזרת נוזלים יוניים היא סינתזות אנטיסלקטיביות (Enantioselective). אלה סינתזות שנותנות אנטיומר אחד כתוצר יחיד או כתוצר עיקרי. זה תחום שנחשב לכימיה משובחת ביותר. כדי שהדבר יתרחש, הנוזל היוני עצמו חייב להיות אנטיומר נקי. ניקח דוגמה מעבודה מוקדמת Z. Dabrowski ושותפיו (ראו איור 12).²⁵

וכדי להדגים זאת בתגובה הידועה לכולנו מלימודי התואר הראשון, ניעזר בעבודתם של L. Gonzalez ושותפיה שהדגימו זאת בדחיסה אלדולית (ראו איור 13).²⁶



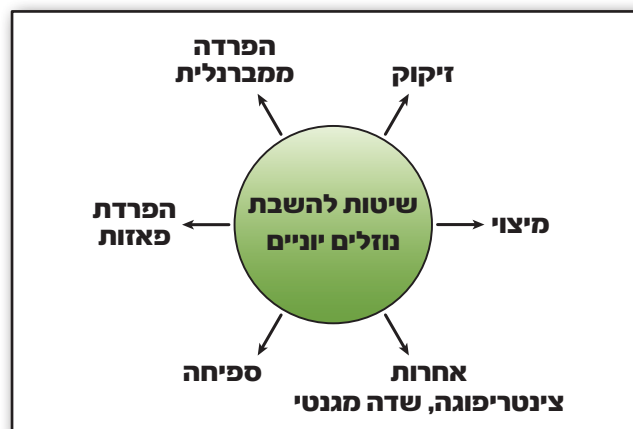
איור 13



איור 14

טבלה 2: אנטיסלקטיביות של דחיסה אלדולית בממסים שונים (לפי Gonzalez et al., 2014)

ניסוי	ממס	סלקטיביות (%)
1	Tolune	89
2	DMSO	90
3	BMIM-N(O ₂ SCF ₃) ₂	99



איור 15

פן נוסף של הנזק העצום שחלק מהנוזלים היוניים יכולים לגרום, נוגע לאחת הבעיות הקשות ביותר שהמדע בימינו מנסה להתמודד עמה: התפתחות חיידקים עמידים לאנטיביוטיקה. התפתחות זו, לפי תחזיותיהם של חלק מהמדענים, עלולה למוטט את המין האנושי אם לא ימצא פתרון ראוי לה. והנה, מחקר סיני מדווח כי BMIM-PF₆, אחד הנוזלים היוניים הוותיקים ביותר, מסייע להפצת גנים של עמידות בפני אנטיביוטיקה.³¹ קבוצת חוקרים נוספת מסין

ולאדם. החידוש השני הוא בשאלה אם ניתן לתכנן נוזלים יוניים, על פי הקבוצות הפונקציונליות השונות, תת-היחידות של המבנים השונים שלהם ועל סמך מחקרי יחס-מבנה-פעילות (SAR, Structure Activity Relationship); האם על סמך כל אלה ניתן לתכנן נוזלים יוניים רעילים פחות וידידותיים יותר לסביבה ולאדם. לגבי החלק השני, שכמובן קשור בקשר הדוק לחלק הראשון - התשובה שלהם איננה חד-משמעית.

שהוא בסיס, ע"י הפרשת חומצה פורמית, הלא היא חומצת הנמלים המפורסמת, וכך נוצר הנוזל היוני (ראו איור 14).

הערות ומקורות

להערות, הצעות ובקשות למתן הרצאות (ללא תשלום) בבתי"ס, abedazab@gmail.com

(A) חלק מהממסים האורגניים "הרגילים" כוללים מטענים חלקיים גדולים יחסית (קיטוב) הנובע מרזוננס אלקטרוני שגורם לנקודות רתיחה גבוהות יחסית. למשל: DMSO, 189°C ; DMF, 153°C ; DMA, 165°C .

(B) נקודה-קוונטית (Quantum Dot) היא ננו-חלקיק שהוא חצי מוליך, פולט אור. מומלץ לקרוא המתעניין לקרוא את הערך בוויקיפדיה. זהו תחום מתפתח בקצב מהיר מאוד וכבר יש לו יישומים רבים בפיזיקה תיאורטית ויישומית, LED, הדמיה רפואית ואנרגיה ירוקה-ומתחדשת.

(C) ביופילם (Biofilm) היא מושבה (הצטברות) של חיידקים כקבוצה על משטח מסויים. ביופילמים מהווים בעיה בריאותית קשה כאשר מדובר בצנרת או מאגרי מים ובמיכלי איחסון של חומרי מזון.

(D) כדי להדגים לתלמידים מהו נוזל יוני, אפשר להשתמש במידע המופיע במקור³⁴ ולסנטז נוזל לא-רעיל כזה בבית"ס.

1. מאגר הנתונים של אוניברסיטת סטאנפורד. לרשום בגוגל: Stanford 04_02_85.pdf

2. http://www.rsc.org/education/eic/issues/2005_Jan/salty.asp

3. Dupont, J., et al.; Org. Synth.; 79; 2002; 236-41

4. Atefi, F., et al.; Green Chem.; 11(10); 2009; 1595-604

5. Plechkova, N., Seddon, K.; Chem. Soc. Rev.; 37(1); 2008; 123-50

מדווחת כי נוזלים יוניים מקבוצת OMIM-X (O הוא קיצור של אוקטיל, $n\text{-C}_8\text{H}_{17}$, במקום הבוטיל שיש ב-BMIM) לא רק שהראו רעילות ועיכוב נביטה של נבטי פול (Vicia faba), אלא שהם גרמו לנזק חמצוני ל-DNA בתאי נבטים אלה.³² הרעילות התרחשה אפילו בריכוז של 50mg לקילוגרם קרקע. סדר הרעילות לפי האניונים היה: $\text{BF}_4^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^-$.

ח. ואף על פי כן: תקווה

כדי לרתום את הנוזלים היוניים לעבודה משמעותית בתחומי המדע (כימיה, רפואה, סביבה), התעשייה ועוד, הושקע מחקר גדול בשנים האחרונות כדי להפוך את תהליכי הסינתזה שלהם לזולים, ידידותיים לסביבה ולא עד כדי כך רעילים. אחד המאמרים שסקר עניין זה כבר צוטט קודם (מקור 30). מאמר נוסף שעוסק בשיטות ובטכנולוגיות השונות להשבה של נוזלים יוניים אחרי שימוש, מסכם שיטות אלה באיור 15.³³

מאמר אחר המביא מעט תקווה בנוגע לעתיד השימוש הבטוח בנוזלים יוניים פורסם ע"י קבוצה סינית נוספת והוא עסק בשני היבטים.³⁴

א. אפשרות הפירוק הביולוגי של נוזלים יוניים (Biodegradability) ע"י חיידקים. מסתבר שקבוצת הנוזלים היוניים שהמבנים שלהם כוללים כולין (Choline) בתפקיד הקטיון ואניון של חומצה אמינית, ניתנים בקלות לפירוק ביולוגי ע"י חיידקים שונים. למשל, $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{OOCCH}(\text{NH}_2)(\text{CH}_3)_2$ שהוא מלח של כולין וואלין.

ב. נוזלים יוניים מקבוצה זו הם בעלי רעילות נמוכה מאוד או אינם רעילים כלל. חסרונם של נוזלים יוניים אלה הוא ביציבותם הנמוכה.

ט. נוזלים יוניים טבעיים!?

כן! קבוצת חוקרים בינלאומית פרסמה מחקר אודות גילוי נוזלים יוניים טבעיים. ולפני שנציג את המבנים של נוזלים אלה ודרך היווצרותם, אפשר להזדהות עם הקביעה של המחברים כי לאור היישומים הרבים של נוזלים יוניים, הדבר נראה מוזר שחומרים מסוג זה לא התגלו עד אותו מחקר בטבע.³⁵ החוקרים גילו כי נמלים מסוג *Solenopsis invicta* מפרישות אלקלואידים רעילים כחלק ממנגנון ההגנה (והתקיפה) שלה. בזמן העימות עם סוג נמלים נוסף (שני המינים חיים ביערות אמריקה הדרומית), נמלים מסוג *Nylanderia fulva* מנטרלות את הרעל

21. Pendleton, J., Gilmore, B.; *Int. J. Antimicrob. Ag.*; 46(2); 2015; 131-39
22. Pernak, J., et al.; *J. Agric. Food Chem.*; 63(13); 2015; 3357-66
23. Jindal, R., Sablok, A.; *Curr. Green Chem.*; 2(2); 2015; 135-155
24. Ratti, R.; *Adv. Chem.*; 2014; Article ID 729842; 1-17
25. Dabrowski, Z., et al.; *Polimery*; 57(5); 2012; 375-81
26. Gonzalez, L., et al.; *Eur. J. Org. Chem.*; 2014(24); 5356-63
27. Fradi, R., Afonso, C.; *Hum. Exp. Toxicol.*; 29(12); 2010; 1038-54
28. El-Harbawi, M.; *Procedia Chem.*; 9; 2014; 40-52
29. Biczak, R., et al.; *J. Hazard. Mater.*; 274(15); 2014; 181-90
30. Bubalo, M., et al.; *Ecotox. Environ. Safe.*; 99; 2014; 1-12
31. Luo, Y., et al.; *Environ. Sci. Technol. Lett.*; 1(5); 2014; 266-70
32. Lio, T., et al.; *Sci. Rep.*; 5 (Article number 18444); 2015; 1-10
33. Mai, N., et al.; *Process Biochem.*; 49; 2014; 872-81
34. Hou, X.-D., et al.; *PLOS ONE*; 8(3); 2013; e59145(1-7)
35. Chen, L., et al.; *Angew. Chem.*; 126(44); 2014; 11956-9
6. Khupse, N., Kumar, A.; *Indian J. Chem.*; 49A(05-06); 2010; 635-48
7. Sha, O., et al.; *J. Anal. Methods Chem.*; 2014; Article ID 964273; 1-8
8. Weatherly, C., et al.; *J. Agric. Food Chem.*; 64(6); 2016; 1422-32
9. Zhu, H.-B., et al.; *Chin. Chem. Lett.*; 25(3); 2014; 465-8
10. Castner, E., et al.; *Annu. Rev. Phys. Chem.*; 62; 2011; 85-105
11. Li, L., et al.; *Int. J. Biol. Macromolec.*; 66; 2014; 172-8
12. Andreani, L., Rocha, J.; *Bras. J. Chem. Eng.*; 29(1); 2012; 1-13
13. Dharaskar, A.; *Res. J. Chem. Sci.*; 2(8); 2012; 80-5
14. Chen, X., et al.; *Energy Fuels*; 29(5); 2015; 2998-3003
15. Hayes, R., et al.; *Chem. Rev.*; 115(13); 2015; 6357-426
16. Gao, J., et al.; *ACS NANO*; 9(3); 2015; 3243-53
17. Ayi, A., et al.; *J. Mater.*; 2015; Article ID 372716; 1-8
18. Ravishankar, A., et al.; *J. Exp. Nanosci.*; 10(18); 2015; 1358-73
19. Xia, J., et al.; *App. Catal. B*; 181; 2016; 260-9
20. Smiglak, M., et al.; *Chem. Commun.*; 50(66); 2014; 9228-50

שילוב דיבייט במשימה להערכה חלופית בנושא פולימרים מדפסת תלת-ממדית - מדמיון למציאות

חגית רפאלי-מישקין, דוקטורנטית בהנחיית פרופ' יהודית דורי,
הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, טכניון, חיפה

מצדדי השימוש בדיבייט בקרב סטודנטים ותלמידים מוצאים שהוא מעודד הקשבה, ביקורתיות ומעורבות בנושאים העומדים על סדר היום הציבורי. עוד הם מדגישים כי השימוש בוויכוח בשיטת הדיבייט מאפשר פיתוח של תרבות הדיון ויכולת עמידה מול קהל. הביקורת העיקרית כלפי השיטה מבוססת על כך שהדיבייט מדגיש את סגנון הדיבור על חשבון תוכנו, ובכך מעודד את השימוש בדמגוגיה במניפולציה של השומעים.

תלמידים אמריקניים התחרו במשך שנים רבות - ומתחרים עד היום - בדיבייט בנושאים שונים כחלק מתכניות הלימודים בחטיבות הביניים והתיכון. הדבר מהווה עבורם הכנה לתהליכי הקבלה לחינוך גבוה ומסייע במציאת

מהו דיבייט?

הדיבייט (מֵעֶמֶת) הוא פעילות תחרותית מאורגנת של ויכוח פורמלי בין שתי קבוצות הטוענות בעד או נגד נושא מוסכם מראש. במסגרת הפעילות כל המתחרים נושאים נאום שמטרתו לשכנע את הקהל בעמדתם, על פי כללים המגדירים את סדר הנאומים, מספרם ואורכם, וכן את התוכן, המבנה והסגנון הרצויים בהם. תוצאות התחרות נקבעות על ידי שופטים.

מקורו של הדיבייט בשיטת הדיון הפרלמנטרי באנגליה. הדוברים נושאים נאום שבו הם מפתחים טיעונים שמטרתם לשכנע לשאת היגיון פנימי וקשרים לוגיים, ומעל לכל - להלהיב ולרגש את קהל השומעים.

קריירה. החל מסוף שנות ה-80 קיימת בישראל פעילות של דיבייט במוסדות האקדמיים ולאחרונה גם בבתי ספר. למרות שלדיבייט כללים נוקשים בכל הנוגע למשך הנאום ולהתערבות בדברי הדוברים, יש מקום לשלב פעילות דיבייט בגרסאות שונות, גם בהוראה ולמידה של מקצועות מדעיים בכלל ובלימודי הכימיה בפרט.

רקע לפעילות המשלבת דיבייט במשימת הערכה חלופית

כולנו השתעשענו לא פעם בשאלה איך היו חיינו נראים אילו יכולנו להפוך מחשבה למציאות וליצור בעצמנו כל חפץ או מוצר שנרצה. אף שהרעיון הזה הוא עדיין בבחינת פנטזיה, אפשר בימינו לייצר בלחיצת כפתור כמעט כל חפץ שנפשנו חושקת בו: צעצועים, בגדים, נעליים, שתלים רפואיים, מאכלים ואפילו בתים. כל אלו הם רק דוגמאות ספורות למוצרים שאפשר לייצר באמצעות הטכנולוגיה של המדפסת התלת-ממדית, שהניו-יורק טיימס כינה "גדולה יותר מהאינטרנט וחשובה לא פחות מהמצאת מנוע הקיטור". השימוש במדפסת תלת-ממדית הופך לחלק מהחיים שלנו ומהווה את אחת הטכנולוגיות המעניינות ובעלות פוטנציאל מבטיח של המאה ה-21. החיבור בין הטכנולוגיה לעולם הפולימרים מהווה דרך נפלאה לקשר בין התאוריה הקשורה לכימיה של פולימרים לבין חיי היומיום. הנושא מעלה שאלות אתיות מגוונות, ולכן מתאים במיוחד לפעילות של דיבייט.

מטרות הפעילות

קישור הידע בתחום הפולימרים לחיי היומיום - היכרות עם טכנולוגיות ייצור בהדפסת תלת-ממד. איתור מידע אודות טכנולוגיות, חומרי גלם ותהליך הייצור. פיתוח מיומנויות של סיכום, חשיבה ביקורתית, עבודת צוות ועריכת דיבייט הכולל העלאת טיעונים מנומקים, הכנת מצגות ועמידה מול קהל.

מבנה הפעילות

הפעילות כוללת את שלושת החלקים האלה:
1. **קריאת מידע** מעובד בנושא הדפסה בתלת-ממד ושאלות מלוות במגוון מיומנויות: יישום ידע כימי, העלאת

טיעונים ונימוקים, העלאת השערות. בחלק זה התלמידים מקבלים מידע על שתי טכנולוגיות של הדפסה תלת-ממדית בהתייחסות להיבט הטכני והכימי של מבנה הפולימרים עבור כל טכנולוגיה. הם עונים על שאלות ובודקים יחד את התשובות בכיתה.

2. **העמקה** תוך כדי הכנת מצגת על אחת מהטכנולוגיות, חומרי הגלם שמשמשים בה, שימושים, יתרונות וחסרונות. בחלק זה התלמידים מאתרים מידע על אחת מהטכנולוגיות הקיימות כיום להדפסה תלת-ממדית. את המידע על התלמידים לארגן ולערוך למצגת מצומצמת.

3. **הרחבה** - חלק זה ממוקד בפעילות תחקירנית הכוללת עריכת דיבייט והעלאת טיעונים בעד ונגד הדפסה ביולוגית. הדיבייט בנוי כך שכל קבוצה המורכבת משישה תלמידים ממנה תפקידים ניהוליים ותחקירנים כדי שבסופו של דבר יערכו דיון בכיתה ויעלו דעות שונות. הצגת הדיבייט מלווה במצגת הממוקדת בטיעוני התלמידים בניסיון לשכנע את השופטים (שאר הכיתה) בטיעוניהם.

חלקים ב ו-ג בפעילות מלווים במחווון ביצועים מפורט.

[הפעילות המלאה](#)¹ (דפי משימה לתלמיד, מדריך מפורט למורה כולל מחווני הערכה) נמצאת באתר המרכז הארצי למורי כימיה, במדור חומרי לימוד - משימות הערכה חלופית.

"טעימות מתוך הפעילות" מתוך חלק א - קטע קריאה מעובד

להפוך מחשבה למציאות: הדפסה תלת-ממדית

הטכנולוגיה של ההדפסה התלת ממדית, התחילה בשנת 1984 עם ייצור המדפסת הראשונה ע"י צ'רלס (צ'אק) הול ומאז, הטכנולוגיה התקדמה, נצבר ידע רב והמדפסות העכשוויות יעילות עד כדי כך שהן יכולות ליצור כמעט כל דבר. הטכנולוגיה נהית יותר ויותר נגישה וזולה עד כדי שימוש ביתי.

תהליך ההדפסה מתבצע בשני שלבים עיקריים:

- א. תכנון תלת-ממדי ממוחשב של הדגם הנדרש,
- ב. תוכנה מתאימה "פורסת" אותו לשכבות דקות, אותן

1. הפעילות פותחה בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ, במסגרת פרויקט משותף של המרכז הארצי למורי כימיה במכון וייצמן והטכניון, בשנה"ל תשע"ה.

הגורם בסופו של דבר לעלויות נמוכות וזמן ייצור קצר.

ישנן מספר טכנולוגיות להדפסה, להלן דוגמאות לשתיים מהן:
1. **סטריאוליתוגרפיה** (סטריאו = מרחב, ליתוגרפיה = כתיבה/הדפסה), בטכנולוגיה זו ממצקים תמיסה נוזלית באמצעות קרן לייזר, התמיסה מתמצקת מכיוון שהיא מכילה פולימרים שנקשרים זה לזה בחשיפה לאור באורך גל מסוים, כך שרק האזור שנחשף לקרן הלייזר מתמצק. הפולימרים האלה משתייכים לקבוצה שנקראת פוטו-פולימרים (פוטו=אור). בשלב הראשון הבמה שעליה מודפס המוצר ממוקמת כך שרק שכבה דקה של תמיסה מכסה אותה. בשלב השני קרן הלייזר סורקת את הבמה וממצקת את הפולימר על גביה. לאחר מכן הבמה

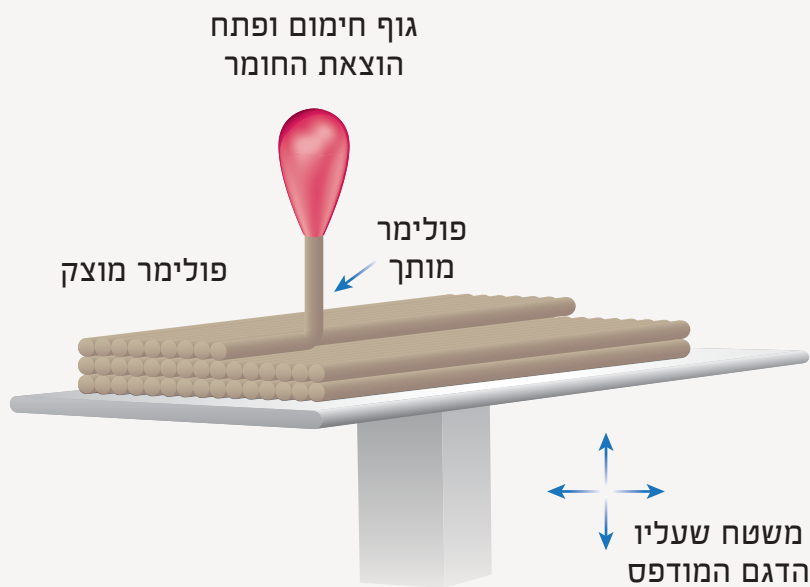
המדפסת יודעת לפענח ולהדפיס. ההדפסה התלת-ממדית מתבססת על עיקרון דומה מאוד למדפסת הנייר הדו ממדית. היא מדפיסה שכבות דקות זו על גבי זו היכולות להיות מורכבות מחומרים שונים כגון: פולימרים (לדוגמה: פלסטיק), חומרים קרמיים (לדוגמה: זכוכית), אבקת מתכת ואפילו מוצרי מזון כמו סוכר ושוקולד.

בתהליך העיבוד המסורתי לוקחים חומר ומעבדים אותו לפי הנדרש, בתהליך של "הפחתה". לעומת זאת, בהדפסה תלת ממדית התהליך הפוך. מדובר בתהליך של "הוספה", דבר החוסך פעמים רבות את הצורך בפיתוח טכנולוגיה מורכבת כמו בייצור המסורתי וגם יש פחות איבוד של חומר, דבר

מה צופן העתיד?

דמיינו שלכל אחד מאתנו תהיה מדפסת תלת-ממד בבית ושנוכל להדפיס בה כמעט הכל. ואז במקום לסחור במוצרים נקנה ונמכור קבצי דגמים של מוצרים....
אחד מכיווני המחקר המרתקים ביותר הוא הדפסה תלת-ממדית של איברים באמצעות הדפסת שכבות של תאים. נכון להיום התהליך הזה נמצא עדיין בפיתוח ויידרשו כנראה עוד כמה שנים של מחקר ופיתוח להשלמתו, אולם זו רק דוגמה אחת למהפכה הטכנולוגית האדירה שמצפה לנו בשנים הבאות.

מעובד מתוך [האתר של מכון דוידסון לחינוך מדעי](#), כותב המאמר: רן טבעוני דוקטורנט, המחלקה לחומרים ופני שטח, מכון ויצמן למדע.



הדפסה באמצעות התכת פלסטיק בחום

ציון והערות	מדדי ביצוע			פירוט	קריטריון וחלקו היחסי בציון
	חלש	בינוני	גבוה		
	3-1	6-4	8-7	כל תלמיד בקבוצה קיבל תפקיד וממלא אותו כהלכה	חלוקה ומילוי תפקידים 8%
	3-1	7-4	10-8	1. המשתתפים נוקטים עמדות ברורות ומובילים מהלך טיעון משכנע 2. המשתתפים מבססים את טיעוניהם באמצעות הנמקות רלוונטיות 3. ההנמקות מפורטות במידה מספקת, אמינות, מבוססות ושומרות על רצף לוגי 4. המשתתפים מתייחסים לטענות הנגד ומפריכים אותן במידת הצורך	תוכן הטיעונים: ביסוס לוגי, עובדתי, עומק הניתוח/הטיעון 40%
	3-1	7-4	10-8	1. המשתתפים נמנעים משימוש בלשון גנאי ומפגיעות אישיות. 2. המשתתפים מקשיבים זה לדבריו של זה, ויוצרים אווירה מכבדת 3. המשתתפים משתמשים במבנים לשוניים מתאימים: להסכמה, לאי הסכמה או להסכמה חלקית 4. המשתתפים משתמשים בלשון תקינה (ללא שגיאות), באוצר מילים מגוון ומתאימים את המשלב הלשוני לנסיבות השיח	סגנון 10%
	3-1	5-4	7-6	יכולת עמידה מול קהל: שפת גוף טבעית, קשר עין	תקשורת 7%
	3-1	7-4	10-8	שקפים לא עמוסים, כיתוב ברור, כותרת לכל שקף, רצף לוגי	מבנה חזותי של המצגת 20%
	3-1	7-4	10-8	תוספת של ייצוגים כגון: תמונות, גרפים, איורים, טבלאות וסכמות התורמות להבנת הצגת הנושא	
	3-1	7-4	10-8	קיים ביטוי לחשיבה יצירתית ומקוריות: בדרך בה מוצג הנושא או הוספת מידע חדש או ייחודי	יצירתיות ומקוריות 10%
	1	3-2	5-4	עמידה בלוח זמנים במהלך הצגת המצגת ובתהליך הכנתה כולל הגשה להערכה מעצבת של המורה וביצוע תיקונים	עמידה בלוח זמנים 5%

2. המחווון מבוסס בחלקו על מחווון לדיבייט שפותח בשיתוף פעולה בין הפיקוח על הוראת מדעי החברה, הפיקוח על הוראת השפה העברית ויוני כהן-אידוב. תשע"ד.

נכון לייצר לב חדש כאשר שלי יפסיק לפעום? האם הדפסה של אף יפה יותר היא רלוונטית? והאם לכולם? אלו ושאלות רבות אחרות עולות מתוך החזון החדש שצף בעקבות הטכנולוגיה פורצת הדרך.

הכנה לדיבייט

הכיתה מתחלקת לקבוצות, בכל קבוצה 6 תלמידים. ששת התלמידים מחולקים לשלשה בקבוצת ה"בעד" ולשלשה בקבוצת ה"נגד".

כל משתתף בקבוצה יפעל בהתאם לתפקיד שיבחר מבין התפקידים הבאים: ראש הוועדה, מסכם את טיעוני ה"בעד", מנהל קמפיין ה"בעד", ראש המתנגדים, מסכם טיעוני ה"נגד" ומנהל קמפיין ה"נגד". מומלץ לקרוא על הנושא במקורות מידע שונים כדי לקבל רקע ומידע מורחב להכנת הטיעונים.

תוצרי המטלה

1. בחירת נושא לדיון מתחום הדפסה ביולוגית. טיעונים התומכים בצד ה"בעד" וטיעונים התומכים בצד ה"נגד", כאשר הטיעונים מכילים גם אופי פרסומי.

2. מצגת המכילה טיעונים ופרסומים תומכים בטיעונים. מבנה טיעון כולל טענה, הסבר מדעי, דוגמה וקישור לנושא הדיבייט.

הצגת הדיבייט בפני הכיתה (חלק מהתלמידים מתפקדים כשופטים)

לכל קבוצה יהיו 7 דקות להציג את נושא הדיבייט ואת טיעוני ה"בעד" ו-7 דקות להציג את טיעוני ה"נגד". חריגה מזמן זה תגרור הורדת נקודות.

סיכום

הפעילות מהווה דוגמה להזדמנות שלנו המורים המומחים בהוראת המדעים, ליישם את המרכיב של 30% הערכה חלופית שנקבע כמרכיב חשוב בהערכת תלמידים במסגרת ההיערכות החדשה לבגרות ולהגיע למחוזות חדשים. באמצעות פעילות כזו ודומות לה ניתן לעורר עניין בקרב תלמידינו, להתחדש בנושאים עדכניים במחקר וביישום הנדסי ולפתח מיומנויות שלא בהכרח היינו מגיעים אליהן לו היה עלינו ללמד אך ורק בדגש על הכנה לבחינת הבגרות.

יורדת מעט, מכסים את הפולימר המוצק בשכבה דקה של התמיסה ושוב סורקים עם הלייזר וחוזר חלילה עד לקבלת המוצר הסופי. התהליך הזה נחשב מדויק ביותר, אך בסופו יש צורך בתהליכי גימור נוספים של ניקוי, צביעה ואיחוי של השכבות שהודפסו.

2. הדפסה באמצעות התכת פלסטיק בחום: בתהליך

הזה מדפיסים פלסטיק מסוגים שונים של פולימרים תרמופלסטיים (תרמו=חום, פלסטי=גמיש, ניתן לעיצוב) שרגישים מאוד לשינויים קטנים בטמפרטורה. מכניסים למדפסת חוטי פלסטיק, שמותכים בה ונשארים על המשטח. במגע עם הבמה הקרה. הפלסטיק מתמצק מיד ונוצרת שכבה ראשונה של המוצר. לאחר מכן מודפסת שכבה נוספת שנקשרת לשכבה הקיימת, עד לקבלת המוצר הסופי. התהליך הזה אטי יחסית ולפעמים החיבור בין השכבות איננו טוב. אם החיבור איננו חזק, מאחים את השכבות באמצעות אצטון. בשיטה הזו משתמשים בדרך כלל בפולימרים תרמופלסטיים כמו חומצה פולילקטית (PLA) או אקרילוניטריל, בוטאדיאן, או סטירן (ABS).

חלק ג' - הדפיסו לעצמכם לבלב - פעילות דיבייט

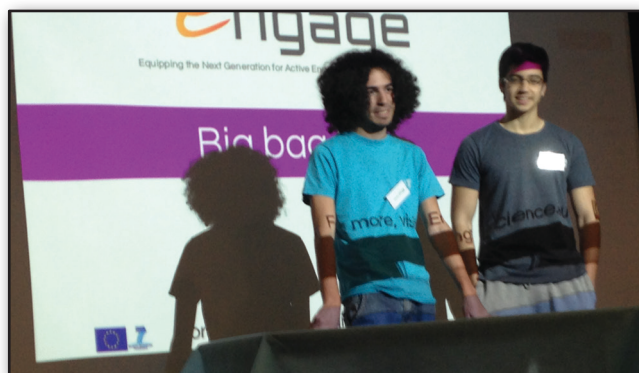
הטכנולוגיה של הדפסה בתלת-ממד מתארת עתיד שבו נוכל להדפיס איברים בתהליך של הדפסה ביולוגית. במקום פולימר משתמשים בתאים חיים בתוך תמיסת ג'ל השומרת עליהם. המדפסת מסוגלת להזריק את התאים בדיוק מרבי למקום שלהם וכך לאחר שמניחים מספיק תאים זה לצד זה, וזה מעל זה, הם מתחילים לבצע תהליך שבו הם מתחברים זה לזה ויוצרים את הרקמה הרצויה. כיוון שהתאים שבהם משתמשים לבנייה לקוחים מהגוף של המטופל, כאשר הם יוחזרו לשם - הגוף לא ידחה אותם. החזון הוא להיות מסוגלים לייצר (להדפיס) איברים שלמים כמו כליות, לבלב ולב, ובכך לפתור את בעיית האיברים להשתלה. בניסויים שונים על בעלי חיים כבר הצליחו להשתיל עצמות שהודפסו, והן נקלטו בהצלחה בגוף החיה.

המטלה - דיון בעד ונגד השימוש במדפסת תלת-ממדית להכנת איברי גוף. הנושא מעורר שאלות אתיות רבות כגון: מתי מותר ומתי אסור להשתמש בהדפסת איברי גוף? האם



שילובים: פרויקט engage משלב נושאי חברה ואתיקה בלימודי הכימיה

אתי דגן, אמיל אידין וד"ר יעל שורץ



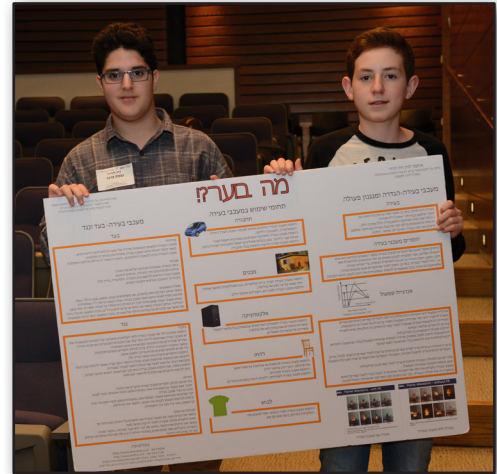
תלמידיה של המורה נורית דקלו מבית הספר הרב-תחומי בפתח-תקוה מציגים את דילמות בנושא שימוש בשקיות פוליאטילן בכנס תלמידי כימיה שאורגן בבית ספרם

בכנס תלמידים שהתקיים השנה בתיכון אורט אבין בניצוחה של עדנה כהן התקיימה במושבים המקבילים פעילות ייחודית. דיבייט בנושא: "בעד ונגד השימוש בשקב אלקטרוני לזיהוי מיקומם של חפצים שונים".

שבוע לאחר מכן התקיים כנס תלמידים בבית הספר הרב-תחומי בפתח תקווה. בכנס הנחו תלמידי בית הספר פאנל שבו ענו מומחים מתחומים שונים על שאלות תלמידים והחוו דעתם בנושא השימוש בשקיות פלסטיק שונות: שקיות פוליאטילן, שקיות "מתכלות" ושקיות מתכלות-ביולוגית. המומחים השונים היו לא אחרים מהתלמידים עצמם, והם ייצגו תחומי דעת שונים: וטרינר, מהנדס חומרים, מומחה במדעי הסביבה וסטטיסטיקאי.



צוות ENGAGE: מפגש חוקרים ומפתחים מ-14 מדינות באירופה, מכון ויצמן, ישראל



תלמידיה של המורה דינה זולצובר מציגים את עבודתם בנושא מעכבי בעירה בכנס "יש לנו כימיה בראי החברה והפרט"

על ההשלכות האתיות והמוסריות של מחקר עוד בשלבי התהוותו ואישורו. כך למשל, משמעויות אפשריות של מחקר בתאי גזע, השלכות סביבתיות של ייצור ננו-חומרים שונים או משמעות מחקר העוסק בשיבוט בני אדם.

די נאיבי לחשוב כי מדען בימינו אינו מודע כלל להשפעות תגליותיו. בואו ניזכר במה שאמר אלברט איינשטיין בעת שנשאל באיזה כלי נשק ישתמשו לדעתו במלחמת העולם השלישית, הוא השיב: "זאת אינני יודע, אולם ברור לי כי במלחמת העולם הרביעית ישוב האדם להילחם בכלי נשק העשויים מקלות ואבנים". מדוע נדרש איינשטיין לכלי נשק עתידיים? האם רק בשל היותו פיזיקאי מבריק? ברור שלא. הוא נדרש לסוגיה זו, כמו מדענים ומהנדסים רבים בדורו, בשל מעורבותם בפרויקט הגרעין של ארה"ב, בזמן מלחמת העולם השנייה.

לימודי הכימיה כחלק מהחינוך המדעי נדרשים לדון אף הם בסוגיות סוציו-מדעיות, אתיות וערכיות, הן לטובת מי שיהפכו להיות מדעני העתיד והן לטובת האזרחים המדעית ומיומנויות קבלת החלטות מושכלות של כלל אזרחי העתיד. הוראה של נושאי RRI דורשת אינטגרציה של 3 היבטים מרכזיים:

- ההיבט המדעי-טכנולוגי - חשיפת התלמידים לנושאים עכשוויים מחזית המדע והטכנולוגיה.
- ההיבט הטיעוני - תרגול התלמידים במבנה הטיעון, תקשורת אפקטיבית ושיח טיעוני. בשיח זה מבליטים

וכעבור יומיים שמעו תלמידים בכנס בקריית גת על הבעיות הסביבתיות הקשות המלוות את העידן הטכנולוגי - פסולת אלקטרונית, השפעותיה והאתגרים במחזור.

בכנס השנתי של הפרויקט "כימיה בראי החברה והפרט" הוצגו מספר עבודות שדנו בדילמות, למשל: בעד או נגד מעכבי בעירה, בעד ונגד שימוש בריטליון, האם סגולותיו הרפואיות של הקנביס עולות על חסרונותיו? חלק מהעבודות המוזכרות אף זכו בפרסים.

מה משותף לכל הפעילויות הללו? כולן התקיימו בהשראתו של פרויקט אירופי בשם ENGAGE ששם לעצמו מטרה לשלב בהוראת המדעים נושאים הקשורים לבעיות חברתיות, התנגשות ערכים וחשיבה אחראית על ההשלכות של המצאות מדעיות וטכנולוגיות שונות.

RESPONSIBLE RESEARCH & INNOVATION

פרויקט ENGAGE הוא חלק מהלך הרוח החינוכי העכשווי של האיחוד האירופי לקידום 'Responsible Research and Innovation' - RRI של האחריות, מחקר וחדשנות.

עד היום שלטה הגישה המקובלת שלפיה מדען עוסק במחקר טהור ובסיסי, ואין לו אחריות לאופן שבו תבחר החברה ליישם את המידע הנובע מתגליותיו. גישה זו הולכת ומתערערת בתחומי מחקר רבים הן בשל משך הזמן ההולך ומתקצר בין גילוי ידע מדעי לבין יישומו, והן בשל הצורך לחשוב מראש

נושאים ייחודיים: ניתוח עלות מול תועלת וניתוח סיכוי מול סיכון וכן עמידה על ההבדל ביניהם. נושאים נוספים העולים בהיבט הטיעוני הם ראיות מדעיות, מהימנות, תקפות וכמובן, אמינות מקורות המידע.

■ ההיבט הערכי-חברתי - שילוב תחומי החברה, הכלכלה, הסביבה, העולם הערכי-אתי והאידיאולוגי במערך השיקולים בדיון בסוגיות סוציו-מדעיות.



פרויקט ENGAGE הנו אחד משורה של פרויקטים חינוכיים במימון האיחוד האירופי שבו חוברים יחד אנשי חינוך, מדע וטכנולוגיה מארצות שונות לחשיבה ופעולה משותפים בנושא. בפרויקט ENGAGE שותפות 14 מדינות באירופה, כולל ישראל, כמובן, בהובלת המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן.

מטרות הפרויקט

- לסייע למורים להתייחס בהוראתם לסוגיות מדעיות בעידן המודרני, ליישומיהן והשלכותיהן השונות, כך שיהיו רלוונטיות לחיי התלמידים.
- להקנות בסיס איתן לתלמידים וכלים למעורבות פעילה בסוגיות מדעיות שייקלו בהן במהלך חייהם ויהיו מסוגלים לקבל החלטות בסוגיות שאין להן תשובה חד-משמעית.
- להמחיש לתלמידים כי מדע וטכנולוגיה בעידן המודרני מסתמכים הן על עדויות והן על הערכות לא ודאיות (למשל, בנושא ההתחממות הגלובלית), ולכן השקפותיהם ומעורבותם בסוגיות אלו הן חשובות.

הפרויקט פעיל משנת 2014, והוא פונה למורי מדעים ב-3 רמות מעורבות:

- Adopt - קורא למורים להעביר פעילויות הוראה מוכנות המצויות באתר הקורס (<http://www.engagingscience.eu/he>). פעילויות אלו מכוונות ל-1-3 שיעורים קצרים וממוקדים, וזאת מתוך מחשבה שיש להקל על המורים בשילוב תכנים אלו, למרות תכנית הלימודים העמוסה במילא.
- Adapt - קורא למורים ליישם כלי הוראה ייחודיים שפותחו בפרויקט בתכנים שונים: ערכת הכלים כוללת את כלי ההוראה הבאים: אפיוני דילמות סוציו-מדעיות, דיון בשאלה מהי דילמה טובה, הדיון הקבוצתי, הדיון הכיתתי, טיעון, חקר עיוני בנושאי מדע וחברה ועוד. כל אחד מהכלים כולל

דוגמאות, יישומים ואסטרטגיות להפעלה בכיתה. ■ Transform - בשלב זה הפרויקט מסייע ביצירת פלטפורמה שבה מורים ותלמידים בשיתוף עם מדענים יוזמים פרויקט ייחודי בנושאי מדע וחברה.

צוות הפיתוח ב-ENGAGE עוסק בפיתוח חומרי למידה מוכנים לשימוש, השתלמויות העוסקות בהעשרת ידע המורים והקניית כלים להעברת סוגיות מדעיות חברתיות בכיתה. כמו כן שוקד הצוות על יצירת פלטפורמה לקהילת מורים מתוקשבת, החולקים מניסיונם באמצעות דירוג הפעילויות, טוקבקים ובלוגים, במטרה ליצור שיתופי פעולה פוריים סביב מדע בחדשות וחומרי למידה הנוגעים לכך.

מטרת החשיבה מאחורי יצירת קהילת מורים וירטואלית היא כפולה - הן לאפשר למורים ליצור ביניהם קשר בלתי אמצעי לשיתופי פעולה עתידיים כמו - דיונים משותפים בכנסי מורים שהוצגו בתחילת הכתבה; והן לאפשר לצוות הפרויקט ללמוד ממה שקרוי "חכמת ההמונים" - המורים מעירים הערות חשובות, נותנים משוב הנוגע להפעלה בכיתה, שואלים שאלות לגבי הידע המדעי, מציעים הצעות שונות ועוד. בעקבות כל אלו אנו מתקנים ומשפרים את חומרי הלמידה ללא הרף בתהליך ובקצב המותאמים ללמידה והוראה במאה ה-21.

חומרי הלמידה

החומרים המצויים באתר עוסקים בנושאים מדעיים וטכנולוגיים רלוונטיים (למשל: הפעילות האחרונה שעלתה לאתר עוסקת בהשפעת נגיף הזיקה על התפתחות עוברים). התוכן והמבנה זהים לכל המדינות השותפות בפרויקט, מעובדים ומתורגמים לשפה הרצויה ולהיבטים המקומיים של כל מדינה. בכל פעילות קיים מדריך קצר למורה המלווה בהנחיות מדויקות להעברת השיעור. כמו כן ישנן מצגות הכוללות הנחיות לתלמידים לביצוע המשימות. ההנחיות למורים ממוקדות בנושא הפעילות מחד גיסא, ומאידך גיסא מאפשרות לכל מורה לקחת את הפעילות לכיוון הרצוי לו וליישם אותה בשטח על פי רמת הידע ומידת התעניינותם של התלמידים בכל שכבת גיל. להלן דוגמאות לפעילויות וחלק מתגובות המורים שהתנסו בפעילויות אלו.

פעילות 1: "קולה? לא בבית ספרנו"

נושא מדעי: מזון ובריאות.

מתאים לכל שכבת גיל מבית ספר יסודי ועד לחטיבה עליונה



פעילות 2: חלקי חילוף לגוף

השמנת יתר וסוכרת. הרגשתי שהצלחתי להעביר את החומר בצורה כיפית, מעניינת, לא משעממת. בשיעור אחד ניתנה הרצאה של מרצה מוסמך, ובשיעור השני התנהל דיון בקבוצות ודיון במליאה הכולל הסקת מסקנות. לשמוע את התלמידים מדברים על הנושא ומגיעים למסקנות בעצמם עשה לי מאוד טוב והרגשתי שעשיתי את שלי!!" (ר' מורה לביולוגיה)

פעילות 2: "חלקי חילוף לגוף"

הנושאים המדעיים בפעילות זו: תאים, רקמות ואיברים בעשורים האחרונים אנו עדים לתופעה של עלייה בתוחלת החיים, ועמה הדרישה להשתלת איברים שיחליפו את אלו שאינם מתפקדים עוד. השאלות שמתעוררות בעקבות זה הן אלה: האם אפשר לגדל תאים שנלקחו מגוף המטופל ולגדל אותם לכדי איבר מתפקד ופעיל? האם טכנולוגיה שכזו תהווה אלטרנטיבה להשתלה? האם טכנולוגיה שכזו תוכל להיות זמינה בעשור הקרוב?

תגובת מורים לפעילות זו העוסקת בהתמיינות תאי גזע ובסכנות השיבוט, דווקא הציעה לקחת את הפעילות לכיוונים אחרים, שניהם בעלי היבטים כימיים:

1. "ניתן להוסיף גם מידע על הדפסת איברים במדפסת תלת-ממד, תחום אשר מתפתח בצעדי ענק בעולם המדעי";
2. "כיצד מתמודדים הגוף ומערכת החיסון עם שתלים?"

פעילות 3: הסוף לשקיות הפלסטיק

פעילות זו נכתבה לאור המגבלות החדשות והנוקשות שהאיחוד האירופי אישר לאחרונה על מנת לקצץ בשימוש בשקיות פלסטיק. יעדים חדשים ייכפו על כל מדינה, על מנת להפחית את השימוש בשקיות פוליאתילן ב-80% לפני 2019. בפעילות זו התלמידים לומדים מעט על פולימרים ובוחנים



פעילות 1: קולה? לא בבית ספרנו

בצורה ספירלית בנושא בריאות האדם, איכות החיים ודרכים לשמירה עליהן, וכן בנושא תזונה נכונה ופירמידת המזון. בחטיבה עליונה ניתן לשלב פעילות זו בלימודי הביולוגיה בנושאים כמו מערכת העצבים ומערכת ההובלה. בלימודי הכימיה ניתן לשלב פעילות זו בנושא הסוכרים.

תיאור מהלך הפעילות

בשנים האחרונות מצטברים מחקרים רבים המעידים על השפעות הסוכר על המוח.

בעקבות מחקרים אלו עולות יוזמות שונות לצמצום כמות הסוכר שילדים צורכים, בין היתר תוך הגבלת צריכת משקאות קלים. בפעילות זו הדגש הוא על השאלות הבאות: מהן הראיות הקושרות בין צריכת סוכר להשמנה ומחלות שונות? האם ישן די ראיות המצדיקות חקיקה המגבילה צריכת משקאות קלים בקרב ילדים. תגובה של מורה לפעילות: "החלטתי לבחור בנושא שקרוב מאוד לחיי היום יום של התלמידים והוא שתיית קולה, מאחר שרובם מכורים לקולה. ואפילו שמתי לב שהם מגיעים בשעות הבוקר המוקדמות לבית הספר כשבידם קולה! הזדעזעתי מהמראה הזה והחלטתי להתרכז בנושא הזה ולדאוג להכניס לבית הספר סוג של אורח חיים בריא. חילקתי את התלמידים לקבוצות. כל קבוצה התבקשה לכתוב מהם לדעת חברה היתרונות והחסרונות של שתיית קולה. המטרה שלי הייתה לפתח דיון, שהתלמידים ירבו לדבר ולהביע את דעתם בנושא. בנוסף לכל היתרונות של הקולה (טעים, מרווה), יש לא מעט חסרונות: משקאות קלים מכילים בתוכם כמות עצומה של סוכר, שעלולה לגרום לבעיות שיניים והשמנת יתר במיוחד בקרב הנוער. תלמידים רבים חשבו שיש לאסור על תלמידים מתחת לגיל 18 לשותת משקאות קלים, ובמיוחד לא למכור בבית הספר שהוא מוסד חינוכי. רוב הכיתה הסכימה שזה גם חומר ממכר ומי שמתמכר אליו סובל מתזונה לא נכונה,



פעילות 4: האי השוקע

עבודת צוות ודיונים שמפירים את החשיבה של התלמידים.אני בהחלט מתכוונת ללמד את השיעור. אני אדפיס את הדפים ואניילן כדי שמערך השיעור יהיה רב פעמי. כמו כן אשב עם שאר מורי גאוגרפיה ואדריך אותם איך להעביר את השיעור ואדאג שהשיעור יבוצע בכל הכיתות". ועוד קוריוז - מורים לאנגלית ולצרפתית מצאו עניין בפעילויות שלנו כאמצעי לדיון ברמה גבוהה בשפות שהם מלמדים, וזאת בשל העובדה שהפעילויות קיימות ברשת ב-8 שפות.

כלים פדגוגיים למורים

במסגרת הפרויקט פותחו לא רק יחידות הוראה כפי שהודגם מעלה, אלא גם ארגז כלים פדגוגי למורים. החשיבה מאחורי פיתוח כלים אלו הייתה שכל מורה למדעים הוא מומחה בתחום ההוראה שלו, ובתחום זה יש לו ידע פדגוגי-תוכני (PCK) מתאים. הכלים שחסרים למורי מדעים הם דווקא אלו החיוניים להתמודדות עם דילמות חברתיות ואתיות, עם מצבים שבהם אין תשובה מדעית אחת נכונה, עם מצבי ניבוי בתנאי חוסר ודאות לגבי השלכות עתידיות של תגלית מדעית או טכנולוגית ועוד.

לכן בחשיבה זו פותחו הכלים הבאים:

- דילמה טובה - מהי?
- אסטרטגיות לניהול שיח משמעותי בקבוצות קטנות.
- כיצד ליצור דיון כיתתי פורה, המאפשר השמעת דעות מנוגדות ודיון מכבד במחלוקות?
- אסטרטגיות לפתרון בעיות המערבות תחומי מדע-אתיקה וחברה.
- כיצד להנחות תלמידים בלמידה וחקר סביב מקרה אותנטי?
- ביצועי הבנה - כיצד מעריכים את ביצועי התלמידים בתחומים הנושקים למדע וחברה?



פעילות 3: הסוף לשקיות?

את החלופה של שקיות מתכלות כימית ושקיות מתכלות ביולוגית לשקיות הפוליאיתילן הרגילות. הם מתייעצים עם מומחים, שואלים שאלות ומגיעים להחלטה מושכלת בנוגע לדילמה: האם שקיות מתכלות פותרות את הבעיה שנגרמת על ידי שקיות פוליאיתילן רגילות? הפעילות מתאימה מאוד כפעילות העשרה לנושאים חוק שימור החומר (מה המשמעות של חומר מתכלה?), מבנה וקישור ויחידת הבחירה פולימרים. מורים ציינו בתגובותיהם את הרלוונטיות של הפעילות: "הפעילות מאוד אקטואלית בעקבות החוק החדש שיצא לדרישת תשלום עבור שקיות בסופר".

פעילות 4: האי השוקע

למרות שהפרויקט מכון את יחידות הלימוד הללו למורי מדעים ולשיעורי מדעים, הרי שלמרבית ההפתעה גם מורים אחרים מצאו עניין רב בפעילויות.

למשל, הפעילות "האי השוקע" העוסקת באחת התוצאות האפשריות של ההתחממות הגלובלית - עלייה אפשרית של גובה פני הים. בפעילות זו התלמידים לומדים כיצד לבצע תחזיות וניבוי מדעי לעליית גובה פני הים בסביבת האי קריבטי שבאוקיינוס הפסיפי. הדילמה שבה הם עוסקים היא: כיצד באה לידי ביטוי השפעת העלייה בגובה פני הים על תושבי האי קריבטי? האם יש קשר בין עליית פני הים להתערבות האדם? מיהו הגורם האחראי לפצות את התושבים ואת המדינות שיינזקו על הנזק שנגרם?

כך כותבת בטוקבק לפעילות מורה לגאוגרפיה: "מערך השיעור על האי קריבטי מעולה!!! עברתי עליו והוא בנוי בצורה חכמה. כלומר, יש כאן שימוש ברמות חשיבה גבוהות (יישום, הסקת מסקנות וכו'), ויש כאן שימוש בטכניקות של

כלים אלו מועברים למורים בהשתלמויות מורים ייחודיות לפרויקט.

השתלמויות מורים

להשתלמויות המורים מספר מטרות - היכרות עם הגישה החינוכית המשלבת לימודי מדע ו-RRI, התנסות ביחידות הלימוד בפרויקט והיכרות עם ארגז הכלים הפדגוגי.

הצגת ארגז הכלים הפדגוגי כוללת התבססות על פדגוגיות מבוססות מחקר, הצגת שיטות הוראה לחקר סוציו-מדעי באופן מודרך ומובנה, פיתוח יכולות הוראה והנחיה מתקדמות ומגוונות ופיתוח סגנונות למידה והכשרה בגישה מתקדמת.

הנושאים המרכזיים הבאים לידי ביטוי בהשתלמויות

- הצגת סוגיות הרלוונטיות לחיי התלמידים ולמקום במטרה ליצור מעורבות רגשית אצל התלמידים, שהיא תנאי הכרחי ללימוד ולפיתוח מוטיבציה פנימית.
- תרגול והרחבה של נושא מיומנויות הטיעון ובייחוד הטיעון בעל-פה. העיסוק בסוגיות מדע וחברה מזמן שימוש נרחב במיומנויות טעון. יש לציין כי ארגז הכלים של מיומנויות הטיעון הנדרשות בהקשר המדעי בלבד או בהקשר של מעבדת החקר, שונה ומצומצם מזה הנדרש בדיון בסוגיות מדע וחברה. בדיון בנושא מדע וחברה תלמידים נדרשים לבטא את מחשבותיהם ואמונותיהם, להצדיק אותן ולבססן על נתונים. ארגז מיומנויות הטיעון הנדרש הוא רחב בהרבה ודורש שימוש ברמות חשיבה גבוהות. רכישת מיומנויות טעון אינה מתרחשת בעקבות שיעור אחד או שניים במהלך השנה, אלא לאורך טווח זמן ארוך ותרגול מתמיד. ההקשר של סוגיות מדע וחברה מאפשר זאת.
- אתיקה - דיון בסוגיות מדע וחברה מעמת ערכים מנוגדים וסותרים, מה שמעורר דיון אתי. זוהי הזדמנות לעסוק בסוגיות הנוגעות לשאלות כבדות משקל של מה ראוי לעשות, בדילמות שאינן "שחור-ולבן" אלא דורשות לפעמים לבחור ברע במיעוט.
- הקניית ערכים דמוקרטיים - הדיון בסוגיות מדע וחברה מעודד ערכים של פלורליזם וחופש ביטוי. המפגש עם מגוון רחב של דעות ואף עם פעילויות מסוימות המעודדות כניסה אל נעליו של זה שחושב אחרת ממך, מעודד סובלנות, הקשבה, תרבות דיון המהווים תשתית לשיח פלורליסטי.

ההשתלמויות מתקיימות בשני פורמטים - השתלמות פנים אל פנים והשתלמות מתוקשבת. בהשתלמות המתוקשבת

מתקיימים מפגשים במתכונת סינכרונית וא-סינכרונית. כמו כן יש בהשתלמויות התייחסות מעמיקה לפיתוח הדיון ומיומנות הטיעון בכלי ה"דיבייט", להבנה מעמיקה יותר של סוגיות שנויות במחלוקת ולניסיון להגיע לפשרות. וכמובן, ההשתלמויות נותנות את הדעת ליצירת קהילת מורים מתוקשבת שתתווך בין תלמידים למדענים ליצירת שיתופי פעולה פוריים.

ובנימה אישית - הנקודה הישראלית

אחד מחברי הצוות, ושותף בכתיבת כתבה זו, מצא כי גישת RRI עוזרת לו כמורה לכימיה להציג באור נכון ואחראי נושאים רלוונטיים רבים במסגרת הוראתו. הוא מסביר:

"רבות נהוג לדבר על הה"י טק כקטר הצמיחה של המשק הישראלי בלי להזכיר את התעשייה הכימית והפרמצבטיית בישראל. התעשייה הכימית מהווה כ-25% מהתל"ג (על פי נתוני התאחדות התעשיינים) וללא ספק מהווה עמוד תווך במשק הישראלי.

אני מניח כי רובנו כמורים לכימיה נזכיר נתונים אלו בהתלהבות כדי למשוך תלמידים למגמה, או כדי לעודד את התלמידים שכבר בחרו במגמה. אך האם אנו מדברים אתם על המשמעויות וההשלכות השונות של פעילות התעשייה הכימית בישראל?

האם אנו מנהלים דיון חברתי מדעי מושכל על סוגיות שונות הנוגעות לחיי התושבים במדינה ולאותה תעשייה? האם קיום דיונים שכאלו אינו נדחק הצדה על חשבון עוד פרטי ידע בכימיה? ומה אנו כמורים לכימיה רוצים להנחיל לתלמידי ההווה, כימאי העתיד ואזרחי העתיד?

שגורה בפינו, מורי הכימיה, האמרה כי "כימיה זה הכול" או "כימיה זה החיים", אך האם התלמידים מרגישים שכימיה היא חלק מהחיים שלהם?

להלן מספר סוגיות אקטואליות שלעניות דעתי צריכות לעניין כל אזרח במדינת ישראל ובפרט אותנו מורי הכימיה: הזזת קל האמונה ממפרץ חיפה, נתוני זיהום האוויר במפרץ חיפה, כריית פוספטים בשדה בריר, פיצוץ צינור קצא"א בערבה, מעבר לשימוש בגז מתאן, אנרגיות מתחדשות, הפלרת מי השתייה ועוד ועוד.

סוגיות אלו אינן חלק מתכנית הלימודים בכימיה, אך חשוב לשלבן בשיעורי הכימיה ולעורר את מודעות התלמידים לסוגיות אלו".



האחר הוא אני - כימיה בין תלמידים

נורית דקלו, מורה לכימיה, התיכון הרב תחומי ב', פתח תקוה

לאחר הפעילות אמר לי אחד התלמידים כי בתחילה ממש חשש מהמפגש עם ילדי רבין, ואז, כשעבדו עם אחד התלמידים הוא גילה ש"נ" (התלמיד האוטיסט) מדבר שטויות בדיוק כמוני, אז היה לנו כיף ביחד...!", וכל החומות נפלו.

הפעילות הייתה מדהימה. מעבר לכימיה שבהכנת קרם הידיים, שבה עסקנו בכיתה לפני הפעילות ואחריה, היה כאן חיבור מדהים בין ילדים מעולמות שונים. זו הייתה הזדמנות להיות מחנכת, לא רק מורה לכימיה.

חדורת מוטיבציה מהפעילות החלטתי השנה להרחיב את החוויה, לאפשר לתלמידים שלי להיחשף לערכים חינוכיים וחברתיים בנוסף לנושאי הכימיה.

וכך נולד הפרויקט "כימיה בין תלמידים" אשר לתחושתו הוא אחד הדברים החשובים והמשמעותיים ביותר שבהם עסקתי השנה. הפרויקט כולל 5-6 שיעורי כימיה שבמהלכם אנו מארחים ומשלבים בשיעור תלמידים מחט"ב רבין בעיר,

צליל התראה...התקבלה במייל הודעה: קול קורא למורי הכימיה להפעלת פעילות של מגמת כימיה בנושא השנתי "האחר הוא אני" בקרב אוכלוסיות מיוחדות.

פתחתי את המייל וקראתי בעניין רב על היוזמה של נאוה תמם ויהודית יפין על הכנת קרם ידיים עם אוכלוסיות מיוחדות. זה היה בדיוק כשחשבתי על שילוב פרויקט PROFILE בנושא קרם הגנה שפותח על ידי ד"ר אירה ריימן, סופיה ליידרמן ובעז הדס. ואז רציתי לשלב בין השניים.

וכך היה....

בשנה שעברה, בתשע"ה, במסגרת 30% המוקדשים ללמידה משמעותית, ביצעתי עם כיתות י' פעילות חקר שחלק ממנה עסק בנושא קרם הגנה וכלל את מודולת ה-PROFILE, וחלק אחר כלל גם הכנת קרם ידיים עם תלמידים על הרצף האוטיסטי מחטיבת רבין בעיר פתח תקווה. זו הייתה חוויה יוצאת מהכלל. המפגש של תלמידי הכימיה עם הילדים האוטיסטים היה מרגש, פורה ומלא...כימיה.

יחידת פעילות קצרה המבוססת על הרלוונטיות לחיי היום-יום ועל הוראה בדרך החקר. זהו הבסיס למודולה - יחידת לימוד ב-PROFILE.

מרגש היה לראות כי ממפגש למפגש מתעמק הקשר בין תלמידי הכימיה ובין תלמידי חט"ב רבין. כולם חיכו למפגש הבא ופתחו אותו בהתעניינות הדדית של בני הנוער אלה עם אלה. חלקם אף יצרו חברויות בפייסבוק מעבר לשעות הלימוד.

בשיעור הרביעי הפכו תלמידי הרב תחומי ב' למנחים והנחו את תלמידי חט"ב רבין בסדנה כימית שבמהלכה ביצעו מספר ניסויים פשוטים (סערת צבעים בחלב, ניפוח בלון בתגובה של סודה לשתיה וחומץ וכרומטוגרפיה של טושים). גם פה סיימו את המפגש בתחושה נפלאה של למידה ועשייה משותפת וקבלה הדדית.

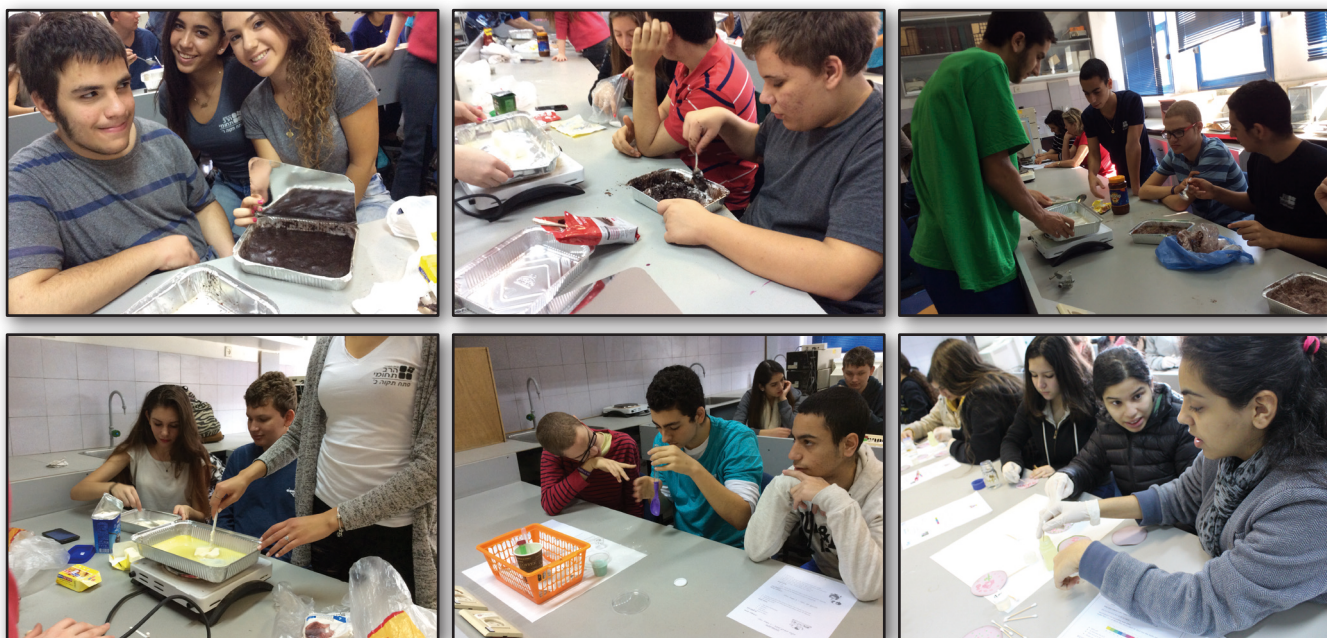
בשיעור האחרון שהתקיים שולבה תכנית נוספת בכימיה - TEMI - המבוססת על הוראה בשילוב סיפורי מסתורין. בשיעור זה התנסו בציור כימי - ניסוי ה"צייר הכימי". בשיעור ציינו בעזרת חומצות ובסיסים על גבי נייר הספוג באינדיקטור - מי כרוב, וגם בדקנו מהו ה-pH של ה"צבעים" שבעזרתם ציינו. הצילום הקבוצתי שעשינו עם הציורים שצוירו מדבר בעד עצמו.... כמה מאושרים אנחנו!

תלמידים שהאבחנות שלהם נעות על הרצף האוטיסטי (ASD).

במסגרת פרויקט זה מגיעים לבית ספרנו כשמונה תלמידים שנבחרו על ידי צוות המורים בחט"ב רבין ומשתתפים באופן פעיל בשיעור הכימיה בהדרכת תלמידי כיתות י' הלומדים כימיה. כדי להכין את התלמידים למפגש הראשון עם תלמידי חט"ב רבין, הגיעה אלינו רחל אסטודילו, המורה מלווה של התלמידים, כדי לחשוף בפניהם את משמעות האוטיזם, מהו הרצף האוטיסטי ומיהם התלמידים שאתם יפגשו.

בשיעור הראשון שהתקיים היו התלמידים שותפים בהכנת שוקולד - שיעור ראשון בפרויקט חקר שוקולד שבו אנו משלבים חקר כימי, מיומנויות חקר כימי, מיומנויות קבלת החלטות וגם כיף והנאה.

בשיעור זה ענו התלמידים על סקר מתקשב בנושא צריכת שוקולד - סקר ב- google form שאת תוצאותיו ראינו וניתחנו תוך כדי שליחת תשובות התלמידים וצפייה בתוצאות on line. שני השיעורים הבאים הוקדשו לתהליך הכנת השוקולד ולתערוכת טעימה, במהלכה התבקשו התלמידים לקבל החלטות על פי עקרונות הפרויקט לחקר השוקולד (במסגרת תכנית בינ"ל לחינוך מדעי המבוסס על גישת החקר (IBSE)). פרויקט זה מתווה את הבסיס לפיתוח



תלמידים במהלך הפעילות



תכנית הרחבת הסמכה להוראת הכימיה למורים לביולוגיה המתקיימת במכון ויצמן למדע - שיתוף פעולה בין חברת טבע למשרד החינוך

רחל ממלוק-נעמן, מרים כרמי, דבורה קצביץ, דורית טייטלבוים

הקדמה

השורות וישתלבו בהוראת כימיה בארץ, וכך ינתן מענה חלקי למחסור במורי כימיה בארץ. משרד החינוך וחברת "טבע - תעשיות פרמצבטיות" חברו יחדיו במטרה להרחיב את מעגל מורי הכימיה הקיים כיום שחלקו מורים על סף פרישה לגימלאות. בחשיבה משותפת ובמימון משותף של טבע ומשרד החינוך התאפשר המהלך של הכשרת מורים נוספים להוראת כימיה ופתיחת התכנית של הרחבת ההסמכה להוראת כימיה. התכנית מופעלת במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן, שבה הצטברו הניסיון והידע הרלוונטיים.

בחודש יולי 2016 יסתיים המחזור הראשון של התכנית ל"הרחבת הסמכה להוראת כימיה", המיועדת למורים מנוסים לביולוגיה, שילמדו מעתה גם כימיה. התכנית הנה פרי יוזמה משותפת של ד"ר דורית טייטלבוים, מפק"ר כימיה במשרד החינוך, וחברת "טבע - תעשיות פרמצבטיות". קבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע נבחרה להפעיל את התכנית. המחזור הראשון מונה 22 מורי ביולוגיה מנוסים שמסיימים את לימודיהם. מורים אלו, יהיו חלק מהמורים העתידיים לכימיה, אשר ימלאו את

אושרה אלוני משתפת במחשבותיה לגבי התכנית להרחבת ההסמכה (מחזור א', שנה ב').

“בשנים האחרונות לקחתי חלק בהשתלמויות למורי מדע וטכנולוגיה במרכז פסג”ה באזור מגוריי. נוח להשתלם קרוב לבית, והמפגש עם קולגות מהעיר והסביבה הוא תמיד מעניין ולעתים מפרה. מהבחינות הללו השיגו ההשתלמויות את מטרותיהן. מורה עמית המליץ לי בחום להצטרף לקורס, לאור העובדה שבשנים האחרונות לימדתי כימיה בכיתה י' בהיקף של 1 יח”ל.

באתי ונשביתי. הקורס עוסק בהקניית הידע המדעי הנדרש ברמת הלימוד של 5 יח”ל ואף מעט מעבר לכך - בחשיפה לשיטות הוראה מגוונות ולהעשרת הידע המדעי הכללי שלנו המשתלמים.

אני מוצאת בקורס מענה לצורך שלי בהתפתחות מקצועית. הקורס קידם את איכות ההוראה שלי גם בתחום הכימיה וגם בשאר תחומי המדע שאני מלמדת. ההתמקדות וההעמקה בתחומי התוכן מאפשרות לי לבנות את הידע המקצועי שלי הן בתחום הדעת, בכימיה, והן בתחום הפרופסיונלי - תחום ההוראה. ההעשרה היא עוד דובדבן בקצפת של ההכשרה המקצועית שעמיתי ואני מקבלים בקורס. הצוות המוביל את הקורס קשוב לנו המשתלמים, ובצד דרישות בלתי מתפשרות לעבודה ולתוצאות, יש גם גמישות, הקשבה

עד היום נפתחו בתכנית שני מחזורים. המחזור הראשון מסיים השנה את תכנית הרחבת ההסמכה. המחזור השני יסיים את תכנית הרחבת ההסמכה בקיץ תשע”ז.

פיתוח קורס זה התבסס על הניסיון שרכשה קבוצת הכימיה במכון ויצמן בקורס דומה בצפון הארץ שהופעל בין השנים תש”ן-תשנ”ד, בהובלתה של ד”ר רחל ממלוק-נעמן. הקורס בצפון נפתח בעקבות סקר מקדים על הוראת המדעים והטכנולוגיה בגליל העליון, שערך הג’וינט בשנת תשמ”ט ואשר הצביע בין השאר על מחסור במורים לכימיה באזור זה.

התכנית המתקיימת בימים אלה בקבוצת הכימיה של המחלקה להוראת המדעים היא דו-שנתית (סה”כ 480 שעות). הצוות המוביל את הקורסים כולל את ד”ר רחל ממלוק-נעמן, ד”ר מרים כרמי וד”ר דבורה קצביץ. התכנית מותאמת למאה ה-21 ופועלת בלמידה בדרכים מגוונות:

- מפגשים פנים אל פנים אחת לשבועיים אחר הצהריים בהיקף של 6 שעות.
 - מפגשים מתוקשבים אחת לשבועיים בהיקף של 6 שעות
 - מפגשים פנים אל פנים בחופשות במהלך השנה, סה”כ 4 ימים.
 - מפגשים פנים אל פנים בחופשת הקיץ בהיקף כולל של 40 שעות.
- אוכלוסיית המורים בתכנית מורכבת ממורי ביולוגיה מנוסים אשר הביעו את רצונם להרחיב את ההסמכה בתעודת ההוראה שלהם להוראת כימיה, ואשר רוצים ללמד כימיה בפועל.

בואו נחלום על כימיה



טבע, כחברה ישראלית מובילה ששורשיה נטועים עמוק בישראל כבר למעלה מ-115 שנה, הוא בקידום המצוינות המדעית בכלל ובמקצוע הכימיה בפרט חלק ממחויבותה למדינה. בעשור האחרון השקיעה טבע כ-45 מיליון שקל בקידום החינוך המדעי כדי שיהיו יותר כימאים כחול’לבן בחברות המובילות וכדי להמשיך במצוינות המדעית בקידום המדע והחינוך המדעי שידענו עד כה.

מתוך מחויבות זו יזמה טבע עם משרד החינוך מסלול ייחודי להרחבת הסמכתם של עשרות מורי ביולוגיה גם בתחום הכימיה, במטרה להגדיל את היצע המורים בתחום זה. בנוסף, חברת טבע מפעילה כבר למעלה מעשור את תוכנית “טבע הכימיה” לחטיבות הביניים, ביחד עם פר”ח, מכון ויצמן ומכון דוידסון. בתוכנית מציגים את היופי ואת הקסם שבכימיה לתלמידים בשיעורים המשלבים למידה חווייתית, ניסויים וסיורים במוזיאוני מדע, במעבדות ובמפעלי טבע. הפעילות מאפשרת לתלמידים לחוות, ללמוד ולחלום כימיה.

מתוך [בואו נחלום על כימיה](#), איריס בקי-דונר



מורי מחזור א' עם פרופ' עדה יונת; ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"ר כימיה במשרד החינוך; ד"ר חנה פרל, מנהלת אגף מדעים במזכירות הפדגוגית, והצוות הרחב של הקורס בטקס הפתיחה של הקורס

- ידע תוכני מספק בתחום ההוראה;
- ידע פדגוגי מספק בתחום ההוראה;
- התמצאות בתכנית הלימודים.

קורס הרחבת ההסמכה להוראת הכימיה תוכן על סמך עקרונות אלה ועל סמך ההנחה שהמורים המשתתפים בו מנוסים בהוראת מקצועות מדע, והם בעלי ידע פדגוגי מספק. למורים המשתתפים בקורס יש הכשרה מקצועית מקפת וניסיון בשיטות הוראה שונות, ולכן קורס אינטנסיבי בתכנים ובדרכי ההוראה של הכימיה לחטיבה העליונה יאפשר להם להורות כימיה בתיכון.

עם זאת דווקא בשל ניסיונם של המשתתפים היה צורך במודעות של צוות הקורס לאתגרים הקיימים בהכשרת מורים מנוסים, לשם הוראת הכימיה כמקצוע חדש. זאת משום שהכשרה משמעותה יצירת שינויים. על כן צוות הקורס הביא בחשבון גם את הגורמים הבאים:

1. חרדה משינוי. מורים חרדים משינוי, ולכן יש לתכנן את תהליך ההכשרה במספר שלבים (Harrison & Globman, 1988). יש לעקוב בזירות אחר התפתחות של כל שלב לפני שמתקדמים לבא אחריו (Hall & Loucks, 1981).
2. מורים הם לומדים מצוינים, המעוניינים בשיפור דרכי ההוראה שלהם (Joyce & Showers, 1988; Wallace & Louden, 2000).
3. תמיכת בית הספר. לתמיכה של הנהלת בית הספר השפעה גדולה מאוד על הכשרתם המקצועית והפדגוגית של המורים (Lortie, 1975).

ותמיכה מצד צוות המנחות המובילות את הקורס. ... חשוב לציין כי הלימודים בקורס תרמו ותורמים לי רבות גם בהוראת הכימיה לתלמידי כיתות ח'-ט' בחטיבת הביניים. הדברים מתייחסים בעיקר לדיוק בהסברים ובהגדרות וליכולת לפתח חשיבה תהליכית בעקבות שאלות שחורגות מהידע הנלמד בכיתה. עוד אני מוצאת שיש לי כלים וידע לכון ולהנחות מורים בצוות חטיבת הביניים להוראה איכותית של נושאים בתחום הכימיה. כחלק ממטלות הקורס אנו מבצעים תצפיות על עמיתים בשיעורי כימיה. השיעורים שצפיתי בהם הלהיבו אותי במיוחד ברמת ארגון הידע של המורה, ברמת השיח המקצועי בין התלמידים והמורה ובאווירה המשוחררת שהעידה על למידה מתוך עניין והנאה עמוקה. חוויה זו מפיגה חששות המתלומדים לתחילת העבודה וההתמחות בתחום הכימיה. אני חשה גאווה שצלחתי את ההכשרה, ויותר מכך - על שאהיה שותפה להכשרת תלמידים בכימיה." - אושרה אלוני

העקרונות המנחים של הקורס מבוססים על המרכיבים ההכרחיים להכשרת מורה להוראת מקצוע מסוים על-פי שולמן וסידקס, והמסוכמים במאמרו של תמיר (Shulman, 1987; Tamir, 1988):



מורי מחזור ב' עם ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"ר כימיה, והצוות המוביל של הקורס בטקס הפתיחה של הקורס

מטרות ההכשרה בפועל

הקניית ידע דיסציפלינרי בכימיה

- הקניה של כל הנושאים בתכנית הלימודים בכימיה על-פי המתכונת של 30-70.
- העמקה בחלק מהנושאים הדיסציפלינריים בעזרת מומחים מהתחום ממכון ויצמן.
- העשרה מעבר לתכנית הלימודים בעזרת מדענים ממכון ויצמן ומרצים מחברת "טבע תעשיות פרמצבטיות".

הקניית ידע פדגוגי וקוריקולרי

- הקניה של שיטות פדגוגיות שונות המתאימות במיוחד להוראת הכימיה. לדוגמא: המחשת תכנים מופשטים בכימיה כגון: שימוש במודלים, צורות ייצוג שונות, הדמיות מחשב, אנימציות וכיו"ב.
- הכרות עם תחום האוריינות המדעית-כימית ודרכים להוראתה - קריאה והבנה של טקסטים מדעיים מעובדים, כולל מיומנויות כגון: השוואה, קריאה מטבלה, ניתוח ייצוגים גרפיים, הסקת מסקנות וכיו"ב).
- למידה חוץ כיתתית כגון: ביקור במעבדות מכון ויצמן, יציאה לסיור לימודי בתעשייה, יציאה לסיור לימודי בחברת טבע.
- היכרות והתנסות בשיטות הערכה מגוונות בדגש על יישום בתחום הכימיה, לדוגמא: מבחן, פריטי הערכה דיאגנוסטיים, הערכת פרויקטים, הערכה של מעבדת החקר.

הקניית ידע להוראת המעבדה ומעבדת החקר (מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה ומיומנויות מעשיות)

- הקנייה של אסטרטגיות חשיבה ברמה גבוהה (ניסוח טיעון, השוואה וכיו"ב), בהיבטים כמו: הכרת המיומנות, תפקיד המיומנות, אופן השימוש במיומנות, הבנה של שלבי המיומנות, אופן השילוב של המיומנות בהוראת התכנים הדיסציפלינריים (הבנייה, תרגול ויישום).
- הכרות עם תכנית הלימודים במבנית מעבדת החקר ויכולת ליישם מגוון מיומנויות חקר במעבדת החקר בכימיה כדוגמת: ביצוע תצפיות, ניסוח שאלת חקר, ניסוח השערה מדעית המבוססת על ידע בכימיה, תכנון ניסוי, עיבוד תוצאות וייצוגן, הסקת מסקנות, הצגה והערכה של התהליך (תוקף מסקנות).
- היכרות ויכולת ליישם במעבדות את אמצעי הבטיחות העדכניים ואת כללי השימוש הנדרשים בחומרים, במכשירים ובכלים.

שילוב המורים בקהילת מורי הכימיה

- השתתפות בכנס הארצי של מורי הכימיה.
- חשיפה לאתרים מרכזיים של קהילת מורי הכימיה (המרכז הארצי למורי הכימיה, אתר המפמ"ר).
- היכרות עם מערך ההדרכה של הפיקוח.
- חשיפה פעילה לעלון מורי הכימיה "על כימיה".
- הפניה להשתלמויות מורי כימיה.



מורים מבצעים מעבדה בנושא חלבונים

חומרים אטומריים, קבוצות פונקציונליות, סוכרים. לאחר הלמידה העצמית נערכו מבדקים, ניתנו משימות ובמפגשים פנים אל פנים דנו בסוגיות מרכזיות שדרשו התייחסות.

דיון בקשיי למידה ובאסטרטגיות הוראה לטיפול בהם

אחד הנושאים המשמעותיים בהוראה בכלל הוא המודעות לקשיי למידה אצל הלומדים. במהלך הפעלת התכנית המורים חוו על בשרם את הקשיים, וכדי להפוך את הטיפול בהם למשמעותי, התנהלו דיונים מפורשים בנושא. במהלך הקורס המורים התוודעו לניתוח בחינות הבגרות וקיבלו מספר מטלות המבוססות על תכנים אלו. הם נדרשו לנתח תשובות תלמידים לעמוד על הקשיים ולהציע דרכים להתמודדות. כמו כן, המורים התנסו במספר משימות דיאגנוסטיות שפותחו במסגרת פרויקט קהילות המורים לכימיה, ובדיון במליאה דנו בתפיסות השגויות שעלולות להיחשף אצל תלמידים במהלך ביצוע משימה דיאגנוסטית, וכיצד מומלץ לטפל בשגיאות שנחשפות. שני הנושאים שעלו בהם קשיים רבים הם מבנה וקישור ואנרגיה.

פעילויות לימודיות בתכנית

המורים שהשתתפו בתכנית נפגשו עם המנחים והמרצים אחת לשבועיים במחלקה להוראת המדעים של מכון ויצמן למדע. המרצים השתמשו בספרי הלימוד המקובלים להכשרת כימאים באקדמיה וכן בספרי הלימוד המקובלים בבית הספר התיכון. בהוראה שולבו הרצאות פורונטליות עם עבודה בקבוצות וניסויים בהתאם לפרקי הלימוד. הניסויים היו בחלקם ניסויי הדגמה ובחלקם כאלה שבוצעו על-ידי המשתתפים. ניסויי ההדגמה היו בחלקם חדשניים, כאלה המעוררים בתלמידים סקרנות ועניין. כמו כן, הודגמו לפני המשתתפים ניסויים



ביקור במפעל יצור תרופות של חברת טבע, כפר סבא

התנסות פעילה בכיתה

- בהתאם לתכנית הקורס במהלך השנה השנייה אמורים המורים להתנסות בהוראה בכיתה, ואכן, כך היה.
- חשיבה רפלקטיבית. בקורס דנים בסוגיות שעולות מן השטח בעקבות ההתנסות בכיתה.

הקניית התכנים של מקצוע הכימיה

בהקניית הידע למורי הביולוגיה באים לידי ביטוי שני היבטים עיקריים: האחד - המורה כלומד, והשני - המורה כמורה. מורי הביולוגיה למדו בעבר כימיה, אך לרובם יש איים של ידע ללא חוט מקשר בין המושגים. לכן, בשלב הראשוני המורים תפקדו כתלמידים על מנת לרכוש את עולם הידע בצורה מסודרת ומאורגנת. בשלב שני המורים תפקדו כמורים והתבקשו לבצע מטלות הדורשות עיבוד הידע וארגונו. לדוגמא: בניית מערכי שיעור, דפי עבודה, מבחנים ומשימות של הערכה חלופית. מרכיב עיקרי בהקניית הידע הוא הדיון המפורט והמפורש בהוראת התכנים של הכימיה בהתאם לתכנית הלימודים (בהיקף של 3 יחידות ולאחר מכן בהיקף 5 יחידות) תוך שילוב היבטים רלוונטיים לחיי יום-יום. דגש מיוחד ניתן להקניית רפרטואר גדול של דוגמאות ויישומים מחיי יום יום בכלל ומעולם הביולוגיה בפרט. המורים קבלו מספר מטלות בהם נדרשו להציע מערכי שיעור המשלבים כימיה וביולוגיה, כאשר אוכלוסיית היעד יכולה להיות תלמידי כימיה או תלמידי ביולוגיה. נושאים לדוגמה: מערכת השלד ומליחות הקרקע בהקשר לחומרים יוניים; עקה חימצונית והשפעתה על ה-DNA; מחזור החנקן בטבע בהקשר לחמצון חיזור; מיפוי במרפאת איזוטופים בהקשר לרדיואקטיביות. חלק מנושאי הסילבוס בכימיה נלמדו על ידי המורים בלימוד עצמי בעזרת מצגות ושאלות מנחות. לדוגמה: חומרים מתכתיים,

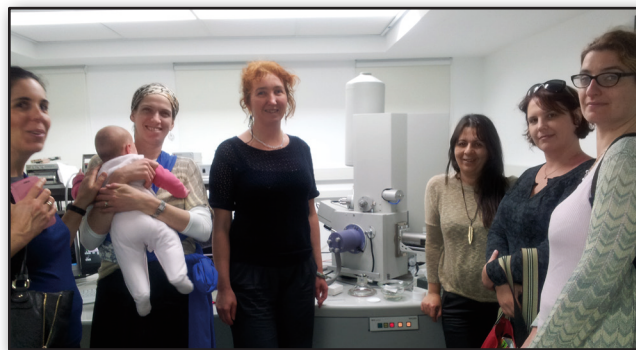
כמו בכיתה רגילה התגבשו תת-קבוצות שקשורות בקשרי למידה משותפת כמו גם קשרי חברות.

להלן ברכת מחזור א' בסיום שנה א'

דבורה ומרים היקרות,
בתחילת השנה הגענו רובנו כאטומים בודדים
הנעים במרחב בתקווה למצוא קשר.
קשר בין האחד לשני, בין האחת לשנייה,
קשר בין הביולוגיה לבין הכימיה.
בתחילת הדרך, באופן טבעי, יצרנו קשרים חלשים
מתוקף החשיפה לתכנים משותפים וחדשים.
אט, אט העזנו לתור אחר שותפים לקשר משמעותי,
יוני, קוולנטי ואפילו מתכתני.
מתוך המטלות והשעות הארוכות,
נוצרה תערוכת הטרוגנית של מורים ומורות,
שכל רצונם הוא להבין את תורת החומרים
ולהרחיב את הידע בנושאים חדשים ויותר מוכרים.
כמו בתגובות חמצון - חיזור,
אתן נתתן - כיאה למחזור
ואנחנו קיבלנו - כיאה למחמצן.
כמו בתרכובת יונית,
אתן תרמתן ידע - כיאה למתכת
ואנחנו משכנו ושאבנו ידע - כיאה לאל מתכת.
התוצאה הייתה מדהימה ברמה המיקרוסקופית
וברמה המקרוסקופית.
מבודדים הפכנו לקבוצה מגובשת,
שבה תורמים ונתרמים,
שבה לומדים ומלמדים,
שבה חולקים ומשתפים.

אז רגע לפני שהגענו למחצית הדרך,
רוצים אנו להביע את הערכתנו,
על חלקן הגדול בגיבוש הקבוצה,
על כל הידע שהפקדתן בידנו,
על הגיוון, העניין, הפרגון והארגון.
מקווים שנוכל לעמוד בציפיות
ונהיה לומרים לכימיה באופן הכי מוצלח
שיכול להיות!

בהערכה רבה,
קורס הסמכת מורי ביולוגיה להוראת כימיה.



ביקור במעבדות המכון - מעבדת המיקרוסקופ האלקטרוני

העוסקים בתופעות מחיי יום-יום ואלה הניתנים לביצוע בבית התלמיד/ה תוך שימוש בחומרים ביתיים.
במהלך התכנית יצאנו למספר פעילויות חוץ כיתתיות: ביקור במרכז המבקרים של מכון ויצמן למדע; ביקור במעבדות מחקר להיכרות עם מחקרים עכשוויים, והיכרות עם טכנולוגיות מתקדמות; סיור במפעל יצור תרופות של חברת טבע; פעילות ברקודים בגנים של מכון ויצמן.
שילוב של מיומנויות המאה ה-21 וטכנולוגיה דיגיטלית כגון: סרטוני אנימציות, יישומונים, טפסי גוגל, מחולל תשבצים.
כמו כן, למדו המשתתפים הקלדה של שפת הכימאים במחשב: נוסחאות מולקולריות, נוסחאות מבנה, ניסוחים מקוצרים, ניסוחי תגובות, שימוש בצייר לצורך ציור מודלים ועוד. בנוסף, חוו המשתתפים התנסות בהכנה של ערבי מגמה, ימים פתוחים, וערבי הורים לקידום הכימיה.
הרצאות העשרה והעמקה היו בנושאים כמו: מבנה הריבזום - פרופ' עדה יונת; אל תוך האטום - ד"ר שלי ליבנה; לראות אטומים - ד"ר רון בלונדר; כיצד אנחנו מריחים? - טלי וייס; האלקטרון בכימיה, ביולוגיה ופיסיקה - פרופ' רון נעמן; פרופ' קובי לוי - קיפול חלבונים; אינסולין מבנה ותפקוד - ד"ר שירלי דאובה.

דרכי העבודה של המורים בתכנית

בתכנית זו התגבשה קבוצת עבודה שלומדת יחד, וחבריה תומכים זו בזו הן בהכנת תרגילים בבית והן בסדנאות המתנהלות במהלך המפגשים פנים אל פנים. מורים שקלטו היטב את החומר נפגשו עם מורים אחרים שהתקשו מעט, ועזרו להם (בנוסף לעזרה הפרטנית של צוות הקורס). המורים בתכנית פתחו קבוצת ווטסאפ פעילה השומרת על מורל הקבוצה ומחליפה ידע בהקשר למשימות המתוקשבות.

תהליכי הערכה של הלמידה בתכנית

המשתתפים בקורס התבקשו להגיש תרגילים אחת לשבועיים בנושאים הנלמדים, חלקם "בכובע" של תלמידים, וחלקם "בכובע" של מורים. חלק מהתרגילים היו להגשה וחלקם ללמידה עצמית. כמו כן המורים נבחנו על נושאי הלימוד בצמוד ללימודי התכנים. חוויית הבחינות הייתה לא פשוטה למורים, והם העידו שבעקבות חוויה זו הם הבינו טוב יותר את תלמידיהם.

ענת ברון מוסיפה את רשמיה מהקורס (מחזור א', שנה ב'):

"אחרי עשרים שנות עבודה במערכת החינוך והגשה לכגרות בביוטכנולוגיה ובביוטכנולוגיה, שוחחתי עם המנהלת לגבי האפשרות להורות כימיה בבית הספר שבו אני מלמדת. מנהלת בית הספר ביקשה ממני לבדוק את הנושא ולהיערך לאפשרות זו בשנת הלימודים הבאה.

בעת שיטוט ברשת נתקלתי בתכנית ללימודי הרחבת הסמכה בכימיה למורי הביוטכנולוגיה.

בלי לחשוב פעמיים, פניתי למפמ"ר כימיה וביקשתי להתקבל לתכנית. בדיעבד, זוהי אחת ההחלטות המוצלחות יותר שעשיתי ברמה המקצועית....

אז, כמו גם היום, המחשבה הייתה שמחד, לימודי כימיה יעשירו ויתרמו רבות להוראת הביוטכנולוגיה והביוטכנולוגיה, ומאידך, יפתחו עבורי פתח לגיוון ולחידוש שגרת יומי בבית הספר. רגע לפני סיום התכנית אני יכולה להעיד שכל ציפיותי מתכנית לימודים שכזו התממשו;

הלימודים מרתקים, עשירים ומגוונים מאוד, המנחות הן מן הדרגה הראשונה, היחס אישי, מחבק ותומך, וקיימת מעורבות חיובית מתמדת של כל הגורמים האחראים לתכנית. התכנית מספקת ידע בסיסי ומורחב בכימיה וכלים פדגוגיים המאפשרים להשתלב בהוראת הכימיה באופן מידי ובכך יתרונה הגדול. זאת ועוד, הבנת הכימיה אפשרה לי להרחיב את היריעה בתחומים שונים עבור תלמידיי, שקודם לכן, הייתי נמנעת מלגעת בהם. ממליצה בחום על התכנית. לא יכולתי לבחור טוב יותר."

דיון וסיכום

לסיכום, הקורס נפתח ביוזמתם של המפקחת על הוראת הכימיה, ד"ר דורית טייטלבוים, וחברת "טבע תעשיות פרמצבטיקות".

הביצוע התנהל בקבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים, במכון ויצמן.

התוצר - מורים אשר יכולים לאייש חלק מהמשרות הפנויות של מורי כימיה.

להלן מספר ציטוטים מפי בוגרי מחזור א':

"הכימיה תועיל לי גם בהוראת ביולוגיה - למדתי הרבה,

כולל דרכי הוראה... שמחה שעמדתי באתגר" (רחל).

"אינטנסיבי, תובעני... אבל עם ליווי טוב אפשר

להתגבר... אני אוהב כימיה..." (רן)

"מקווים שנוכל לעמוד בציפיות, ונהיה המורים לכימיה

באופן הכי מוצלח שיכול להיות!" (מתוך הברכה)

ביבליוגרפיה

Hall, G. & Loucks, S. (1981). Program definition and adaptation implications for inservice, *Journal of Research Development in Education*, 14 (2). 46-58

Harrison, J. & Globman, R. (1988). Evaluation of Training Teachers in Active Learning: A Research Report, Ramat-Gan: Bar-Ilan University and the Ministry of Education (Hebrew).

Joyce, B. & Showers, B. (1983). Powers in Staff Development – through Research on Training Ensuring Transfer of Training, Alexandria; Va: Association for Supervision & Curriculum Development, Ch. 3 – Attacking the transfer problem

Lortie, D. (1975). School teacher: A sociological study, Chicago: University of Chicago Press.

Shulman LS (1987) Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Education Review*, 57(1), 1–22.

Tamir, P. (1988). Subject Matter related Pedagogical Knowledge in Teacher Education, *Teaching and Teacher Education*, 4, 99-110.

Wallace J, Loudon W (2000). Dilemmas of science teaching: perspectives on problems of practice. Kluwer, Dordrecht.



שי שחר

התיכון הריאלי העברי בחיפה
והאוניברסיטה הפתוחה
shai.shahar.1@gmail.com



ד"ר דורותה צ'רקי

תיכון אחד העם, פתח תקווה
והאוניברסיטה הפתוחה
dorotacz@gmail.com



מיכאל קויפמן

בית הספר אורט פסגות
ע"ש ברוך ונגר, כרמיאל
misha.koifman@gmail.com

השנה הוענק הפרס לשני מורים ותיקים: ד"ר דורותה צ'רקי מבית הספר התיכון אחד העם, פתח תקווה והאוניברסיטה הפתוחה ומר מיכאל קויפמן מבית הספר אורט פסגות ע"ש ברוך ונגר, כרמיאל. פרס המורה הצעיר המצטיין הוענק למר שי שחר מבית הספר התיכון הריאלי העברי בחיפה והאוניברסיטה הפתוחה.

ד"ר דורותה צ'רקי

"אקדמיה בתיכון". דורותה פירסמה מספר מאמרים מדעיים, השתתפה בכנסים ופיתחה קורסים רבים בכימיה באוניברסיטה הפתוחה.

דורותה מצטיינת בחדשנות וברמת הוראה גבוהה. היא היתה מהמורים הראשונים ששילבו הוראה מתוקשבת בכיתה, שימוש בחיישנים במעבדה ולמידה שיתופית, כל זאת בשנים שבהן שילוב המחשב וטכנולוגיות הלמידה היו כלי חדשני ביותר במערכת החינוך. היא יוצרת קשר אישי עם תלמידיה, מקפידה לתמוך בהם לאורך כל הדרך ומובילה אותם להישגים יוצאי דופן. תלמידיה מציינים כי היא המורה המשמעותית ביותר שהיתה להם בחייהם ורבים מהם המשיכו ללמוד כימיה באוניברסיטאות.

היא בוגרת תואר ראשון בכימיה, תואר שני בכימיה אורגנית בהצטיינות ותואר שלישי בכימיה אורגנו-מתכתית, כולם מאוניברסיטת תל-אביב. בנוסף, היא מחזיקה בתואר שני בטכנולוגיות למידה מהאוניברסיטה הפתוחה. במהלך לימודיה זכתה במילגות רבות. היא החלה את דרכה המקצועית בהוראה כמתרגלת בבית הספר לכימיה באוניברסיטת תל אביב, מרצה לכימיה בבית הספר לאחיות ובמכינה הקדם-אקדמית. בשנת 1991 החלה ללמד בתיכון אחד העם בפתח תקווה. כיום היא עוסקת בריכוז, הוראה והנחייה של כימיה, הן בתיכון והן באוניברסיטה הפתוחה. באוניברסיטה הפתוחה היא חברת סגל ומרכזת את התכנית

מיכאל קויפמן

שי שחר

הוא בוגר תואר ראשון בהוראת הכימיה והביולוגיה מהמכון הגבוה הפדגוגי במולדובה ובעל תואר שני בגנטיקה מאוניברסיטת מולדובה. הוא עלה לישראל בשנת 1998, השתלם בקורס מיוחד למורים עולים ומאז הוא מלמד כימיה וביולוגיה בחטיבה העליונה. מיכאל החל את דרכו כמורה במולדובה וממשיך בבית הספר אורט פסגות ע"ש ברוך ונגר בכרמיאל. בשנים האחרונות הוא מפתח חומרי למידה לתלמידים בכימיה וביולוגיה במוזיאון למדע, מדעטק בחיפה. הוא מהווה דוגמא כמורה מקצועי המעודכן בתכני הכימיה ובפדגוגיה. הוא מורה יצירתי, יוזם ומשתתף בהשתלמויות רבות. בכנסי מורים הוא חולק פעילויות שפיתח וישם בבית הספר ובמדעטק, ודרכו מאופיינת בתרומה לעמיתים. כל עבודתו נעשית בצניעות, בנועם, במקצועיות ובכבוד לסובבים אותו. תלמידיו נסחפים אחריו ומבצעים ניסויים חדשניים ומרתקים, ורבים מהם זוכים בפרסים בתחרויות ארציות. הם לומדים כימיה בהקשרים של חיי היומיום, וחלקם כותבים עבודות גמר. הסבריו ניתנים ברמה מדעית גבוהה, אך בשפה מובנת. הוא מעורר עניין במצטיינים ולא מוותר על המתקשים, ובזכות מסירותו, כל תלמידיו מצליחים. ניתן לקרוא מפירסומיו בעיתון מורי הכימיה "על-כימיה".

הוא בוגר תואר ראשון בכימיה מהאוניברסיטה העברית בירושלים ותואר שני בביולוגיה מולקולרית של הצמח, במכון ויצמן למדע, רחובות. שי החל את דרכו המקצועית בתעשיית התרופות ובהוראת כימיה לא פורמלית. הוא עשה הסבה להוראה בשנת 2007, ומאז הוא חולק את זמנו בין הוראת הכימיה וחינוך כיתה בתיכון הריאלי העברי בחיפה לבין הוראת כימיה באוניברסיטה הפתוחה. שי הגיע להוראה מתוך תחושת שליחות. הוא מקפיד ללמוד, להשתלם ולהתעדכן.

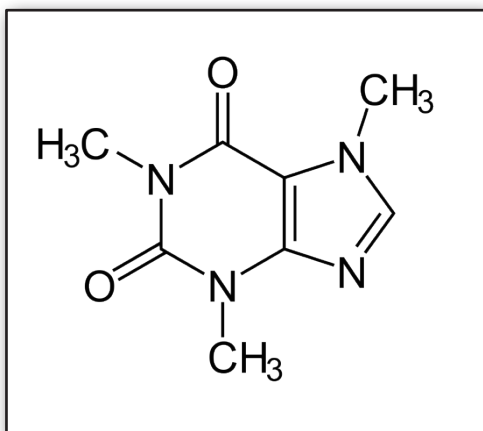
שי מפתח חומרי למידה מרתקים המותאמים אישית לתלמידיו, מגוון את ההוראה ויוצר קשר מצוין עם תלמידיו. הוא מוביל את תלמידיו להשתתף בכנסים ולהציג את עבודותיהם בפני תלמידים אחרים. הוא משלב למידה באמצעות פרויקטים, כגון פרויקט הרדיואקטיביות, והופך את מקצוע הכימיה לנקודת חיבור בין התלמידים להוריהם בפעילויות משותפות, במסגרת ערבי הורים של המגמה לכימיה. שי מהווה חלק משמעותי מצוות מורי הכימיה בתיכון הריאלי, ותורם לעשייה הצוותית בהעלאת רעיונות חדשניים ובביצועם. בעבודתו זו הוא תורם לקידום מקצוע הכימיה בקרב התלמידים.

הפרסים הוענקו במסגרת הכנס השנתי של החברה הישראלית לכימיה במלון דוד אינטרקונטיננטל בתל אביב, ב-9 לפברואר, 2016. ברכות לדורותה, למיכאל ולשי על הישגיהם!



כימיה בכוס קפה

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



נוסחת המבנה של מולקולת קפאין

איך אתם אוהבים את הקפה שלכם? חזק או חלש? עם סוכר וחלב או שחור? בכל כוס קפה שתבחרו לשתות, אחד הטעמים שילווה כל לגימה הוא הטעם המר.

על מידת המרירות של הקפה משפיעים גורמים רבים מאוד¹: סוג פולי הקפה, אופן הקלייה של הפולים, אופן הטחינה של הפולים, המים שבעזרתם מכינים את כוס הקפה, טמפרטורת המים, אופן הכנת הקפה, ועוד.

חומרים רבים אחראיים לטעם המר של הקפה, ואחד החומרים האלה הוא הקפאין. אולם, כאשר מוסיפים סוכר לקפה, הקפה הופך להיות פחות מריר - ולא מכיוון שהטעם המתוק ממסך את הטעם המר.

התופעה מוכרת היטב ומוסברת ברמה המולקולרית:

1. <http://www.coffeeresearch.org/science/bittermain.htm>

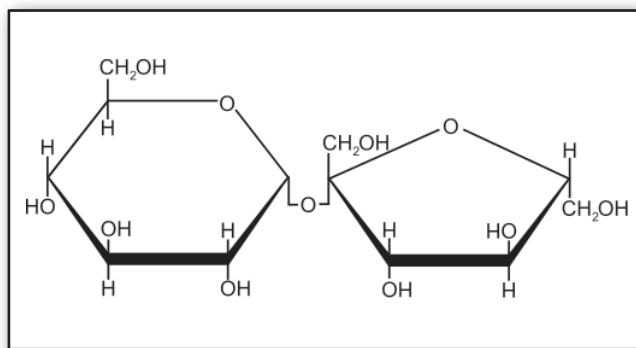
שאלות

1. אילו קשרים בין מולקולריים נוצרים בין שתי מולקולות קפאין בעת יצירת דימר?

2. קבעו אם ההיגד שלפניכם **נכון** או **לא נכון**:
אוהבי הקפה המר צריכים להוסיף לכוס הקפה שלהם חומר שיוצר קשרים בין מולקולריים חזקים עם מולקולות הקפאין.

3. איזה מהציורים באיור 2 מתאים למתרחש בכוס קפה עם סוכר?

4. לפניכם נוסחת המבנה של סוכר: אילו קשרים בין מולקולריים נוצרים בין מולקולות המים לבין מולקולות הסוכר?



נוסחת המבנה של מולקולת סוכר

5. קפאין מסיס אף הוא במים. אילו קשרים בין מולקולריים נוצרים בין מולקולות הקפאין למולקולות המים? הסבירו וציירו קשרים כאלה בין מולקולה אחת של קפאין לשתי מולקולות של מים.

6. בגרף 1 נתונות שתי עקומות המתארות את המסיסות של סוכר ושל קפאין במים בטמפרטורות שונות. איזו עקומה מתאימה לסוכר ואיזו לקפאין? נמקו את בחירתכם.

7. החוקרים מצאו כי הוספת מעט מלח בישול גורמת אף היא להפחתת המרירות של הקפה. הסבירו מדוע.

מולקולות הקפאין שבכוס הקפה נוטות להיצמד זו לזו וליצור דימרים (שתי מולקולות המחוברות יחד בקשרים בין מולקולריים).

כאשר נוצרים דימרים של קפאין, פחות מולקולות קפאין נקשרות לקולטני הטעם בפה, והטעם המריר שאנו מרגישים בעת לגימת כוס הקפה - פוחת.

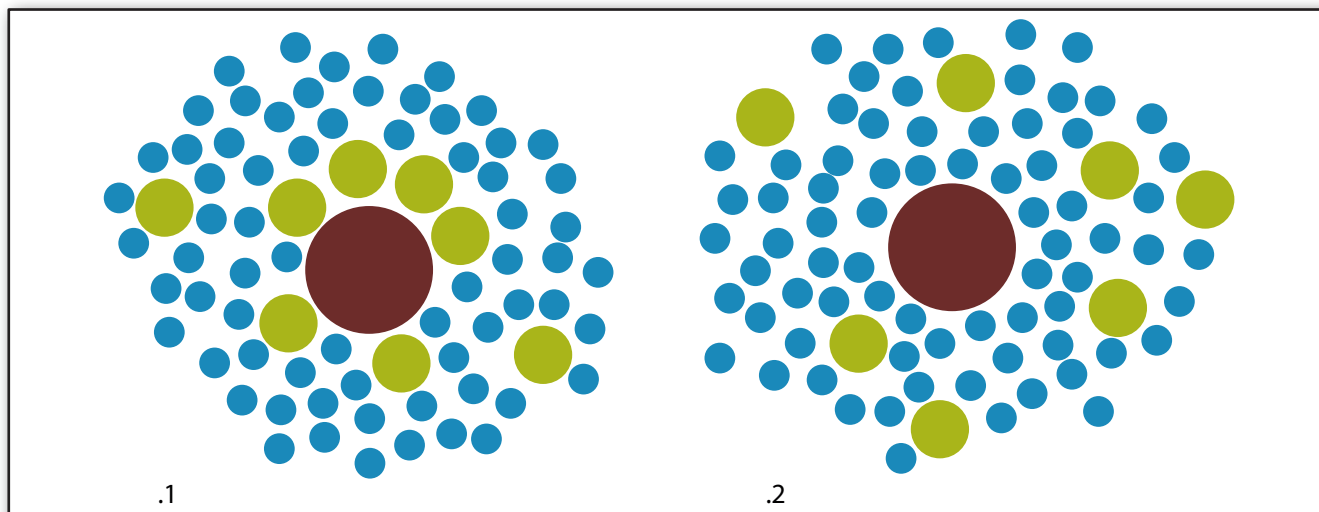
הוספת סוכר לקפה מגבירה את יצירת הדימרים, ולכן גורמת להפחתת מרירות הקפה.

אך מדוע הוספת סוכר מגבירה את יצירת הדימרים? התשובה ניתנה לאחרונה על ידי קבוצת חוקרים מאוניברסיטת יורק, שבראשם Dr Seishi Shimizu². החוקרים לא השתמשו כלל בקפה, סוכר, מבחנות או מעבדה, אלא ביצעו את המחקר בעזרת חישובים תרמודינמיים בלבד.

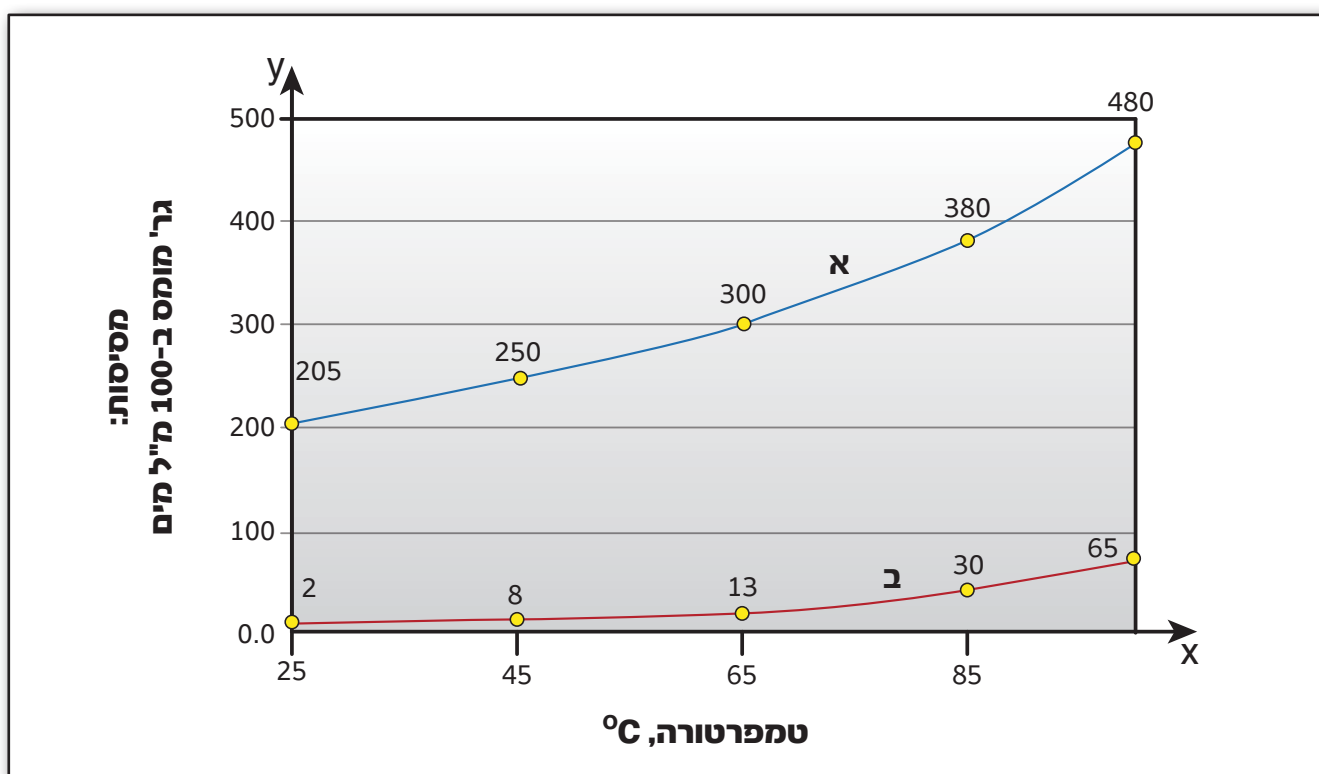
בחישובים נמצא מהו הגורם העיקרי להגברת יצירת הדימרים: מולקולות הסוכר נקשרות היטב למולקולות המים, אך אין הן נוטות להיקשר למולקולות הקפאין. למעשה, מולקולות הסוכר ומולקולות הקפאין מתרחקות אלה מאלה. כך נותרות מולקולות הקפאין חופשיות להיקשר זו לזו ליצירת דימרים. לעומת זאת, כשמוסיפים לקפה חומרים אחרים, שנמשכים למולקולות הקפאין ונקשרים אליהן היטב, הם מפריעים למולקולות הקפאין להתחבר לדימרים.

מחקרים חישוביים מסוג זה נערכים לא רק כדי להבין מה מתרחש בכוס הקפה שלנו, אלא מהווים כלי חשוב במחקר הכימי. אפשר לבצע חישובים דומים כדי לחקור מה קורה כשמוסיפים חומרים למערכות מורכבות יותר. לדוגמה: הוספה של חומרים (כמו הסוכר, במקרה של הקפה), יכולה להשפיע על קיפול של מולקולות חלבונים ובכך להשפיע על תפקוד החלבונים; או הוספה של חומרים יכולה להשפיע על מידת המסיסות של תרופות ובכך להגביר את יעילות הובלתן בגופנו³.

2. Caffeine dimerization: effects of sugar, salts, and water structure, Food & Function, 2015, volume 6, pp. 3228-3235
3. <http://www.stevenabbott.co.uk/blog/?date=04Aug2015>



איור 2. עיגולים כחולים: מולקולות מים, עיגול חום: מולקולת קפאין, עיגולים ירוקים: מולקולות סוכר.



גרף 1

תשובות בקצרה:

1. קשרי-ון-דר-ואלס, 2. לא נכון, 3. (2), 4. קשרי מימן, 5. קשרי מימן בין זוגות האלקטרונים הלא-קושרים על אטומי חמצן וחנקן במולקולות הקפאין לבין אטומי מימן חשופים מאלקטרונים במולקולות המים, 6. א. סוכר, ב. קפאין, שכן מסילות הסוכר במים גבוהה יותר. בין מולקולות הסוכר לבין מולקולות המים נוצרים קשרי מימן חזקים יותר, כי במולקולות הסוכר מוקדים רבים יותר ליצירת קשרי מימן עם מולקולות המים. 7. יוני המלח אינם נמשכים למולקולות הקפאין, אך נמשכים למולקולות המים. נוצרים קשרים בין יוני המלח לבין המטענים החלקיים על מולקולות המים.



קאנביס רפואי על החיים ועל המוות

שירה פרידמן, ריבי אדלמן ושרית גניזי, כיתה י"א, אולפנת הרב בהר"ן, גדרה. מורה: דבורה ברוט¹



סמל הקנאביס

כשראיתי את השקית הלכנה במגירה, הדבר הראשון שהרגשתי היה תדהמה מוחלטת.

יונתן? סמים? מאיפה זה הגיע? לא הבחנתי בכלום!!
לא הספקתי לעכל את העובדות, וכבר נפתחה הדלת ויונתן נכנס לחדר. החזקתי את השקית בידי והבטתי בו במבט שואל ומעט מודאג. "אמא!" אמר יונתן, "זה של ליאור, מאז שהתחילו לו הפרוסים, זה הדבר היחיד שעוזר לו".

1. הכתבה השתתפה בתחרות "יש לנו כימיה: כימיה בראי החברה והפרט" וזכתה במקום שני.

שנמצא בעיקר במערכת העיכול ובתאי מערכת החיסון (לרבות תאים שהם חלק ממערכת החיסון של המוח).

“מה?! לליאור יש פרוכוסים? מתי זה התחיל??”
“כן, זה התחיל כבר לפני כמה חודשים אבל רק לפני שבוע הוא התחיל להשתמש בקאנביס הרפואי”, אמר יונתן.
“קאנביס? זה מותר לשימוש? זה סם...”
“כן אמא, זה באמת קצת מורכב...”

אם זה טוב ואם זה רע...

חברת "תיקון עולם", חברה לגידול ואספקת קאנביס רפואי, ערכו מחקר שבו השתתפו מטופלים בקאנביס לפני תחילת הטיפול ולאחריו. מהמחקר עלה כי לאחר השימוש בקאנביס הרפואי היה שיפור משמעותי בחלק גדול מהפרמטרים הרפואיים. הקאנביס עוזר לחולי סרטן וללוקים בדלקות שונות, בטרשת נפוצה, בפרקינסון ועוד...
לקאנביס יש השפעות חיוביות, אך כמו בכל דבר בחיים השימוש כרוך בהשפעות שליליות, כגון תלות והתמכרות. 9% מהאנשים שמשתמשים בקאנביס מפתחים תלות. בנוסף בזמן העישון יש פגיעות זמניות כמו תחושת שיכרון, עיוות בתפיסת הזמן והמרחב ופגיעה קצרת טווח בזיכרון, שחולפות לאחר שפגה השפעת הקאנביס.
מחקרים מצאו ששימוש ממושך בקאנביס משפיע לטווח ארוך על תפקודים מוחיים, כמו התפקוד הקוגניטיבי. מנכ"ל משרד הבריאות לשעבר, פרופסור רוני גמזו, טוען

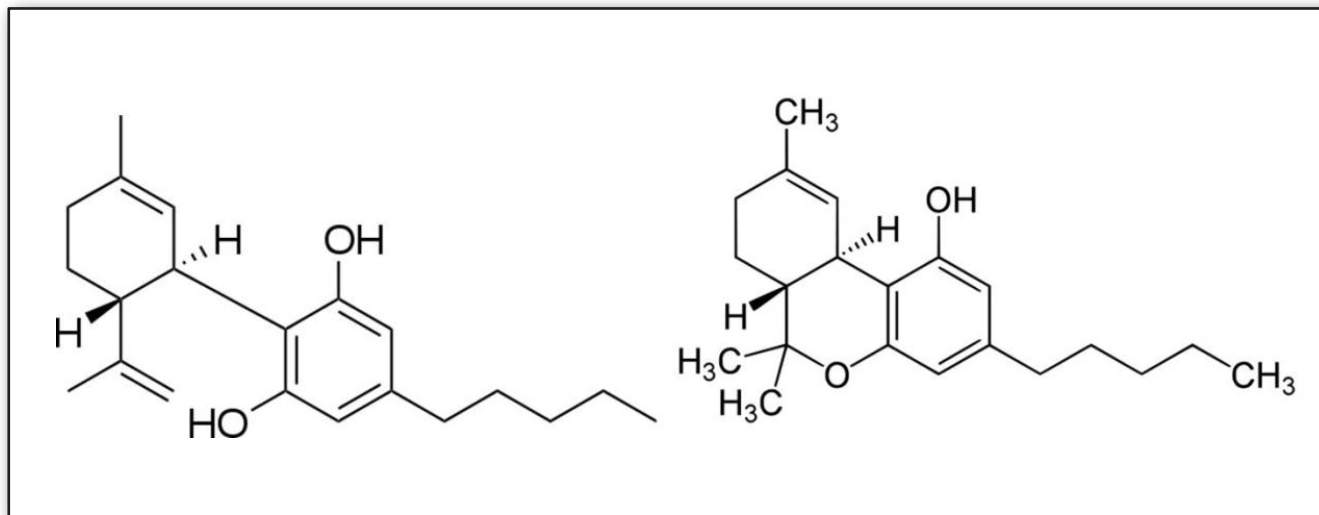
המחלוקות בארץ סביב הקאנביס הרפואי רק הולכות וצוברות תאוצה. רצינו להבין לעומק כיצד פועל הקאנביס הרפואי ואת הצדדים השונים במחלוקת סביבו.

אז...מה זה בכלל?

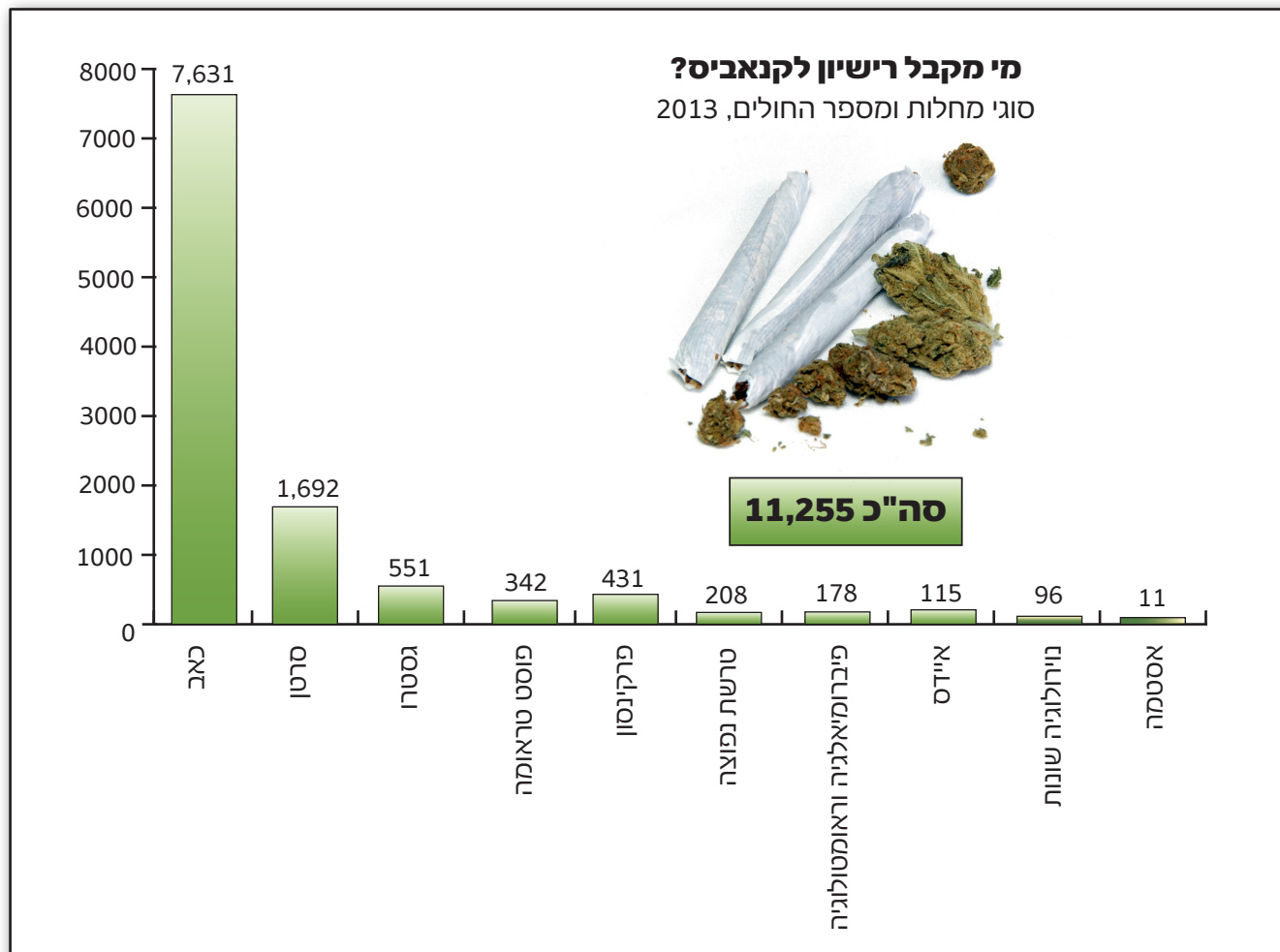
הקאנביס הוא שיח מחודד בגוון ירוק זית שזרעיו בעלי ערך תזונתי גבוה.
לקאנביס השפעות רבות על גופנו. המכון לרפואה המנוהלת ע"י האקדמיה הלאומית למדעים של ארה"ב חקר ומצא כי קאנביס מועיל לטיפול בבחילות, אובדן תיאבון, כאב וחרדה. המחקר גם הסתייג מצריכת קאנביס בדרך של עישון בשל החסרונות הבריאותיים הכרוכים בכך.

לא תאמינו מה קורה בפנים!

בגופנו ישנם קולטנים שנועדו לקלוט חומרים הנקראים אנדוקנבינואידים שמיוצרים ע"י הגוף וגורמים לשרשרת תגובות ביולוגיות כמו שמחה, דיכאון, הנאה.
בקאנביס עשרות חומרים פעילים הנקראים קנבינואידים שפועלים על גופנו כמו האנדוקנבינואידים. שני החומרים הפעילים העיקריים שבודדו ונחקרו הם THC ו-CBD. ההשפעות של THC הן בעיקר משכרות ומשנות תודעה, ואילו ל-CBD יש בעיקר השפעות רפואיות. בנוסף מנגנון הפעולה של החומרים שונה. כל אחד מהם פועל על ידי קולטנים אחרים בגוף האחראים לשרשרת התגובות הביולוגיות המזוהה אתם. THC נקשר לקולטן CB₁ שנמצא בעיקר במערכת העצבים, ואילו CBD נקשר לקולטן CB₂



החומרים הפעילים בקנביס: THC (מימין) ו-CBD (משמאל) | תרשים: ויקיפדיה



גרף 1. מי מקבל רישיון לקנאביס - מקור: משרד הבריאות. בגרף סיגריות קנאביס

"אנשים מחפשים בקנאביס הרפואי את הפתרון הקל, גם כאשר ישנן תרופות אחרות שיכולות לספק את צרכיהם." ד"ר גניזי מעלה שתי סיבות עיקריות להתנגדותו לשימוש רב בקנאביס:

"הקנאביס בעצם פותר בעיה רגעית ומשכך את הכאב, ולא יעיל כאשר דרוש טיפול לטווח ארוך. בנוסף, יש סכנת התמכרות של האדם ושל הסביבה. שימוש נרחב בקנאביס עלול לגרום ללגיטימציה לשימוש בקנאביס כסם לצורכי פנאי. כך אנשים יכולים להתמכר גם למריחואנה ולסמים קשים יותר. זה מתחיל בסיבות רפואיות, ואתה לא יודע איפה זה ייגמר."

ד"ר גניזי מסתייג ואומר כי לחולים סופניים שסובלים מאוד ניתן לתת קנאביס כיוון שאפשר לתת להם הכול, אך אם יש תרופות אמתיות אחרות, השימוש בהן רצוי יותר.

שהשפעת הקנאביס היא כשל תרופת דָּמָה, ורופאים וארגונים שונים טוענים שיש להשתמש בקנאביס כאופציה אחרונה בלבד מכיוון שהוא גורם לפגיעה במוטיבציה, לשינויים במערכת העצבים המרכזית, מייצר התקפי חרדה ופסיכוזה ואחראי לבעיות נוספות.

ח"כ תמר זנדברג, יו"ר הוועדה למאבק בנגעי הסמים ואלכוהול, נלחמת בסטיגמות כלפי צרכני הקנאביס ותומכת בלגליזציה מלאה של קנאביס. "בישראל יש כיום כ-22 אלף מטופלים שקיבלו רישיון לשימוש בקנאביס. במהלך השנים עלה מאוד השימוש הרפואי בו כי הוא משכך כאבים, מרגיע ומגביר את התיאבון... אני מציעה שרופא יהיה רשאי לרשום קנאביס כמו שהוא רושם מורפיום או ריטלין לשימוש רפואי".

רצינו להעמיק יותר בנושא והלכנו לראיין את ד"ר יעקב גניזי, מומחה לנוירולוגיה בבית החולים בני ציון בחיפה.



ד"ר גניזי בבית החולים



Dana Bar-on
February 26 at 12:52pm



חברים יקרים

אני פונה לעזרתכם. הבריאות, החיים, הכבוד והעצמאות שלי בסכנה, בפעם השנייה.

זה הפוסט העצמאי הראשון שאני כותבת בחיי. לא כי אין לי פייסבוק או כי אני לא יצור ורבלי (כל מי שמכיר אותי יודע שאין דבר רחוק יותר מהאמת smile emoticon), אלא כי אני אדם די פרטי. אבל הפעם מצאתי עצמי בלית ברירה, זועקת לעזרה, ואין שומע. אז אני פונה למרחב שבו תמיד יש מי שישמע, ומקווה שגם יעזור.

בשנת 2007 החמירה מחלתי ניוון השרירים (C.M.T) שבה אני לוקה מלידה. הפסקתי לעבוד, והתקשיתי בפעילות מוטורית, והעמיד שריה צפוי לי היה סיעודי. בינואר 2008 התחלתי ליטול קנאביס רפואי, ומיד הצפי הזה השתנה. בזכות הקנאביס, שאותו אני נוטלת מאז כתרופה יחידה, רופאים כבר לא לחצו עליי ללבוש מכשירים לשם תנועה, ובניגוד לכל התחזיות גם היום עדיין אני הולכת על שתי רגליי. לבדי. בלא כל תמיכה.

אני רוצה להמשיך ללכת. וכרגע הדבר היחיד שמאפשר את זה הוא המינון הגבוה (180 גרם לחודש) של קנאביס רפואי שנלטתי לאורך 8 השנים האחרונות. פעם אחת בלבד השתנה מינון זה, ב-2010, ביוזמת משרד הבריאות ובניגוד להמלצות הרופאים, וההחמרה היתה מיידית: תוך ימים ספורים איבדתי תחושה בחלק מאצבעות יד שמאל, וסבלתי מהגבלות תנועה בידיים ומהחמרה בהעדר שיווי משקל. דרישות הרופאים צלחו אז, והמינון הגבוה הוחזר.

כעת משרד הבריאות עושה זאת שוב, והיום נודע לי כי המינון שלי נחתך בשליש מ-180 ג' הורידו לי את המינון ל-120 ג'. בניגוד מוחלט להמלצות הנוירולוג המטפל בי. משמעות הדבר היא שהסיכוי שלי להפוך סיעודית בגיל 33, בשיאי הפך כעת מוחשי ומיידי. אם לשפוט על-פי הפעם הקודמת שחתכו לי מינון, את הפוסט הזה לא אהיה מסוגלת להקליד שבוע מהיום, אז לכן אני ממחרת וכותבת אותו עכשיו - כל עוד אני יכולה לזעוק לעזרה.

בבקשה ממכם, תעבירו את הפוסט הזה הלאה, תעשו לייק, תעזרו לי להגיע לאנשים שמחליטים על הבריאות שלי - אנשים שמעולם לא בדקו אותי והחליטו את שהחליטו בניגוד להמלצות הרופאים שלי.

ולאנשים אלו, ובראשם ראש הממשלה - ההמוזיק בתיק הבריאות - בנימין נתניהו: אם גזרתם עליי לאבד את יכולתי ללכת, אין לי סיבה לשבת בבית כל עוד יש בי את היכולת לעמוד על רגלי. לפיכך, במידה והענין לא יפתר בתחילת השבוע הקרוב (שאו נכנס לתוקפו המינון החדש והשעון מתחיל לתקתק), אזי אארוח את פקלעותי ואעלה ירושלמה, לשבת מול משכן ראש הממשלה ולהתנון - אם נגזר עליי - שם.

תודה לכל מי שהקדיש את זמנו לפוסט זה, ולכל המשתפים והמסייעים.

(צילום מסך מדף הפייסבוק של דנה בר-און)

מנת שאנשים לא ייפגעו מהשימוש בסם, אך כאשר יש צורך להשתמש בקנאביס למטרות רפואיות, יש לאפשר זאת ללא החמרות מיותרות.

בבליוגרפיה

1. אתר ויקיפדיה - "קנאביס רפואי"
2. עיתון ישראל היום, כתבתו של גדעון אלון (14.12.2015)
3. חוברת ב"ח - קנאביס רפואי, מידע שימושי לצוות הרפואי ולמטופלים
4. אתר חדשות רוטר
5. ספר "קנאביס, מריחואנה וחשיש"
6. אתר חדשות Ynet
7. אתר מכון ויצמן למדע - "קנאביס רפואי" - ד"ר עידו מגן

למרות הכול היום לא קל להשיג בארץ אישור לשימוש בקנאביס רפואי גם כאשר הדבר באמת נצרך. נגע ללבנו סיפורה של דנה בראון, החולה בניוון שרירים, אך משרד הבריאות מקצץ פעם אחר פעם בכמות הקנאביס המאושרת לה.

אז... מה יהיה הסוף?!

ראינו שקיימות מחלוקות רבות בנוגע לקנאביס הרפואי. מצד אחד יש המתנגדים באופן נחרץ למתן אישור לשימוש בקנאביס עקב השפעותיו השליליות, ומצד שני יש התומכים במתן קנאביס לשימוש נרחב לכל מטרה באשר היא. לדעתנו, כמו בכל דבר בחיים צריך למצוא את שביל הזהב. את האיזון העדין והנכון. לא לאפשר לגליזציה מלאה - על

לזכרה של זיוה לנדא ז"ל

ואכן, הרבה כימיה שררה בינינו לאורך השנים. חלקנו חוויות רבות בגידול הילדים, חגגנו יחד בשמחות משפחתיות ותמכנו זו בזו גם בזמנים קשים. בעיקר השתלבו דרכינו בהוראת הכימיה. שיתפנו זו את זו בחוויותינו כמורות. למדתי להכיר את זיוה לא רק כחברה טובה: קשובה, תומכת, מייעצת ומפרגנת, אלא גם כמורה מסורה, אכפתית, מחויבת ומשקיענית שאהבה את הכימיה ואהבה מאוד את תלמידיה, להוטה תמיד לדעת עוד ולדייק בהסברים.

במשך שנים, לעת ערב, בסיומה של כל בחינת בגרות בכימיה, נהגנו לקיים את "שיחת הטלפון השנתית"

בס"ד
אדר ב' תשע"ו

קשה לכתוב על זיוה חברתי בלשון עבר. הלב נצבט, מתקשה להאמין שזיוה איננה אתנו.

זכיתי להכיר את זיוה לפני שנים רבות, עוד בשנות השבעים. כאימהות צעירות נפגשנו עם ילדינו בגן המשחקים ברחובות, הידוע בכינויו "גן הפלסטיק", וגילינו שלמעשה רב המשותף לנו, כאימהות, כרעיות לבעלים שגם הם כימאים, וכמובן, כמורות לכימיה.

זיוה הייתה בין המורים הראשונים שהביאו את תלמידיהם לימי העשרה מדעית במכון דוידסון במסגרת פרויקט נחמ"ד (ניסויי חקר מתקדמים במכון דוידסון). היא הייתה שותפה מלאה בתכנון וביצוע הפעילויות שיועדו לתלמידי בית ספרה בימים אלו. היא בחרה בקפידה את הפעילויות השונות, וערכה את דפי הפעילות כך שיהיו מותאמים לתלמידיה. כמורה מובילה ומוערכת, זומנה זיוה למפגשים של ועדת המקצוע בכימיה ותרמה ממרצה ומיכולותיה ביצירת הסילבוס החדש במקצוע הכימיה. כמו כן הייתה שותפה שנים רבות בוועדה להכנת הכנסים השנתיים למורי הכימיה.

בנוסף להיותה מורה מן השורה, כיהנה זיוה בשנים האחרונות גם כמדריכה במחוז דרום בערים אשדוד, אשקלון, קריית גת והסביבה. גם בתפקידה זה ניכרה תרומתה הרבה לקידום הוראת הכימיה בארץ: היא הובילה את לימודי הכימיה באזור כולו, ברגישות, במסירות ויסודיות. היא תמכה במורים באופן אינטנסיבי, יצרה קשר עם מנהלי בתי ספר ודחפה לפתיחת מגמות כימיה; העבירה השתלמויות והייתה מרצה מבוקשת. המורים העריכו מאוד את מסירותה ואת נכונותה לתרום תמיד מזמנה, מהידע הרב שלה ומניסיונה העשיר.

קשה להאמין שזיוה איננה אתנו עוד. תמיד אזכור את זיוה חברתי כפי שהייתה: אישה מקסימה, מרשימה בהופעתה, בת ואחות מסורה, רעיה נאמנה, אם נפלאה לחמשת ילדיה, סבתא למופת, חברה טובה ומחנכת, מורה ומדריכה בכל רמ"ח אבריה.

בצער רב ובתחושת אובדן אמיתית,
חנה מרגל



המוקדשת לבחינה, שבה החלפנו חוויות, רשמים על הבחינה ועל התמודדות תלמידינו אתה. שמחנו להיפגש גם בימי ההיערכות לקראת בדיקת בחינות הבגרות, בכנסים ובהשתלמויות של מורי הכימיה.

זיוה הייתה מורה, מדריכה ומחנכת מוערכת מאוד. תרומתה של זיוה לקידום הוראת הכימיה הייתה רבה ביותר: במשך שנים רבות שימשה זיוה כרכזת הכימיה בבית ספרה "תיכון אזורי רמלה-לוד" ודאגה תמיד ליישם בו את כל החידושים בהוראת הכימיה. זיוה הייתה בין המורים הראשונים שניסו את תכניות הלימוד החדשות שפותחו במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן. היא יצרה קשר אישי חם עם חברי קבוצת הכימיה בהוראת המדעים, והערותיה והצעותיה תרמו רבות לשיפור התכניות.

זיוה הייתה שותפה להכנת בחינות הבגרות, בדיקתן והערכתן. במשך שנים רבות שימשה כבודקת ומעריכה מעולה של בחינות הבגרות והתמידה בזאת עד לקיץ האחרון בשנת תשע"ה, גם כשכבר הייתה חולה. בנוסף השתתפה זיוה במשך מספר שנים בצוות הכתיבה של בחינת הבגרות בכימיה ויחד עם פרופ' אבי הופשטיין כתבה את ניתוח בחינת הבגרות תשנ"א.

במהלך השנים סיימה זיוה את לימודי התואר השני, השתתפה בהשתלמויות רבות וגם נטלה חלק בקורסים שנתיים ייחודיים כגון: הקורס הראשון לרכזי מקצוע שנערך במחלקה להוראת המדעים בהנחיית ד"ר איטה כהן ז"ל וד"ר ורה מנדלר ז"ל, קורס למורים מובילים בכימיה, שבו ערכה זיוה את חוברות הקורס, ובקורס ייחודי למורים מובילים במדעים בארץ ובחו"ל, שהתנהל בשפה האנגלית, ובו היא ייצגה בכבוד את בית ספרה ואת ציבור מורי הכימיה בישראל.

