



27

שבט תשע"ז • ינואר 2016

כתב עת 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 • ינואר 2016

תוכן העניינים

דבר המערכת

דבר המפמ"ר

ד"ר דורית טייטלבוים, מנהלת תחום דעת כימיה, המזכירות הפדגוגית, משרד החינוך.....4

חזית המדע

הדרך לננוטכנולוגיה - בעקבות החומרים המרוכבים של מחר

ד"ר נאום נווה.....5

העשרה

רגלת-הגינה: רפואה, כימיה ואוכל

ד"ר עבד עזב.....9

פעילויות

שימוש מושכל ב-Google Form במשימת אוריינות מתוקשבת בנושא: מבנה האטום ואיזוטופים

ד"ר אורית הרשקוביץ, מיכל ברונשטיין-טוחן, פרופ' יהודית דורי.....16

משימות מתוקשבות לקידום למידה משמעותית בכימיה

ד"ר אורית הרשקוביץ, ד"ר מלכה יאיון.....20

הארי פוטר, השיקוי וכדור הסניץ' במשחק הקווידיץ

לייקה גרנות, ורד כבשנה ברטל.....28

כימיה בגני ילדים בחסות תלמידי תיכון "רוטברג" רמת השרון

ערן שמואל, קרן מנדה פרץ וסינתיא גילעם.....30

כנסים

"תכנית חיסכון" - השתתפות בית ספר על-יסודי אלקאסמי-באקה אלגרבייה בפרויקט "יש לנו

כימיה" - סיפור ניצחון!

אפראח עאסי.....32

גז טבעי - כימיה וחברה - הכנס השנתי למורי הכימיה

שרה אקונס, זיוה בר-דב, מלכה יאיון, אורית הרשקוביץ (טכניון).....37

מורים מצטיינים

הנימוקים לפרס לזוכה: ד"ר שרית ברגר

פינת השאלה היפה

בנו-חלקיקים ומעגל חשמלי על הנייר - משימת אוריינות

יוליה שמש.....41

לזכרם

דברים לזכרה של מרים פופוביץ

רוזה גולובצ'יק.....45

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

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 שוורץ, קבוצת
הכימיה, המחלקה להוראת המדעים,
מכון ויצמן למדע.

יעוץ מדעי: פרופ' ליאור קרובניק

יעוץ פדגוגי: ד"ר רחל ממלוק-נעמן

עריכה לשונית: נדון קלברמן

גרסת אינטרנט: ד"ר שלי ליבנה

איורים ועיצוב גרפי: מור מוריה-שיפוני

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
שבחברת זו. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא
בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט אלא
ברשות מפורשת בכתב מהמו"ל.



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

דבר המערכת

כתב העת "על כימיה", הנו חלק מפעילויות המרכז למורי הכימיה שמטרתו לקדם ולפתח את מורי הכימיה בישראל, וכפועל יוצא מזה גם לשדרג את ההוראה שלהם. הכול כדי לקדם את מקצוע הכימיה בבתי ספר ולהרחיב את שיעור הבחירה במקצוע זה. רובו של כתב העת "על כימיה" תורם להשגת מטרה זו. במדורים השונים תוכלו למצוא מאמרים שיכולים להעשיר אתכם בתחום התוכן, בתחום הפדגוגי, בתחום הפדגוגי-תוכני וכן להעשרה כללית.

במדור "חזית המדע" מעניין לפגוש דיווח על חומרים מרוכבים המשתלבים במערכות הגנה חדשניות. במאמר "הדרך לננוטכנולוגיה - בעקבות החומרים המרוכבים של מחר" חושף אותנו ד"ר נאום נווה לתפקידן ההולך וגדל של ננוצימוריות פחמן ומתמקד באפיין חוזקן של ננו-צימוריות אלו.

גם הפעם ניכרת תרומתם של המורים מן השטח למדור "פעילויות". מורים משתפים את הקוראים בפעילויות-כיתה לגיוון ההוראה, להעלאת המוטיבציה של התלמידים ולקידום מקצוע הכימיה. בפעילויות אלו מציבים את התלמידים במרכז העשייה ויוצאים מתוך שבלונת הכיתה ה"מרובעת" של מורה, לוח-גיר ותלמידים: הוראה בדרך החקר ברוח TEMI, "הארי פוטר, השיקוי וכדור הסניץ' במשחק הקוודיץ" מאת גרנות לייקה וברטל ורד; פעילויות ממוחשבות לתלמידים ביישומונים וכן בגוגל-דוקס להמחשה ולהפעלה של התלמידים בדרכים מגוונות; עידוד תלמידים להשתתף בתחרות "יש לנו כימיה" על-ידי "תכנית חיסכון" שמציעה להם המורה אפראח עאסי; על ההמלצה להפעיל תלמידים במסגרת המחויבות האישית/קבוצתית בכיתה יוד כדי שיעבדו עם ילדי הגן בנושאי מדע - תוכלו לקרוא בכתבה "כימיה בגני ילדים בחסות תלמידי תיכון "רוטברג" ברמת השרון". את הפעילות הזו מציעים מורי צוות הכימיה של התיכון, ערן, קרן וסינתיה.

פינת השאלה היפה מציגה שאלת unseen "ננו-חלקיקים ומעגל חשמלי על הנייר" שחיברה המורה יוליה שמש, שאלה אחת מיני רבות שפותחו במסגרת הקורס "כימטק". כל השאלות מופיעות באתר של המרכז הארצי למורי הכימיה.

בגיליון תמצאו התייחסות למספר אירועים כמו: הכרזה על המורה המצטיינת שרית ברגר, זוכת הפרס על-שם נעמה גרינשפון ז"ל וכן דברים לזכרה של המורה לכימיה מרים פופוביץ ז"ל.

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

מערכת על-כימיה





כימיה - מדע פותח דלתות

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

מורים יקרים,

בדבריי הפעם אתייחס בקצרה לשלושה נושאים: הכנס הארצי של המורים לכימיה לשנת תשע"ו, משימות האוריינות-הכימיות המתוקשבות וקהילות המורים קרוב לבית.

כנס המורים הארצי

הכנס הארצי של מורי הכימיה שהתקיים בחנוכה, היה הצלחה חסרת תקדים. 330 מורים לקחו חלק בכנס. האולם היה מלא מפה לפה, החדרים הנוספים היו מלאים, כולכם גיליתם עניין רב בנושא הכנס - גז טבעי. הכנס היווה פתיחה לתהליך ארוך שיתקיים בשנים הקרובות ושמוכוון להטמעת נושא הגז הטבעי בהוראת הכימיה. נושא שהוא אקטואלי מאוד ורלוונטי לכל אזרחי המדינה. בתהליך זה תכירו אתם ותלמידים את הנושא ותבינו את האספקטים המדעיים-כימיים הקשורים בו.

משימות האוריינות-הכימיות המתוקשבות

קריאת טקסטים מדעיים, מיומנויות המאה ה-21, כימיה, מיומנויות חקר, סרטונים, אנימציות וסימולציות - מה מחבר את כולם ביחד? כולם מהווים חלק אינטגרלי, חשוב ומהותי מאחד האתגרים החשובים בהוראת הכימיה בימים אלו: הטמעת משימות האוריינות הכימיות המתוקשבות והשימוש במחשבים ככלי הוראה-למידה משמעותי ורלוונטי.

בשנה האחרונה פותחו שש משימות אוריינות מתוקשבות בכימיה על ידי הפיקוח על הוראת הכימיה. המשימות משלבות בתוכן את כל הנושאים והתחומים המוזכרים לעיל. כל המשימות המתוקשבות שפותחו תורגמו לערבית. משימות האוריינות מכוונות לכלל נושאי הלימוד בכימיה ולמגוון התלמידים.

מטרת העל של מהלך זה היא הגשת התכנים בלימודי הכימיה באופן עדכני ורלוונטי לחיים בעידן הנוכחי ובשילוב הטכנולוגיה. השימוש בחומרים שפותחו מאפשר לכם המורים להמחיש רעיונות מופשטים ולהדגים לתלמידים את עולם הנוכחיות העוסק במדע ברמת האטומים והמולקולות. מהלך זה מאפשר ויאפשר לתלמידים להבין את עולם הכימיה באופן מעמיק ומשמעותי.

בימים אלו אנו שוקדים על פיתוח ארבע משימות מתוקשבות חדשות שתכניהן חדשים ורלוונטיים. אתם, המורים ותלמידים, מוזמנים להשתמש במשימות האוריינות שכבר פותחו, ליהנות, להיות רלוונטיים ועכשוויים ולשתף את המדריכים ואת הפיקוח בתובנות ובחוויות שלכם.

קהילות מורים לכימיה קרוב לבית (קל"ב)

האם את/ה מורה יחיד/ה לכימיה בבית ספרך? האם את/ה רוצה לספר ולשתף בעשייה שלך בקרב התלמידים בעשייה שלך בכיתה? האם את/ה רוצה ללמוד ולהתחדש? האם חשוב לך לדעת לזהות את מקור הקשיים של תלמידך בהבנת הכימיה? אם תשובתך היא כן, אזי, אתם ואתם מוזמנים להצטרף לקהילת מורי הכימיה הקרובה למקום מגורכם - קהילת מורים קל"ב.

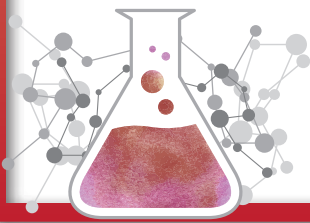
ארבע קהילות המורים שהחלו לפעול השנה (בשפרעם, ברעננה, בתל אביב ובבאר שבע) מרכזות פעילות של כ-100 מורים לכימיה מהצפון ועד לדרום. ההדים העולים מהשטח חיוביים ונלהבים מאוד. העשייה המשותפת, החשיבה המתמדת, הלמידה ההדדית, השותפות והרלוונטיות להוראה וללמידה - הם אלו התורמים להתלהבות שלכם המורים.

מהלך זה נמצא בראשיתו, ואנו עתידים להרחיב אותו בשנים הקרובות ולפתוח קהילות מורים נוספות קרוב לבית. אם אתם רוצים להיות חלק ממהלך זה, אתם מוזמנים לפנות למרכז הארצי למורי הכימיה ולהצטרף לחבורה מצוינת ומובילה של מורים לכימיה.

אני רוצה לאחל לכולנו המשך עשייה פורייה ומהנה המעצימה ומקדמת את מקצוע הכימיה בבית ספרכם ומחוצה לו.

כימיה - מדע בסיסי המהווה תשתית למדעים אחרים ותומך בהם!

דורית טייטלבוים



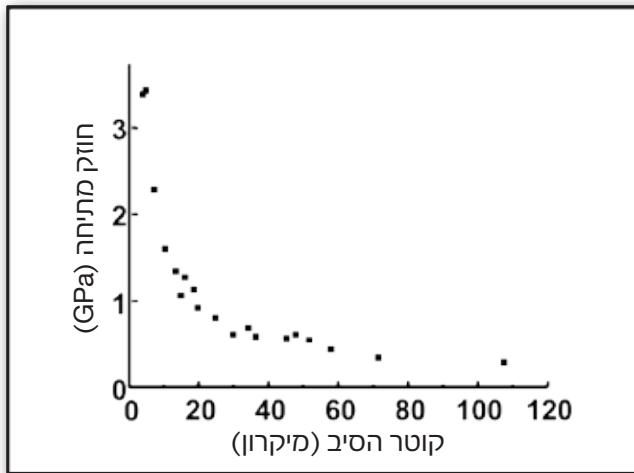


הדרך לננוטכנולוגיה בעקבות החומרים המרוכבים של מחר

ד"ר נאום נווה, המחלקה להנדסת פלסטיקה, שנקר בית ספר גבוה להנדסה ולעיצוב.

הם סיבי פחמן, זכוכית ואחרים, והשרפים הבולטים הם אפוקסי ופוליאסטר. אחד המאפיינים של הסיבים הוא קוטרם. קוטר הסיבים הנו מיקרומטרי, לרוב בטווח של 5 עד 10 מיקרונים, והם מסופקים כצמה או חוט בעל אלפי סיבים. סיבים אלה משמשים גם לייצור בדים ארוגים ואחרים שאותם מספיגים עם השרף ומקשים אותו לקבלת חומר חזק, קשיח וקל משקל. החוזק והקשיחות הגבוהים ליחידת משקל (המונח ההנדסי: חוזק ומודול סגוליים, ראו בטבלה 1) מקנים לחומרים אלה יתרון ברור בתכנון מערכות לתעופה וחלל ומערכות קרקעיות וימיות מונעות, שכן המשקל הנמוך מתבטא בחיסכון אנרגטי. כך למשל בלוויינים, משגרים, טילים, רק"מ וספינות - חומרים מרוכבים משתלבים יותר ויותר בבנייתם. בעולם התעופה רואים עלייה חדה באחוז

חברות בטחונות בארץ ובעולם מפתחות מערכות הגנה מרשימות מאוד. הטכנולוגיות המשולבות במערכות ההגנה, ההנחיה, הבקרה והתקשורת מקנות ביטחון ויכולת מבצעית, ולא פעם מובילות את המגמות הטכנולוגיות אשר מיושמות שנים לאחר מכן בתעשיות האזרחיות. אולם כל המערכות המבצעיות, גדולות כקטנות, בנויות מרכיבים שרובם ככולם מיוצרים מחומרים קונבנציונאליים, לרוב ממתכות כמו אלומיניום או פלדה, ולעתים מחומרים מרוכבים. מציאות זו נכונה גם בתעשיות אחרות. חומרים פלסטיים משתלבים היטב בפנים הרכב, אך עפ"י רוב המרכב עשוי מתכת. החומרים המרוכבים, שעשויים סיבים ושרף (פולימר) שעוטף ומחזיק אותם יחד, התפתחו בחמישים השנים האחרונות, ויתרונם במשקל הנמוך והחוזק הגבוה. הסיבים



איור 1. הניסוי של Griffith. הסיב הדק ביותר בניסוי זה היה בקוטר 3.3 מיקרון⁽²⁾.

מאוד, ערכים של מספר אלפי GPa נמדדו בניסויי לחיצה של סיב בודד תחת מיקרוסקופ אלקטרוני, כאשר המודול הגבוה ביותר של סיב פחמן מסחרי הנו כ- 800 GPa. סיבים אלה נבחנו כתוסף לשרף בחומרים מרוכבים על בסיס פחמן/אוקסי, אך התרומה לתכונות המכניות מוגבלת בין היתר בשל הקושי לפזר אותם. מעבר לכך חומרים מרוכבים עם סיבים רציפים מצטיינים בתכונות מכניות יציבות לאורך זמן (הרפיית מאמצים, זחילה). תכונות רבות כדוגמת חוזק מתיחה ומודול אלסטיות מוכתבות ע"י הסיבים הרציפים, והוספת סיבים קצרים לשרף, חזקים ככל שיהיו, לא ישפרו תכונות אלה. מכאן ברור שיש לפתח תהליכים לייצור סיבי ננו רציפים.

מזה מספר שנים מדווחים על גידול סיבי פחמן ננומטריים באורך של מספר מילימטרים, ובשנת 2013 דיווחו חוקרים על סיב בודד שגדל לאורך של 550 מ"מ (כחצי מטר!)⁽⁴⁾. עם זאת אם הסיבים ארוכים מספיק כדי להשתלב זה בזה כמו בחוט, אפשר יהיה לטוות חוט ארוך מאוד עשוי סיבים ננומטריים. טכנולוגיה זו נמצאת בתחילת הדרך, ויש גם בארץ חברה שמפתחת חוטים רציפים ובדים על בסיס סיבים ננומטריים.⁽⁵⁾

חלקיקים ננומטריים כבר משתלבים בתעשיות שונות. חלקיקי WS₂ בגודל של עשרות ננומטרים משמשים כתוספים לשמנים ונוזלים הידראוליים, וריכוז נמוך מאוד שלהם גורם לירידת מקדם החיכוך ומשפר את ביצועי המנוע ברכב שלכם.⁽⁶⁾

מוצרי ספורט מכילים ננו-סיבים כדי לשפר תכונות מסוימות ו/או כמקדם שיווקי נהדר, כך גם בעולם הקוסמטיקה,

המשקלי שהחומרים המרוכבים מהווים מכלל משקל הכלי. כך למשל, מבנה מטוס הקרב F15 עשוי 2% בלבד (משקלי) של חומרים מרוכבים, מבנהו מבוסס על אלומיניום (50%) וטיטניום (30%). לעומתו, ה-F18 החדיש יותר עשוי 20% חומרים מרוכבים, וב-F35 שחיל האוויר עתיד לקבל, זה כבר מגיע ל-42%⁽¹⁾.

גם בתעופה האזרחית זה קורה. מרכיב החומרים המרוכבים במטוסי ה-Boeing 747 Jumbo של חברת Boeing היה קטן מ-5%, ואילו המטוס החדיש מדגם 787 (ה-"Dreamliner") עשוי 50% חומרים מרוכבים.

חומרים מרוכבים בפרט וחומרים פלסטיים בכלל תופסים נתח הולך וגדל גם בשוק הרכב, וככל שתהליכי הייצור משתכללים ומוזלים, חומרים אלה יחליפו את פח המרכב בזכות העמידות הגבוהה לקורוזיה והמשקל הנמוך.

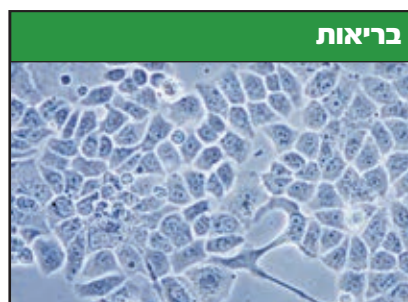
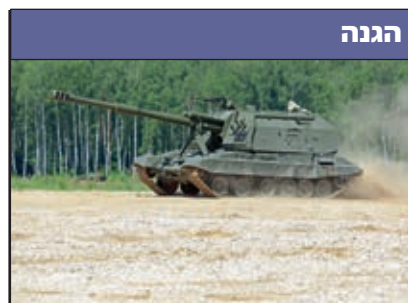
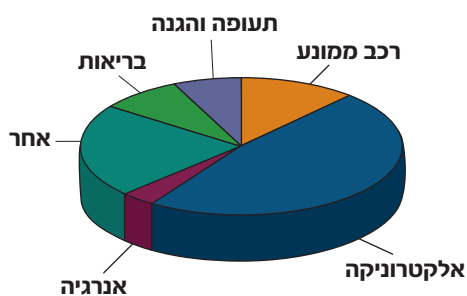
הקוטר המיקרוני של הסיבים מכתוב את החוזק שניתן לקבל כיום מחומרים מרוכבים עם סיבים רציפים. חוזקם תלוי וגם מוגבל ע"י הפגמים המופיעים בחומר, בצורת סדקים, סדקונים ופגמים אחרים. סטטיסטית, ככל שהגודל האופייני של הסיבים יורד, כך קטן הסיכוי להימצאות פגם. הראשון שביטא קשר זה בצורה מתמטית היה Griffith, אשר ב-1921 ניסח את המשוואה הקרויה על שמו. Griffith חקר את השפעת הקוטר על החוזק של סיבי זכוכית וגילה שהחוזק עולה עם הירידה בקוטר, כפי שמוצג באיור 1.⁽²⁾ הוא לא יכול היה לבדוק סיבים בקוטר קטן ממספר מיקרוני, כי זה מה שהיה זמין בזמנו, אבל השאלה הלגיטימית הייתה ועודנה "מה עשוי להיות חוזקם של סיבים בקוטר קטן עוד יותר, ננומטרי?" החוזק התאורטי של סיב זכוכית הנו 11 GPa (גיגה-פסקל), ערך עצום כשלעצמו, והוא גבוה בסדרי גודל מזה של כל חומר ידוע. זה שנים החוקרים שוקדים על פיתוח תהליכים להכנת סיבים בקוטר ננומטרי, מתוך הבנה כי זה יביא את הדור הבא של הסיבים, ובראייה רחבה - את הדור הבא של החומרים המרוכבים.

סיבי פחמן בקוטר ננומטרי דווחו לראשונה במאמר על שיקוע קטליטי מפזה גאזית ב-1952, אך רק בשנות התשעים החלו להופיע מאמרים על סינתזה וגידול סיבי פחמן ננומטריים. רוב העבודות עד כה מעידות על סיבים בקוטר של כמה עשרות ננומטר אך אורך מוגבל למיקרוני בודדים. עם זאת נמדד חוזק של 150 GPa (הערך התאורטי 300 GPa)⁽³⁾ בעוד סיבי פחמן מסחריים מגיעים לכ-7 GPa "בלבד" (ערך זה עדיין גבוה בסדר גודל מזה של פלדה...). גם מודול האלסטיות גבוה

טבלה 1. חוזק סגולי ומודול סגולי של חומרים מרוכבים בהשוואה למתכות.

חוזק סגולי	מודול סגולי	החומר
0.37	1.06	Steel 4130
0.79	1.02	Aluminum 7075-T6
2.14	0.93	Glass/Epoxy
4.00	2.20	Kevlar/ Epoxy
4.39	3.54	Carbon/Epoxy

תחזית השימוש בנו-צינורות פחמן בתחומים שונים עד שנת 2020



איור 2. תחזית 2020 של גידול השווקים בעקבות שימוש בסיבי פחמן ננומטריים.

מקורות

1. CompositesWorld, compositesworld.com, May 2, 2011.
2. Griffith, A. A. (1921), "The phenomena of rupture and flow in solids", Philosophical Transactions of the Royal Society of London, A 221: 163–198.
3. Demczyk, B.G.; Wang, Y.M; Cumings, J; Hetman, M; Han, W; Zettl, A; Ritchie, R.O (2002). "Direct mechanical measurement of the tensile strength and elastic modulus of multiwalled carbon nanotubes". Materials Science and Engineering A 334 (1–2): 173–178.
4. Zhang, R.; Zhang, Y.; Zhang, Q.; Xie, H.; Qian, W.; Wei, F. (2013). "Growth of Half-Meter Long Carbon Nanotubes Based on Schulz–Flory Distribution". ACS Nano 7 (7): 6156–61.
5. TorTech Nano Fibres Ltd, a joint venture between Plasan and Q-Flo, a spin-off of the University of Cambridge. See www.plasan-na.com/tortech-carbon-nano-tube-technologies/
6. Rapoport, L.; Fleischer, N.; Tenne, R. (2003). "Fullerene-Like WS₂ Nanoparticles: Superior Lubricants for Harsh Conditions". Adv. Mater.15, 651-655.
7. Scientific American, July-August 1997.
8. "What's the European Space Elevator Challenge?". European Space Elevator Challenge, April 21, 2011.

החקלאות, מוצרי צריכה לבית (חלקיקי כסף ננומטריים מוספים לאטמי הגומי במקררים בשל הפעילות האנטי-בקטריאלית שלהם), לאריזות מזון ולחומרים תעשייתיים כגון דבקים, פלסטיק וצבע. תהליכי הייצור משתפרים כדי לאפשר הוספת חלקיקי הננו בצורה יעילה ובטוחה, והתקנים המחמירים בנושא בטיחות, גהות ואיכות הסביבה מלווים התפתחות זו בעין פקוחה. סקר משנת 2009 שהוזמן ע"י Boeing צופה גידול בשווקים שונים בהיקף טריליון דולר (1000 מיליארד) בזכות השימוש בננו-חלקיקים, מתוך זה 70 מיליארד בתעשיית התעופה והחלל, כאשר סיבי פחמן ננומטריים בלבד יתרמו לגידול של כ-10 מיליארד דולר בהיקף הפעילות. ראו איור 2.

אולם, המהפכה הבאה בתחום המבנאות (רכיבים נושאי עומס) תגיע כאשר נשכיל לתרגם את התכונות המכניות האדירות של הסיבים הננומטריים לכדי רכיבים של מכוניות, מטוסים, ספינות, גשרים ובניינים, וזה יביא לחיסכון באנרגיה, טווח מוגדל וחוזק גבוה מספיק כדי לחשוב על יישומים שכיום נראים דמיוניים. רעיון המעלית לחלל, למשל, שאינו חדש, קיבל פרסום לאחרונה בזכות סיבי הפחמן הננומטריים. מעלית כזו, שתאפשר למעבורות לעגון בקצה הרחוק ולהעלות נוסעים, תחווה כוחות גבוהים מאוד בגלל הכוח הצנטריפוגלי (המעלית צריכה להסתובב יחד עם כדור הארץ), ושום חומר ידוע אינו יכול לשאת בכוחות אלה. הסיבים הננומטריים מאפשרים לראשונה לחלום על יישום מסוג זה, לפחות ברמה העקרונית, כי רק להם החוזק הנדרש. איור קונספט של המעלית לחלל על בסיס סיב פחמן פורסם בשער הירחון American Scientist בשנת 1997 (האיור שבשער הכתבה מבטא אותו רעיון). מספר תחרויות אורגנו, ובמסגרתן הוצעו פרסים למי שיפתחו תשתית מתאימה.⁽⁷⁾ תחרות טיפוס על כבלים ייעודיים מתקיימת מדי פעם בחסות המכון לתעופת חלל באוניברסיטה הטכנית במינכן, גרמניה.⁽⁸⁾

הרעיון מציב בפני חוקרים ומהנדסים את האתגר לפתח חומרים חזקים יותר בעלי עמידות תרמית שיחליפו את החומרים המרוכבים של היום בדרך לחלל, למעמקי הים או סתם לשם נסיעה כיפית ברכב החסכוני של מחר.



רַגְלֵת-הַגִּינָה: רפואה*, כימיה ואוכל

ד"ר ענד עזב, חוקר באגודה הגליל ומרצה על הכימיה של צמחי מרפא במכללת רידמן.

מבוא

רגלת הגינה היא אחד הצמחים הנפוצים ביותר בעולם, וכל מי שטייל כאן בארץ בשטחים חקלאיים או בשדות בור של אדמות כבדות, נתקל בצמח יפה זה. קשה מאוד להחמיץ צמח זה משתי סיבות עיקריות: ראשית, שיא הפריחה של רגלת-הגינה הוא בסביבות סוף חודש יולי, כשרוב פרחי הבר כבר קמלו. שנית, עלי הצמח וגבעוליו בשרניים ועשירים במים דבר שהופך אותם לבולטים יותר על רקע היובש של עונת הקיץ. כילד ראיתי את אמי מכינה כמה מאכלים (ראו בסוף המאמר) מרגלת-הגינה שגדלה בערוגות הירק סביב בית הוריי. היא גם חתכה את הצמח דק והוסיפה אותו לאוכל התרנגולות בטענה שכך טעם הביצים משתפר. סבי (ז"ל) הכין חליטה מרגלת-הגינה, ולכך גם נתייחס בהמשך. כיום קיימים כמה זני תרבות שפותחו בעיקר למטרות נוי, ואליהם לא נתייחס כאן.

רגלת-הגינה: תעודת זהות⁽¹⁾

שם עברי: רגלת הגינה (מקורו במשנה)

שם מדעי: *Portulaca oleracea*

שמות ערביים: בקלה (بقله), רג'לה (رجله).

פרפחינה (فرفحينه), השם הנפוץ אצל הערבים בישראל שמקורו בארמית).

צמח חד-שנתי הגדל בבתי גידול מוצלים ונחשב לאחד משמונת מיני הצמחים הנפוצים ביותר בעולם. באדמות מלוחות מסוגל צמח זה לקלוט כמויות גדולות של נתרן בלי להינזק, ולכן מתחריו מעטים מאוד.

* **מילת אזהרה והסרת אחריות:** במאמר מובאים ציטוטים של מחקרים רפואיים מודרניים ושל שיטות טיפול מסורתיות. אין באמור המלצה רפואית כלשהי לשימוש בחומר המובא במאמר או בציטוטים שבו, ואין ולא תהיה למחבר המאמר אחריות כלשהי לתוצאות של שימוש ישיר או עקיף בחומר המופיע בו.

רפואה עממית

רפואית של רגלת-הגינה. במאמר קצר וממצה סקרה קבוצת חוקרים מהודו את הפעילויות הרפואיות של רגלת-הגינה (בנוסף להרכב הכימי, רפואה מסורתית ותזונה) שדווחו עד אותה שנה והן כללו: פעילות אנטי-חיידקית, נוגדת-חמצון, חיזוק הכליות, מניעת הצטברות שומנים בדם, מניעת דלקת מפרקים, מניעת סוכרת, הגנה על הכבד, ניקוי מערכת השתן, הגנה על מערכת העצבים ופעילות אנטי-דלקתית. (13) מחקר שפורסם ע"י צמד חוקרים מפקיסטן מאמת את השימוש המסורתי שנהוג לעשות ברגלת-הגינה: להוסיף אותה לאוכל של בעלי חיים, בעיקר של תרנגולות. (14) נמצא כי כאשר צמח מוסף לתפריט של חיות משק, הוא פועל כמעודד גדילה (Phytogenic) שלא על בסיס אנטיביוטי.

בין הדיווחים המפתיעים שהופיעו בשנת 2013 ושהתייחסו לסגולות של רגלת-הגינה היה מחקרם של N. Parvin ושותפיו שדיווחו על שיפור במצבם הנפשי של חולי סכיזופרניה (שסעת) כתוצאה משימוש (דרך הפה) בתמצית של הצמח. (15) דיווח לא פחות מפתיע, מעניין ובעל פוטנציאל יישומי גדול בתחום איכות הסביבה הגיע כפרי עבודה משותפת של מדענים מאנגליה ומאיחוד האמירויות: מיצוי של היון הרעיל והמחמצן Cr^{+6} מקרקעות מזוהמות בעזרת גידול של רגלת-הגינה, שהיא כפי שכבר הקדמנו, צמח סובלני ביותר למלחים. (16) ונחתום במחקר עם חולדות שקיבלו טיפול לעודף כולסטרול. נמצא שמתן תמצית כוהלית של רגלת-הגינה לחולדות אלה הפחיתה באופן ברור את רמת הכולסטרול בדמן. (17)

משקל עודף והשמנת-יתר הם אחת מבעיות הבריאות הקשות ביותר בעידן המודרני, במיוחד במדינות מפותחות. קבוצת חוקרים מאיראן מצאה כי הוספת רגלת-הגינה לתפריט על בסיס קבוע, עוזרת במניעת התפתחות השמנת יתר, לרבות אצל ילדים. (18) אחת השיטות המעולות להימנע מעודף משקל היא שמירה על אורח חיים ספורטיבי. וגם כאן רגלת-הגינה נמצאה מועילה לספורטאים. קבוצת חוקרים מסין מצאה כי רב-סוכרים הנמצאים בצמח זה משפרים את הסיבולת ועוזרים לצמצם את העקה החמצונית (Oxidative stress) אצל עכברים שאולצו לשחות. (19) נחתום את סקירת המחקרים הנבחרים משנת 2014 בשני מחקרים של קבוצות חוקרות מהעולם הערבי. חנאן עבדאלעזיז ושותפותיה (מצרים) סקרו (שוב) באופן יסודי את ההרכב הכימי של רגלת-הגינה ובדקו ומצאו השפעה חיובית מובהקת של תמצית (מימית) של צמח זה בכל אחת מהקטגוריות הבאות: תפקוד אניזמי הכבד, רמת שומנים בדם והפחתת עקה

שימושי רגלת הגינה ברפואה העממית הם רבים מאוד וידועים כמעט לכל עמי כדור-הארץ, פרט לדרומיים ביותר, שם הצמח אינו גדל. חיפוש בספרות יגלה שהצמח עצמו, חליטות ממנו, זרעיו, בישולו ביין, בשמן וכד' נפוצים מאוד, וקיימים עשרות שימושים רפואיים למרקחות אלה. (2) ברפואה הערבית המסורתית חליטה של רגלת הגינה או לעיסת הצמח עצמו שימשו לחיטוי הפה ולהרחקת טפילים ממערכת העיכול. (3) בנוסף לכך במזרח התיכון מוזכרים שימושים כמו שיכוך כאבי ראש, טיפול בכאבים בדרכי הנשימה וטיפול במערכת השתן. (4) פדים המכילים את רגלת-הגינה ומלח נקשרים סביב כפות הרגליים לטיפול בשפעת (5), ולעיסת הצמח מחזקת את החניכיים. (6)

ההרכב הכימי והחומרים הפעילים ברגלת-הגינה

ההרכב הכימי של רגלת-הגינה נבדק בעשרות מחקרים. בחלק ממחקרים אלה נבדק ההרכב הכימי של החומרים בצמח כפי שעושים לכל צמח על פני כדה"א, וזאת בעיקר על מנת למפות את החומרים הכימיים, לגלות חומרים חדשים ולהניח את היסודות לשימושים עתידיים בחומרים אלה. (7,8,9,10) בטבלאות 1-3 מופיע ההרכב הכימי של רגלת-הגינה.

פעילות ביולוגית-רפואית של רגלת-הגינה או תמציות שלה

בחלק זה נסקור את הפעילות הביולוגית-רפואית של הצמח עצמו או של תמציות שלו ולא של חומר מסוים שבודד ממנו, כפי שדווחו בספרות המדעית. למעשה, מדובר בשטף עצום של מאמרים המגיעים מכל חלקי העולם, ולכן אנו נתמקד במחקרים עדכניים ביותר בעלי עניין רחב ככל האפשר או בעלי עניין מיוחד הראוי לתשומת לב.

כהמשך לשימוש ברפואה המסורתית של רגלת-הגינה להקלה על גודש בדרכי הנשימה, נמצא כי הצמח אכן מדכא שיעול בדומה לפעילות הרפואית של חומרים נרקוטיים כמו קודאין, שלשימוש בהם יש תופעות לוואי קשות. (11) קבוצת חוקרים מדרום-קוריאה (12) דיווחה כי רגלת-הגינה יכולה לעכב את הפעילות של הצטוקין (חלבון) $TNF-\alpha$ שעלול לגרום לתמותת תאים ע"י פגיעה בדופן הפנימית (אנדותרל) של כלי הדם. שנת 2013 הייתה שנת ההתחלה של שטף הדיווחים המדעיים אודות הפעילות הביולוגית-

טבלה 1. אבות מזון וחומרים כימיים אחרים הנמצאים בריכוז (ממוצע) משמעותי ברגלת-הגינה (mgr/L)^{a,b}.

ריכוז (mgr/L)	חומר	ריכוז (mgr/L)	חומר	ריכוז (mgr/L)	חומר
43040	אשלגן	300	אלקלואידים	32	אבץ
1538	גלוטאמין *c	3465	גפרית	238	ברזל
9235	חומצה אוקסאלית	4030	זרחן	6280	ויטמין-C
5100	חומצת לימון	30000	חומצות-ω-3	5100	חומצה מאלית
4015	כלור	1196	טוקופרול °	136500	חלבונים (ראו טבלה 2)
11	נחושת	2500	L-נוראדריןלין °	9685	מגנזיום
10790	סידן	72550	סיבים	4440	נתרן
32450	שומן (ראו טבלה 3)	2331	β-קרואטן	333750	פחמימות

* מים מהווים 91.2%-95% ממסת רגלת-הגינה.

** חומר זה נמצא ברגלת-הגינה בריכוז הגבוה ביותר מבין כל הצמחים שהרכבם הכימי ידוע. ראו סעיף ו בהמשך.

טבלה 2. חומצות אמיניות הנמצאות בריכוז (ממוצע) משמעותי ברגלת-הגינה (mgr/L).

ריכוז (mgr/L)	חומצה	ריכוז (mgr/L)	חומצה	ריכוז (mgr/L)	חומצה	ריכוז (mgr/L)	חומצה
5460	ארגינין	10185	אספארטית	6985	אלאנין	5965	איזולואיצין
6930	ולין	2695	היסטידין	5730	גליצין	17646	גלוטאמית
6925	ליזין	10390	לואיצין	1780	טריפטופאן	2310	טירוזין
6870	פרולין	6040	פנילאלאנין	4490	סרין	1452	מת'יונין
				4935	ת'ראונין	2150	ציסטאין

טבלה 3. חומצות שומן הנמצאות בריכוז (ממוצע) משמעותי ברגלת-הגינה (mgr/L).

ריכוז (mgr/L)	חומצה	ריכוז (mgr/L)	חומצה	ריכוז (mgr/L)	חומצה	ריכוז (mgr/L)	חומצה
33768	לינולנית	9475	לינולאית	2262	בהנית	1088	אולאית d*
1540	פלמיטולאית	6438	סטארית	74	מירסטית	42000	α-לינולנית
						9791	פלמיטית

* חלק מהחומצות הנ"ל נמצאות גם בזרעים של רגלת-הגינה, וריכוזיהן שם גבוהים הרבה יותר מאשר בחלקים הירוקים. לגבי חומצה אולאית, הריכוז בזרעים הוא (בממוצע) 49935mgr/L.

חמצונית ברקמת כבד פצועה.⁽²⁰⁾ הן גם מצאו שלאבקת הצמח המיובש יש פעילות אנטי-סרטנית. נידא פארשורי (סעודיה) ושותפותיה השתמשו בתמצית כוהלית של זרעי רגלת-הגינה וגילו גם הן פעילות אנטי-סרטנית (כבד) של תמצית זו.⁽²¹⁾

ואם עדיין לא עברנו את המחצית של שנת 2015 (נכון לזמן כתיבת מאמר זה), הרי שכבר התפרסמו כמה עבודות בנוגע לפעילות הביולוגית-רפואית של רגלת-הגינה, שנצטט רק שתיים מהן. חוקרים מקוריאה אישרו שוב את סגולות הצמח כאנטי-דלקתי.⁽²²⁾ שכניהם מסין בדקו את ההגנה שנותנת תמצית כוהלית של רגלת-הגינה מפני פגיעה של אצטאמינופן (פרצטמול), הלא הוא החומר הפעיל בתרופות רבות כמו אקמול, דקסמול וכד' ונמצא מתאם חיובי בין פעילות התמצית להגנה הנ"ל.⁽²³⁾

גלוטאת'יון, טוקופרול, L-נוראדרנילין: ההצטיינות של רגלת-הגינה

כפי שאמרנו בסעיף ד (טבלה 1), שלושת החומרים שבכותרת סעיף זה נמצאים בריכוז גבוה ביותר שלהם ברגלת-הגינה מבין כל הצמחים שהרכבם הכימי ידוע. לכל אחד משלושת החומרים מגוון עצום של פעילויות ביולוגיות-רפואיות, ולכן מובן מאליו שהמאמר הנוכחי איננו מתיימר לסקור ולו את הפעילות של אחד מהחומרים כפי שהיא מדווחת בספרות המדעית, אלא לתמצת דיווחים אלה ורק את הבולטים שבהם.

גלוטאת'יון (Glutathione) הוא תלת-פפטיד הבנוי משיירים של גליצין (Gly), קשורה דרך האמין), ציסטאין (Cys, יחידה מרכזית) וחומצה גלוטאמית (Glu) הקשורה דרך הקרבוקסיל הצדדי.

לגלוטאת'יון מגוון פעילויות ביולוגיות-רפואיות שהחשובה שבהן היא היותו נוגד-חמצון חזק ביותר (קבוצת SH).⁽²⁴⁾ פעילות חשובה ביותר של חומר זה שדווחה בספרות היא היותו סם-נגד (אנטידוט Antidote) להרעלה הנגרמת ע"י חלק מהמתכות הכבדות (Pb^{+2} , Hg^{+2} , Cd^{+2} , As^{+3}).⁽²⁵⁾ מנגנון הפעילות במקרה זה גם הוא פשוט, והוא מתבצע ע"י פילציה (Chelation, יצירת יונים מורכבים ע"י קשרים קואורדנטיים בין יוני המתכת הרעילה לזוגות אלקטרוניים בחומר הקושר שמתפקד במקרה זה כליגנדה, Ligand) של יוני המתכות הרעילות. בין יתר הפעילויות הנוספות של גלוטאת'יון: עיכוב ACE (Angiotensin-converting enzyme), ובכך הוא מוריד לחץ דם,⁽²⁶⁾ מונע אקזמה (חככת),⁽²⁷⁾ מונע

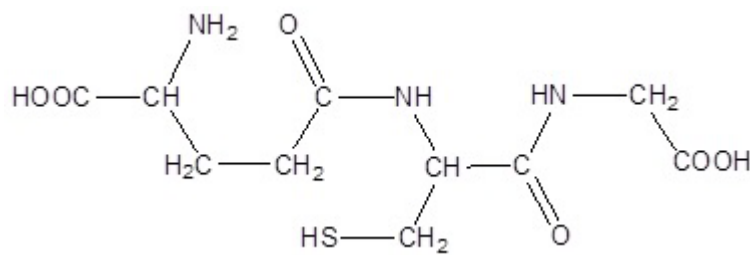
דלקת כבד (Hepatitis)⁽²⁸⁾ ומונע סרטן.⁽²⁹⁾

טוקופרול (Tocopherol) הוא למעשה שם משפחת חומרים שהם ויטמין-E (משפחה). לחומר זה מגוון עצום של פעילויות ביולוגיות-רפואיות (קרוב לתשעים, עד עכשיו) שונות, ולכן נזכיר את החשובות והמיוחדות ביותר.

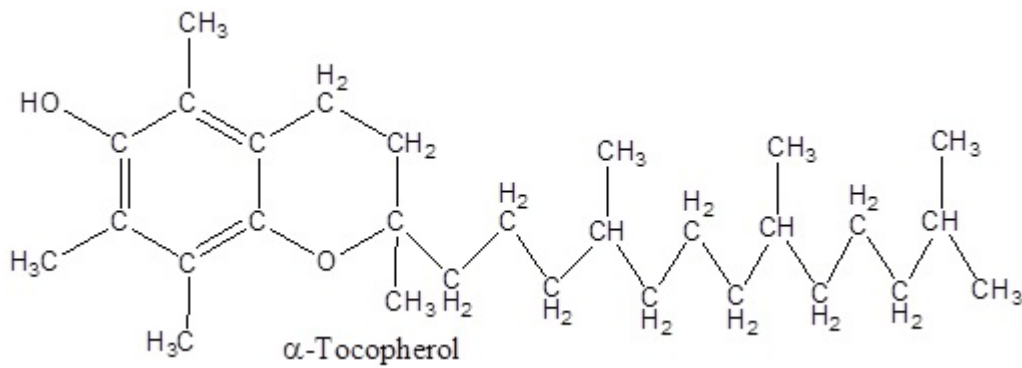
הפעילות החשובה ביותר של חומר זה, המתרחשת בגוף האדם ושממנה נגזרות כמעט כל הפעילויות האחרות, היא כושרו של החומר כנוגד חמצון מעולה.⁽³⁰⁾ למרות שתכונה זו של החומר תורמת רק מעט לשיכוך כאבים, בעיקר ע"י מניעת דלקות,⁽³¹⁾ הרי הוא נמצא כחומר אנטי-דלקתי יעיל ביותר (גם α -טוקופרול)⁽³²⁾ גם במניעת מחלת הפארקינסון⁽³³⁾ וסרטן השד.⁽³⁴⁾ לגבי הדיווחים הבאים, אין ראיות חותכות שהפעילות נוגדת החמצון של החומר היא האחראית להן, ולמרות זאת יש יסוד סביר להניח שפני הדברים אכן כך: מניעת קטרקט,⁽³⁵⁾ מניעת סוכרת,⁽³⁶⁾ ולא פחות מפתיע - הגברת הפוריות הנשית⁽³⁷⁾ והגברית,⁽³⁸⁾

נוראדרנילין (Noradrenaline, Norepinephrine) הוא הורמון ומוליך עצבי האחראי בעיקר על יכולת המוח להתרכז, וזאת בשונה מדופאמין (Dopamine), שגם הוא מוליך עצבי האחראי על היכולת להבין ולנתח. דופאמין הוא הקודמן (Precursor) של נוראדרנילין, והוא מיוצר מהחומצה האמינית (לא חלבונית) L-דופא (L-Dopa) המיוצרת מהחומצה האמינית (החלבונית) טירוזין (Tyrosine), כפי שמופיע בתרשים 3.⁽³⁹⁾ לנוראדרנילין מגוון גדול של פעילויות עצביות-מוחיות, שנזכיר כאן את העיקריות שבהן.

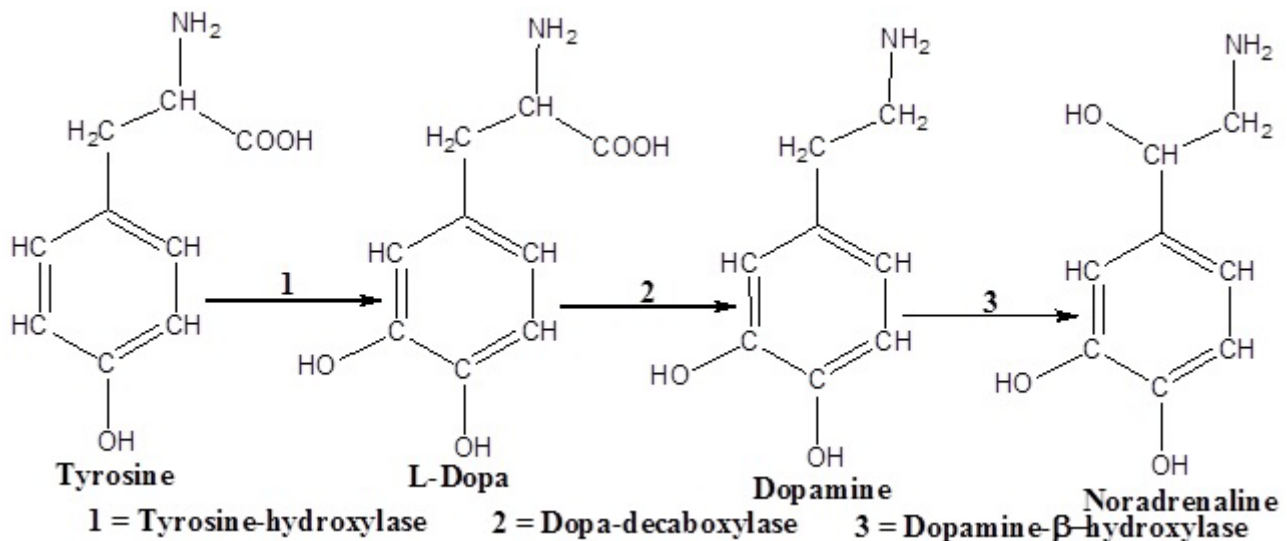
כבר בשנות החמישים המוקדמות של המאה הקודמת נודעו תכונותיו של נוראדרנילין כמכווץ כלי דם (Vasoconstrictor) ובכך תורם להעלאת לחץ הדם, והוא מהווה טיפול פוטנציאלי לסובלים מלחץ דם נמוך (Hypotension).^(40,41,42) עשור מאוחר יתר גילו Feng ושותפיו מג'מייקה את הריכוז הגבוה של נוראדרנילין ברגלת-הגינה, והם ייחסו לחומר זה את הטיפול במחלות לב שונות ברפואה המסורתית המקומית.⁽⁴³⁾ אבל עם ההבנה שהלכה והעמיקה שהחומרים בתרשים הקודם הם בעלי תפקידי מפתח במוח/במערכת-העצבים, התחיל מחקר מסיבי שנמשך עד ימינו בנוגע לסגולות הרפואיות של נוראדרנילין. אחת העבודות הראשונות בתחום זה דיווחה על טיפול מוצלח בהלם קשה בעזרת



איור 1. גלוטאת'יון (Glutathione)



איור 2. טוקופורול (Tocopherol)



איור 3. נוראדריןלין (Noradrenaline, Norepinephrine)

מקורות

1. אלון, ע. (עורך); החי והצומח של ארץ ישראל; כרך 10: תל-אביב: משרד הביטחון והחברה להגנת הטבע; 1982
2. קריספיל, ג.; ילקוט הצמחים; כרך 4: ערד: יערה; 1988
3. ידע אישי של המחבר
4. פלביץ' ד., יניב, ז.; צמחי המרפא של ארץ-ישראל; כרך ב'; תל-אביב: מודן בע"מ; 1991
5. ח'ליפה, א.; הצמחים: בית המרקחת של הטבע; קזבלנקה: המרכז התרבותי הערבי; 2004 (خليفه, أ.; النباتات: صيدليه الطبيعه; الدار البيضاء: المركز الثقافي العربي; 2004)
6. ערמוש, ה., אל-עומרי, מ.; הצמחים בספר; דמשק: בית-האוצרות; 2004 (عرموش, ه., ال-عومري, م.; الأعشاب في كتاب; دمشق: دار النفائس; 2004)

החומר.⁽⁴⁴⁾ ואם לא די בכך, הרי שדופאמין - הידוע בתפקידיו המכריעים במערכת העצבים (מבין כל הצמחים נמצא בריכוז הגבוה ביותר בבננה) ומשמש כאחד החומרים העיקריים לטיפול בהלם - הושווה לנוראדרינלין בעבודה שהתפרסמה באחד מעיתוני הרפואה החשובים ביותר בעולם.⁽⁴⁵⁾ התוצאה העיקרית של המחקר שפורסם ב-*New England Journal of Medicine* ע"י De Backer ועמיתיו היא שלא רק שנוראדרינלין איננו נופל מדופאמין בעילותו בטיפול במערכת עצבים שעברה טראומה, אלא שבטיפול בו נרשמו פחות תופעות לוואי שליליות (כמו מוות). בשנים האחרונות מתפתח תחום טיפול חדש בעזרת נוראדרינלין: טיפול בחולי דיכאון.⁽⁴⁶⁾

ד"ר עבד עזב, מורה לכימיה בב"ס עירוני ד' תל-אביב-יפו וחוקר באגודת הגליל. הערות יתקבלו בברכה: abedazab@gmail.com

עכשיו לאוכל (3)

סלט ירוק מרגלת-הגינה: זה אחד הסלטים האהובים עליי ביותר. לצערי, הוא איננו מוגש במסעדות בארץ, אבל בירדן ובטורקיה למשל, הוא סלט מקובל מאוד, ויש מסעדות שמכינות אותו כך שהוא תאווה לך.



- כ-200 גרם רגלת-הגינה (עלים וגבעולים) חתוכה בינוני (לא דק מדי, ייווצר חומר דביק).
- חצי כוס פטרוזיליה חתוכה דק.
- כפית שמיר חתוך דק.
- לימון לפי הטעם (יש לזכור שלרגלת-הגינה עצמה שגדלה בר יש טעם חמצמץ טבעי).
- מלח לפי הטעם.

חביתת רגלת הגינה:

- מטגנים כ-200 גרם רגלת-הגינה (עלים וגבעולים) חתוכה בינוני בכפית שמן זית עד שהגבעולים מתרככים.
- מוסיפים כפית נענע חתוך דק וארבע-חמש ביצים שנטרפו בכלי נפרד מראש.
- מערבבים מיד אחרי הוספת הביצים כדי לקבל תערובת אחידה ונותנים לחביתה להתבשל על אש נמוכה כעשר דקות.
- מוסיפים לביצים הטרופות מלח לפי הטעם לפני שמכניסים אותן לרגלת-הגינה.
- בתחילת הטיגון מומלץ מאוד להוסיף עם רגלת-הגינה פלפל חריף אחד חתוך דק (אבל חריף, לא כאילו חריף. אני מוסיף שלושה. לחילופין, כף גדושה של סחוג אבל הטעם נפגע).

26. Jurima-Romet, M., et al.; *Toxicol. In Vitro*; 8(4); 1994; 529-31
27. Sarumathy, K., et al.; *Int. J. Pharm. Sci.*; 1(5); 2011; 164-172
28. Paracha, U., et al.; *Virol. J.*; 10(251); 2013; 1-9
29. Balendiran, G., et al.; *Cell Biochem. Funct.*; 22(6); 2004; 343-52
30. Kontush, A., et al.; *J. Lipid Res.*; 37(7); 1996; 1436-48
31. Edmonds, S., et al.; *Ann. Rheum. Dis.*; 56(11); 1997; 649-55
32. Reiter, E., et al.; *Mol. Aspects Med.*; 28(5-6); 2007; 668-91
33. Shoulson, I.; *Ann. Neurol.*; 44(3,1); 1998; S160-6
34. Kline, K., et al.; *J. Nutr.*; 134(12); 2004; 3458S-3462S
35. Mathew, J., et al.; *Indian J. Ophthalmol.*; 51(2); 2003; 161-70
36. Bharti, S., et al.; *J. Formos. Med. Assoc.*; 112(11); 2013; 676-90
37. Aleyasin, A., et al.; *Iran. J. Reprod. Med.*; 7(4); 2009; 2009
38. Cocuzza, M., et al.; *Biologics*; 1(3); 2007; 259-69
39. Goodall, M., et al.; *J. Biol. Chem.*; 224(1); 1957; 213-21
40. Churchill-Davidson, H.; *Br. Med. J.*; 1(4747); 1951; 1551-5
41. Churchill-Davidson, H., et al.; *Lancet*; 3(6688); 1951; 803-5
42. Dundee, J.; *Br. Med. J.*; 2(4754); 1952; 547
43. Feng, C., et al.; *Nature*; 191(4808); 1961; 1108
44. Gilmour, I.; *Br. Med. J.*; 2(4950); 1955; 1248-50
45. De Backer, D., et al.; *N. Engl. J. Med.*; 362(9); 2010; 779-89
46. Moret, C., et al.; *Neuropsychiatr. Des. Treat.*; 7(1); 2011; 9-13
7. Mohamed, A., et al.; *Plant Foods Hum. Nutr.*; 45(1); 1994; 1-9
8. Rashed A. et al.; *Pak. J. Pharm. Sci.*; 17(1); 2004; 37-45
9. Kumar, B., et al.; *Braz. J. Pharmacog.*; 2008; 18(4); 527-31
10. Okafor, I., et al.; *Glob. J. Biol. Agric. Health Sc.*; 3(1); 2014; 132-6
11. Boroushaki, M. et al.; *Iran. J. Pharm. Res.*; 3(3); 2004; 187-90
12. Lee, A., et al.; *Int. J. Mol. Sci.*; 13(5); 2012; 5628-44
13. Chowdhary, C., et al.; *IJRAP*; 4(1); 2013; 34-7
עמוד 06/07
14. Naeem, F., et al.; *J. Herbs Spices Med. Plants*; 19(3); 2013; 216-32
15. Parvin, N., et al.; *Eur. Psychiatry*; 28(1); 2013; 1
16. Alyazouri, A., et al.; *Toxicol. Environ. Chem.*; 95(8); 2013; 1338-47
17. Changizi-Ashtiyani, S., et al.; *Zah. J. Res. Med. Sc.*; 15(6); 2013; 34-9
18. Sabzghabae, A., et al.; *Med. Arh.*; 68(3); 2014; 195-9
19. Xiang, C., et al.; *Trop. J. Pharm. Res.*; 13(2); 2014; 229-34
20. Abd El-Aziz, H., et al.; *Life Sc. J.*; 11(6); 2014; 31-42
21. Farshori, N., et al.; *Asian Pac. J. Cancer Prev.*; 15(16); 2014; 6633-8
22. Kim, Y-O., et al.; *J. Med. Plants Res.*; 9(12); 2015; 407-11
23. Liu, X-F., et al.; *Am. J. Transl. Res.*; 7(2); 2015; 309-18
24. Kerksick, C., et al.; *J. Int. Soc. Sports Nutr.*; 2(2); 2005; 38-44
25. Flora, S., et al.; *Int. J. Environ. Res. Public Health*; 7(7); 2010; 2745-88



שימוש מושכל ב-Google Form במשימת אוריינות מתקשבת בנושא: מבנה האטום ואיזוטופים

ד"ר אורית הרשקוביץ*, מיכל ברונשטיין-טוחן**, פרופ' יהודית דורי***

רקע

העליונה בהיקף של 70% למידת חובה ו-30% למידת רשות. בשנת הלימודים תשע"ה החלו במשרד החינוך לפתח משימות אוריינות מדעיות כלליות המיישמות מגוון רחב של מיומנויות למידה והמעודדות את התלמידים ללמידת חקר עצמאית, לפתרון בעיות ולשילוב ידע מדעי כדרך ללמידה משמעותית. עם זאת קיים חוסר במשימות המותאמות לתכנית הלימודים בכימיה במסגרת 70% לימודי החובה, אשר יאפשרו למורים לשלבם במהלך הוראת הכימיה בכיתותיהם.

פיתוח פעילות אוריינות מתקשבת לתלמידים בשילוב Google Form

בסמסטר אביב תשע"ה, במסגרת לימודי הוראת הכימיה בפקולטה לחינוך, למדע וטכנולוגיה, קיבלו הסטודנטים בטכניון משימת סיכום בקורס המתודיקה: "דרכי הוראת הכימיה 2".

מטרת תהליך הטמעת התכנית הלאומית "ישראל עולה כיתה" אשר החל בשנת הלימודים תשע"ה, היא לקדם למידה משמעותית ולעודד העמקה, חקר, עבודת צוות והכשרת הלומדים להתמודד עם אתגרי המאה ה-21. לתכנית רבדים שונים המתייחסים לדרכי ההוראה, הלמידה והערכת התלמידים. בתכנית מושם דגש על מעבר מלמידה פרונטלית המבוססת על שינון, לדרכי הוראה מגוונות אשר יאפשרו הטמעת תהליכי חשיבה, פיתוח כלים ביקורתיים ועידוד חשיבה יצירתית. למידה זו כוללת פתרון בעיות, למידה בדרך החקר, דיונים, למידה חוץ כיתתית, שימוש בסביבות למידה עתירות טכנולוגיה, למידת שיתופית של תלמידים ועוד. בשטח קיים צורך רב בחומרי הוראה ולמידה המאפשרים את יישום המטרות הנ"ל במסגרת ארגון הלמידה החדש בחטיבה

* ד"ר אורית הרשקוביץ - עמית הוראה בכיר וחוקרת בכירה, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון.

** מיכל ברונשטיין-טוחן - בוגרת תכנית "מבטים" בטכניון, מורה לכימיה בתיכון.

*** פרופ' יהודית דורי - דיקנית וראש מסלול הוראת הכימיה, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון.

במסגרת הקורס עבדו הסטודנטים על פיתוח הפעילות בקבוצות של שלושה סטודנטים. הפיתוח לוהו בתהליך של הערכה מעצבת, שבמהלכה שלחה כל קבוצה למרצת הקורס את המשימה בשלבים שונים ובמקביל שיתפה למסמך ה-Google Form. הוצעו מגוון פעילויות בנושאים כגון: אבנית בחיי היומיום, כולסטרול ותזונה, הפלרת מים, שומנים בחלב אם, חומצות ובסיסים בחיי היומיום, צרבת וטיפול תרופתי ועוד. אחד הנושאים שהוצע "מבנה האטום ואיזוטופים" יתואר להלן בהרחבה.

רציונל ומבנה פעילות מבנה האטום ואיזוטופים¹

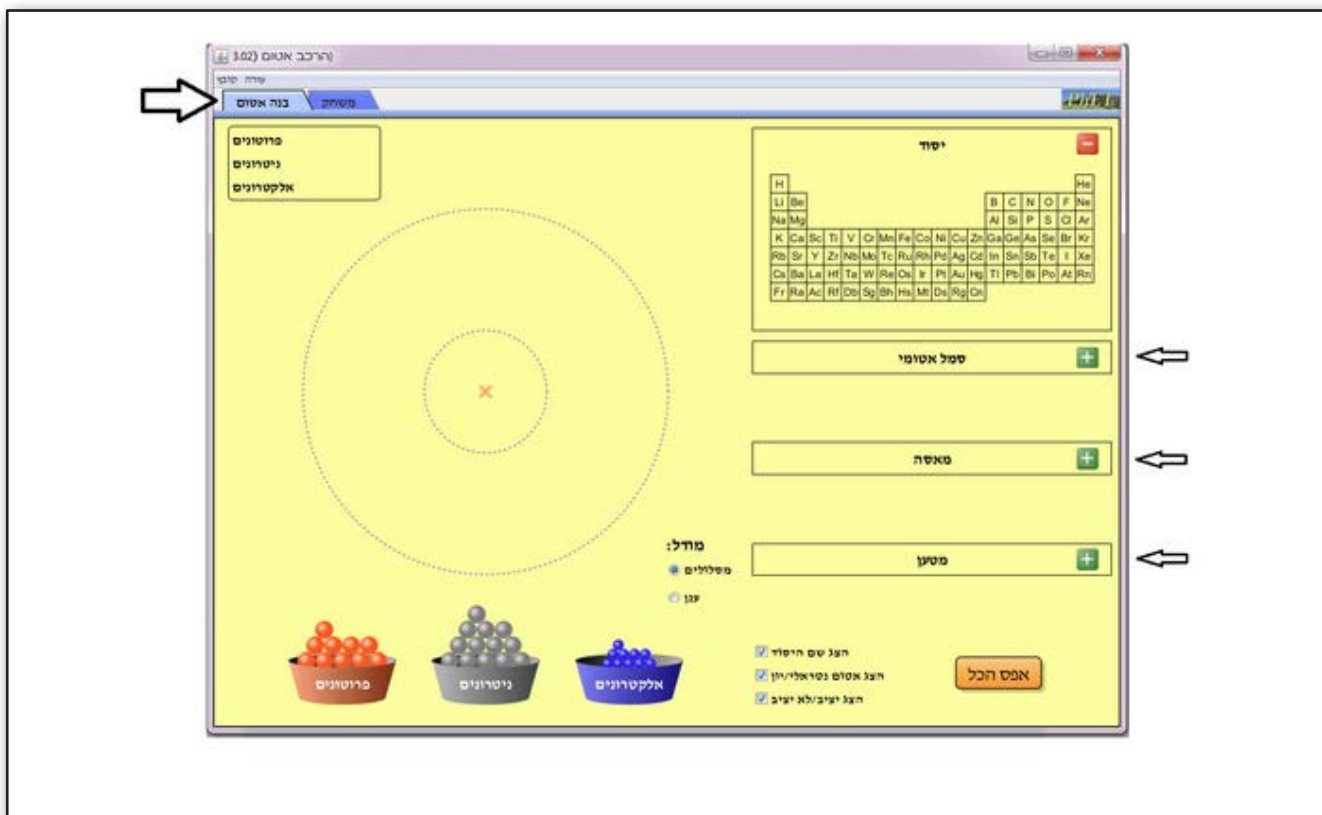
הפעילות מתמקדת בנושא מבנה האטום ובאיזוטופים. הנושא נלמד במסגרת מושגי היסוד בתכנית הלימודים ומתאים לתלמידים בכיתה י' הלומדים את הנושא. למידת הנושא בתחילת כיתה י' כוללת מושגים רבים, חלקם חדשים לתלמידים, וכולם מופשטים ולא קלים להבנה. שילוב משימה מתוקשבת במהלך למידת הנושא תורם הן כגורם של עניין וגיוון הלמידה והן כחזרה והעמקה על הנושאים והמושגים שנלמדו. הפעילות מחולקת לשני חלקים: החלק הראשון מהווה היכרות עם מושג האיזוטופ, והחלק השני נועד ללמידת הנושא רדיואקטיביות והכרת השימושים בחומרים רדיואקטיביים. הפעילות משלבת שימוש בסימולציות מתוך [אתר](#) ותמונות והפניות לאנימציות [באתר](#). לפעילות נדרש ידע מוקדם בנושא מבנה האטום כולל המושגים: מספר אטומי, מספר מסה ויונים. הפעילות מתמקדת באיזוטופים השונים של יסוד הפחמן ושימוש ברדיואקטיביות של פחמן 14 לתארוך, אך ניתן להתמקד גם באיזוטופים של יסודות אחרים בחלק א'.

הפעילות נבנתה בצורה הדרגתית כך שחלקה הראשון נועד לעורר עניין אצל התלמידים, לחדד הבנת מושגים מוכרים, הצגת נושא האיזוטופים והיכרות עם הסימולציה. חלקה השני של הפעילות מכיל מושגים מורכבים יותר ושאלות הדורשות מיומנויות חשיבה גבוהות יותר. כמו כן החלק השני של הפעילות משלב גם ייצוג גרפי ולמידה עצמית במידה רבה יותר, ביחס לחלקה הראשון של הפעילות. בהתאם לרמת הקושי, חלקה הראשון של הפעילות מתאים לזמן של שיעור אחד, ולחלק השני יידרש זמן רב יותר של שני שיעורים לפחות. להלן הקישורים לטפסים של הפעילות: [חלק א'](#), [חלק ב'](#).

המשימה הייתה לפתח פעילות אוריינית מתוקשבת לתלמידים במטרה להתמקד בנושאים הנמצאים בהקף של 70% מלימודי החובה על-פי תכנית הלימודים. הסטודנטים התבקשו לפתח פעילות בין-תחומית שתקשר מגוון היבטים כגון: אישי, חברתי, כלכלי, בריאותי, ערכי, מדעי נוסף (ביולוגי, פיזיקלי) וכדומה. הפעילות חייבה כניסה לקישור לסרטון/אנימציה/מאמר/כתבה באינטרנט. כמו כן כללה הפעילות מקבץ שאלות רבות-בְּרָה, כולל נימוקים והסברים מדעיים ומספר שאלות פתוחות. בשאלות אלו נדרשו התלמידים לשלב ככל האפשר מעברים בין מגוון ייצוגי מידע, הן מולקולריים (מבנה, מודלים בצורות ייצוג שונות), והן גרפיים, טבלאות או סכמות. כמו כן נדרשה התייחסות להבנה בארבע רמות ההבנה בכימיה: רמת התופעה, הרמה החלקיקית, רמת הסמל ורמת התהליך. במטרה להנגיש את הפעילות בצורה מושכלת למורה, התבקשו הסטודנטים לכתוב את הפעילות על גבי טופס של Google Form. פעילות מתוקשבת הכתובה על טופס גוגל הנה בעלת יתרונות פדגוגיים משמעותיים, ואלה הם:

- התלמידים עונים ישירות במחשב על גבי הטופס. במהלך הפעילות התלמידים משתמשים ממילא באינטרנט לצורך צפיה בסרטונים, באנימציות או בסימולציות. במצב זה רישום התשובות לשאלות בטופס הממוחשב הנה פעילות ישירה "וזורמת" ללא צורך בשימוש במחברת וברישום ידני.
- המורה יוצרת עותק של הפעילות במחשב שלה, וכך היא יכולה לשתף את התלמידים. שיתוף זה מאפשר למורים לראות אף בזמן "אמת" של עבודת התלמידים במחשבים, את התשובות שלהם, לעקוב אחרי התקדמותם ולסייע לתלמידים מתקשים. לאחר סיום הפעילות בכיתה, כל התשובות של התלמידים נאספות בקובץ אקסל, ולמורים יש אפשרות להעריך את התלמידים בדרך של הערכה מעצבת (לאפשר תיקונים במידת הצורך) או הערכה מסכמת.
- אם המורים נותנים את הפעילות לתלמידים כעבודת בית, יש באפשרותם לקיים מפגש סינכרוני עם התלמידים, כך שבזמן מתואם מראש אחד או יותר - יעבדו כולם מהבתים, והמורים ישלחו תגובות בזמן "אמת" תוך כדי שימוש במקביל ב-google doc.

1. המשימה פותחה על-ידי הסטודנטיות: מיכל ברונשטיין-טוחן, סיון ליבנת וחנין סמעאן-ימין בקורס "דרכי הוראת הכימיה 2" בטכניון בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ.



תמונה 1. מסך הפעילות של הסימולציה.

סימולציית מבנה האטום

הסימולציה היא אחת מתוך עשרות סימולציות במדעים של אתר PhET של אוניברסיטת קולורדו שרובן תורגמו לשפות שונות כולל לעברית. הסימולציות נמצאות בקישור ובו צריך לבחור "הרכב האטום". יש להוריד את הסימולציה למחשב באמצעות לחיצה פשוטה, והאפליקציה, המחייבת שימוש בתוכנת Java במחשב, יורדת במהירות.

בתמונה 1 מתואר מסך הפתיחה של הסימולציה.

השימוש בסימולציה הוא אינטואיטיבי למדי. עם זאת בתחילת הפעילות יש הסבר לתלמידים כדי להשתמש בסימולציה:

1. לחצו על הלשונית בנה אטום שמופיע מצד שמאל של המסך.
2. לחצו על הסימן + בשלושת המקומות בצד ימין של המסך (סמל האטום, מסה ומטען).
3. בסימולציה זו תוכלו לבנות את אטומי היסוד שתבחרו על ידי הוספת המספר המתאים של פרוטונים, נייטרונים ואלקטרונים באמצעות הסלסלות הנמצאות מטה. מצד ימין של המסך יופיע סמל היסוד שבניתם, מאסה והמטען הכולל שלו.

תובנות בעקבות יישום הפעילות בכיתה של מיכל

יישום הפעילות התרחש בכיתה י' שבה 22 תלמידים, בבית ספר בצפון הארץ. לאחר שלמדו התלמידים את מושגי הבסיס של מבנה האטום: מספר אטומי, מספר מסה ויונים, הם התחלקו לזוגות, וכל זוג עבד יחד מול מחשב. כל זוג קיבל פתק עם הכתובת של טופס חלק א' של הפעילות, ולאחר שנפתרו קשיי ההתחלה כדוגמת מחשב לא תקין והתמקמות סופית, החלו התלמידים בפעילות. חלק מהתלמידים היו צריכים את עזרת המורה כדי למצוא את הסימולציה בקישור המובא בטופס וכדי לבצע הפעלה ראשונית.

בזמן הפעילות ניתן היה לראות שהתלמידים מתעניינים, ורובם לא עסקו בפעילויות אחרות בזמן הפעילות (תמונה 2). עלו כמה שאלות הבהרה לגבי המושגים שנלמדו, דבר שפירשתי כרצון להבין ולבצע את הפעילות בצורה מיטבית. התעוררו שאלות על יציבות האיזוטופים השונים ועל הגורמים המשפיעים על היציבות. התלמידים חיפשו משוב מידי על הפעילות ורצו לדעת אם התשובות שענו הן נכונות. לאחר שהבהרתי להם שלפעילות אין משקל בציון של המקצוע, הביעו התלמידים פחות עניין בנכונות התשובות. לאחר שכל



תמונה 2. תלמידים מרוכזים במהלך הפעילות.

השני של הפעילות ולנסות לשלב פעילויות דומות בהמשך. שבוע לאחר העברת חלק א' של הפעילות, הועבר חלק ב' שלושה בהסבר קצר וחלקי על סוגי הקרינה הרדיואקטיבית. חלק ב' הוא ארוך יותר, ושניים מתוך 12 זוגות לא הספיקו לסיים את הפעילות במהלך שיעור כפול שהוקדש לה. במהלך הפעילות רבים מהזוגות הביעו תסכול מרמת הקושי, מחוסר ההבנה ומאורך הפעילות. רוב השאלות היו על המושג "זמן מחצית חיים" ועל הדרך שבה ניתן להסיק אותו מתוך הגרף בשאלה 5. שאלות רבות נשאלו גם בתחילת הפעילות לגבי הטבלה המסכמת את סוגי הקרינה. חשוב לציין כי בהמשך הפעילות נראה שהתלמידים ידעו ליישם את הידע הנרכש בשאלות המשלבות את הסימולציות, וכמות השאלות שהופנתה למורה פחתה משמעותית. בסוף הפעילות, כשנשאלו התלמידים המתקשים יותר אם היו חוזרים על פעילות דומה, הם השיבו שהם עדיין מעוניינים בפעילות שכזו ללמידה, אך היו מעדיפים שלא תהיה "ארוכה ומייגעת" כל כך.

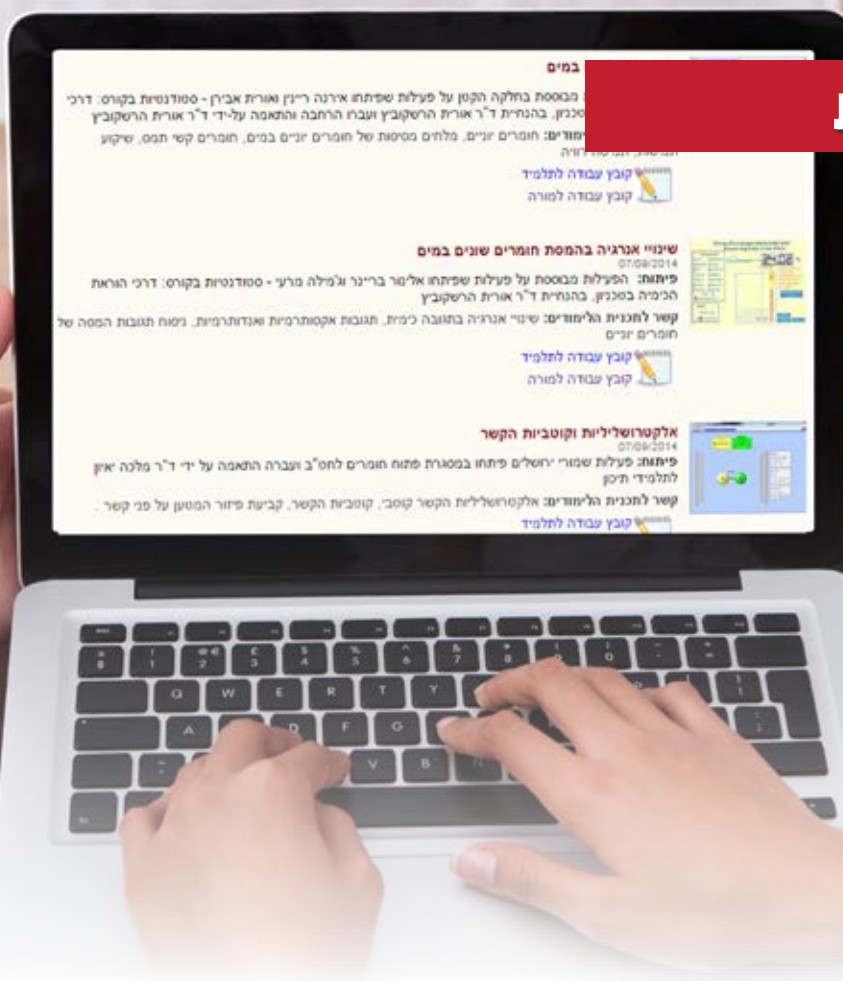
לסיכום, השימוש בכלי של Google Form מהווה אמצעי למידה שונה ומגוון המאפשר לתלמידים להכיר את חומר הלימוד באופן עצמאי ובקצב המתאים להם. בנוסף הכלי מאפשר המשך העמקה ובחינה של חומרים ותהליכים שונים, לפי מידת העניין המתעורר אצל התלמידים. הפעילות המדעית יכולה לתרום ליכולת ההבעה ולכישורי התלמידים בעבודת צוות, כאשר היא מבוצעת בזוגות או בשלושות, וכשיש תקשורת ולמידה מעמיתים. התשובות של התלמידים מסוכמות בטבלה ומתעדכנות כאשר תלמידים נוספים עונים על הטופס, כך שהערכת התלמידים והמעקב אחריהם בעקבות הפעילות נגישים ונוחים למורים.

התלמידים סיימו, ערכנו על גבי הלוח בכיתה סיכום קצר ודין על מה שנלמד בפעילות.

בשיחה שניהלתי בתום השיעור עם חלק מהתלמידים, הם הביעו נכונות ללמוד בעזרת פעילויות דומות וציינו שלדעתם הלמידה בפעילות הייתה מהנה יותר ויעילה יותר משיעור רגיל. להלן מספר דוגמאות:

"אני חושב שאני זוכר את החומר טוב יותר עכשיו מאשר לו הייתי סתם כותב במחברת",
"היה לי כיף. לולא עבדנו במשותף, לא הייתי מצליח כל כך", "הדיון בינינו (בין בני הזוג) היה מועיל",
"אשמח אם יהיו עוד שיעורים כאלו".

אמירות אלו תואמות גם למשוב שהתלמידים הגישו כחלק מטופס הפעילות. לשאלה "האם הפעילות עזרה להבין את החומר הנלמד?" ענו חלק מהתלמידים: "כן, מבנה האטום הובהר במיוחד" וגם "כן, הפעילות עזרה לנו מאוד להבין את מבנה האטום והאיזוטופים. ע"י ניסוי וטעייה הבנו יותר טוב את החומר (כשניסינו להרכיב בעצמנו את האטומים בסימולציה)". לשאלה "מהו החלק המהנה ביותר בפעילות?" ענו התלמידים שנהנו בעיקר מהפעילות בסימולציה ומהמשחק המובנה בה, ואילו אחד מהזוגות ענה "החלק של הדו-שיח הקבוצתי ושיתוף הפעולה בינינו". לשאלה אם ירצו ללמוד במסגרת פעילות דומה נושאים נוספים בכימיה וגם בתחומי דעת שונים, ענו התלמידות בחיוב: "כן, אנחנו חושבות שזו דרך מעניינת יותר ללמוד ולהבין את החומר, וזה יותר מהנה ומאתגר מאשר ללמוד מתוך ספר בכיתה". כל התלמידים אמרו שימליצו לחברים להתנסות בפעילות דומה: "הייתי ממליץ מכיוון שזו דרך למידה חווייתית ומהנה שמעשירה את הידע בזמן שאתה נהנה", "היינו אומרות לו שזה עזר לנו מאוד ושכדאי להיכנס לפעילות אפילו מחוץ לשעות בית הספר כדי להבין טוב יותר את החומר (למשל לפני מבחן וכו')". זוג תלמידים אחד הסתייג מעט אך עדיין הכיר בפוטנציאל של הפעילות לסייע בהבנת הנלמד: "עזר טיפה ללמוד על איזוטופים", "לא בכל מקצוע", "זה אולי יעזור לך". בשיעור שהעברתי בתום חלק א' של הפעילות, ערכנו חזרה על החומר. התרשמתי שלמרות שלא לימדתי את החומר באופן יסודי או פורמלי, ידעו התלמידים לענות על השאלות ולהגדיר את המושגים החדשים שאליהם נחשפו בפעילות. בעקבות ההצלחה בחלק א' של הפעילות ולאור ההשתתפות הפעילה של התלמידים, החלטתי להעביר גם את חלקה



משימות מתוקשבות לקידום למידה משמעותית בכימיה

ד"ר אורית הרשקוביץ, הטכניון, ד"ר מלכה יאיון, מכון ויצמן.

יצירתית, שאילת שאלות (מיומנויות חשיבה מסדר גבוה), טיפול במידע דיגיטלי, אוריינות טכנולוגית, תקשוב במהלך עבודה שיתופית, למידה עצמאית.

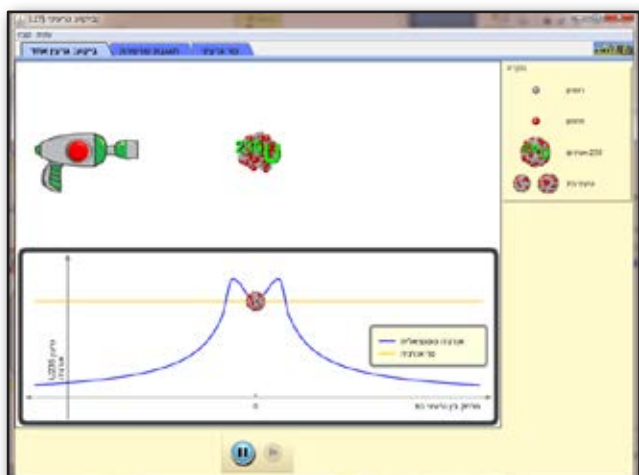
לצורך כך פותחו במסגרת המרכז הארצי למורי כימיה 20 משימות מתוקשבות, מחציתן במכון ויצמן ומחציתן בטכניון. בהלימה לתכנית הלימודים הקיימת בכימיה. המשימות הופצו לכלל מורי קהיליית הכימיה באמצעות אתר המרכז הארצי למורי הכימיה (בלשונית "פעילויות מתוקשבות"). מדור חדש הנקרא משימות מתוקשבות (כיתות י'-י"א) הוקם במטרה לאפשר לכלל המורים והתלמידים גם להשתמש במשימות וגם לשמש דגם לפיתוח משימות מתוקשבות נוספות.

שילוב טכנולוגיות בהוראה הוא מגמה עכשווית בארץ ובעולם. מעבר להעשרת השיעורים ויצירת עניין והנאה בהוראת הכימיה, נודעת חשיבות נוספת לשילוב אמצעים דיגיטליים בהוראה/למידה. חשיבות זו מתבטאת ביכולת להמחיש ולהראות תופעות, הדמיות של כוחות, חלקיקים ואינטראקציות בתחום הכימיה הסמויים מן העין, ולעתים תלמידים מתקשים להבינם. באמצעות המחשת תופעות ניתן להעמיק את ההבנה ואת הידע של התלמידים ובכך לקדם למידה משמעותית בכימיה. לימוד באמצעות ביצוע משימות מתוקשבות עשוי לכלול מגוון מיומנויות המקדמות למידה משמעותית כגון: חקר, פתרון בעיות, חשיבה

- להכיר את תוצרי תהליך הביקוע
- להכיר התרחשות תגובות שרשרת גרעיניות לא מבוקרות המאפשרות ייצור פצצה ותגובות שרשרת מבוקרות בכור גרעיני.

הנושא משתלב עם סיום הוראת מבנה האטום ומעבר לאיזוטופים וקרינה רדיואקטיבית. לצורך הבנת הסימולציה חשוב לעבור על הרקע התאורטי של משמעות תהליך הביקוע, על משמעות תגובות השרשרת ועל התהליך המתרחש מבחינת העשרת דלק גרעיני ותהליכי בקרה. ניתן להרחיב את הנושא להיבט ההיסטורי של גילוי תהליך הביקוע הגרעיני על-ידי ליזה מייטנר. מעבר לתגלית המדעית החשובה שלה, סיפורה האישי כמדענית, אישה ויהודייה בתחילת המאה העשרים ומאבקה להכרה בעולם המדעי "הגברי" מעורר השראה ולקחים רבים. מומלץ מאוד.

משימה 1 - ביקוע גרעין אחד



תמונה 1. תמונת מסך הפתיחה בסימולציה.

להפעלת הסימולציה לחצו על הכפתור האדום של הרובה. ניוטרון יפלט ויפגע בגרעין אטום האורניום ^{235}U . מומלץ לבצע את התהליך מספר פעמים. בכל פעם שמסיימים את התהליך יש ללחוץ על כפתור "אפס גרעין" המופיע בסיום הסימולציה.

1. תארו את המתרחש מבחינת החלקיקים המשתתפים בתהליך.
2. משימת אתגר: שימו לב לדיאגרמת האנרגיה כתלות במרחק. מה השתנה מבחינת האנרגיה במהלך תהליך הביקוע?

חלק מהמשימות פותחו על-ידי מורים בהשתלמויות ברחבי הארץ כמו גם על ידי פרחי הוראה בטכניון והותאמו לפרויקט על-ידי ד"ר מלכה יאיון וד"ר אורית הרשקוביץ. לצורך פיתוח המשימות אותרו אתרים ייעודיים המציגים יישומים ובהם אנימציות וסימולציות הקשורות לנושאים מרכזיים הנלמדים בכימיה. בבחירת היישומים הושם דגש על מגוון דרכי הפעלתם בכיתה במטרה שיתאימו לתלמידים שונים ובדרגות קושי שונות. לכל יישומון נבנתה משימה מותאמת הכוללת הנחיות ברורות בכל הנוגע להורדת היישומון ולהפעלתו במחשב או בסמרטפון; נוסחו שאלות מלוות לחקר הנושא המוצג ביישומון; הוגש קישור לידע קודם של התלמיד ולרלוונטיות של הנושא לחיי היומיום וכן נכתב מדריך למורה הכולל הנחיות/הצעות דידקטיות מפורטות למורה כולל תשובות מפורטות לכל השאלות המלוות בדפי התלמיד. המדריכים למורה לכל המשימות הועלו לאתר לדף מיוחד. דף זה מוגן בסיסמה mesimot_teacher ושם משתמש mesimot_teacher.

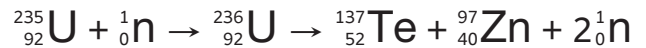
להלן דוגמאות למגוון הנושאים שבהן עוסקות המשימות: איזון ניסוחי תהליכים, מצבי הצבירה של החומר, הטבלה המחזורית - גילוי היסודות ותכונותיהם, אל תוך עולמו של האטום, זיקוק נפט, ביקוע גרעיני, מסיסות מלחים במים, המסת סוכר ומלח במים, שינוי אנרגיה בהמסת חומרים שונים במים, אלקטרושליליות וקוטביות הקשר, קוטביות מולקולות, סטוכיומטריה, מעבדה וירטואלית בנושא חומצות ובסיסים, מדידת pH של חומרים שונים בריכוזים שונים, חומצות שומן ועוד. טבלת המשימות שפותחו מוצגת בנספח 1.

"טעימה" מפעילות מתקשבת בנושא ביקוע גרעיני

הפעילות פותחה ע"י ד"ר אורית הרשקוביץ מהטכניון. (הפעילות מבוססת בחלקה על פעילות שפיתחו רחל אמסטיבוביצקי ונעמי טרושינה - סטודנטיות בקורס: דרכי הוראת הכימיה בטכניון, בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ). הקשר לתכנית הלימודים:

- מבנה האטום
- תהליכים גרעיניים - ביקוע גרעיני ותהליכי שרשרת
- המערכה המחזורית
- הסימולציה מאפשרת בצורה פשוטה וחזותית לבחון:
 - כיצד ניוטרון גורם לביקוע של גרעין אטום בו הוא פוגע

3. לפניכם תהליך של ביקוע גרעין אורניום 235 על-ידי ניוטרון.

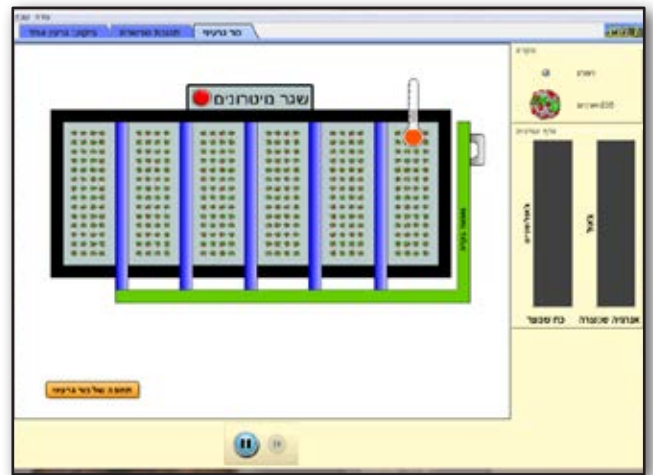


א. מה מספר הפרוטונים ומה מספר הניוטונים בגרעין אורניום 235?

ב. במה דומים ובמה נבדל אורניום 235 מאורניום 236? האם הם איזוטופים?

ג. אורניום טבעי המופק מעפרות אורניום מורכב בעיקר משני איזוטופים: ${}^{235}\text{U}$ (99.3%) ו- ${}^{238}\text{U}$ (0.7%). מה ההבדל בין שני איזוטופים אלו?

משימה 2 - כור גרעיני



תמונה 2. תמונת המסך בסימולציית ביקוע בכור גרעיני.

סימולציה זו מדמה תהליכי ביקוע בכור גרעיני. בקרה על פעולת הכור מבוצעת באמצעות העלאה והורדה של מוטות הבקרה. מדוע דרושים מוטות בקרה?

הבקרה בכור נדרשת כדי שמספר הניוטונים המשתתפים בתהליך יהיה גדול מספיק כדי שתהליך השרשרת ימשך, אך לא גדול מדי, שמא יתבקע כל החומר הבקיע בבת אחת. נמצא כי ניוטרונים אטיים עדיפים לצורך זה על ניוטרונים מהירים, ויכולים להביא לקצב הביקוע הרצוי. אם הניוטון נע במהירות (האנרגיה הקינטית שלו גבוהה), אזי רבים הסיכויים שהוא ייהדף מעל הגרעין שבו פגע; אבל אם הוא אטי, רבים יותר הסיכויים שייבלע בו. את הניוטונים מאיטים באמצעות חומרים כמו גרפיט או מים (במיוחד מים כבדים).

לבת הכור מכילה את מוטות הדלק, חומר ממתן ומוטות בקרה שליפים. מוטות הדלק מכילים את החומר הבקיע ${}^{235}\text{U}$ או ${}^{239}\text{Pu}$. תפקידו של החומר הממתן הוא לספוג חלק מהאנרגיה של הניוטונים המשתחררים ולהאט מהירות תנועתם כדי לאפשר את תהליך הביקוע. מוטות הבקרה עשויים חומר בולע ניוטרונים, ה"מתחרה" עם החומר הבקיע על קליטת הניוטונים המשתחררים. יש בכור מנגנון המאפשר החדרה של מוטות הבקרה לתוך הלבנה או שליפתם מתוכה החוצה, כדי לפקח על כמות ה"דלק" המשתתפת בפועל בביקוע. מקורן של רוב התקלות שהתגלעו בכורים גרעיניים, ובפרט בצ'רנוביל, היה טיפול לא נכון במנגנון הבקרה.

- נסו לירות ניוטרונים ברמות פתיחה שונות של מוטות הבקרה. מה מתרחש?
- הסבירו מה יקרה בכור גרעיני שהמוטות בו יהיו פתוחים לגמרי או סגורים לגמרי? בדקו זאת באמצעות הסימולציה.
- ישראל מודאגת מאוד מהעובדה שאיראן מעשירה אורניום. היא טוענת שהיא מעשירה אורניום לצורך הפקת אנרגיה בכור גרעיני בלבד. בהסכם האחרון הסכימו האיראנים להימנע מהעשרה של למעלה מ-20% אורניום 235. הסבירו מדוע חשוב לדאוג לכך שהעשרת האורניום לא תעלה על אחוז זה?

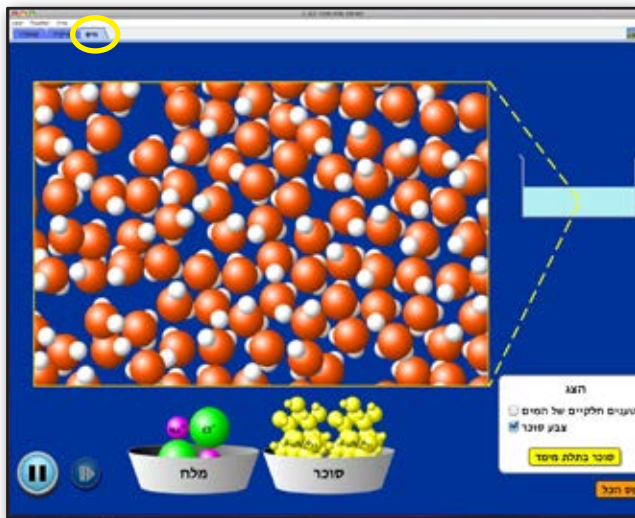
"טעימה" מפעילות מתקשבת בנושא המסה של מלח וסוכר במים

הפעילות פותחה ע"י נורית דקלו.

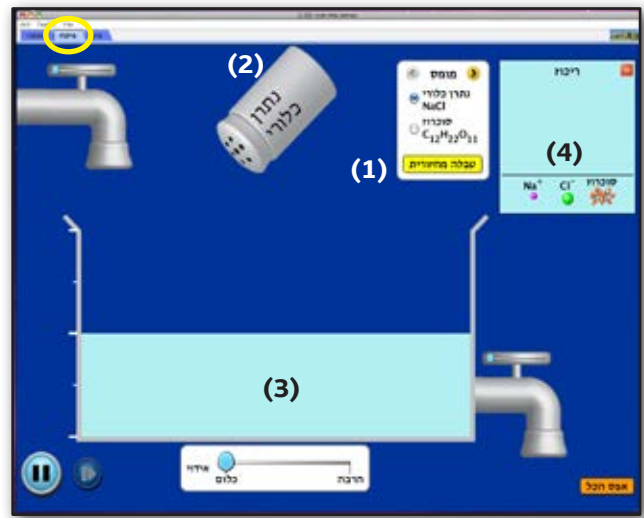
הקשר לתכנית הלימודים:

- מבנה וקישור
- מסיסות במים של חומרים יוניים ומולקולריים ברמת המיקרו והמאקרו.
- ההשפעה של הוספת מים, של הוספת מומס או של אידוי על ריכוז התמיסה ועל המוליכות שלה.
- רמות הבנה בכימיה: רמת המיקרו, הסמל, המאקרו והתהליך.

הפעילות היא אחת מתוך עשרות פעילויות במדעים של אתר PhET של אוניברסיטת קולורדו. חלקן תורגמו לעברית. הפעילות שמוצגת כאן מאפשרת תרגול של מעברים בין צורות ייצוג מולקולריות (נוסחת מבנה, רישום מקוצר, נוסחת



תמונה 4. תיאור ברמת המיקרו של תהליך ההמסה שכולל מולקולות מים - יישומון של PhET "תמיסות מלח וסוכר".



תמונה 3. תיאור ברמת המיקרו של תהליך ההמסה - יישומון של PhET "תמיסות מלח וסוכר".

טבלה 1. המסת חומרים שונים במים

המומס	החלקיקים המופיעים בתמיסה	צייר מספר חלקיקים	ניסוח תהליך ההמסה במים
נתרן כלורי $\text{NaCl}_{(s)}$			
סוכרוז $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11(s)}$			
סידן כלורי $\text{CaCl}_{2(s)}$			
נתרן חנקתי $\text{NaNO}_{3(s)}$			
גלוקוז $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(s)}$			

בחירת המומסים (1).
לאחר שסימנתם את המומס, פזרו בעזרת המלחייה (2) את המומס לתוך מכל המים (3). החלקיקים המומסים וריכוזם היחסי יופיעו בחלונית הריכוז (4).
אל תשכחו לאפס (5) לפני שאתם משנים את המומס.
עליכם לבדוק את ההיבטים המופיעים בטבלה 1 עבור כל אחד מהמומסים.

משימה 2 - המסת סוכר ומלח במבט מיקרוסקופי שכולל מולקולות מים.

עברו לתיאור מיקרוסקופי של תהליך ההמסה על ידי לחיצה על לשונית "מים" (כמסומן בתמונה 4).

מבנה מלאה, מודל ממלא מרחב) וכן קישור בין ארבע רמות ההבנה בכימיה: רמת המיקרו, הסמל, המאקרו והתהליך. מומלץ לבצע את הפעילות אחרי הפעילות של מסיסות של חומרים יוניים ומולקולריים טובים. עדיף לקיים את הפעילות בחדר מחשבים.

"טעימה" מהפעילות לתלמיד

משימה 1 - המסת סוכר ומלח במבט מיקרוסקופי.
בפעילות זו נבדוק תהליכי המסה של מספר חומרים ברמה המיקרוסקופית וברמת הסמל.
לחצו על לשונית "מיקרו" להופעת המסך המופיע בתמונה 3. עליכם להשוות בין המומסים השונים שאותם תבחרו בחלונית





ענו על השאלות הבאות:


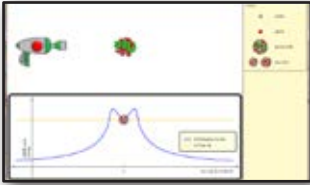




1. הכניסו למים את המלח וצפו בהמסתו. תארו ברמה המיקרוסקופית את תהליך המסת המלח במים. התייחסו למבנה החלקיקי של הממס (מים) והמומס (מלח), לקשרים המתפרקים ולקשרים הנוצרים בתהליך ההמסה.

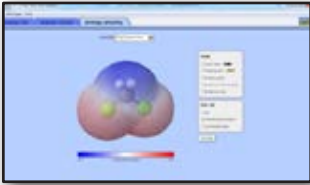
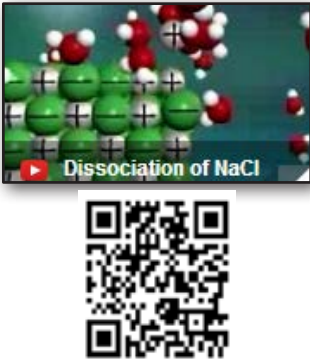


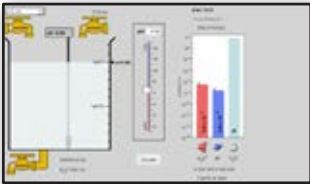
2. הכניסו למים את הסוכר וצפו בהמסתו. תארו ברמה המיקרוסקופית את תהליך המסת הסוכר במים. התייחסו למבנה החלקיקי של הממס (מים) והמומס (סוכר) לקשרים המתפרקים ולקשרים הנוצרים בתהליך ההמסה.
3. צפו בהסבר של תהליכי ההמסה במים בקישור הבא.
הקישורים לפעילויות המלאות בנספח 1.







נספח 1

טבלת תיאור כללי של המשימות המתוקשבות שפותחו

מס'	שם המשימה	הקשר לנושאים מתכנית בלימודים	היישומון המרכזי במשימה והקישור אליו (על-ידי לחיצה על תמונת היישומון)	קישור למשימה המתוקשבת באתר המרכז הארצי למורי כימיה
1	איזון ניסוחי תהליכים	כתיבת ניסוחים מאוזנים, חוק שימור החומר והמסה.		http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1118
2	מצבי צבירה	מצבי צבירה, סוגי חומרים, תיאור ברמה המאקרוסקופית-מיקרוסקופית וברמת הסמל.		http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1119
3	הטבלה המחזורית - גילוי היסודות ותכונותיהם	הטבלה המחזורית, קביעת מצב צבירה בהתאם לערכים נתונים של טמפרטורת היתוך.	 אין קישור ליישומון כי הוא פועל כ-app בסמרטפון	http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1120
4	"הזהב השחור" - חוקרים נפט ברשת	מבנה וקישור, חומרים מולקולריים. תרכובות פחמן, פחממנים. הקשר בין נקודת רתיחה וסוג הפחמימן.		http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1138

<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1137</p>		<p>מושגי יסוד - אטום, אלקטרון, פרוטון, ניוטרון, מסה אטומית, מספר אטומי, איזוטופים, מול שפת הכימאים - סמלים של יסודות, רמות הבנה בכימיה - מאקרו, מיקרו וסמל.</p>	<p>אל תוך עולמו של האטום</p>	<p>5</p>
<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1136</p>		<p>מבנה האטום, תהליכים גרעיניים - ביקוע גרעיני ותהליכי שרשרת המערכה המחזורית.</p>	<p>ביקוע גרעיני - לטוב ולרע</p>	<p>6</p>
<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1135</p>		<p>מסיסות במים של חומרים יוניים ומולקולריים ברמת המיקרו והמאקרו. ההשפעה של הוספת מים, הוספת מומס או אידיוי על ריכוז התמיסה ועל המוליכות שלה.</p>	<p>המסת סוכר ומלח במים</p>	<p>7</p>
<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1134</p>		<p>חומרים יוניים, מלחים, מסיסות של חומרים יוניים במים, חומרים קשיי תמס, שיקוע תמיסות, תמיסה רוויה.</p>	<p>מסיסות מלחים במים</p>	<p>8</p>
<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1133</p>		<p>שינויי אנרגיה בתגובה כימית, תגובות אקסותרמיות ואנדותרמיות, ניסוח תגובות המסה של חומרים יוניים.</p>	<p>שינויי אנרגיה בהמסת חומרים שונים במים</p>	<p>9</p>
<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1132</p>		<p>אלקטרושליליות הקשר קוטבי, קוטביות הקשר, קביעת פיזור המטען על פני קשר.</p>	<p>אלקטרושליליות וקוטביות הקשר</p>	<p>10</p>

<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1131</p>		<p>קשר קוטבי, קוטביות הקשר וקוטביות מולקולה.</p>	<p>קוטביות מולקולות</p>	<p>11</p>
<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1130</p>	 <p>אין קישור ליישומון כי הפעילות מפנה להרבה אתרים</p>	<p>פעילות ההיכרות עם קודונים ותשבץ קשורה לסיכום בנושא סוגי חומרים.</p>	<p>סיכום כיתה יוד - פעילות עם קודונים QR</p>	<p>12</p>
<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1129</p>		<p>תגובות שרפה' חוק שימור החומר ואיזון תגובות; שימוש בנוסחאות לחישובים סטוכיומטריים (מול, מסה, מסה מולרית).</p>	<p>סטוכיומטריה "באש ובמים"</p>	<p>13</p>
<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1128</p>		<p>התנסות בעבודה מעבדתית וירטואלית, תוך כדי הכרת כלי המעבדה השונים וכללי עבודה. ניתן להרחיב את השימוש בפעילות המוצעת לחקר של טיטרציות כאשר משנים ריכוזים, כמויות או סוג החומצה והבסיס.</p>	<p>מעבדה וירטואלית בנושא חומצות ובסיסים</p>	<p>14</p>
<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1127</p>		<p>סולם pH ריכוז תמיסות, ריכוז יוני הידרוניים, ריכוז יוני הידרוקסיל, השפעת ריכוז תמיסות על pH, חומצות ובסיסים חזקים וחלשים.</p>	<p>מדידת pH של חומרים שונים בריכוזים שונים</p>	<p>15</p>

<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1126</p>	 <p>הקישור לדף הראשי, הפעילות מפנה לסרטונים רבים</p>	<p>הכרה של תגובות עם מים של מגוון חומצות ובסיסים, תגובות סתירה ועוד. שימוש באינדיקטורים. כתיבת ניסוחי תהליכים.</p>	<p>חומצות ובסיסים על המרקע - "נגיעות"</p>	<p>16</p>
<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1125</p>	 <p>הקישור לדף הראשי, הפעילות מפנה לסרטונים רבים</p>	<p>דף התגובות בנושא חומצות ובסיסים שפורסם על ידי פיקוח הוראת הכימיה.</p>	<p>ניסויים מוסרטים על פי דף התגובות בנושא חומצות ובסיסים</p>	<p>17</p>
<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1124</p>		<p>דף תגובות מקושר לסרטונים של הניסויים המתאימים (אין כאן מדריך למורה).</p>	<p>סרטונים המציגים את התגובות ב"חומצות ובסיסים"</p>	<p>18</p>
<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1123</p>		<p>תרכובות פחמן: זיהוי קבוצות פונקציונליות, שימושים.</p>	<p>הכול במשפחה! היכרות עם קבוצות פונקציונאליות</p>	<p>19</p>
<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1122</p>		<p>מבנה וקישור, חומצות שומן (טעם של כימיה).</p>	<p>חומצות שומן - מבנה, מיון וצורות ייצוג</p>	<p>20</p>
<p>http://stwww.weizmann.ac.il/chemcenter/Page.asp?id=1121</p>		<p>מבנה וקישור, כימיה של מזון - שומנים.</p>	<p>מאקרומולקולות מהחיים - התמקדות בשומנים</p>	<p>21</p>



הארי פוטר, השיקוי וכדור הסניץ' במשחק הקווידיץ'

לייקה גרנות תיכון הדרים - הוד השרון, ורד כבשנה ברטל תיכון שהם - שהם.

תוכן מתאים ומוכר לגיל זה. הבחירה של הארי פוטר התאימה למשימה זו. רבים מהתלמידים בגיל זה קראו את סדרת הספרים הפופולרית של הארי פוטר, צפו בסרטים, הכירו את הדמויות השונות ואת עלילת הסיפור.

בנינו מצגת קצרה שסיפרה מיהו הארי פוטר, מהו משחק הקווידיץ', והציגה את הבעיה והיא למצוא דרך ליצירת כדור הסניץ' המושלם למשחק הקווידיץ'. השקופית האחרונה קושרה לסרטון מתאים שהצליח לערב את התלמידים בצורה טובה יותר מאלף תמונות והסברים.

הצגת המצגת והסרטון נעשתה בכיתה חשוכה, התלמידים היו קשובים ומרותקים, וניכרה על פניהם התעניינות והתרגשות רבה.

מהיבט התוכן המדעי של הניסוי, חשוב היה לנו שהתלמידים יכירו את המושגים המרכזיים בתופעה שהוצגה. כדי לקשור בין הרקע המדעי המקדים של התלמידים לתוכן הניסוי, יצרנו את מעטפת "ההיגדים", ש"הוכיחה" את עצמה מאוד הן מבחינת הבנת התופעה ברמה הכימית, והן מבחינת הקשר

אנו, לייקה גרנות וורד כבשנה ברטל, מורות לכימיה, סטודנטיות לתואר שני הלוקחות חלק בתכנית "רוטשילד-ויצמן", מבקשות לשתף אתכם בחוויה מיוחדת שחוונו. במסגרת הקורס "הוראה בדרך החקר" בהנחייתן של ד"ר דבורה קצביץ וד"ר רחל ממלוק-נעמן, נחשפנו להוראת החקר ביחידת המעבדה ב"רוח" שונה, מסקרנת, ומסתורית - ב"רוח" TEMI (Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated). החיבור וההערכה לגישה זו של הוראה היו מידים. בעבודת הסיכום של הקורס פיתחנו מעבדת חקר ב"רוח" TEMI. למעבדה הענקנו את השם: "הארי פוטר, השיקוי וכדור הסניץ' במשחק הקווידיץ'".

הפעילות שפותחה נחלה הצלחה רבה בקרב התלמידים. המעבדה פותחה עבור תלמידי כיתה י"ב הלומדים את פרק הבחירה העוסק בפולימרים. התוכן המדעי בניסוי עסק ביצירת קשרי צילוב בין-מולקולריים לקבלת פולימר תרמופלסטי. הניסוי מוכר בשם "מר גמיש", אך אנו יצרנו לו מעטפת חדשה ומסתורית בניחוח של 'הארי פוטר'. בבחירת הסיפור "העוטף" את הניסוי היה חשוב לנו למצוא

לקליעת "גולים". הקבוצה המנצחת הייתה זו שקלעה בעזרת המטאטא את מספר ה"גולים" הגדול ביותר בזמן נתון.

ולסיכום, בנימה קצת אישית...

קיבלנו משוב חיובי ביותר לסיפור המסגרת שפיתחנו "הארי פוטר וכדור הסניץ". התלמידים גילו עניין רב, היו מחויכים ונרגשים לאורך ההפעלה והביעו הערכה רבה לאופן שבו הוצגה הפעילות.

להלן מספר ציטוטים של תלמידים:

"המעבדה מוצגת בצורה מגניבה ומעניינת, שהופכת את העבודה לחווייתית יותר". "המצגת הייתה תוספת מעניינת". "זה נחמד שיש למעבדה סיפור נושא, זה הופך אותה ליותר מעניינת". "חבל שאין עוד מעבדות כאלה".

"אנו מרגישות שהתלמידים הפיקו בהפעלה זו למידה משמעותית וחוו חוויה טובה שתישאר אתם לאורך זמן (בכחינת הכגרות בעל פה הזכירו רבים מהתלמידים את המעבדה הזו)".

"אנו מרגישות שעברנו חוויה משמעותית וחיובית, למדנו רבות מתהליך הפיתוח, מההפעלה בכיתה ומהמשוב שקיבלנו מהתלמידים. התחושה היא טובה מאוד, תחושה של עשייה ויצירה שבצדה סיפוק רב".

לסיפור המסגרת שלנו - 'הארי פוטר'. בשלב ה-Explain, כאשר קיבלו התלמידים את ההנחיה: "מתחת לשולחנכם "מחכה" לכם מעטפה שהגיעה מביה"ס לקוסמים", ניתן היה להבחין בהתרגשות רבה של התלמידים הן בחיפוש והן במציאת המעטפה.

בשלב ה-Extend כל קבוצת תלמידים ניסחה שאלת חקר ותכננה ניסוי לבדיקת השערתה. התרשמנו מאוד בשלב זה מהעבודה הקבוצתית הפורייה, מהשיח בין התלמידים, מהמעורבות של כל התלמידים בניסוי ומההירתמות המוחלטת שלהם למען הצלחתו.

בבניית השערתם השתמשו התלמידים במושגים: חומר מצלב, יותר קשרי צילוב, מעט קשרי צילוב, כדור צמיגי, כדור גמיש. לדידנו, האופן שבו בוצע שלב ה-Explain תרם לכך מאוד. על כך קיבלנו חיזוק בריאיון שקיימנו עם חלק מהתלמידים, כפי שניתן לראות בשני הציטוטים האלה:

"המעטפה עם ההיגדים מאוד עזרה לי בבניית ההשערה". "בניסוי זה ממש הבנתי את ההשערה".

בשלב ה-Evaluate, מעבר להגשת דוח המעבדה, רצינו לסיים את הפעילות באופן שונה ולקשר זאת לסיפור "הארי פוטר" שלנו. את משחק קווידיץ', כמתואר בסרטון, לא יכלנו להפיק, אך בנינו משחק ששילב מאפיינים ממשחק הקווידיץ': כדורי סניץ' תוצרי המעבדה (צבעוניים ויפים), מטאטאים, טבעת

התלמידים בשלבים שונים של הפעילות:



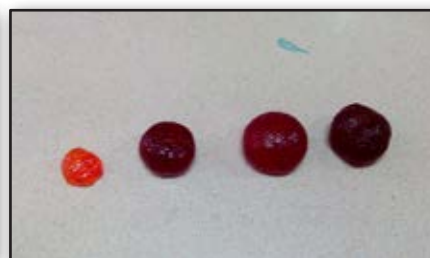
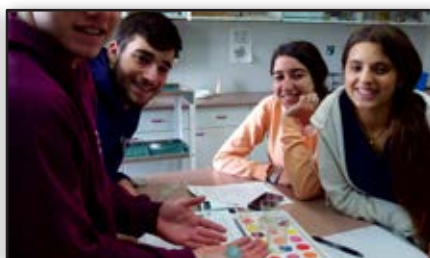
מסיימים בחיוך - במשחק קווידיץ' קבוצתי



אחת הקבוצות חקרה השפעת נפח תמיסת PVA על היקף הכדור



תלמידים בשלב ה-Explain - התרגשות רבה במציאת המעטפה



תוצרי המעבדה: כדורי סניץ' צבעוניים ויפים

כימיה בגני ילדים בחסות תלמידי תיכון "רוטברג" רמת השרון

ערן שמואל, קרן מנדה פרץ וסינתיה גילעם, צוות מורי הכימיה תיכון רוטברג, רמת השרון.

לחלק בלתי נפרד מהלימוד בבית הספר, העניקה פלטפורמה לביצוע הפרויקט בהיקף גדול יותר.

בפרויקט השתתפו 44 תלמידים משכבת י' אשר שובצו ב-11 גנים לגילאי טרום-חובה וחובה. כל קבוצה מנתה 4 תלמידים ושובצה לגן שאליו הגיעה בשני מפגשים של 40 דקות בכל פעם. התלמידים הציגו בכל מפגש 5 ניסויים, ותוך כדי הביצוע הונחו להרבות בשאלות שיגרו את סקרנות הילדים ולקשר את הניסויים לחי' היום יום. ההצגה כללה סיפור דמויני או יצירת אווירת מתח לקראת הבאות.

הפרויקט שילב חיפוש ברשת ובחירת ניסויים על ידי הקבוצות השונות ועיבוד הניסויים כך שיתאימו לילדי גן. המפגש הראשון, מפגש הפתיחה, כלל חלוקה לקבוצות ומטלה שבה כל קבוצה נדרשה למלא דו"ח שיתאר את הניסוי מבחינה מדעית, לציין את החומרים הנדרשים, להוסיף קישור לאתר המציג סרטון של הניסוי ולכתוב כיצד ניתן להנגיש את הניסוי

החל משנה"ל תשע"ה מערכת החינוך פועלת לקידום הלמידה המשמעותית בשלל היבטים, וביניהם הנושא של מעורבות חברתית קהילתית (מח"ק). כחלק מהרפורמה תלמידי כיתות י' נדרשים לבצע תשע שעות התנדבות קהילתיות כתנאי סף לקבלת תעודת בגרות.

בתיכון "רוטברג" בעיר רמת השרון בשיתוף מחלקת הגנים בעיר נרקם מיזם יוצא דופן שבו תלמידי כיתות י' הלומדים כימיה הגיעו לגני הילדים בעיר וביצעו בפני הילדים ניסויים ותופעות מדעיות אשר נבחרו על ידי התלמידים וצוות המורים לכימיה, סינתיה גילעם, קרן מנדה וערן שמואל, והלבורנטית גלינה אלשן, שליוו אותם לאורך כל הדרך.

הפרויקט נולד בעקבות פעילויות בקהילה של תלמידי המגמה, כמו הכנת קרם ידיים במועדון יום לקשיש בעיר או התנדבות בבית החולים השיקומי "בית לוינשטיין" ברעננה. העובדה שהחל בשנת תשע"ה שעות ההתנדבות הפכו



התלמידים בשלבים שונים של הפעילות

הבאה. עלו הערות לגבי מספר המפגשים המועט והעובדה שלא בכל הגנים הצגה פורנטלית של ניסויים מתאימה לילדים. הגננות הציעו עבודה בקבוצות קטנות ואף מתן אפשרות לכלל הילדים לבצע ניסויים פשוטים בעצמם.

בסקר שערכנו בקרב תלמידי התיכון על המשפטים האלה:

"ההתנדבות בגנים הייתה חוויה יוצאת דופן. נהייתי לחשוף את ילדי הגנים לתופעות מדעיות ולעולם המדע. אני מקווה כי פעילות זו תמשיך גם בשנים הבאות".

"מאוד נהייתי מפעילות הגנים! אני חושב שזה הזדמנות טובה בשביל הנוער להתנדב ולהתנסות בהפעלת הגיל הצעיר יותר. בנוסף למדתי הרבה על כימיה (כגון לחץ אוויר, water tension, וגם על פופקורן).

בתשובות לשאלות בסקר אמרו כל התלמידים כי נאלצו לשתף פעולה זה עם זה בקבוצה. לקבוצה היה חשוב לעניין את התלמידים. 80% מהתלמידים העידו כי הרחיבו את ידיעתם בכימיה בזכות פרויקט זה.

לסיכום, אנו מאמינים כי גירוי הסקרנות ויצירת חוויה לימודית מתוך שעשוע הם הדרך שבה ניתן לגרום לדורות הבאים לבחור במסלול מדעי בהמשך חייהם. הפרויקט סייע לתלמידים לפתח ולהפגין כישורים כגון עמידה מול קהל, עבודה בקבוצות ועמידה בלוח זמנים. פרויקט זה אפשר לתלמידים ללמוד כימיה בצורה אחרת, חווייתית ומגוונת יותר. ללא ספק התממשה גם במקרה זה האמרה שלפיה "הלמידה הטובה ביותר מושגת כשמלמדים אדם אחר". בבית ספרנו הרחבות המקצוע מתבצעות בכיתה י"א, ואנו מאמינים כי פרויקט שכזה כבר בכיתה י' הוא חלק משורה של צעדים המחברים את המקצוע על כיתות הטרוגניות הלומדות כימיה.

לילדי גן. כל קבוצה נדרשה למלא שני דו"חות עבור שני ניסויים שבחרה, וכך נוצר אוגדן שהכיל 20 ניסויים שונים שהציעו כלל התלמידים. למשל: צבעים בחלב, פופקורן, הר געש של חומץ וסודה לשתיה.

במפגש השני הציעו הקבוצות השונות בפני חבריהם לכיתה את הניסויים שבחרו אחרי שביקשו בעוד מועד את החומרים מהלברנטית. במליאה נערך דיון בשאלה מה ניתן לשפר בהגשת הניסוי לילדי הגן. אחרי שנחשפו התלמידים לכל הניסויים, בחרה כל קבוצה 5 ניסויים למפגש הראשון ו-5 ניסויים למפגש השני.

המפגש השלישי כלל יציאה לגנים. הוחלט כי מועד היציאה יהיה באותו יום ובאותה שעה לכלל הקבוצות כדי למנוע מצב של חוסר שליטה בכלל הקבוצות. כמו כן מבחינה בטיחותית לכל קבוצה התלווה מורה מבית הספר שנכח בגן יחד עם התלמידים. מפגש מספר ארבע היה מפגש ביניים שבו העלו התלמידים תובנות מהמפגשים בגן. התלמידים סיפרו על הניסויים שהיו מלהיבים יותר, על החוויות שעברו, על קשיים שצצו ועל הדרכים להימנע מהם במפגש הבא. המפגש הזה היה חשוב מאוד, והדברים שעלו נכתבו והופצו לכלל הקבוצות.

במפגש החמישי יצאו הקבוצות לגנים בפעם השנייה. האווירה הייתה טובה יותר באופן גורף, ולא מעט גננות ציינו שהילדים המתינו בציפייה לתלמידים שיגיעו לגן.

במפגש השישי והאחרון נערך טקס קטן לתלמידים. בטקס השתתפו נציגים מהנהלת בית הספר ומעיריית רמת השרון. כל תלמיד קיבל תעודת הוקרה על פעילותו ותרומתו לקהילה. מסקר שערכנו בקרב הגננות שהשתתפו בפרויקט קיבלנו תגובות חיוביות מאוד, ביניהן:

"התלמידים באו מוכנים וערוכים. אשמח אם יהיו יותר מפגשים. היה נראה שגם ילדי הגן וגם נערי התיכון נהנו מהמפגש. תודה על היוזמה, ההיערכות והביצוע".

"היה שיתוף פעולה פורה בין התלמידים לילדי הגן, הייתה שאילת שאלות והפריה הדדית בין הצדדים, התלמידים היו אדיבים ועם סובלנות רבה לילדי הגן, נהייתי מאוד להיות נוכחת במפגשים, יוזמה ברוכה וישר כוח".

"הפעילות הייתה מרתקת, והילדים נהנו מאוד. הפעילות הייתה טובה ומעשירה. הבנות הכירו היטב את החומר. לדעתי ניתן להסביר לילדים מושגים כמו ואקום, ריק, בהרחבה. אך זאת עשיתי אני בסיום הפעילות".

מנתוני הסקר ביקשו כל הגננות להמשיך בפרויקט גם בשנה



”תכנית חיסכון”

השתתפות בית ספר על-יסודי אלקאסמי-באקה אלגרבייה בפרויקט ”יש לנו כימיה” - סיפור ניצחון!

אפראח עאסי, מורה לכימיה, בית הספר העל יסודי אלקאסמי, באקה אלגרבייה.

הבינלאומית, "הכרתי" את כל תלמידי מגמת הכימיה להשתתף בפרויקט "יש לנו כימיה". ההשתתפות בפרויקט היוותה מרכיב של 10% מהציון הסופי במקצוע הכימיה, כרכיב של הערכה חלופית או מה שנקרא "חלופות בהערכה". העמיתה שלי, מראם קטש, ואני הצלחנו לגרום לכך שכל התלמידים ישתתפו בפרויקט. שש מתוך כלל הקבוצות שהשתתפו בפרויקט העפילו לשלב הגמר - השלב הסופי של התחרות. זכינו ב-4 פרסים בתחרות הפוסטרים והסרטונים, בנוסף לפרס כספי שניתן לבית הספר בשווי 1800 ₪ כפרס של בית ספר מצטיין.

הקבוצות הזוכות היו אלה:

- במקום הראשון בתחרות הסרטונים זכומייס זבאד, אחלאם אבו מוך, ביאן אבו עמאר, רנא אבו חוסין בנושא "תעשיית הזיתים". כל תלמידה בקבוצה זכתה בפרס כספי של 400 ₪.

תוך כדי המסע שלי לאתגר את תלמידי להרחיב את הידע שלהם בכימיה ולשפר את מיומנויות הלמידה העצמית שלהם, החלטתי לחשוף אותם ולעודד אותם להשתתף בפרויקט "יש לנו כימיה - כימיה, תעשייה וסביבה בראי החברה והפרט". חשבתי על הדבר רבות וחיפשתי את הדרך הטובה ביותר שבה אצליח לאתגר את תלמידי ולמשוך אותם, ולחסוך מעצמי את הטרחה "לדחוף" אותם בכוח ללמוד באופן עצמאי תוך כדי השתתפות בפרויקט. לצורך כך השכלתי ללמוד מטעויותיי בשנים קודמות, כמו שאמר נשיא המדינה לשעבר, מר שמעון פרס: "אף אחד לא הרוויח מהפסדיו יותר ממני".

פלוס ומינוס... רווח והפסד? החצי המלא של הכוס ...

בשנת תשע"א 2011 שהוכרזה כשנת הכימיה

- המטלות שהצעתי היו כדלקמן:
- מטלה ראשונה הייתה הכנת מצגת והצגתה בפני הכיתה על אחד המדענים שלומדים על העקרונות שלהם. מטלה זו זיכתה את המשתתפים בה בשתי נקודות בנוס על הציון הסופי בכימיה.
- מטלה שנייה הייתה השתתפות בכנס התלמידים השני שארגנה המורה פאדיה ח'טיב בתיכון עתיד בטירה. מטלה זו זיכתה את המשתתפים בה בשלוש נקודות בנוס על הציון הסופי בכימיה.
- מטלה שלישית הייתה לצלם סרטון שבו התלמיד מבצע ניסוי ביחד עם קרוב משפחה קטן (אח, אחות) ומסביר לו את העקרונות המדעיים ואת הכימיה שמאחורי הניסוי. בנוס של 5 נקודות. (מטלה זו הוצעה לתלמידים גם בשנת תשע"ד. ניתן לקרוא את הכתבה על המטלה וביצועה "[כוכב נולד - כימאים בסרטים](#)", עלון על-כימיה - גיליון 24, אפריל 2014, עמודים 35-36. ניתן לראות את הסרטים [כאן](#).)
- מטלה רביעית, גולת הכותרת, הייתה השתתפות בפרויקט "יש לנו כימיה". כתגמול להשתתפות בפרויקט הצעתי בנוס של חמש נקודות לכל התלמידים בכל קבוצה שמצליחה להגיע לשלב הסופי של הפרויקט. בנוס על ציון המגן!

פרויקט "תכנית חיסכון" שוחרר ביוני 2014, עליתי לרגל (לחג') בספטמבר 2014 למכה בערב הסעודית, וכשחזרתי באוקטובר באותה שנה גיליתי ש-15 קבוצות שמנו 38 תלמידים ממגמת הכימיה, נרשמו לפרויקט מרצונם החופשי. חלק מהתלמידים השתתפו בכמה פרויקטים, חלק מהקבוצות הורכבו מבני משפחה: אחיות משלוש שכבות י, י"א, ו-י"ב. היה נחמד מאוד לראות את הכימיה זורמת בגנים של המשפחה, עוברת בתורשה, כאילו היא תכונה מחזורית המשותפת לכל האלמנטים באותו טור - אותה משפחה.

ומה היו המטרות? והאם הצלחתי להשיגן?

עד לפה הושגה המטרה הראשונית: השתתפות סופר ענקית בפרויקט "יש לנו כימיה". המטרה השנייה הושגה: ההשתתפות הייתה מתוך רצון והנאה ולא הייתה בגדר חובה. המטרה השלישית הושגה: כל קבוצה בחרה באופן עצמאי לחלוטין את התחרות שבה היא מעוניינת להשתתף, בין שזו

- במקום השלישי בתחרות הסרטונים זכו מאלק מואסי, חאזם אבו מוך, חמזה מואסי, קרם אבו מוך בנושא "פולמרים בצמיגים". כל תלמיד בקבוצה זכה בפרס כספי של 200 ש.
 - במקום הראשון בתחרות הפוסטרים זכו עפיף אבו מוך, מהדי ותד, סנא עומר, חנאן מג'אדלה בנושא "סוללות לב ההתפתחות". כל תלמיד בקבוצה זכה ב-400 ש.
 - במקום השני בתחרות הפוסטרים זכו איה מוחסן, נור אסעד, ביאן מואסי, נג'אח ותד בנושא "ביוגז". כל תלמידה בקבוצה זכתה ב-300 ש
- ([כתבה על הפרויקט משנת 2011](#))

החצי הריק של הכוס

למרות ההצלחה הגדולה של כולנו - בית ספר אלקאסמי, המורות לכימיה, חברתי מראם קטש ואנוכי, וכן התלמידים - נשארה בי הרגשה של פספוס... תחושה של הפסד קטן... מין מועקה כזו שרדפה אותי זמן רב לאחר מכן והדירה שינה משתי עיניי! חלק מהתלמידים אמרו לי בזמנו: "מי צריך את הפרויקט הזה בכלל? את רוצה לחגוג יומולדת ושנה בינלאומית לכימיה? תחגגי לבד! למה את מכריחה אותנו להשתתף אתך בחגיגה שלך?!" מפה... מהמשפט הזה... התחלתי לחשוב על דרך אחרת לאתגר את התלמידים שלי להשתתף בפרויקט, בלי להכריח אותם. שישתתפו מתוך רצון ולא כחובה. שישתתפו כדי לחגוג בעצמם, ולא כדי להשתתף אתי בחגיגה שלי... שירגישו שההצלחה היא שלהם! ושהחגיגה כולה שלהם!

אולי לא היה זה החצי הריק של הכוס... אלא רק שליש או רבע או אפילו עשירית... אבל בעיניי... לא הייתה הכוס מלאה... עדיין היה בה אחוז ריק מסוים! ואותו הייתי צריכה למלא בדרך כלשהי... בזמן כלשהו...

"תכנית חיסכון"...

אחרי שהקדשתי לזה מחשבה עמוקה, מצאתי את הדרך... החלטתי להכריז על פרויקט שקראתי לו "תכנית חיסכון". את הפרויקט הזה הוצאתי לאור ביוני 2014, כהכנה לשנת תשע"ה. בפרויקט שלי "תכנית חיסכון" הצעתי לתלמידי מספר מטלות שמזכות אותם בנקודות שהם זוקפים לזכותם ב"קופת גמל", שהם רשאים למשוך אותה בכל זמן שירצו, אף שמומלץ שישאירו אותה "לפנסיה"...כנקודות בנוס וכתוספת שמתווספת לציון הסופי של המגן!



מקום ראשון בתחרות התצלומים: "פרח אש". מקום שלישי בתחרות התצלומים: "חיוך מקסים חיוך של כימאים".

לתיקון, ורק אחרי בדיקת התיקון אישרתי לתלמידים להגיש את הפרויקט לרכזת האחראית במחוז שלנו, ד"ר מירה קיפניס, שגם היא דאגה לכתוב הערות ולהחזיר לתלמידים לשיפור. את המהלך הזה עשיתי 3 פעמים עם כל קבוצה עד שהגענו לתוצר הסופי. בד"כ הקפדתי ללכת לפי לוח הזמנים שהצבתי, ולא בדקתי את החומר שהוגש באיחור. בשבילי, דיוק בזמנים ועמידה בלוח הזמנים שהוצב מראש היו מטרה בפני עצמה שבונה אחריות, דיוק וקפדנות.

במהלך ההכנות לפרויקט נתקלו התלמידים בקשיים רבים: קושי בחלוקת תפקידים בתוך הקבוצה, קושי למצוא חומר ורקע מדעי מספק, קושי לתרגם לעברית ועוד. אך אני גאה להגיד שתלמידי הצליחו להתגבר על הקשיים בעמל רב ונחישות. ואלה היו התוצאות: 12 קבוצות מתוך 15 שהשתתפו מבית ספרנו עלו לשלב הגמר והסופי בתחרות: 4 פוסטרים, 4 התצלומים, שני סרטים, כתבה אחת וניסוי חקר אחד. הקבוצות כללו 30 תלמידים. חלקם זכו בפרסים, וביה"ס זכה בפרס כספי בשווי 1000 ש"ח כפרס בית ספר מצטיין.

אלה היו הקבוצות הזוכות:

- מקום ראשון בתחרות התצלומים: "פרח אש" - יסמין פדילי, נדין נאטור, מייס מסארוה. כל תלמידה זכתה ב-300 ש"ח. ניתן לראות את התצלום [כאן](#).
- מקום שלישי בתחרות תצלומים, "חיוך מקסים" - חיוך של כימאים": איוב ותד, עבד אבו נאסר, נשוה פדעוס, עולא מסרי. כל תלמיד זכה ב-200 ש"ח. ניתן לראות את התצלום [כאן](#).

תחרות סרטונים, פוסטרים, תצלומים, ניסוי חקר או כתבה. כל קבוצה בחרה בעצמה גם את נושא הפרויקט שלה. היה לי חשוב מאוד לא להתערב כלל בבחירת סוג התחרות או נושא הפרויקט. שכן חלק ניכר מהצלחת הפרויקט הוא החדשנות שבנושא. כך שכל קבוצה הייתה צריכה לקחת אחריות על בחירת סוג התחרות ונושא הפרויקט שלה, ובזה היא לוקחת אחריות על המקום שאליו היא תצליח להגיע.

המטרה הרביעית הייתה: לתת לתלמידים לשוטט באינטרנט פה ושם בחיפוש אחר מידע. החיפוש אחרי נושא מעניין שיש בו אלמנט של חדשנות גזל מהתלמידים זמן רב מאוד. השיטוט הזה היה הדרך ללמוד דברים חדשים באופן עצמאי וללא ליווי או פיקוח של מורה. למידה עצמאית נמצאה כמהנה ביותר עבור התלמידים, ועוד יותר מזה... היא נשארת חרוטה בזיכרונם של התלמידים כמו חריטה באבן!

המטרה החמישית הושגה: ליווי צמוד שמבטיח הצלחה! הצלחה בעיניי כללה שלושה אלמנטים עיקריים: מספר מרבי של קבוצות הגיעו לשלב הגמר; חלק מהקבוצות זכו במקומות ראשונים בתחרויות השונות, ובית הספר זכה בפרס בית הספר המצטיין.

ובדרך למטרות

לצורך השגת המטרות הכנתי לוח זמנים מסודר ואישי משלי לצד לוח הזמנים שמוצע ע"י האחראים ממכון ויצמן. לפי לוח הזמנים שהכנתי, עקבתי אחרי התקדמות כל קבוצה. כל קבוצה הייתה צריכה להגיש לי את ההצעה הראשונית שלה, בדקתי את החומר, כתבתי הערות ושלחתי שוב לתלמידים



מקום שלישי בתחרות הפוסטרים: "אצות מאירות ומטהרות". מקום שני בתחרות הסרטונים: "קופקסון".

לשלב האקדמי בחיינו... לאוניברסיטה. דבר אחרון הוא רגע ההצלחה... קודם כל הסוד של ההצלחה שלנו הוא הרצון להצליח והרצון לחקור תחום מדעי חדש ומסקרן, ולכן בחרנו בנושא חדש בפרויקט שלנו... משהו שעדיין לא קיים במציאות (באופן מעשי ובפועל)... שיהיה ממש מסקרן לכולם, חקרנו את הנושא (אצות מאירות ומטהרות)... והבטחנו לכולם להמשיך ולחקור עד שיהפוך למציאות קיימת באופן מעשי ובפועל... זכינו בפרס בית ספר מצטיין וגם הקבוצה שלנו זכתה במקום השלישי בתחרות הכרזות. הרגע הזה הוכיח שאם תרצו אין זו אגדה!"

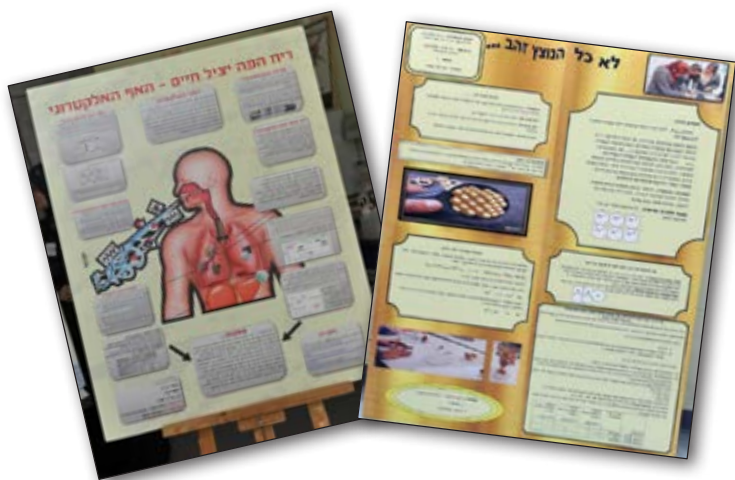
■ מקום שלישי בתחרות הפוסטרים, "אצות מאירות ומטהרות": מראם ותד, רנד פדעוס, רווא ביאדסה. כל תלמידה זכתה ב-250 ש.

■ מקום שני בתחרות הסרטונים, "קופקסון" - רוזה עת'אמנה, נור ע'סאווי פריג', פאדי זחאלקה, סנא ביאדסה. כל אחד מהזוכים זכה ב-300 ש. ניתן לראות את הסרטון [כאן](#).

אני מצטטת פה שתיים ממשתתפות הפרויקט שמספרות על החוויה שלהן.

מראם ואיל ותד מכיתה י"א: "התחרות "יש לנו כימיה" הייתה אחד הדברים המיוחדים והמעניינים ביותר מבין אלה שהשתתפתי בהם. הרגשתי שהיא מהווה נקודת מפנה בחיי... כל הזמן חלמתי להיות מדענית בתחום הטכנולוגיה ולעסוק במחקרים בתחום הטכנולוגיה ותעשייה כימית בארץ. הפרויקט הזה היה בוודאות הצעד הראשון להשגת החלום שלי. אני פשוט נכנסתי לעולם הטכנולוגיה, התעשייה והמדע באופן אמתי!

השפה השימושית בפרויקט הנה עברית... אני וחברותיי תמיד אמרנו "We speak English better than Hebrew". לא היה לנו קל לדבר בעברית ובספונטניות ולהסביר בשפה מדעית את הכרזה שלנו... הפרויקט הזה נתן לנו דחיפה לדבר בעברית ובביטחון מלא ולהיות אחראיים להתמודד בארץ שאנו חיים בה - ארץ דוברת עברית, שלב זה היה מין הכנה ברמה כזו או אחרת



חלק מהתוצרים שהתלמידים הגישו והגיעו לשלב הגמר



תמונה קבוצתית על הבמה של אולם הברווז עם סגן המנהל עפיף מצארווה.

וכתבות. בית ספר אלקאסמי השתתף ב-15 פרויקטים, ש-12 מהם הגיעו לשלב הגמר, שה"כ 30 תלמידים מתוך 38 במקור. ניתן לסכם ולהגיד שמספר הפרויקטים של בית ספר אלקאסמי אשר הגיעו לשלב הגמר היווה 20% מכלל הפרויקטים של כל בתי הספר שהגיעו לשלב הגמר.

את הפוסטרים שהשתתפו בתחרות תלינו במסדרון הראשי בקומת הכניסה של בית הספר, כולל הפוסטרים של התצלומים. את הסרטונים העלינו לערוץ היוטיוב של בית ספר אלקאסמי. תלמידי מגמת הכימיה שהשתתפו בפרויקט מהווים מודל חיקוי אמתי ומוצלח שחי ונושם בתלת-ממד במסדרונות בית הספר וברחובות באקה אלגרביה. לא אגזים אם אגיד שמגמת הכימיה בבית ספר על יסודי אלקאסמי הנה אחת המוצלחות ביותר והמדוברות ביותר בבאקה אלגרביה. אולי "הפרסום" לא היה אחת מחמש המטרות שהצבתי לעצמי והזכרתי לעיל, אבל הוא היה בהחלט תוצר לוואי רצוי ביותר.

זה היה הפרויקט...אלה היו המטרות...זו הייתה הדרך...ואלה היו התוצאות! פרי יותר מתוק מזה - אין!

ולבסוף ברצוני להודות למארגני הפרויקט, למנהלת הפרויקט ד"ר מירי קסנר, ולרכזת שלנו ד"ר מירה קיפניס על הליווי הצמוד, המהיר והעקבי שלה שהיווה אבן יסוד בהצלחת הפרויקטים. וכמובן, למנהל בית הספר, ד"ר פארס קיבלאווי, ולסגן המנהל עפיף מצארווה על תמיכתם במגמת הכימיה. ללברנטית המסורה והאחראית שליוותה אותנו במשך כל הדרך, עאישה אבו גליון מג'אדלה, תודה ויישר כוח.

הוא ואיל ביאדסה מכיתה י"א: "היה לי מאוד

מעניין וכיף להשתתף בפרויקט הזה.

למדתי הרבה דברים על עצמי ועל דברים אחרים בכימיה שמאוד משכו אותי, למדתי שאני כן יכולה לעשות דברים, אם יש רצון טוב ופוטנציאל גבוה. הניסיון המרתק הזה גרם לי לחשוב ללמוד במכון ויצמן. ולא אשכח את התמיכה והעזרה של מורתי אפראח".

התוצאות של הפרויקט

הכנס הסופי של הפרויקט התקיים ב-24.3.15 במכון ויצמן למדע, ובו נכחו התלמידים ובתי הספר שהצליחו להגיע לשלב הגמר. כל קבוצה הציגה את הפרויקט שלה פעמיים במשך התחרות, והוערכה פעמיים ע"י ועדת שיפוט על פי מחוון מוגדר מראש שכלל כמה וכמה קריטריונים חשובים, מגוונים ושונים.

הכנס כלל הצגות בפני קהל, שיפוט, תערוכת פוסטרים, הקרנת סרטונים זוכים, הרצאות מליאה, הכרזה על הזוכים, חלוקת תעודות השתתפות לכלל התלמידים וחלוקת פרסים לזוכים.

ברצוני להזכיר שבפרויקט "יש לנו כימיה" לשנת תשע"ה השתתפו כ-500 תלמידים מ-36 בתי ספר אשר הגישו 170 פרויקטים. לשלב הגמר הגיעו כ-160 תלמידים מ-21 בתי ספר שונים ברחבי הארץ אשר הציגו 60 פרויקטים ב-5 תחרויות שונות: פוסטרים, סרטונים, תצלומים, ניסויי חקר



כנסים

גז טבעי - כימיה וחברה

הכנס השנתי למורי הכימיה

שרה אקונס, זיוה בר-דב, מלכה יאיון, אורית הרשקוביץ (טכניון) - הועדה המארגנת של הכנס.

טבעי כחומר מוצא לייצור תחליפי דלק שונים: (compressed natural gas) CNG - דלק מעובה, מתאנול ודלק סינתטי (אוקטן מסונז מגז טבעי). לכל אחד מהתחליפים יש יתרונות וחסרונות בכל הנוגע לייצור, לאופן האספקה, לפגיעה באיכות הסביבה ולמחיר.

פרופ' אהוד קינן העביר מסר חד-משמעי: "ייצוא הגז עומד בסתירה לאינטרסים החיוניים של מדינת ישראל. מדינות נחשלות נאלצות לייצא בזול את אוצרות הטבע שלהן, מכיוון שאינן מסוגלות לפתח תעשיית המשך רווחית. מכירת מוצרי המשך, במקום מכירת הגז עצמו - לא זו בלבד שהיא מכניסה כסף רב, אלא גם מקדמת ביטחון אנרגטי, עצמאות כלכלית, תעשייה פורחת ואלפי מקומות עבודה נחשקים. היא מביאה גם חינוך והשכלה גבוהה, אלפי מדענים ומהנדסים, ממציאים וחברות הזנק עתירות ידע. ההחלטה שבפניה אנו

נושא הכנס "גז טבעי - כימיה וחברה" אינו יורד מסדר היום, ויעידו על כך הציטוטים האלה: "שטייניץ דורש: פטור ממס על גז טבעי לתחבורה ל-10 שנים" גלובס, 3 בינואר 2016; "לאחר כשנה של דיונים, שימוע ציבורי, הפגנות ברחבי הארץ וכ-10 דיונים בוועדת הכלכלה, אישר נתניהו סופית את מתווה הגז הממשלתי." 17 ynet בדצמבר 2015.

נושא הכנס הוא אכן אקטואלי ונדון כל יום בחדשות! קיבלנו תמונה עדכנית ממומחים בנושא: ד"ר ברכה חלף, המדענית הראשית של משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, ופרופ' אהוד קינן, נשיא החברה הישראלית לכימיה. ד"ר ברכה חלף הציגה תמונה מקיפה על מיקום בארות הגז ודרכי הובלתו מהים לארץ ובתוך הארץ, ועל טכנולוגיות קיימות ומתפתחות שמטרתן להמיר את הפקת האנרגיה בארץ מנפט או מפחם לגז טבעי. הבנו שניתן להשתמש בגז



פרופ' אהוד קינן, « נשיא החברה הישראלית לכימיה.

« קהל המורים במליאה.



ד"ר ברכה חלף, « המדענית הראשית של משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים.

« הוועדה המארגנת של הכנס: ד"ר מלכה יאיון, שרה אקונס, זיוה בר-דוב ואורית הרשקוביץ.



מעמד הפרידה « מד"ר רחל ממלוק-נעמן מניהול המרכז הארצי למורי הכימיה.

« אחד ממושבי המורים רודה גאנס וחנין בשארה מציגות פעילות שפיתחו.



עומדים היא חסרת תקדים בחשיבותה. מונחת לפתחנו הזדמנות היסטורית למנף את תגליות הגז כדי לבנות כאן חברה מדעית-טכנולוגית נאורה ומתקדמת."

לאחר הכנס נסענו בכביש שש ונוכחנו לראות שהתהליך קורם עור וגידים. החפירות לצד הכביש, הצנרת שמונחת ליד החפירות והאתר שנבנה לצורך הפקת חשמל באמצעות גז בנגב - כולם מהווים עדות לכך שהדברים ששמענו בהרצאות בכנס אכן מתרחשים.

על מנת לשלב את הנושא ה"חם" הזה בהוראה בכיתה, שמענו הרצאה המסבירה את עקרונות ה-DEBATE. כמו כן צפינו בדיבייט ראויה בנושא "גז טבעי" שנהל ע"י צוות מרכז "כהן-אידוב לדיבייט ורטוריקה". מיומנות הדיבייט הוצגה גם באחד ממושבי המורים.

ד"ר דורית טייטלבוים, מפמ"ר כימיה, סקרה את פעילות השטח הענפה של המדריכים ושל המרכז הארצי למורי הכימיה. היא התייחסה בהערכה רבה לפעילויות המורים בבתי הספר וקראה להעלות את מספר תלמידי הכימיה: "שכל מורה יגדיל בשניים את מספר התלמידים בכיתתו".

קישור להרצאות במליאה ניתן לקבל גם מדף הכנס וגם בקישור ישיר: [הרצאתה של ברכה חלף, הרצאתו של אהוד קינן, הרצאתה של דורית.](#)

במהלך הכנס נפרדנו מד"ר רחל ממלוק-נעמן, שהיתה מנהלת מקצועית ומסורה, של המרכז הארצי למורי הכימיה במשך 15 שנים והכרזנו על כניסתה של ד"ר דבורה קצביץ לתפקיד.

כמדי שנה חולקו פרסים; פרס למורה מצטיין ע"ש נעמה גרינשפון ז"ל הוענק לד"ר שרית ברגר (ראו כתבה נפרדת בנושא). כמו כן הוענק פרס עבודות גמר לתלמידים.

המושבים המקבילים של הרצאות עמיתים היו מגוונים, מעניינים ומרתקים. הפעילויות שהמורים חלקו אתנו הן מקור לגאווה ומשקפות את איכות קהילת מורי הכימיה. לראשונה התקיים גם רישום מוקדם מקוון למושבים אילו.

את רשימת ההצגות כולל קישורים תוכלו למצוא בעמוד הבא.

השנה השתתפו בכנס 322 מורים ופרחי הוראה ביום חורפי שטוף שמש ובאווירה נעימה.

מצפים לפגוש אתכם בכנס הבא!

שם ההרצאה ושמות המרצים

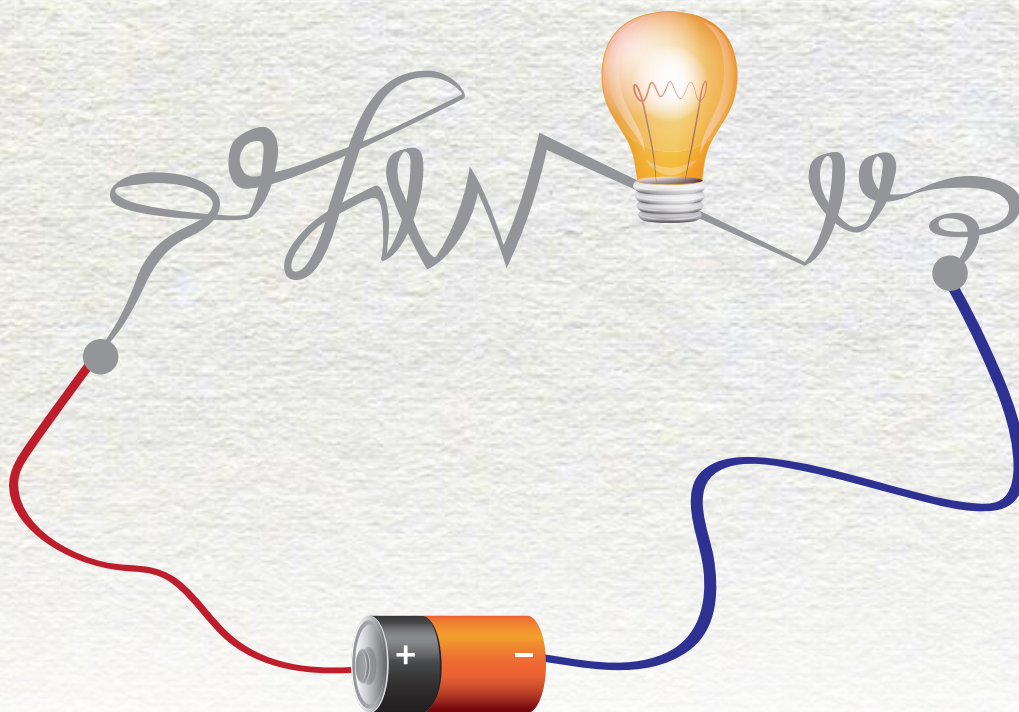
<p>סיור לימודי לים המלח משולב בניסויים (קישור למצגת) ד"ר איתן קריין, חמד"ע, מרכז לחינוך מדעי תל אביב יפו.</p>
<p>הארי פוטר, השיקוי וכדור הסניץ' במשחק הקווידיץ' - מעבדה בפולימרים (מצגת לניסוי, קובץ הנחיות לתלמיד, דפי מידע למורה, קובץ למעטפה, כרטיסים למעטפה) לייקה גרנות, תיכון "הדרים", הוד השרון, וורד כבשנה ברטל, תיכון "שוהם", שוהם.</p>
<p>ניסוי הר געש (קישור למצגת) חנין בשארה, בית חינוך ומדעים ג'לג'וליה, ורודה גאנם, תיכון חקלאי ימה.</p>
<p>Aqua.G - גוטמן זורמים עם "מי נתניה" (קישור למצגת) ד"ר שרית ברגר, אורט גוטמן, נתניה.</p>
<p>כימיה בגני ילדים בחסות תלמידי כיתות י' עד י"ב בתיכון "רוטברג" רמת השרון (קישור למצגת, אוגדן ניסויים) ערן שמואל, קרן מנדה וסינתיה גילעם, תיכון "רוטברג" רמת השרון.</p>
<p>משימת הערכה חלופית בנושא: מדפסת תלת-ממד - מדמיון למציאות (קישור למצגת) חגית רפאלי-מישקין, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון.</p>
<p>דיבייט בהוראת הכימיה (קישור למצגת) שלומית וינטר, אולפנת שעלבים, ועדנה פרידמן, אולפנת חורב ואווליה תהילה.</p>
<p>סיור לבדיקת איכות המים לאורך הירקון (קישור למצגת) ד"ר אסנת רווה וד"ר אלה ליבשיץ חמד"ע - מרכז לחינוך מדעי תל אביב-יפו.</p>
<p>שילוב בלוגים בהוראת כימיה ומדעים בעז הדס, תיכון שמעון בן-צבי, גבעתיים.</p>
<p>האם ניתן להפוך מתכת פשוטה לזהב? (קישור למצגת, דף הנחיות לתלמיד) ד"ר בתיה ליפשיץ-גולדרייך, תיכון אלון רמת השרון, סמדר אהרוני-גרבת, בית חינוך ירקון, שרון דויטש, תיכון שוהם, וד"ר פנינה יקירביץ, תיכון גינסבורג - האלון, יבנה.</p>
<p>ניסויי חקר - רמה 3 תמם נאוה, גימנסיה ראלית, ראש"ל"צ.</p>
<p>תלמידים בונים תערוכה - הערכה חלופית במסגרת 30% שפותחה במסגרת פרויקט Irresistible ישראל (קישור למצגת) פאדיה חטיב, רונת ברד, ראודה גאנם, גלית בראל, שהינאז נסאר וד"ר רון בלונדר.</p>
<p>משימות הערכה חלופיות בכימיה - כיצד לבנות מחוון? (קישור למצגת) ד"ר אורית הרשקוביץ, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון.</p>
<p>"כימיה ברשת": הכיתה האינטרנטית בכימיה (קישור למצגת) ד"ר יעל שוורץ ורחל אידלמן, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, ירדן בן חורין, מכון דוידסון לחינוך מדעי.</p>
<p>שילוב סוגיות אתיות במדע וחברה בהוראת הכימיה, חשיפה לפרויקט ENGAGE (קישור למצגת) אמיל אידין וד"ר יעל שוורץ, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.</p>
<p>שילוב טכנולוגיות בהוראת הכימיה. אתגרים ותפיסות של מורים ותלמידים. (קישור למצגת) גבי שוורץ ואמאל שיני-גראסי בהנחיית פרופ' יהודית דורי וד"ר אורית הרשקוביץ, הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, הטכניון.</p>



הנימוקים לפרס לזוכה: ד"ר שרית ברגר

במטרה לשפר את שיטות ההוראה והבנת הקשיים שיש לתלמידים בהבנת מושגים בסיסיים בכימיה פנתה ללמודים לתואר שלישי. המחקר עסק ב"תפיסות שגויות של תלמידים את המודל החלקיקי של החומר, השוואה בין תפיסותיהם של תלמידי כיתה ח' לבין תלמידי כימיה 5 יח"ל בכתה י"א והצעות לימוד מגוונות כדי ל"שרש" את התפיסות השגויות. בשנת הלימודים תשע"ד, השתתפה שרית בצוות ההיגוי של "יום הכימיה" בעיר נתניה. זהו יום העשרה ולמידת עמיתים בתחום המחקר המדעי לתלמידי כימיה מרחבי העיר. בימים אלו שרית עוסקת בארגון כנס כימיה אזורי לתלמידים שבו תלמידים יציגו בפני עמיתיהם בני גילם פעילויות שונות/ ניסויי חקר/משחקים בכימיה/שפיתחו יחד עם מוריהם וכן יקבלו הרצאות העשרה בתחומי כימיה ומחקר עכשוויים. במקביל ללימודי הכימיה שרית היתה רכזת ההתנדבות והמחויבות האישית בבית הספר, יזמה וארגנה ימי שיא, כגון: "יום המעשים הטובים", "יום הנקיין הבינלאומי". גם בשנה האחרונה, שימשה שרית דוגמא למורי ביה"ס, בכך שנרתמה לאיסוף משלוחים וחבילות לחיילים במבצע "צוק איתן", ובכך שהתגייסה ל"הרמת" אירוע השנה לזכרו של מנהל ביה"ס הראשון. שרית מעורבת מאד בחיי ביה"ס, הן בתחום ההוראה והלמידה, והן בתחום הערכים והחברה, ובכך משמשת מודל למצוינות חינוכית.

שרית ברגר, בוגרת החוג לכימיה באוניברסיטה העברית בירושלים - ותעודת הוראה-אונ' תל-אביב. תואר שני מאוניברסיטת תל אביב, ביה"ס לרפואה. דוקטורט בהוראת המדעים - אונ' ELTE, בודפשט, הונגריה. שרית מורה לכימיה מזה 27 שנים, באורט גוטמן בנתניה, בהן מילאה מספר תפקידים: רכזת מדעים בחטיבת הביניים, רכזת פרוייקט "יזמים צעירים" בחט"ב, רכזת מדעים ומגמת ביוטכנולוגיה ורכזת התנדבות ומחויבות אישית בחטיבה העליונה. במהלך שנות הוראת הכימיה יזמה שרית פרוייקטים יחודיים לתלמידים בשיתוף ובחסויות נוספות כמו - "חכם בשמש" - שיתוף פעולה עם רופאים בנתניה, האגודה למלחמה בסרטן וביה"ס. שבמסגרתו תלמידי מגמות המדעים, המחשבים והאמנות חקרו והרחיבו את ידיעותיהם בנושאים מגוונים הקשורים לשמש, יתרונותיה ונזקיה. בשנת תשע"ה היא קדמה שיתוף פעולה עם "מי נתניה" - איגוד המים של נתניה שלווה בנוסף לעבודות חקר בנושא המים ומקורות המים וטיהור מי שפכים, בהקניית ערכים בנושאי סביבה והעלאת המודעות בקהילה למניעת זיהום המים. מדי שנה במסגרת פרויקט ייחודי "ביוטק", תלמידי בית הספר מגיעים למעבדות מחקר במכון וייצמן ברחובות או למעבדות המחקר במכון לחקר ימים ואגמים בחיפה.



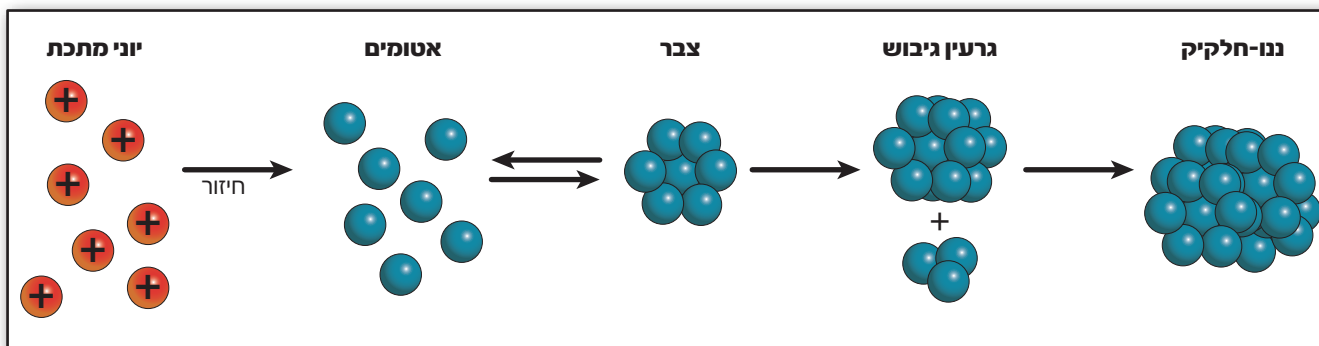
ננו-חלקיקים ומעגל חשמלי על הנייר - משימת אוריינות

יוליה שמש, מורה לכימיה, תיכון שש שנתי "גוונים", עין שמר.



הקורס "כימטק - כימיה בהייטק" הופעל כקורס וירטואלי שהתקיים בו זמנית במכון ויצמן בהנחייתן של ד"ר מלכה יאיון וד"ר שלי ליבנה ובטכניון בהנחיית ד"ר אורית הרשקוביץ. הפעילויות שפותחו בקורס ניתנות להורדה מאתר המרכז הארצי של מורי הכימיה - לחצו על [הקישור](#).

משימת אוריינות לרוב עוסקות בנושא רב תחומי ללא גבולות דיסציפלינריים קשיחים. אוריינות בכלל, ואוריינות בכימיה בפרט, מקנה לתלמידים יכולת להבין מושגים, עקרונות ותהליכים וליישם במצבים השונים בהמשך הלימודים. לפי דו"חות עכשוויים וסקרים למיניהם, תלמידים רבים אינם בוחרים בלימודי הכימיה עקב אי המודעות להיותה מרכיב ידע מרכזי בתחומי תעשיית ההייטק, התרופות, הביוטק ועוד. האוריינות הכימית מאפשרת לתלמידים להכיר את עקרונות הכימיה, לפתח יכולת להשתמש בשפה מדעית ולהבין את הזיקה והרלוונטיות של הכימיה לחיי היום יום של כל אזרח. משימת האוריינות המוצעת פותחה במסגרת הקורס "כימטק - כימיה בהייטק" שהתקיים בחסות המרכז הארצי למורי הכימיה ומכון דוידסון לחינוך מדעי. המטרה העיקרית של הקורס הייתה להעשיר את ידע



איור 1. תיאור מופשט ליצירת ננו-חלקיק.

ננו-חלקיקים ומעגל חשמלי מוליכות על הנייר - פעילות לתלמיד

תארו לכם שאתם יכולים לצייר תרשים וציור בעט כדורי "רגיל", ושהציור יתנהג כמעגל חשמלי ויוליך זרם!! זה אפשרי וזה כבר קיים! זה מה שעשו החוקרים הצעירים בסרטון הבא ([סרטון 1](#)).

היכולת ליצור דיו חשמלי כזה מבוססת על ננו-חלקיקים של מתכות כמו זהב וכסף.

בפעילות זו נדון בשני סוגי דיו מוליך וננסה להבין את העקרונות הכימיים שעליהם הם מבוססים.

במהלך שני העשורים האחרונים גדל בצורה ניכרת העניין בכימיה של צברים ננו-מטריים המורכבים מחלקיקים שגודלם נע בין 1 ל-100 ננומטר. בעקבות חקר של תכונות הצברים הננו-מטריים חלה פריצת דרך טכנולוגית בתחומים שונים כגון רפואה, אופטיקה ומיקרו-אלקטרוניקה.

אחת השיטות ליצירת ננו-חלקיקים היא ע"י חיזור של יוני מתכת. בתהליך זה נוצרים אטומי מתכת, המתלכדים ליצירת גרעין גיבוש שעליו גדל צבר ננו-מטרי המורכב מעשרות עד מאות אלפי אטומים (איור 1).

תכונות כימיות ופיזיקליות של חומרים המורכבים מננו-חלקיקים מתכתיים הן שונות מתכונות של גושי מתכת גדולים. למשל, צבעם של ננו-חלקיקי זהב תלוי בגודלם, והם יכולים להיראות אדומים, סגולים או כחולים: החלקיקים קטנים כל כך, שהאלקטרונים אינם חופשיים לנוע כמו בגוש זהב, והם בולעים באורכי גל שונים. בנוסף לשינוי בתכונות האופטיות, חל שינוי גם בטמפרטורת ההתכה של חומרים המורכבים מננו-חלקיקים מתכתיים. ככל שהננו-חלקיק קטן יותר, כך גדל אחוז האטומים בפני השטח שלו ביחס לגודלו. לכן אטומים בפני השטח נמצאים במגע עם פחות אטומים שכנים, וצריך

המורים בתרומת הכימיה לתחומי ההייטק, לעבד ולפתח עמם מאגר מגוון של פעילויות למידה הניתנות לשילוב בסילבוס הקיים בכיתות ט'-י"ב. בהתאם לכך, המטרה של משימת האוריינות המוצגת היא לקדם ולהעשיר את הידע הכימי של התלמידים, לפתח אצלם יכולת ללמידה עצמית ויכולת לשימוש במאגרי מידע אלקטרוניים. יתר על כן המשימה מדגישה בפני התלמידים את השילוב בין כימיה לבין תחומי מדע אחרים כמו פיזיקה ואלקטרוניקה, המהווים חלק בלתי-נפרד מחיי היום יום המודרניים.

במשימה המוצעת מוסבר פיתוח חדשני לייצור דיו על בסיס ננו-חלקיקים מתכתיים והדפסה ישירה של חלקים מיקרואלקטרוניים כמו מעגלים חשמליים או טרנזיסטורים. הפעילות מיועדת לתלמידי י"ב שלמדו את המבנית "כימיה פיזיקלית". ניתן לשלב פעילות זו כבר בכיתות י' במסגרת נושא "מבנה וקישור", לאחר שיש היכרות עם נושאים מסוימים כגון סוג תמיסות, חומרים מתכתיים, הולכה חשמלית במתכות וטמפרטורת התכה. במקרה הזה תהווה המשימה פעילות העשרה בנושא "ננו-חלקיקים".

אסכם ואגיד כי פיתוח משימת אוריינות זו בשיתוף מנחות הקורס (ד"ר מלכה יאיון וד"ר שלי ליבנה) היווה חוויה מאתגרת עבורי. תחום של הייטק בכלל, ושל ננו-חלקיקים בפרט, הוא לא פחות חדש לי מאשר לתלמידים עצמם. הסקרנות והרצון שלי להכיר את הכימיה המודרנית בכל תחומיה והיבטיה הובילו לפיתוח משימת אוריינות זו.

אני מקווה שבעקבות פעילות זו ופעילויות נוספות המוצעות באתר המרכז הארצי, ייחשפו התלמידים לעולם העשיר והמגוון של כימיה ויבינו את חשיבותה של הכימיה בתחומי העיסוק והחיים השונים.

הפעילות לתלמיד מוצגת כאן, וגם ניתנת להורדה, בנוסף להנחיות למורה [בקישור הבא](#).

חלקיקים מתקבצים, מתקרבים ועוברים איחוי בקלות. היתרון בשיטה זו הוא היכולת להדפיס על מצע בעל טמפרטורת התכה נמוכה מאוד כמו פלסטיק או נייר!

שאלות

4. **תארו** ברמת החלקיקים את היכולת של המתכות להוליך זרם חשמלי במצב צבירה מוצק.
5. טמפרטורות התכה של מתכות שונות הן גבוהות. לעומת זאת טמפרטורות התכה של ננו-חלקיקים מתכתיים יורדות בצורה משמעותית.
 - א. ציירו מודל של סריג מתכתי.
 - ב. התייחסו ליון חיובי פנימי לעומת אחד הנמצא בשטח הפנים. איזה מהם קל יותר להזיז? מדוע?
 - ג. ננו-חלקיקים כוללים חלקיקים קטנים שגודלם נע בין 1 ל-100 ננומטר. בטא: 1 **ננומטר** ו-100 **ננומטר** ביחידות של **מטר**.
6. באיור 4 נתונים שני חומרים הבנויים משני סוגי ננו-חלקיקים 1 ו-2.
 - א. חשבו את אחוז האטומים בפני שטח ביחס לסה"כ האטומים בכל חלקיק.
 - ב. קבעו לאיזה חומר תהיה טמפרטורת התכה נמוכה יותר? מדוע?
7. הביטו ב-3 האיורים באיור 5, המציגים בצורה מופשטת את תהליך האיחוי ללא חימום של ננו-חלקיקים מתכתיים שפותח על ידי חוקרים מהאוניברסיטה העברית, בהנחיית פרופ' שלמה מגדסי.
 - א. סדרו את האיורים לפי שלבים של איחוי.
 - ב. תארו במילים שלכם מה מייצג כל איור.
8. בטקסט מוזכרות 2 שיטות לייצור מוליכים מודפסים.
 - א. בנו טבלת השוואה בין שתי השיטות כדי לקבוע איזו מהן עדיפה. תנו כותרת לטבלה.
 - ב. בשתי השיטות מופיע שלב האיחוי. מדוע דרוש שלב האיחוי? הסבירו.
9. צפו בסרטון המופיע בקישור הבא ([סרטון 2](#)). הסרטון מתאר המצאה של "סוללת נייר": טובלים נייר בדיו על בסיס ננו-חלקיקים מתכתיים, מייבשים לצורך איחוי ומקבלים מוליך על נייר. חשבו והציעו שני יתרונות לפחות להמצאה זו. לאחר סיום הפעילות, דונו עם הכיתה על הרעיונות שלכם.

עבודה נעימה!

להשקיע פחות אנרגיה כדי להזיז אותם. כתוצאה מכך חלה ירידה בטמפרטורת ההתכה של חומרים אלה!

התכונות המיוחדות של חומרים המורכבים מננו-חלקיקים מתכתיים מוצאות ביטוי בתעשיות רבות כמו תעשיית המיקרו-אלקטרוניקה. לדוגמה, יצירת מעגלים חשמליים על גבי נייר או פלסטיק, כתחליף לייצור מעגלים חשמליים מחוטי מתכת.

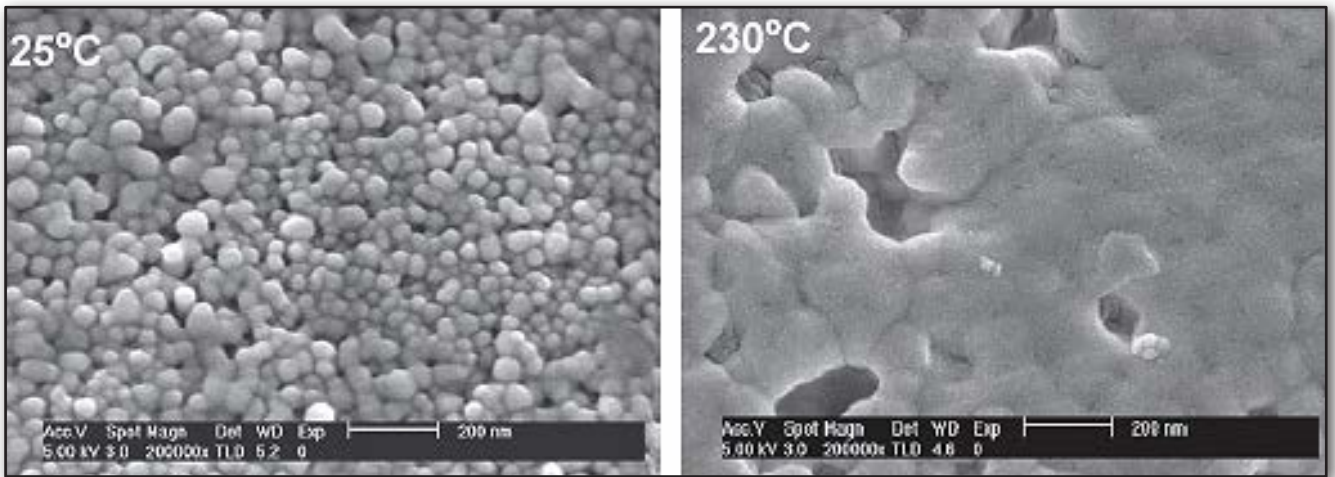
אחת השיטות לייצור מעגלים חשמליים אלו היא הדפסת דיו מתכתי במדפסות הזרקת דיו. איור 2 מציג אנטנה המיועדת לכרטיס חכם ("smart card") שהודפסה במדפסת הזרקת דיו משרדית ומורכבת מננו-חלקיקי כסף.



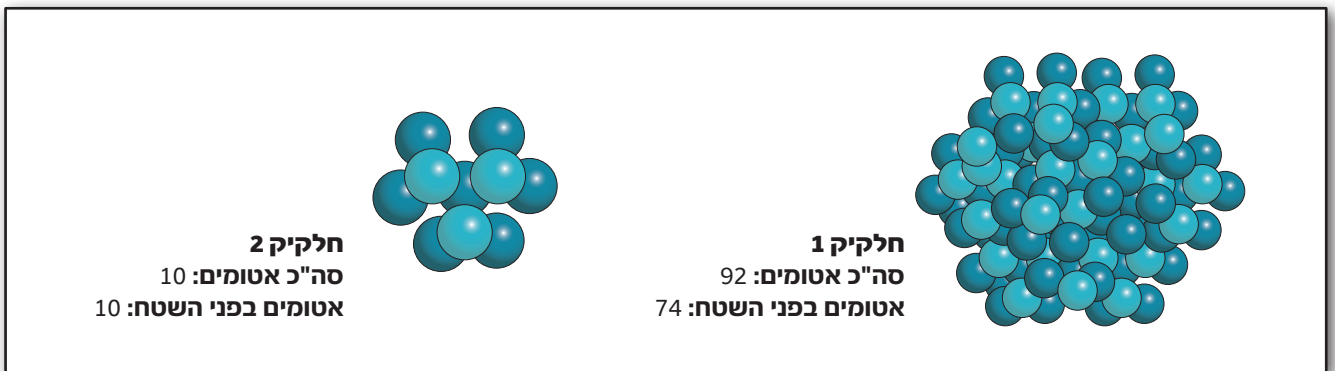
איור 2. אנטנה (באורך 7 ס"מ) המודפסת בדיו המכיל ננו-חלקיקי כסף מורחפים במים.
* האיור נלקח מתוך על-כימיה גיליון מס 12 עמוד 8.

אנטנה זו מורכבת מננו-חלקיקי כסף, שארוזים בצורה צפופה. כיוון שיש צורך בקבלת מוליכות במקטעים אלו, יש ליצור רצף רחב ככל האפשר בין הננו-חלקיקים. אחת הדרכים להשגת מטרה זו היא חימום האנטנה המודפסת, כך שהחלקיקים יעברו תהליך איחוי. בחינת ההשפעה של חימום האנטנה על החלקיקים ע"י מיקרוסקופ אלקטרוני סורק (SEM) המוצגת באיור 3, מראה כי למרות שטמפרטורת ההתכה של כסף היא 961°C , החלקיקים עוברים איחוי כבר בטמפרטורה של 230°C .

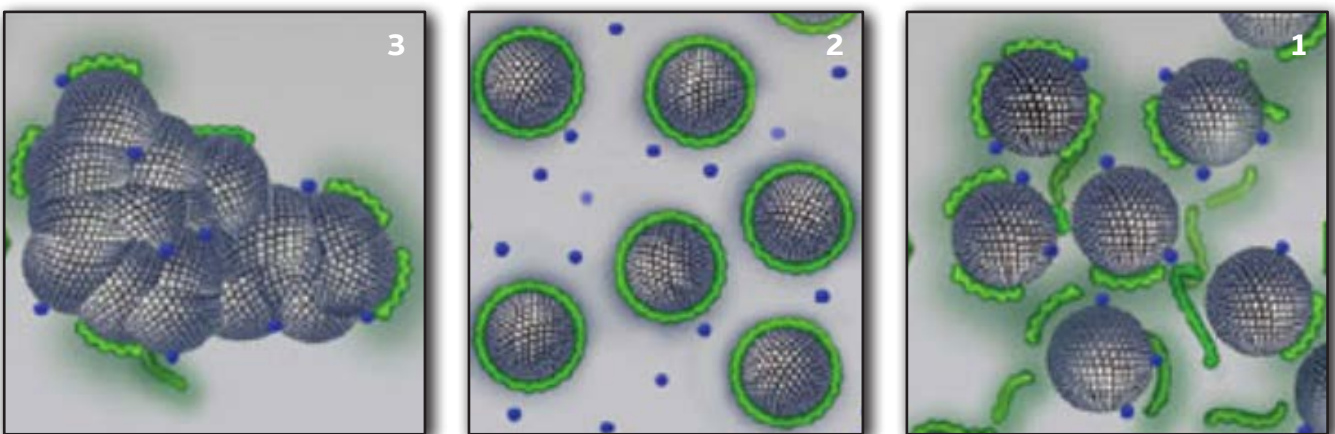
שיטה נוספת לייצור מעגלים חשמליים מודפסים פותחה על ידי חוקרים מהאוניברסיטה העברית, בהנחיית פרופ' שלמה מגדסי. שיטה זו כוללת שימוש בתחליב שיוצר איחוי עצמי בין ננו-חלקיקים ברגע שההדפסה מתייבשת בטמפרטורת החדר. תחליב זה מכיל ננו-חלקיקים של כסף ואלקטרוליט פשוט כמו מימן כלורי (HCl) או נתרן כלורי (NaCl). לפני שנוצר התחליב, ננו-חלקיקי הכסף נמצאים בצורה של צברים בודדים העטופים בפולימר מייצב. הפולימר מונע מהננו-חלקיקים להידבק זה לזה. האלקטרוליט בתחליב גורם לפירוק שכבת הפולימר המייצב. בהמשך, בעקבות הרחקת יוני הכלוריד מהאלקטרוליט, מורחקים מפני השטח של הננו-חלקיקים אטומים מייצבים שהיו צמודים ליוני הכלוריד. על-ידי כך הננו-



איור 3. תמונת SEM של ננו-חלקיקי כסף בפני שטח אנטנה מודפסת, בטמפ' החדר ולאחר חימום ל-230°C. * האיור נלקח מתוך על-כימיה גיליון מס 12 עמוד 8.



איור 4. מבנה סכמטי של 2 ננו-חלקיקים. האיור מתייחס לשאלה 6.



מקרא: ננו-חלקיק מתכתי (גlobe), פולימר מייצב (blue dot), אלקטרוליט (green filament)

איור 5. תהליך האיחוי ללא חימום של ננו-חלקיקים מתכתיים שפותח על ידי חוקרים מהאוניברסיטה העברית, בהנחיית פרופ' שלמה מגדסי. האיורים לא מסודרים בהכרח בסדר הנכון. האיור מתייחס לשאלה 7.



דברים לזכרה של מרים פופוביץ

רוזה גולובצ'יק, מורה לכימיה בתיכון ליידי דייויס, תל-אביב.

שלא רק שהם הבינו - הם התלהבו מכל רגע בשיעור! תאמינו לי, ביקרתי בהרבה מאוד שיעורים, ורובם היו שיעורים של מורים מובילים, אך לא היה שיעור אחד שדמה לזה של מרים! לפני שעזבתי את הכיתה פניתי לתלמידים: "האם אתם יודעים שהמורה שלכם היא המורה הטובה ביותר בארץ?" והתשובה הייתה חיובית...

ראיתי את אותם התלמידים (אך עצובים מאוד) כשהניחו פרחים על הקבר של מרים... מדברי תלמידים: "מרים הייתה קודם כול בן אדם, ורק אחרי זה מורה. היא התייחסה אלינו קודם כול בתור בני אדם ורק אחרי זה בתור תלמידים. את השיעורים עם מרים בכיתה קשה לשכוח: מיוחדים, מצחיקים, מהנים ומעניינים. למרים היה חוש הומור מיוחד, שונה, אופייני לה, ומידת פתיחות שלא נתקלנו בה אצל שום מורה בכל שנותינו בבית הספר. ביום שהודיעו לנו על פטירתה של מורתנו האהובה היינו עצובים, אך גם חשנו גאים שזכינו למורה כזו, כמו מרים; מורה שפוגשים רק פעם בחיים." יהי זכרה ברוך!

מרים פופוביץ ז"ל, רכזת כימיה בתיכון ליידי דייויס, תל-אביב
מה אני יכולה לספר על מרים? אני עדיין לא מאמינה שהיא לא בחיים. מרים הייתה אישה חכמה, אינטליגנטית מאוד, עם חוש הומור נדיר ותמיד עם חיוך. מהרגע שבו הכרתי אותה, היא התייחסה אלי כאל קרובת משפחה. העבודה עם מרים הייתה חוויה אינטלקטואלית ומרגשת.

דעתם של המורים על מרים: "מרים היא The Best".
רוצים הוכחה? אז אני אספר איך היא העבירה את השיעורים. כחברה לעבודה נוכחתי בשיעורים שלה. אתאר לדוגמה שיעור בנושא "מבוא לסטויכיומטריה". בעצם, זה לא היה דומה לשיעור בכלל, זה היה מופע, וכל אחד מהתלמידים (וכמובן, גם אני!) התלהב ממנו! למרות שנושא השיעור היה קשה, מרים העבירה את הידע החדש בצורה פשוטה מאוד ולא רגילה: במקום מסקנה מסובכת - שיר "מחשבים הכל בעזרת המול", במקום תרשים משעמם - ציור מצחיק ומוחשי... בסוף השיעור הספיקה מרים לשאול כל אחד(!) מהתלמידים, כדי לוודא שהם הבינו את החומר! ואני בטוחה

