



30

אב תשע"ז □ אוגוסט 2017

כתב עת למורי הכימיה



המחלקה להוראת המדעים



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



משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית
אגף מדעים
הפיקוח על הוראת הכימיה





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



עורכת אחראית: **ד"ר דבורה קצביץ**

מנהלת המרכז הארצי למורי הכימיה

dvora.katchevich@weizmann.ac.il

מערכת:

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

יעוץ מדעי: **פרופ' ליאור קרוניק**

עריכה לשונית: **נדין קלברמן**

גרסת אינטרנט: **ד"ר שלי ליבנה**

עריכה: **אבי טל**

עיצוב גרפי: **ציפי עובדיה**

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

☐ איורים ותמונות המשולבים בעיתון זה נלקחו באישור מאתר שטרסטוק - Shutterstock

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

© כל הזכויות שמורות - משרד החינוך

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

תוכן העניינים

4	דבר המערכת
5	דבר המפמ"ר

הוראת המדעים

8	שילוב טכניקה חדשנית של "ניקוי עצמי" - חנין בשארה
---	--

העשרה

13	כל מה שרצית לדעת על עופרת - אסתי זמלר
25	קהילות מקצועיות של מורי הכימיה
36	היום הייתי מהנדס/ת בטיחות במפעל! - רותי שטנגר, מירי קסנר

כנסים

39	כנסים אזוריים לתלמידי כימיה - זיוה בר-דב
43	מגשימים חלום בגליל ובגולן - הלנה זיו, ורד דנגור
46	פרס מורה מצטיין, כנס החברה הישראלית לכימיה 2017
48	לומדים ננוטכנולוגיה - המסע שלנו לגרנובל - טובי הוכמן ושלי רפ

פינת התלמידים

49	כימיה בחיתולים - רז בזגלו
----	---------------------------



דבר המערכת

גיליון 30 של כתב העת "על כימיה" נועד להעמיק ולהרחיב את הדעת על מנת לשדרג את ההוראה שלכם. במדורים השונים תוכלו למצוא מאמרים שיכולים לעניין אתכם בתחום התוכן, בתחום הפדגוגי, בתחום הפדגוגי-תוכני וכן מאמרים להעשרה כללית.

במדור "הוראת המדעים" ניתן להתרשם מכתבת המשך בנושא "ניקוי עצמי" העוסקת במחקר שנערך בכיתה, בעקבות הוראת יחידת התערבות באסטרטגיה של למידה בהקשרים. **חנין בשארה** משתפת בממצאי מחקרה וממליצה על ארגון למידה מעניין בנושאים מבנה וקישור וחמצון-חיזור.

במדור "העשרה" ניתן לקבל מידע מעניין על השימושים בעופרת מימי הרומאים ועד ימינו. **אסתי זמלר** משתפת אותנו בדילמה סביב שתיית קפה ממכונות הקפה בבתי הקפה בכלל וממכונות הקפה בבית.

כתבה מיוחדת פורסת בפניכם את מערך **הקהילות בכימיה**: הקהילה המובילה והקהילות קרוב לבית. ניתן להתרשם וללמוד כיצד מערך הקהילות בנוי, מי מוביל אותן, ואילו סוגי פעילויות מתנהלות בקהילות. ניתן גם להתוודע לקישורים למספר פעילויות מעניינות.

מדור "כנסים" סוקר הפעם את היוזמה המבורכת של כנסי תלמידים אזוריים, שמובילה **זיוה בר-דוב** זה שש שנים. במסגרת זו השתתפו כבר כ-7000 תלמידים! בגיליון זה מתפרסם גם סיפורו של כנס ראשון שהתקיים בגליל בהובלת **הלן זיו וד"ר ורד דנגור**.

עוד תמצאו בגיליון זה את נימוקי הוועדה לבחירת המורים המצטיינים מטעם החברה הישראלית לכימיה. והפעם זכתה בפרס המורה המצטיינת **אלה פרוטקין-זילברמן** המלמדת בכפר הירוק. בפרס המורה המצטיינת לכימיה בתחילת דרכה זכתה **קרן מנדה-פרץ**, המלמדת בתיכון רוטברג ברמת השרון.

ב"פינת התלמידים" ניתן להתרשם מכתבתו של **רן בוזגלו**, תלמיד כיתה י' בתיכון רוגזין שבקריית אתא. כתבתו "כימיה בחיתולים" השתתפה בתחרות "יש לנו כימיה". הכתבה שזכתה במקום ראשון בתחרות מאפשרת גם לתלמידים שאינם מרחיבים את הנושא, להציץ לעולם הפולימרים. כמו כן ניתן לעשות שימוש בכתבה לתרגול שאלות עמ"ר.

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

חופשה נעימה!

מערכת "על-כימיה"





משרד החינוך
המזכירות הפדגוגית, אגף מדעים
הפיקוח על הוראת הכימיה

למידה משמעותית בכימיה

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

מורים יקרים, אנו נמצאים בעיצומה של חופשת הקיץ. ברוח זו אכתוב הפעם את דבר המפמ"ר בתמונות וחוויות של למידה משמעותית בפריסה חודשית. בוודאי לא אוכל לסקור את כל מה שנעשה, אלא רק על קצה המזלג. אתם מוזמנים להגיב לכתבה זו, ולהוסיף פעולות נוספות שביצעתם בתקופה זו.

ינואר

פוסטר לקידום לימודי הכימיה - כימיה זה הכיוון!

חדרי בריחה מופעלים בבתי ספר רבים במגמות הכימיה



פברואר

מפגשים של המפמ"ר עם מורי הכימיה בכל הארץ

כנסים אזוריים של תלמידי כימיה



יוני

סיום שנה שנייה של הפעלת קהילות המורים בכימיה



יולי

ההשתלמויות בכימיה בעיצומן

מרכז ישראל עבור המורים המשתלמים במסגרת אגף מדעים המיועד על ידי המועצה הלאומית				
שם ההשתלמות	שנת ההשתלמות	היקף ההשתלמות (משתתפים)	שם ההשתלמות	תאריך ההשתלמות
ידידות בין-מדינית	2017-2018	40	אגף מדעים, מועצה הלאומית	2017-2018
ידידות בין-מדינית	2018-2019	30	יחידת אגף המדעים	2018-2019
ידידות בין-מדינית	2019-2020	40	יחידת אגף המדעים	2019-2020
ידידות בין-מדינית	2020-2021	30	יחידת אגף המדעים	2020-2021

מרכז ישראל עבור המורים המשתלמים במסגרת אגף מדעים המיועד על ידי המועצה הלאומית				
השתלמותי הירוקה - חשיפה לשינויים במערכת החינוך				
שם ההשתלמות	שנת ההשתלמות	היקף ההשתלמות (משתתפים)	שם ההשתלמות	תאריך ההשתלמות
ידידות בין-מדינית	2017-2018	40	יחידת אגף המדעים	2017-2018
ידידות בין-מדינית	2018-2019	30	יחידת אגף המדעים	2018-2019
ידידות בין-מדינית	2019-2020	40	יחידת אגף המדעים	2019-2020
ידידות בין-מדינית	2020-2021	30	יחידת אגף המדעים	2020-2021

המשלחת הישראלית חוזרת עם מדליית כסף ושתי מדליות ארד מהאולימפיאדה הבינלאומית לכימיה שהתקיימה בתאילנד



שילוב טכניקה חדשנית של "ניקוי עצמי"

self-cleaning בכיתה י"א, כמבנה מארגן של נושאי בסיס בתכנית הלימודים בכימיה - חלק ב'

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

המחקר שערכתי התנהל בשתי קבוצות לימוד: קבוצת ניסוי וקבוצת בקרה. נעזרתי במספר כלים: מבחן ידע, שאלון עמדות וריאיונות עם תלמידים. להלן פירוט שיטת המחקר, כלי המחקר ותוצאותיו.

שיטות המחקר אוכלוסיית היעד

השיעורים התקיימו בבית ספר "בית חינוך ומדעים תיכון ג'לג'וליה" בכפר ג'לג'וליה במסגרת שיעורי הכימיה לתלמידי מגמת כימיה בכיתה י"א. המחקר התבסס על שתי קבוצות של תלמידים: הראשונה קבוצת הניסוי שאותה אני מלמדת. הקבוצה מורכבת מ-25 תלמידים (11 בנים ו-14 בנות), וההוראה בקבוצה הזו התבצעה כמתואר בטבלה 1; הקבוצה השנייה שימשה כקבוצת ביקורת, שבה מלמדת מורה אחרת

בגיליון 29 פורסמה כתבה בנושא [שילוב הטכניקה החדשנית "ניקוי עצמי" \(self-cleaning\) בכיתה י"א כמבנה מארגן של נושאי בסיס בתכנית הלימודים בכימיה](#). הכתבה מפרטת את אסטרטגיית ההוראה שלי בהוראת הנושאים מבנה וקישור, חומרים הידרופוביים, חומרים הידרופיליים וחמצון-חיזור. הוראת כימיה בהקשר היא האסטרטגיה שהובילה אותי בהוראת הנושאים, ובעזרתה התבצעה הקניית המושגים הרלוונטיים מתכנית הלימודים.

כחלק מעבודת הגמר של התואר השני שלי בתכנית רוטשילד-ויצמן במכון ויצמן, ביצעתי מחקר שמטרתו לבדוק כיצד הוראה בהקשר ובחירה של הנושא המארגן "ניקוי עצמי" - החולק על מספר פרקים בתכנית הלימודים - משפיעות על ההבנה של התלמידים וכן על העמדות שלהם כלפי מקצוע הכימיה.

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

על פי תכנית משרד החינוך ובדרך הרגילה (כפי שאני נהגתי ללמד לפני שקיימתי את ההתערבות המתוארת לעיל).

כלי המחקר

לצורך הערכת השימוש ביישום ניקוי עצמי כמבנה מארגן בהוראה והשפעתו על התלמידים וכן מעצם היותו נושא שהוראתו היא בהקשר, נעשה שימוש בכלי המחקר הבאים: מבחן ידע, שאלון עמדות "ללמוד כימיה זה...." וריאיונות. כלי המחקר מתוארים בקצרה בהמשך.

1. **מבחן ידע:** מטרת המבחן היא איסוף נתוני ידע התחלתיים על רמת שתי הכיתות ורמת התלמידים בנוגע למתן הסברים ברמת המיקרו והיישום (השוואה בין שתי הקבוצות). שלוש שאלות שהוכנסו למבחן סיום הנושא מבנה וקישור (לפני תחילת ההתערבות). שלוש השאלות ניתנו לשתי קבוצות התלמידים: לקבוצת הניסוי ולקבוצת הביקורת. אחרי שנחשפו תלמידי קבוצת הניסוי בלבד לסיפורו של עלה הלוטוס, הסרטונים שמראים כיצד עלה הלוטוס מנקה את עצמו ומה זה ביוממטיקה ולפני הכניסה לגוף יחידת ההוראה שפותחה (אחרי השלב השני משלבי הפעילויות שהוצגו בתיאור הפעילות בגליון 29 עמ' 14). התלמידים משתי הקבוצות נתבקשו לענות על שלוש השאלות הבאות מתוך מבחן מסכם של הנושא מבנה וקישור. חשוב לציין שהציון שהתקבל בשלוש השאלות לא נכלל בציון הסופי של המבחן, והתלמידים קיבלו את הנקודות כבונוס, (על הבונוס נודע לתלמידים רק אחרי המבחן):

ואלה השאלות:

- א. תנו שלוש דוגמאות לחומרים הידרופיליים ושלוש דוגמאות לחומרים הידרופוביים.
- ב. ציינו שימושים של תכונות הידרופיליות והידרופוביות או את הקשר בינן לחיי היומיום.
- ג. בחרו שימוש אחד והסבירו אותו או את מנגנון הפעולה שלו (איך הוא עובד) ברמה המיקרוסקופית.

2. **שאלון עמדות** מסוג ליקרט, "ללמוד כימיה זה....": השאלון הועבר לשתי הקבוצות לאחר סיום הנושא חמצון-חיזור (סיום ההתערבות). השאלון כלל 25 היגדים שמתייחסים לקטיגוריות הבאות: רלוונטיות הכימיה לחיי התלמיד, הבנה של מושגים בכימיה, קישור בין נושאים בתכנית בכימיה, עניין בלמידת כימיה, תפיסת התלמידים את הכימיה כמקצוע מודרני ומוטיבציה המשכית ללמוד או לעסוק בכימיה מעבר לכיתה. והתלמידים התבקשו לדרג 1-5 את ההיגדים (1 מייצג חוסר הסכמה להיגד, ו-5

מסכים מאוד להיגד). מטרת השאלון היא בדיקת עמדות התלמידים במספר ממדים על פי הקטגוריות השונות. השאלון פותח במסגרת "עבודות גמר" בתכנית רוטשילד-ויצמן ועבר תיקוף מומחים שנעשה בקבוצה של 7 מורות ומנחה להוראת כימיה. מבחן α -cronbach לבדיקת מהימנות הקטגוריות עניין, רלוונטיות, מוטיבציה וכימיה כמקצוע מודרני, גובש על סמך 280 שאלוני התלמידים של שבע מורות עמיתות. לשאלון המקורי הוספו ההיגדים שמתייחסים לשתי הקטגוריות האחרות (הבנה וקישור בין נושאים), והיגדים אלה עברו תיקוף מומחים על ידי המורות העמיתות והמנחה פרופ' רון בלונדר במסגרת הקורס עבודת גמר בתכנית רוטשילד-ויצמן. ניתוח התוצאות נעשה בעזרת מבחן t שבודק קבוצות זרות (ניסוי מול ביקורת) של נבדקים.

3. **ריאיונות תלמידים:** רואינו חמישה תלמידים מקבוצת הניסוי: שני תלמידים מצוינים, שני תלמידים בינוניים ותלמיד אחד חלש. הריאיון היה סגור ושימש מקור נתונים שלישי לטריאנגולציה של התוצאות. הריאיון אפשר לשמוע את התלמידים מדברים ומתבטאים. ניתוח הריאיונות נעשה על ידי כימות של הממצאים האיכותניים שעלו, והקטגוריות נקבעו בהתאם למטרות המחקר.

תוצאות

להלן יוצגו התוצאות על פי כלי המחקר השונים

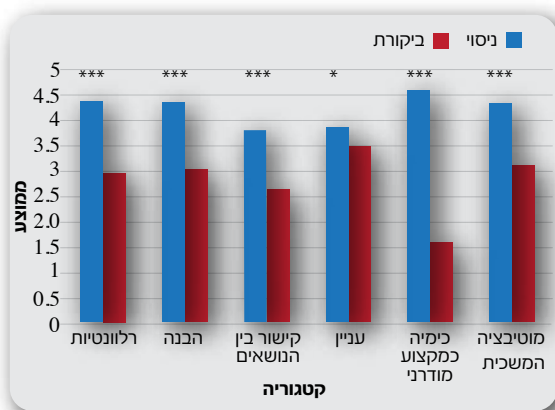
1. **מבחן ידע:** תשובות התלמידים לשלוש השאלות נותחו בעזרת מבחן t. התוצאות מוצגות בטבלה מס' 1 ובאיור מס' 1. טבלה מס' 1 מציגה השוואה בין ממוצע הערכים של ציוני התלמידים בשלוש השאלות ובמבחן עבור שתי הקבוצות, וכן נתונים סטטיסטיים המעידים על המובהקות (P) שלהם.

טבלה 1. תיאור ממוצע הערכים של ציוני התלמידים בשלוש השאלות ובמבחן עבור שתי הקבוצות ורמת המובהקות¹

ניסוי	ביקורת	מובהקות P
7.8	8.2	0.17
5.2	4	0.06
4.53	3	<0.05
7.4	0.52	<0.0001
7	2	<0.0001

1 ממוצע ערכי הציונים בשלוש השאלות נורמל ל-10



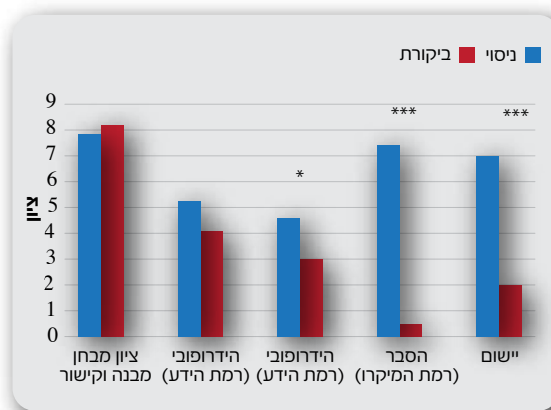


איור 2. השוואת ממוצעי עמדות התלמידים בקטגוריות השונות. *** $p < 0.05$ *, $p < 0.0001$

תוצאות המחקר שהתקבלו באמצעות שאלון העמדות ולפי מבחני t, נמצא הבדל מובהק בין הקבוצות (***) ($p < 0.0001$). כלומר, ניתן להגיד שהשימוש בטכניקה החדשנית self-cleaning כמבנה מארגן אכן סייעה לתלמידים: לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה בנושאים נפרדים, להעמיק את הבנתם בנושאים שנלמדים, לקשור את הנושאים שנלמדים בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים. כמו כן השפיע השימוש בטכניקה על המוטיבציה ההמשכית של התלמידים.

3. ריאיונות תלמידים

100% מהתלמידים שרואינו ראו שהשימוש בטכניקה החדשנית self-cleaning כמבנה מארגן אכן עזר להם לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה בנושאים נפרדים. ההוראה בהקשר עזרה לתלמידים לקשור את הנושאים שנלמדים בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים והעמיקה הבנתם לנושאים שנלמדים. ההתלהבות מהטכניקה השפיעה על המוטיבציה ההמשכית של התלמידים. **טבלה מס' 3** מציגה את מטרות המחקר אל מול ציטוטים נבחרים מתוך תשובות התלמידים ואת אחוז התלמידים המרואיינים שהוכיחו שהמטרה הושגה.



איור 1. השוואת ממוצע הערכים של ציוני התלמידים בשלוש השאלות ובמבחן. *** $p < 0.05$ *, $p < 0.0001$

לפי התוצאות של מבחני t שמופיעות בטבלה ובגרף שלעיל ניתן לראות שאין הבדל מובהק בציון המבחן בשתי הקבוצות, דבר שמעיד על כך ששתי הקבוצות דומות מבחינת רמת הישגים. ההבדלים המובהקים הופיעו בשאלות היישום וההסברים ברמת המיקרו.

2. שאלון עמדות "ללמוד כימיה זה...":

התוצאות מופיעות בטבלה מס' 2 ובאיור מס' 2 אשר מציגים השוואה בין נתוני קבוצת הניסוי והביקורת בשש הקטגוריות וכן נתונים סטטיסטיים המעידים על המובהקות שלהם.

טבלה 2. ממוצע ערכי עמדות התלמידים בקטגוריות השונות ורמת המובהקות של מבחן t.

קטגוריה	ניסוי	ביקורת	מובהקות P
רלוונטיות	4.38	2.98	<0.0001
הבנה	4.28	3.06	<0.0001
קישור בין הנושאים	3.83	2.64	<0.0001
עניין	3.85	3.51	<0.05
כימיה כמקצוע מודרני	4.62	1.59	<0.0001
מוטיבציה המשכית	4.34	3.11	<0.0001

מספר התלמידים (אחוזים)	ציטוטים	מטרות המחקר
5/5 (100%)	<p>"אם אני מסתכל עכשיו על החומר שלמדנו אני מרגיש שאני הכי מבין את הנושאים: חמצון-חיזור, הידרופובי והידרופילי. אני הסברתי לכל מי שאני מכיר על הטכניקה הזו. אני מרגיש כל כך מבין ושולט בנושא ויכול להסביר אותו בקלות ונוחות ובביטחון עצמי" (תלמיד בינוני שנהג לישון בשיעורים).</p>	<p>העמקת הבנת התלמידים לנושאים הנלמדים</p>
5/5 (100%)	<p>"הנושא קשור לחיי היומיום, זה שונה למשל מנושא סטויכיומטריה שאני לא מרגישה וחשה אותו בכלל ולא נתקלת בו" (תלמידה מצוינת).</p> <p>"כל הזמן בבית אני מדברת כימיה ומסבירה לכולם דברים. אימא שלי ערבבה שמן במים ואז אני הסברתי לה למה זה לא מתערבב במונחים של מבנה וקישור. פעם אמרתי לאימא שלי זה לא עושה קשרי מימן גרשה אותי מהמטבח" (תלמידה בינונית).</p>	<p>קישור לחיי היומיום</p>
5/5 (100%)	<p>"הנושאים מאוד קשורים ומחוברים, אני כל הזמן הרגשתי שאנחנו לומדים משהו נבחרים בו ועוברים לנושא וכותרת חדשה, אמנם הכל קשור אבל עכשיו אני מרגיש את הקשר בין הנושאים מבחינה מעשית. זה יותר אמתי ויותר מורגש" (תלמיד בינוני).</p> <p>"היה לי מוזר שאנחנו לומדים על הניקוי העצמי כי לא תיארתי לעצמי שזה קשור לכימיה, בסוף גיליתי שאפשר לקחת יישום זה ולקשור אותו לכל מה שנלמד בכימיה" (תלמידה חלשה).</p> <p>"מאוד הייתי רוצה שנלמד את הנושאים האחרים גם בשיטה זו שמקשרת בין הנושאים על ידי מבנה מארגן ומשתמשת ביישומים מהחיים, אולי יש עוד יישומים טכנולוגים שנוכל להשתמש בהם?" (תלמיד מצוין).</p> <p>"ניתן להוסיף למבנה המארגן את נושא חומצות שומן" (תלמידה חלשה).</p> <p>"אפשר להכניס למבנה המארגן את נושא האנרגיה" (תלמיד מצוין).</p> <p>"הטכניקה של הניקוי העצמי גרמה לי להבין שהכל קשור, היא קושרת: חמצון, חיזור, אנרגיה, שמש, אלקטרונים, מטענים, הידרופובי, הידרופילי וקשרי מימן ועוד מלא דברים" (תלמידה בינונית).</p>	<p>קישור בין נושאים</p>
5/5 (100%)	<p>"השיטה הזו גרמה לי להתרכז בכלל בכל הנושאים שלמדנו אחר כך. הפסקתי לישון בשיעורים כי מתחיל להיות כיף ללמוד ופחות משעמם. יישום הניקוי העצמי מעניין ומעלה את המוטיבציה לדעת יותר ויותר" (תלמיד בינוני).</p> <p>"אני כל הזמן מסבירה להם בבית על הנושאים הקשורים בניקוי העצמי. הרבה פעמים הם לא מבינים כלום אך לא אכפת לי אני ממשיכה להסביר. אמא שלי אומרת שמאוד רוצה להכיר את המורה לכימיה" (תלמידה מצוינת).</p> <p>"אני מאוד הייתי רוצה להציג את היישום בפני אנשים" (תלמיד מצוין).</p> <p>"בבית אני כל הזמן מדברת כימיה ומסבירה לכולם דברים, את הסרטונים הראיתי לכל מי שאני מכירה" (תלמידה חלשה).</p>	<p>מוטיבציה המשכית</p>

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

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

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

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

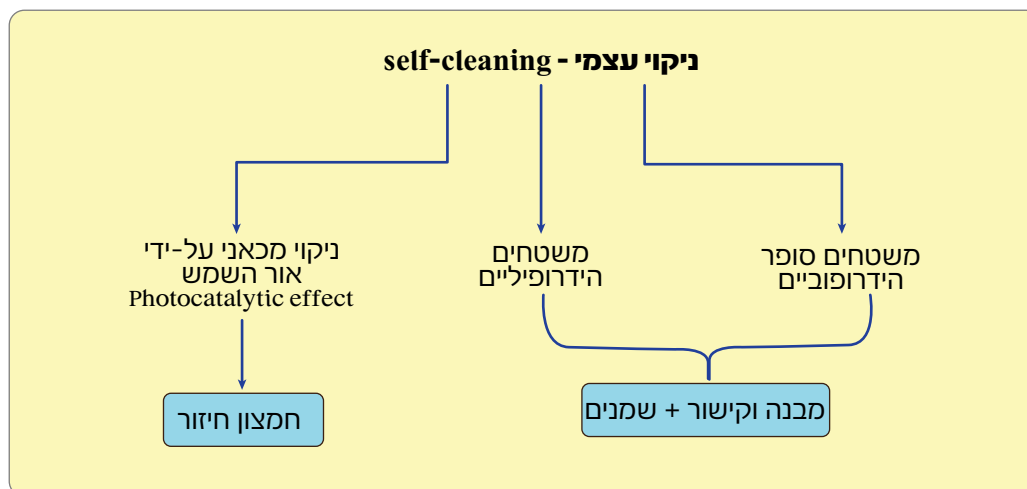
Sakhnini, S., & Blonder, R. (2016). Nanotechnology applications as a context for teaching the essential concepts of NST. *International Journal of Science Education*, 38, pp. 521-538.

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

ממצאי המחקר הראו שהשימוש בטכניקה החדשנית self-cleaning (מבוססת על ננו-חלקיקים) כמבנה מארגן, סייע לתלמידים לקשור בין הנושאים שנלמדים בכימיה לנושאים נפרדים. התלמידים הצליחו להכניס עוד נושאים למבנה המארגן, דבר שמעיד על קישור טוב מאוד בין הנושאים. ההוראה בהקשר תרמה מאוד לתלמידים להבין את הנושאים הנלמדים, והם בחרו להציג את הנושאים האלה בכנס תלמידי הכימיה השלישי שהתקיים במרץ 2016 בעיר טירה. התלמידים קשרו את מה שנלמד לחיי היומיום, וחלק מהם התחיל לתת הסברים מדעיים לתופעות מדעיות הן להורים שלהם והן לחברים.

חדשנות הטכניקה, הרלוונטיות שלה והיותה נושא מחזית המדע הלהיבו מאוד את התלמידים והניעו אותם לספר לכל מי שהם מכירים על הטכניקה ואפילו להראות להם סרטונים. כמו כן חלקם הגדול הביעו רצון להמשיך בלימודי המדעים, ודבר זה מעיד על מוטיבציה המשכית.

העבודה שתוארה במאמר זה מחזקת את חשיבות השיטה עבור התלמידים ואת תרומתה הרבה ליכולתם של התלמידים להבין נושאים שנלמדים, לקשר בין נושאים בכימיה שנלמדים לנושאים נפרדים, לקשור את הנושאים שנלמדים בכימיה לחיי היומיום ולשימושים ופיתוחים חדשניים, וכל זאת לשם העלאת המוטיבציה ההמשכית של התלמידים.





כל מה שרצית לדעת על עופרת

אסתי זמלר, מורה לכימיה, אורט רמת יוסף בת-ים ואורט ע"ש ביסטריצקי רמלה



irresistible

במסגרת פרויקט irresistible (irresistible-project) נדרש צוות הפרויקט במכון ויצמן לפתח יחידת הוראה אשר תעסוק בפיתוח מוצר

מדעי תוך שילוב דיון בהיבטים חברתיים-אתיים-סביבתיים הקשורים בתהליכי הפיתוח של המוצר וביישומו (בלונדר, שחם, & זמלר, 2016). כך למעשה התוודענו לסיפורה המרתק של העופרת ולמגוון האירועים שבהם נקשר השימוש בעופרת כבעל השפעה שלילית על בריאותו של האדם. אחד מהם, אשר פורסם אך לאחרונה, מזהיר מפני השימוש במכונות קפה מדגמים מסוימים, בשל חשש לזליגת עופרת מן הצינורות המתכתיים שבמכונות, אל מי השתייה הזורמים בהם לצורך הכנת המשקה. עיסוק בכותרות חדשותיות הוא כלי חינוכי רב ערך. פרסומים מסוג זה הם הזדמנות טובה לחבר את הכימיה לחיי היום יום, להדגיש את הרלוונטיות שלה לחיינו ולהדגים לתלמידים הלכה למעשה כיצד כתבה חדשותית "משעממת" לכאורה הופכת להיות מעניינת ומעשירה, כשמבינים ומעמיקים בכימיה שעומדת מאחוריה. במאמר זה נפליג למחזות השימוש בעופרת ע"י האדם.

הסוחר מוונציה הוא מחזה שנכתב ע"י ויליאם שייקספיר בין השנים 1594-1597. בסניו, אציל ונציאני צעיר, יוצא לבקש את ידה של פורציה, צעירה יפה, עשירה ורבת מחזרים. בצוואתו מורה אביה של פורציה כי על כל מחזר שמעוניין בבתו, לבחור בין 3 תיבות - תיבת זהב, תיבת כסף ותיבת עופרת. רק מי שיבחר בתיבה הנכונה, יזכה בבתו. המחזרים שבחרים בתיבות הכסף והזהב טועים בבחירתם, ורק בסניו שבחר בתיבת העופרת זוכה לשאת את פורציה. בתחתית התיבה נמצא דיוקנה של פורציה והכתובת: "מי שבחר בי מחויב לסכן את כל אשר לו". מדוע בחר שייקספיר דווקא בתיבת העופרת כבחירה הנכונה? מה מסתתר מאחורי המילים הכתובות? האם מדובר בבחירה הטומנת בחובה סכנה, ממש כשם שהעופרת רעילה ומסוכנת? האם היה בכך רמז למורכבותם של חיי הנישואין, הטומנים בחובם מחויבות ארוכת ימים כשם שהעופרת שנקשרת בגופו של האדם לא נחלצת ממנו לאורך שנים? האם אכן ידע שייקספיר על סכנותיה של העופרת כבר במאה ה-16, בעוד שמדינות וממשלות באירופה ובארה"ב הבינו זאת רק לפני כ-25 שנים?

עופרת בטבע

נדיר למצוא בטבע עופרת בצורתה הטהורה, אך היא נפוצה בעפרות לצד מתכות כגון זהב, כסף, אבץ ונחושת. עֶפְרַת העופרת הנפוצה ביותר היא הגלנה (Galena) - PbS. עפרות אחרות הן:

אנגליזיט (anglesite) - PbSO_4

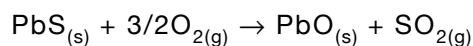
צרוסיט (cerussite) - PbCO_3

מינים (minim) - Pb_3O_4 (תערובת של PbO ו- PbO_2 ביחס של 1:2)

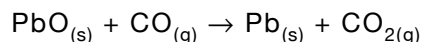
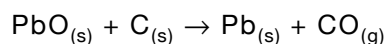
הפקתה של העופרת

העופרת מופקת מעפרותיה ובעיקר מגלנה.

את הגלנה (PbS) מחממים (קלייה באוויר) לצורך הפרדת הגפרית מהתרכובת:



את התחמוצת המתקבלת שורפים עם פחם (קוקס) לקבלת עופרת טהורה:



שימושים בעופרת

לעופרת שימושים רבים בעבר ובהווה: היא משמשת ללוחות בתוך מצברים ובחלק מהסוללות, כציפוי עמיד לקורוזיה, כמשקולות ליילונות ולדייג וכן לציפוי כבלי חשמל הודות לרכותה ולעמידותה. העופרת משמשת גם לציפוי ובניית קליעים לרובים. לאטומי עופרת יכולת לחסום קרינה רדיואקטיבית מסוג α ו- β וקרינת רנטגן, והיא משמשת כציוד מגן בפני קרינה מייננת בבדיקות רנטגן ובכורים גרעיניים. בעבר השתמשו בעופרת בצנרות להובלת מים, בתעשיית הצבעים, בתעשיית הלכות והמוצרים הקוסמטיים ובתעשיית תוספי הדלק. חיילי עופרת היו צעצוע נפוץ לילדים ופחיות עופרת שימשו לשימור מזון ויין.

רעילות העופרת

העופרת היא מתכת רעילה, ובצורתה היונית היא בעלת השפעה מזיקה על מערכת העצבים, הדם והמוח. רבות מן התופעות הנוירוטוקסיות מיוחסות ליכולתם של יוני

נעמוד על טיבו, סגולותיו ומיגבלותיו של החומר המתכתי הזה. נציג את אירוע מכונות הקפה, ואת הדרך שעושה העופרת מן הסגסוגת שמרכיבה את מכונת הקפה, ועד למים שמשמשים להכנתו. נציג אירועים נוספים כגון שימוש בצבעי עופרת או בדלק מועשר בעופרת, שבגינם עופרת מצאה את דרכה לגוף האדם. עוד נספר את סיפורה של העופרת עוד משחר ההיסטוריה האנושית. כל סיפור וכל אירוע הם כר פורה לעיסוק בכיתת הלימוד בהיבטים המדעיים ובהיבטים החברתיים-ערכיים שבהם.

תכונות העופרת

העופרת היא מתכת בצבע אפרפר-תכלכל. בהיותה מתכת רכה וקלה לריתוך ולהלחמה, ניתן לעבד אותה בקלות ולייצר ממנה מגוון כלים. העופרת ידועה באינרטיה כימית עקב היווצרות תחמוצות, תרכובות כלור ותרכובות גפרתיות על שטח הפנים שלה. כלי עופרת אשר באים במגע עם האוויר מוגנים מפני שיתוך (קורוזיה), בזכות שכבת תחמוצת העופרת ($\text{PbO}_{(s)}$) אשר נוצרת כתוצאה מתגובה בין השכבה החיצונית של העופרת והחמצן שבאוויר. איזוטופים של עופרת הם תוצר הדעיכה הסופי של יסודות רדיואקטיביים רבים כגון אוראניום (U), רדיום (Ra), פולוניום (Po) ותוריום (Th). העופרת בעלת מוליכות חשמלית ומוליכות חום נמוכות, וצפיפותה הגבוהה הופכת אותה למגן יעיל מפני קרינה מייננת.

עופרת	
Pb	סימול כימי:
82	מספר אטומי:
207.21 גר"/מול	מסה מולרית:
	מצב צבירה
מוצק	בטמפ' החדר:
327°C	טמפ' היתוך:
1749°C	טמפ' רתיחה:
180 פיקומטר	רדיוס אטומי:
119 פיקומטר	רדיוס יוני:
11.34 גר"/סמ"ק	צפיפות:

כגון צבעים לצביעת קירות ביתיים ולצביעת ריהוט כגון מיטות ילדים ועריסות, תעשיית צעצועי הילדים, ציפוי כלי אוכל, מוצרי קוסמטיקה ואיפור כגון שפתונים, לקים ועוד.

העופרת בראי ההיסטוריה האנושית

מבוא

העופרת נחשבת לאחת המתכות הראשונות שבהן השתמש האדם, והיא ידועה לאנושות עוד מימי קדם. חפצי עופרת ראשונים מלפני כ-8,000 שנה נתגלו בטורקיה, עיראק ודנמרק, ורובם מאופיינים כחפצי נוי. חפצי עופרת בני כ-6,000 שנה היו בשימוש במצרים העתיקה, וביניהם מוטות עופרת דקים ששימשו לכתיבה על פפירוסים (ומכאן מקורו של הבלבול בין עופרת לגרפיט), ופסלוני עופרת קטנים. אבקת הכחל ששימשה לאיפור סביב העיניים הופקה מטחינת גרגרי גלנה (עפרת Galena מכילה PbS), ונשות מצרים העתיקה ייחסו לה סגולות הגנה על העיניים מפני השמש ומפני דלקות (Wikipedia, 2017). השימוש בכחל היה מקובל גם בתרבות היהודית, ולמרות רעילותו הרבה הוא נמצא בשימוש גם היום בקרב מגוון תרבויות בהודו, באפריקה ואף בקרב בני העדה הדרוזית בגליל (בר-מאיר).

עופרת בתקופת האימפריה הרומית

כל מערכת הביוב והובלת המים של האימפריה הרומית (ששלטה באירופה ובארצות הים התיכון מהמאה הראשונה לפני הספירה ועד לנפילתה בשנת 476 לספירה), הייתה עשויה מעופרת. הצבעים בקירות הבתים היו צבעי עופרת, והרומאים אף נהגו לצבוע את השיער לשחור עם תרכובות עופרת (PbS - שצבעה שחור). כלי האוכל, המכלים לשימור המזון וכוסות היין - כולם היו עשויים עופרת. אך נראה שהדרך העיקרית שבה מצאה העופרת את דרכה לגופם של תושבי האימפריה הייתה באמצעות הממתיק הידוע בשם סאפה (Sapa). תושבי רומי נהגו להרתיח יין שהחמיץ בכלי עופרת. הסופר הרומי פליני (Pliny - 79-23 לספירה) מספק מתכון להכנת סאפה ומדגיש שחובה להכינה בכלי עופרת. חימום עופרת מתכתית באוויר מייצר עופרת חמצנית (PbO - litharge), שמגיבה בתגובת סתירה עם החומצה האצטית (CH₃COOH) שביין (תוצר תהליך תסיסה של אתאנול). התוצר שהתקבל נקרא "סוכר עופרת" (עופרת אצטט - (Pb(CH₃COO)₂) - מלח קל תמס שהלך והתגבש ככל שהאריכו בחימום היין. טעמו המתקתק ומראהו של סוכר העופרת הוא כשל הסוכרוז שבו אנו משתמשים כיום

העופרת לחקות את יוני הסידן המצויים ברבים מן האנזימים בגוף (Bressler & Goldstein, 1991). יוני העופרת יכולים להחליף את יוני הסידן במבנה האנזים, וכתוצאה מכך מאבד החלבון את פעילותו הביולוגית, כלומר, פעילות האנזים נפגמת. מעניין לציין בהקשר זה שוויטרינרים נוהגים להזריק לתוכים שסובלים מהרעלת עופרת את הקומפלקס CaEDTA. הטיפול מבוסס כפי הנראה על הדמיון בין שני היונים - מתרחשת החלפה של יוני עופרת ביוני סידן, והמבנה הנושא את העופרת הרעילה מסולק מגוף התוכי דרך הכליות או המעינים.

החלפת הסידן בעופרת, בתעלות הסידן המאפשרות מעבר אותות עצביים, גורמת להפרעות קוגניטיביות בבני אדם. ילדים מתחת לגיל 6 רגישים יותר להרעלות עופרת משום שבגילאים אלו יכולה העופרת לחדור את המחסום דם-מוח. באופן דומה היא יכולה לחצות את השיליה ולגרום להרעלה בעוברים בזמן ההיריון. הרעלת עופרת בשלבים אלו עלולה לגרום לירידה במנת המשכל (IQ), לפיגור שכלי ולבעיות קשב וריכוז (סלע, 2017).

רוב מלחי העופרת הם קשי תמס. תרכובות כגון עופרת גפרית (PbS), עופרת גפרתית (PbSO₄) ועופרת פחמתית (PbCO₃) עלולות לשקוע בגוף למשך עשרות שנים, שכן לא קיימים בגוף מנגנונים לסילוקן.

הרעלת עופרת אופיינית במיוחד לעובדי תעשייה העוסקים בהתכת עופרת ועיבודה, בתעשיית הרדיאטורים, המצברים (פרידלנדר, 2005), הצבעים, הבנייה והשיפוצים. כן נחשפים לעופרת טכנאי תעשיית אלקטרוניקה שעובדים בסביבת אדי הלחמה. עם השנים התעוררה דרישה להפחית בשימוש בעופרת, וחברות נדרשו לבנות פסי ייצור וחדרי עבודה נקיים מעופרת (Lead free). גם בסביבת מטווחים המשמשים לאימונים, להנפקת רישיונות לנשק ולתחרויות קליעה, קיימת סכנה להרעלת עופרת בשל החשיפה לכדורים העשויים מעופרת.

מקורה של חשיפה ביתית לעופרת היא בעיקר מכלי אוכל ישנים מחרסינה וקרמיקה, שהציפוי שלהם מכיל עופרת, ממוצרים המכילים צבעים מבוססי-עופרת ומצנרות מים ישנות המכילות עופרת. במסגרת התחקיר שנערך לצורך מאמר זה נמצא כי בקרב קהילות יהודיות מסוימות נהוג היה טקס ביתי להסרת עין הרע באמצעות התכת כדורי עופרת (המוזיאון למורשת יהדות בבל, 2013). תהליך התכת העופרת חושף את השותפים לטקס לאדי עופרת רעילים.

בשל רעילותה של העופרת, הוגבל השימוש בתרכובות עופרת במוצרים אשר באים במגע ישיר ותכוף עם האדם

1922: נאסר השימוש בעופרת לבנה לצבעים ביתיים ביוון.
1926: נאסר השימוש בעופרת לבנה לצבעים ביתיים בשווייץ
ובבריטניה.
1931: נאסר השימוש בעופרת לבנה לצבעים ביתיים בספרד.



אליס המילטון (ויקיפדיה)

ממש באותה התקופה שבה מדינות אירופה מתחילות להגביל את השימוש בצבעי עופרת, תעשיית הצבעים בארצות הברית משגשגת. בשנת 1910 חוקרת אליס המילטון, רופאה אמריקנית אשר הביאה לעולם את המושג רפואה תעסוקתית, את מצבם הבריאותי של מהגרים

אירופאיים שעובדים בתעשיית העופרת. היא מפרסמת דו"ח על 23 מפעלים לייצור עופרת לבנה במדינת אילינוי, שבהם אותרו למעלה מ-350 מקרים של הרעלת עופרת. מנהלי המפעלים נהגו להאשים את העובדים בהרעלה וטענו שאינם שוטפים ידיים כהלכה ואינם גוזרים ציפורניים. המילטון מצדה מתריעה שמקור ההרעלה אינו עובר דרך הידיים אלא שמדובר באבק עופרת שנכנס לגוף העובדים בתהליך הנשימה (Hamilton, 1910).

בדומה לאירופה, גם בארה"ב מתחילים להתפרסם דיווחים על הרעלות עופרת בילדים שנגסו במעקה העריסה, ושל אחרים שקסו ציפורניים שבהן היו לכודים חלקיקי צבע מן הקירות. למרות המידע המצטבר בדבר הרעלות עופרת שמקורן בצבעים, מגבירה תעשיית הצבעים האמריקנית את השימוש בתרכובות עופרת ("עופרת לבנה") בצבעים המיועדים לצביעה ביתית, פנימית וחיצונית. קירות חיצוניים ופנימיים של בתים, רהיטים, אביזרי עץ, דלתות, משקופים ועריסות לתינוקות - כולם נצבעו בצבעי עופרת. תוספת העופרת לצבעים משווקת כציפוי מגן איכותי לצבע, אשר מקנה לצבע ברק שמדגיש את יופיו וגם מזרז את תהליכי הייבוש של הצבע.

במשך מספר עשורים מנהלות חברות הצבעים מסעות פרסום ושיווק המדגישים את יתרונותיהם וסגולותיהם של צבעי העופרת, ומפיצות את השקר שלפיו צבעי עופרת הם מוצר בטוח. הן מחלקות דרך העיתונות חוברות צביעה לילדים ושולחות לילדים תחפשות של הילד

להמתקת המזון (בתקופת האימפריה הרומית לא היה מוכר עדיין הסוכרוז. קני הסוכר נמצאו בפולינזיה, והשימוש בו החל באירופה רק בסביבות שנת 800 לספירה), והוא שימש כממתיק במאכלים וכחומר משמר ליין (Emsley, 2005).

דר' ג'רום נאריאגו, מדען קנדי, מייחס את שקיעתה של האימפריה הרומית לנזק הניורולוגי שנגרם לתושביה בכלל ולבני האצולה בפרט, כתוצאה מחשיפה לעופרת. מסקירה שערך בתקופה שבין 30 לפני הספירה ועד 250 לספירה נמצא שכשני שלישים מקיסרי האימפריה, ובכלל זה הקיסרים קלאודיוס, קליגולה ונירון צרכו תזונה מזוהמת בריכוזים גבוהים של עופרת וסבלו משיגדון (Gout - דלקת מפרקים כרונית) ומהרעלת עופרת כרונית. קיסרי האימפריה הרומית היו ידועים כחובבי יין וצרכו דברי מתיקה ספוגי עופרת, ונראה כי ניתן לייחס את ההתנהגות המנטלית המשונה שאפיינה חלק מהם להרעלת עופרת (Nriagu, 1983). בהקשר זה מעניין לציין כי היו שייחסו להרעלת עופרת את התואר "מחלה של עשירים" - ריכוזי עופרת שנמצאו בשרידי קבורה של רומאים עשירים, גבוהים בהרבה מאלו שנמצאו בשרידי קבורה של פשוטי העם. על העוסקות במקצוע העתיק בעולם באימפריה הרומית מסופר שהיו נוהגות לאכול סאפה בכפיות גדושות. ריכוזי העופרת הגבוהים בגופן גרמו לעורן להיראות לבן (חיורון שנגרם מאנמיה), שיבשו את פעולתה התקינה של מערכת הרבייה (ושימשו בכך אמצעי מניעה "יעיל"), ובמקרה של היריון - גרמו להפלות (Emsley, 2005).

עופרת בתעשיית הצבעים

במשך שנים רבות היה מקובל בתעשיית הצבעים השימוש בתרכובות עופרת. את קירות הבתים, מעקות, רהיטים ועריסות ילדים נהגו לצבוע בצבעי עופרת לבנה ($PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$). משנתגלו אירועים של הרעלת עופרת, הלך והתפשט באירופה ובאוסטרליה האיסור על שימוש בצבעים מכילי עופרת לשימוש ביתי (Bochynska, 2013) כמפורט כאן:

1892: הפעם הראשונה שבה מדווחת הרעלת עופרת בקרב ילדים. ההרעלה אירעה באוסטרליה, והממצא המשותף לכל הילדים שחלו היה צבעי עופרת שבהם נצבעו מעקות המדרגות בבתיהם.

החל משנת 1904: הולך ומצטבר מידע המצביע על הרעלות עופרת בילדים.

1909: בצרפת, בלגיה ואוסטריה נאסר השימוש בעופרת לבנה לצבעים ביתיים.

1914: אוסטרליה מגבילה את השימוש בצבעי עופרת לבנים.

קשיים בלמידה ובהתנהגות ועיכוב בהתפתחות השכלית. בשנת 1955 נחקק חוק להגבלת ריכוז העופרת בצבעים ל-1%, ורק בשנת 1971 נחקק בארה"ב חוק אשר מגביל את השימוש הביתי בצבעי עופרת.

עם התפתחות החקיקה והתקינה בדבר החשיפה לעופרת, משתנים גם ערכי החשיפה המותרים כמפורט להלן:

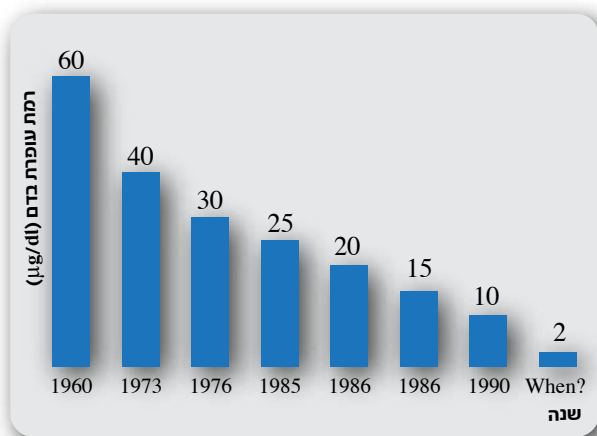
1971: ריכוז נמוך מ- 40 מיקרוגרם/דציליטר עופרת בדם של ילדים עדיין לא נחשב כהרעלת עופרת.

1975: ריכוז של 30 מיקרוגרם/דציליטר עופרת בדם של ילדים כבר נחשב כהרעלת עופרת.

1978: ארה"ב אוסרת שיווק והפצה של צבעי עופרת לשימוש ביתי.

1985: ריכוז של 25 מיקרוגרם/דציליטר עופרת בדם של ילדים נחשב כהרעלת עופרת.

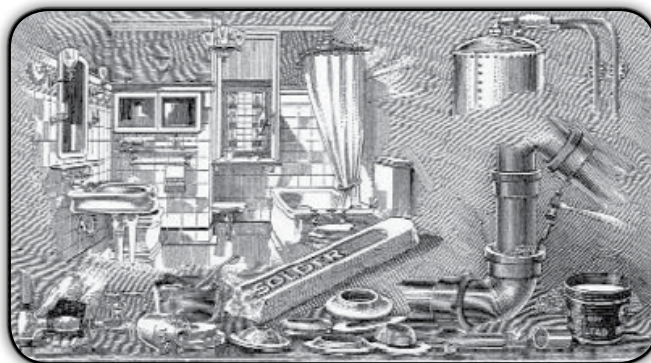
החל משנת 1991 מוגבל ריכוז העופרת המותר בדמם של ילדים לעד 10 מיקרוגרם/דציליטר. כל ריכוז מעל לערך זה מהווה חשש להרעלת עופרת. כיום יש הגורסים כי כל ריכוז עופרת שעולה על 2 מיקרוגרם/דציליטר מהווה הרעלת עופרת (Gilbert & Weiss, 2006).



שינויים בתקן האמריקני לרמות העופרת בדם החל משנת 1960 (Gilbert & Weiss, 2006)

עופרת בתעשיית תוספי הדלק

בשנת 1921 החלה חברת ג'נרלס מוטורס האמריקנית (GM) להוסיף לדלק תרכובת עופרת (TetraEthyl Lead - TEL) את ה-TEL בודד תומס מידיגלי, מהנדס צעיר בחברה, אשר עפ"י עדותו חקר כל תרכובת אפשרית, החל מחמאה מומסת וכלה באלומיניום כלורי וקמפור (תרכובת אורגנית ריחנית המופקת מעץ הקמפור) במטרה לפתור את



מוצרים המכילים עופרת תחת הכותרת: "עופרת מסייעת לשמור על בריאותך" - מודעת פרסומת משנת 1923 מ-National Geograpic

ההולנדי - סמל המותג של חברת הצבעים - לכבוד חג ה-Halloween (Hallowen, 2013) ROSNER & MARKOWITZ). הן אפילו מדגישות את טעמם הטוב של צבעי עופרת (כזכור, ליוני העופרת טעם מתקתק. זוכרים את טעמו של היין ואת ממתקי העופרת מן התקופה הרומית?).



מודעת פרסומת המדגישה את טעמם הטוב של צבעי העופרת

בשנת 1921 מודה החברה הלאומית האמריקנית שמוצרי עופרת על שלל צורותיהם מהווים רעל (עופרת פחמתית, תחמוצת עופרת, סולפטים וסולפידיים של עופרת וכו'), אך רק עשרות שנים מאוחר יותר מוטל בארה"ב איסור על שימוש בצבעי עופרת לבנים לשימושים ביתיים (כאמור, בניגוד לרבות ממדינות אירופה שהקדימו לעשות זאת עוד בתחילת המאה ה-20).

בשנות ה-40 וה-50 של המאה העשרים מתגלים מקרים רבים של הרעלות עופרת בילדים. כולם קשורים לחשיפה לצבעי עופרת ומאופיינים בתופעות של הפרעות נוירולוגיות,

Standard Oil ו-GM בשנת 1923 את תאגיד האתיל (Ethyl Corporation) (Wikipedia, 2016) - חברה לייצור תוסף הדלק טטרה-אתיל-עופרת (TEL).

במקביל חוקר מעבדה בשירות האמריקני לבריאות הציבור (USPHS) כותב מכתב ובו הוא מזהיר כי ייצור ה-TEL מהווה איום מהותי על בריאות הציבור, וכבר אותו מספר מקרים של הרעלת עופרת בקרב עובדי המפעל שהשתתפו בתהליך ההרצה (Pilot) לייצור ה-TEL. עוד הוא מציין במכתבו, שכל שרפה של כ-4 ליטר דלק תשחרר לסביבה 4 גר' של גרגירי אבק של תחמוצת העופרת $PbO_{(s)}$. הגרגרים יתפזרו באוויר, ינחתו על הקרקע, וריכוזם יגיע במהרה לרמות מסוכנות - במיוחד במנהרות. בעקבות המכתב מתבקשת המחלקה הפרמקולוגית לערוך מחקר בנושא. תגובת מנהל המחלקה הייתה שאין בידיהם הזמן הדרוש לניהול המחקר, והוא מציע לקבל נתונים מהמפעל המייצר. החל מרגע זה ולמשך כארבעה עשורים כל המחקרים המדעיים העוסקים ב-TEL - ובכלל זה בהשלכות הבריאותיות על הבאים במגע עם החומר - נכתבו ונחתמו ע"י תאגיד ה-Ethyl, והוא הפך להיות הסמכות המקצועית הבלעדית בנושא. כלומר, הגוף שאמור להיות תחת פיקוח, מפקח למעשה על עצמו.



מודעת פרסומת לתוסף הדלק TEL משנת 1933 - המילה עופרת אינה מוזכרת כלל

בעיית הנקישות במנוע. התוספת באה לפתור את בעיית ההצתה העצמית של תערובת הדלק המשמשת להנעת המכונית.

בזמן דחיסת הדלק למנוע מתרחש תהליך של הצתה עצמית אשר פוגם ביעילות פעולת המנוע וגורם לנקישות. הסיבות לכך נעוצות בשורה של תגובות שרשרת שבהן נוצרים רדיקלים חופשיים (מכון ויצמן - המחלקה להוראת המדעים, 1986). מולקולות TEL לוכדות את הרדיקלים אשר מתחילים את תגובת השרשרת ומונעות בכך את ההצתה העצמית ואת בעיית הנקישות במנוע. אלא שכתוצאה מכך נוצרת תחמוצת עופרת PbO אשר שוקעת במנוע וגורמת לסתימות. לשם כך נהגו להוסיף לדלק גם EDB - אתילן דו ברומי - אשר מגיב עם PbO ופותר את בעיית הסתימות (קסנר, 1993). אך אליה וקוץ בה, שכן כתוצאה מכך נוצרות תרכובות עופרת נדיפות ורעילות כגון $PbBr_2$ ו- $PbBr_4$.

תרכובת העופרת TEL התגלתה לראשונה עוד בשנת 1854 ע"י כימאי גרמני אך לא נעשה בה כל שימוש מסחרי משום שכבר אז היה ידוע כי מדובר בחומר קטלני אשר עלול לגרום לקשיי נשימה, הזיות, טירוף ואף מוות. למעשה, מידג'לי הצעיר הכיר היטב תרכובת אחרת שהייתה בשימוש גם כחומר דלק וגם כתוספת לבנזין - האתאנול (Wikipedia, 2017). יתר על כן, הוא מצביע על האתאנול כבעל יתרונות עצומים - תהליך השרפה אינו כרוך בפליטת מזהמים, יעילות המנוע עולה, ואין בעיה של נקישות. אלא שכפי שמיטיב לתאר זאת העיתונאי האמריקני ג'יימי קיטמן (Kitman, 2000), חברת GM לא יכלה להשלים עם כך שעל אתאנול אי אפשר להכריז בעלות, שכן אתאנול היא תרכובת טבעית, וככזו - לא ניתן לרשום אותה כפטנט. בנוסף לכך כל אדם יכול לייצר בקלות יחסית אתאנול בביתו. לעומת זאת, TEL נרשמה כפטנט, שווקה כתוסף הדלק האידיאלי והגדילה את רווחי החברה. זאת ועוד, תאגידי הנפט לא אהבו את יצרני האתאנול והוטרדו מכך שתשתיות הפקת הדלק שלהן יתחרו בחברות שישווקו אתאנול כחומר דלק. ל-GM היה אינטרס כלכלי לשמור על יחסים תקינים עם תאגידי הנפט ובעיקר עם חברת Standard Oil (מוכרת היום כחברת הדלק Esso). במקביל שלטה חברת דו פונט (Du Pont) - חברה לייצור כימיקלים - בחלק ממניות GM והתעניינה בהגדלת רווחיה ע"י ייצור חומרים הקשורים לתעשיית הנפט שהלכה וגדלה. על תרכובת ה-TEL כתב אחד ממנהלי החברה, עוד בטרם החלו לייצר אותה, כי מדובר ב"נוזל חסר צבע בעל ריח מתקתק ובעל כושר ספיגה דרך העור, הגורם להרעלת עופרת מיידית". כל זה לא הפריע לנוגעים בדבר להתמקד באופן מובהק באינטרס הכלכלי, ותוך כדי התעלמות מוחלטת מן הסיכונים הכרוכים בייצור ובשימוש ב-TEL, מקימות

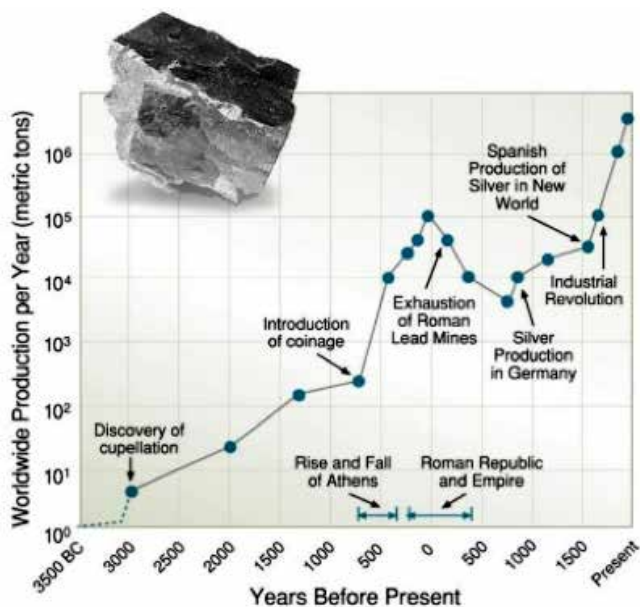
התבסס על חישוב שיעורי דעיכת האורניום בסלעי הזירקון ועל מדידת ריכוזי העופרת בסלעים אלו. תוך כדי המחקר הופתע פטרסון לגלות שריכוזי העופרת הטבעיים במעמקי האוקיאנוסים ובסביבות בתוליות כגון אנטרטיקה, נמוכים בהרבה מאלו הקיימים במים רדודים ובאזורים מתועשים. פטרסון יוצא עם משלחת מחקר לקוטב ומגלה שבשכבות קרח קדומות נמצאו ערכי עופרת ממוצעים של 0.5ppt (Part Per Trillions). בתקופת האימפריה הרומית עלו ערכי העופרת ל-2ppt, אך צנחו חזרה לאחר נפילת האימפריה. אלא שהמספרים המדהימים נמדדים דווקא בשכבות הקרחונים העליונות - אלו שמאפיינות את תחילתה של המהפכה התעשייתית ואילך: בין השנים 1750 ל-1940 עולים ערכי העופרת מ-10 ל-80ppt וב-25 השנים הבאות עולה הערך למספר המדהים של 200ppt (Emsley, 2005). פטרסון מגיע למסקנה שמקורות העופרת שהוא מדד במחקריו אינם טבעיים, והם נעוצים בתרכובות העופרת הנפלטות ממנועי המכוניות. בשנת 1963 מתפרסם מחקרו (patterson & tatsumoto, 1963), ופטרסון פותח בכך מאבק ממושך כנגד תאגיד ה-Ethyl. הוא ממשיך לפרסם מאמרים המצביעים על תעשיית הדלק כאחראית להרעלות עופרת ולזיהום האוויר, האדמה ומי השתייה. התאגיד אשר רווחי הענק שלו עומדים בסכנה, שוכר מצדו את הרופא ד"ר רוברט קיהו אשר עושה הכול על מנת לערער את אמינות מחקריו של פטרסון, ומפזר ספקות בדבר הקשר בין ריכוזי העופרת הגבוהים לבין תוספי הדלק והרעלות עופרת. סיפורו של ד"ר פטרסון ומאבקו בתאגיד מובא בפרק "החדר הנקי" של סדרת הסרטים קוסמוס (7). לאחר שנים רבות של מאבק

כך מקבל התאגיד חופש פעולה ומשווק את תוסף העופרת כמוצר שמשפר את פעילות המנוע, למרות שבפועל תוצרי תהליך הבעירה גרמו ליצירתן של תרכובות העופרת הרעילות PbO ו- $PbBr_4$: הראשונה שוקעת במנוע ומשבשת את פעולתו, והשנייה נדיפה, נפלטת דרך צינור הפליטה ומזהמת את האוויר. מקרים של הרעלת עופרת ומוות בקרב עובדי המפעלים לייצור TEL הוסתרו (Ganzel, 2007), בין היתר בזכות העובדה שחלק מאמצעי התקשורת היו בבעלותה של חברת Du Pont. מסמכים המשבחים את השימוש ב-TEL פורסמו ללא כל הפרעה וללא כל פיקוח על אמינות המידע. על רקע סיפורה של תעשיית הצבעים עלתה המודעות בקרב הציבור לרעילותה של העופרת. בתגובה לכך נמנעו היצרנים באין מפריע מלהזכיר במודעות הפרסומת ל-TEL שיש עופרת בתוספי הדלק. את התרכובת טטרה אתיל עופרת הם מפרסמים בקיצור בשם אתיל.

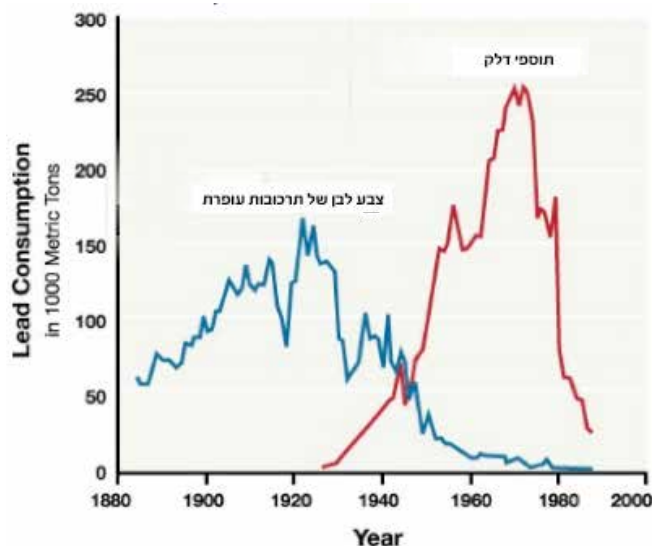


קלייר פטרסון (ויקיפדיה)

ואז הגיע קלייר פטרסון - גאוכימאי אשר חקר את גיל כדור הארץ (Wikipedia, 2017). פטרסון חקר את המינרל זירקון ($ZrSiO_4$), אשר מכיל ריכוזים זעירים של אורניום ותוריום (יסודות רדיואקטיביים אשר עוברים שורה של דעיכות רדיואקטיביות עד לעופרת). מחקרו



5,000 שנים של ייצור עופרת



צריכה של עופרת בארה"ב

■ צריכה של דלק מכיל עופרת (בטונות) לכל 3,000 איש
 ■ פשעים אלימים ל-100,000 איש



חשיפה לתרכובות עופרת ומספר התקיפות האלימות בארה"ב בין השנים 1941-2010 (casciani, 2014)

השימוש בדלק מכיל עופרת, ובין השנים 1970-1987, עם הירידה בשימוש בדלק מכיל עופרת, ירדו מדי שנה רמות העופרת בדם בקרב 2 מיליון ילדים. עוד נמצא כי קיים קשר בין רמות החשיפה לעופרת לבין התנהגות אלימה. מחקרים רבים שנערכו בארה"ב הצביעו על קשר בין רמות חשיפה גבוהות לתרכובות עופרת באוויר ולמים מזהמים ביוני עופרת לבין מספר עבירות פליליות כגון תקיפה והריגה (Stretesky & Lynch, 2004).

הסוואת צוללות באמצעות צבעי עופרת במלחמת העולם השנייה (The University of Nottingham).

בתקופת מלחמת העולם השנייה השתמש הצי הבריטי בצבעי עופרת להסוואת צוללות. ההנחה הייתה שכשהצוללת נמצאת במרחק גדול מהחוף, עליה להיות צבועה בלבן, וכך על רקע השמיים היא תוסווה ולא תתגלה. לעומת זאת, אם עליה להתקרב לחוף למשימה חשאית בשעת לילה - עליה להיות צבועה בשחור. הצוללת אכן נצבעה בתרכובת עופרת חמצנית שצבעה לבן, אך בטרם התקרבה לחוף, יצאו החיילים ומרחו אותה בתמיסה שיצרו ממי הים ומגופרית. התמיסה הגיבה מיד עם תחמוצת העופרת ליצירת PbS - תרכובת בעלת צבע שחור. משהתרחקה שוב מהחוף, נמרחת הצוללת בשנית, אך הפעם בתמיסת מי חמצן שיצרה

זכה פטרסון לגיבויו של סנטור אמריקני בשם אדמונד מאסקי אשר פעל למען איכות הסביבה. המאבק נשא פרי, ובתחילת שנות ה-70 החלו בארה"ב להפחית בהדרגה את השימוש בדלק המכיל TEL. בשנת 1988 ירד שיעור הדלק המועשר בעופרת ל-1% משיעורו בשנת 1970, ובשנת 1996 הופסק לחלוטין השימוש בדלק המכיל עופרת. ברוב מדינות העולם הוטל האיסור על שימוש בדלק מכיל עופרת רק בשנת 2007. בשנות ה-70 של המאה העשרים מגיעים ערכי העופרת בדגימות הקרחונים למספר מקסימלי של 300ppb, ובעקבות מאבקו של פטרסון, הפחתת השימוש ב-TEL באה לידי ביטוי גם בערכי העופרת שמתחילים להראות מגמת ירידה. עם זאת גם היום ערכי העופרת עדיין גבוהים בהרבה מאלו שאפיינו את שנת 1800.

מחקרים שעקבו אחר תופעות של הרעלת עופרת מצביעים על הלימה בין מידת הצריכה של תרכובות עופרת לבין תפוצתן של תופעות בריאותיות ומנטליות הקשורות להרעלת עופרת. כך לדוגמה, מחקר של EPA (USA Environmental Protection Agency) משנת 1985 קבע שלפני הפסקת השימוש בדלק מכיל עופרת מתו מדי שנה 5,000 אמריקנים ממחלות לב הקשורות בהרעלת עופרת. בשנת 1988 דווח לקונגרס האמריקני ע"י הסוכנות לחומרים רעילים כי בין השנים 1927-1987 נחשפו כ-67 מיליון ילדים צעירים לרמות רעילות של עופרת עקב

העופרת ומכונות הקפה - החיבור המקומי

ב-17.1.2017 פרסם משרד הבריאות הודעה בזו הלשון:

למשרד הכלכלה והתעשייה ולמשרד הבריאות הגיע מידע שלפיו קיים חשש להימצאות עופרת במים שהופקו ממכונות קפה מוסדיות מדגמים מסוימים, שבהן נעשה שימוש בעיקר בעסקים כדוגמת בתי קפה, מקומות עבודה, בתי מלון וכיו"ב.

בחלק מן המכונות שנבדקו נמצאו רמות עופרת שעולות על המותר בתקן... בעקבות המידע שהצטבר... הוחלט על ביצוע בדיקות פרטניות לגילוי מתכות כבדות במים המופקים ממכונות הקפה... מכונה אשר במי השתייה שלה יימצאו חריגות ברמת העופרת, תיאסר לשימוש עד לתיקונה או להחלפתה... יצוין כי אין מדובר בסכנה מידית... יחד עם זאת ממליץ משרד הבריאות להפחית ככל שניתן בשתיית קפה ממכונות במהלך תקופת ביצוע הבדיקות, ולנשים בהריון מומלץ להימנע משתיית קפה ממכונות מוסדיות עד להודעה חדשה.

דבר זליגתה של עופרת למי השתייה ממכונות הקפה פורסם בגרמניה עוד בדצמבר 2013 (BFR Berlin). מכון המחקר הגרמני להערכת סיכונים (BFR- Berlin Federal Institute for Risk Assessment) קשר את זליגת העופרת למים, לחומרי הניקוי המשמשים לניקוי מכונות הקפה. החומרים לניקוי אבנית מכילים חומצות. החומרים המתכתיים שמהם בנויות מכונות הקפה הם סגסוגות המכילות עופרת. תחמוצות עופרת שנוצרות בחשיפה לאוויר כגון PbO, מגיבות עם חומצות להסרת אבנית בתכשירי הניקוי, ויוני עופרת ($Pb^{2+}_{(aq)}$) זולגים למים שמהם מכינים את הקפה. על מנת להחליט אם ריכוזי העופרת שזלגו למים מהווים סיכון, חשוב לדעת מהם התקנים המגדירים רמות סיכון ומה משמעותם.

תקני השימוש בעופרת בישראל (המשרד להגנת הסביבה, 2014)

בישראל נאסר השימוש בעופרת כתוסף לדלק וכבסיס לצבעים לבית, אולם סביר להניח כי קרקעות סמוכות לצירי תחבורה ראשיים יהיו מזהמות בעופרת בשל שקיעה של חלקיקי עופרת מפליטות כלי רכב לאורך השנים הרבות. כמו כן סביב מפעלי תעשייה העוסקים במצברים, בעיבוד עופרת או בעיבוד מתכות ייתכן שיימצאו ריכוזי עופרת גבוהים באוויר ובקרקע. עופרת עלולה להתגלות במי השתייה כתוצאה מזליגת העופרת מהצנרת ומאביזרי מים ישנים לתוך המים. תקן ישראלי 5452, "בדיקת מוצרים הבאים במגע עם מי

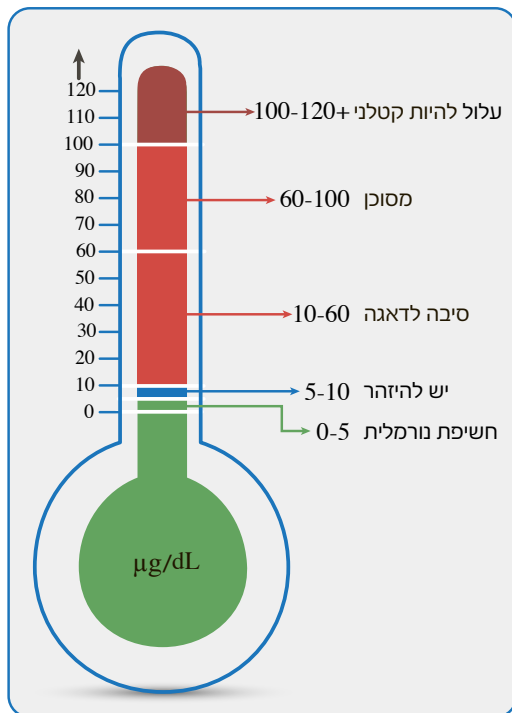
שתייה", מגדיר דרישות לגבי התאמתם לשימוש של מוצרים הבאים במגע עם מי שתייה, בהתייחס להשפעתם על איכות המים, כולל התייחסות לריכוז עופרת.

באוויר: ערכי היעד הבריאותיים (שמתחתיהם ככל הנראה אין השפעות בריאותיות שליליות) שנקבעו בחוק אוויר נקי לעופרת (בחומר חלקיקי), הם 2 מיקרוגרם למטר מעוקב (מק"ג/מ"ק) ליממה, ו-0.09 מק"ג/מ"ק לשנה, והם זהים לערכי הסביבה (ערכים שמעליהם קיימת הפרה של החוק). החשיפה התעסוקתית המרבית המותרת היא 300 מק"ג לכל מ"ק של אוויר. אישה שטרם מלאו לה 45 שנים לא תהיה חשופה לריכוז של עופרת באוויר העולה על 50 מק"ג/מ"ק (המוסד לבטיחות ולגהות).

במי שתייה: התקן הישראלי לעופרת במי שתייה עומד על 10 מיקרוגרם לליטר (מק"ג/ל) על בסיס התקינה האירופית והמלצת ארגון הבריאות העולמי. על-פי הסוכנות האמריקנית להגנת הסביבה, היעד לריכוז מקסימלי של מזהם זה הוא אפס. עם זאת משיקולי ישימות, התקן האמריקני הוא 15 מק"ג/ל.

בקרקע: עופרת נמצאת בקרקע באופן טבעי בתלות בסוג הקרקע והאזור בארץ. באזורי תעשייה ובאזורים בקרבת עורקי תחבורה ראשיים עלולים להיות ריכוזים גבוהים יותר. ערכי הסף של המשרד להגנת הסביבה לעופרת בקרקע הם 250 חלקיקים למיליון (ppm) לאזורי מגורים, 1,000 לאזורי מסחר או תעשייה ו-100 לקרקעות המשמשות לחקלאות.

במזון: משרד הבריאות קבע ערכים מרביים לריכוזי עופרת בסוגי מזון שונים.



רמות עופרת בדם ורמת הסיכון



מתוך תערוכה שהכינו מורים בנושא העופרת, במסגרת הקורס להערכה חלופית בהנחיית פרופ' רון בלונדר וד"ר אורית הרשקוביץ

כגון מי אחראי על כך ומדוע חשובה מעורבות ציבורית; סוגיות אתיות הנוגעות לגבולות המוסר בניהול חברה עסקית והדנות באחריות חברתית מצד גורמים עסקיים ובמהותו של פיקוח ממשלתי; ולבסוף סוגיות חברתיות באשר לאחריותו של הפרט על סביבתו, מידת מעורבותו ותפקידו של האזרח הקטן כיחיד בחברה האזרחית-דמוקרטית.

ואם במשאלת לב עסקינן, הרי סיפורה של העופרת הוא רק דוגמה אחת מיני רבות לחשיבות הטמונה בידע ובהבנה של הפרטים, בדרך לגיבושה של דעה בכל סוגיה מדעית-חברתית-ערכית באשר היא. מי ייתן ויעמוד לרשותנו הזמן והרצון לשאוף ולעשות כן בשלל האירועים המתרגשים עלינו בחיי היום יום.

ביבליוגרפיה

- Bressler, J., & Goldstein, G. (1991). Mechanisms of lead neurotoxicity. *Biochemical Pharmacology*, 479-484.
- Kitman, J. (2000, 3). [The Secret History of Lead](#).
- ROSNER, D., & MARKOWITZ, G. (2013, april). [Why It Took Decades of Blaming Parents Before We Banned Lead Paint](#)
- The University of Nottingham. (n.d.). [lead](#).
- 7, C. e. (Director). (n.d.). *The clean room* [Motion Picture].
- BFR Berlin. (n.d.). [פרסום של המכון הגרמני](#).

טווח הערכים התקין של עופרת בדם:

- בקרב ילדים - עד 10 מיקרוגרם לדציליטר;
- בקרב מבוגרים - עד 20 מיקרוגרם לדציליטר;
- בקרב נשים הרות - עד 5 מיקרוגרם לדציליטר;
- בקרב עובדים בתעשייה שעושה שימוש בעופרת - עד 50 מיקרוגרם לדציליטר;
- ריכוז שמוגדר כרעיל - מעל 100 מיקרוגרם לדציליטר/חשיפה ארוכת טווח ל-40-80 מיקרוגרם לדציליטר.

סיכום ומשאלה

עד כאן סיפורה של העופרת. סיפור שיש בו גיבורים "טובים" ו"רעים". סיפור שמעורבים בו כסף ומזימות. סיפור שמציג בעיות ופתרונות. יש עלילה, יש הסתבכות ויש סוף... סוף לעת עתה... שהוא, מן הסתם, התחלה של סיפור חדש שעדיין איננו מכירים. היכרות מעמיקה של הסיפור חשובה לגיבושן של עמדות. היכרות עם מבנה החומר וניתוח התהליכים הכימיים שבהם מעורבת העופרת, מהווים כלי להבנתם של האירועים ההיסטוריים המושפעים מן השימוש בה. רק העמקה והבנת ההיבטים המדעיים תאפשר בחינה ביקורתית ומושכלת של הסיפור שסופר כאן. היכרות עם הסיפור על שלל היבטיו תסייע לעוסקים בו לנקוט עמדה מנומקת ולדון גם בהיבטים ערכיים הנוגעים לחייו של הפרט בחברה כגון: סוגיות אקולוגיות הנוגעות למודעות ולשמירה על איכות המים שאנו שותים ועל איכות האוויר שאנו נושמים; שאלות

- Social Behavior, 229-214.
- Wikipedia. (2016). [Ethyl Corporation](#).
- Wikipedia. (2017). [Clair Cameron Patterson](#).
- Wikipedia. (2017, may). [Flint water crisis](#).
- Wikipedia. (2017). [Kohl \(cosmetics\)](#).
- Wikipedia. (2017). [Timeline of alcohol fuel](#).
- בלונדר, ר', שחם, א', & זמלר, א'. (2015 יולי 2016). באילו תנאים נאפשר החלפה של חלונות בית הספר בתאים סולאריים מבוססי-פרובסקיט? על-כימיה (26), 26-32.
- בר-מאיר, א'. (אין תאריך). [עושים עיניים/ כחל - מסורת הולכת ונעלמת](#).
- המוזיאון למורשת יהדות בבל. (2013). [טקס ראסאס בקרב יהדות בבל](#).
- המוסד לבטיחות ולגהות. (אין תאריך). [כרטיס בטיחות לחומרים כימיים מס' 0052 - עופרת](#).
- [המשרד להגנת הסביבה](#). (2014).
- מכון ויצמן - המחלקה להוראת המדעים. (1986). חומר רקע לפרק העשירי. ב- כימיה לבית הספר התיכון כרך ב' (עמ' 110).
- סלע, ב' ע'. (2017). [עופרת - Lead](#).
- פאגוט, מ'. (אפריל 2013). [הבהלה הניגרית לזהב והחיים האבודים](#).
- פרידלנדר, ב'. (מרץ 2005). [בטיחות בעבודה עם מצברי עופרת-חומצה](#).
- קסנר, מ'. (1993). עלייתו ונפילתו של ה-EDB. ב- הברום ותרכובותיו (עמ' 15-18). מכון ויצמן למדע- המחלקה להוראת המדעים.
- Bochynska, K. (2013). [Facts and Firsts of Lead](#).
- Casciani, B. n. (2014, april). [Did removing lead from petrol spark a decline in crime?](#)
- Emsley, J. (2005). *The Elements of Murder: A History of Poison*.
- Ganzel, B. (2007). [Oil vs. Ethanol](#).
- Gilbert, S., & Weiss, B. (2006). A rationale for lowering the blood lead action level from 10 to 2 µg/dL. *Neurotoxicology*, 693-701.
- Hamilton, A. (1910). "The Poisonous Occupations in Illinois": Physician Alice Hamilton Explores the "Dangerous Trades" at the Turn of the Century. Retrieved from history matters: <http://historymatters.gmu.edu/d/105/>
- irresistible-project. (n.d.). [Irresistible](#).
- lead. (n.d.). [Canadian enviromental health atlas](#).
- Nriagu, J. (1983). Saturnine Gout among Roman Aristocrats — Did Lead Poisoning Contribute to the Fall of the Empire? *the New England Journal of Medicine*, 660-663.
- patterson, C., & tatsumoto, m. (1963). Concentrations Of Common Lead In Some Atlantic And Mediterranean Waters And In Snow. *Nature*, 350-352.
- Stretesky, P. B., & Lynch, M. J. (2004). The relationship between lead and crime. *Journal of Health and*



פריטים המכילים עופרת



קהילות מקצועיות של מורי הכימיה

כתיבה ועריכה: רות ולדמן

צוות פרויקט קהילות: פרופ' רון בלונדר, ד"ר רחל ממלוק נעמן, ד"ר דבורה קצביץ, ד"ר מלכה יאיון, שרה אקונס

חברי הקהילה המובילה שהשתתפו בכתיבה: גוטליב ידידה, גולובציק סבטלנה, דגן אורנה, הדס בועז, הוכמן טובי, חכים נארימאן, חלאליה עבדאללה, טראב פרידה, מנדה קרן, סאבא רים, ד"ר רחל ממלוק נעמן, נוטקין מריה, רפ שלי וערן שמואל

עצמו את העיניים ודמינו את המציאות הבאה (בניה, יעקובזון, & צדיק, 2011, עמ' 1):

"קבוצה של מורים בעלי מכה משותף מבית הספר נפגשת באופן קבוע. המפגשים מתנהלים באווירה אינטימית, חיובית ושמחה, עם אנרגיות של יצירתיות, חשיבה משותפת, רצון המשותף לכולם להניע שינוי חיובי ומוכוונות להשגת מטרות. חברי הקבוצה מספרים על אירועים והתנסויות מעבודתם בכיתה, מציגים מערכי שיעור, מתארים את דרכי ההוראה שלהם ומקשיבים לזוויות הראייה של עמיתיהם. הם נותנים ומקבלים רעיונות, עצות, תובנות ומחשבות. מוביל הצוות והמורים מעלים לסירוגין נושאים המעסיקים אותם, והקבוצה לומדת אותו יחד ומבינה אותו לעומק, חושבת על הרלוונטיות שלו ועל הדרכים שבהן ניתן ליישם אותם בכיתה. כל אחד מחברי הקבוצה יוצא מהמפגשים עם תובנות מעשיות לשיפור ההוראה והלמידה, ולאחר התנסות מביא את חוויותיו לקבוצה להמשך הפקת לקחים ולמידה. חברי הקבוצה מרוצים הן מההתפתחות המקצועית והשיפור בכיתה והן מתחושת השייכות והשותפות בקבוצה. עם הזמן המורים יוצאים מבידודם המסורתי מאחורי דלת הכיתה, הם מכירים בכך שהם יכולים ללמוד מעמיתים ורואים עצמם חברים בקבוצה העובדת ולומדת בשיתוף פעולה."



מה דעתכם? נשמע מצוין? מסתבר שלא צריך לדמיין. אנחנו מזמינים אתכם למסע אל תוך הקהילות מורי הכימיה. קהילות מקצועיות של מורי הכימיה פועלות זו השנה השלישית ברציפות. כיום פועלות שבע קהילות ברחבי הארץ מנצרת בצפון ועד באר שבע בדרום. מערך הקהילות נתמך על ידי משרד החינוך בראשות מפמ"ר כימיה ד"ר דורית טייטלבוים, קרן טראמפ, מכון ויצמן והמרכז הארצי למורי הכימיה במכון ויצמן.

מהי קהילה מקצועית לומדת?

קהילה מקצועית לומדת היא קבוצה של אנשי מקצוע הבוחנים באופן משותף את הידע והפרקטיקה שלהם, ודנים בהם במטרה להשתפר מבחינה מקצועית. במישור התאורטי, המודלים של קהילות למידה מקצועיות מבוססים על עקרונות הלמידה הקונסטרוקטיביסטית, המדגישים את הבניית הידע על ידי הלומד (בירנבוים, 2009).

בקהילות מורים לומדות הלומד הוא המורה עצמו. מורים בקהילה מקצועית לומדת נפגשים בקביעות, חוקרים את הקשר בין הפרקטיקה לבין תוצרי הלמידה של תלמידיהם, מנתחים את תהליכי ההוראה והלמידה, מסיקים מסקנות ומבצעים שינויים במטרה לשפר את ההוראה שלהם ואת למידיהם של תלמידיהם (בלנגה, נדלר-פרדו, & שחר, 2011). בקהילה מקצועית לומדת של מורים מרבית ההוראה של מורים תיעשה על ידי המורים עצמם ועבור המורים (בניגוד למרצה חיצוני), ותהליך הלמידה יתמקד במה שהמורים יודעים ועושים בכיתה (Lieberman & Friedrich, 2010). במודל כזה תפקיד המנחה הוא לאפשר תנאים לפיתוח מקצועי כזה ולא לשלוט בו, בתכנון או בדרכי התנהלותו, כך שלמורים תהיה "בעלות" על תהליך הפיתוח המקצועי. מודל כזה מרחיב את אחריות המורים בנוגע לפיתוח המקצועי שלהם ומקדם ערכים של מחויבות, אוטונומיה, קולגיאליזם ומסוגלות עצמית (Wood, 2007). מודל כזה מתאים לאופן שבו מבוגרים לומדים, מקדם יותר שליטה ופעילות (agency) של מורים בתהליך הלמידה של עצמם ומחייב את המשתתפים להיות מעורבים בתפקידים שונים של שיח לרבות רפלקציה וביקורת על הנחיות היסוד וחופש מכפייה (Mezirow, 1997).

קהילה מקצועית לומדת נחשבת היום לדרך ההתפתחות המקצועית האפקטיבית ביותר מבחינת ההשפעה על המורים ועל למידת התלמידים כאחד. קהילות לומדות תורמות לשיפור מתמיד בידע ובמיומנות המקצועית של המורים ותחושת המסוגלות שלהם. יש עדויות לכך שהישגיהם של תלמידים מבתי ספר שבהם קהילה מקצועית לומדת, עולים במידה ניכרת; הקהילה מספקת מקום לשמוע רעיונות, לקבל עצות, להתחדש, להתלהב, לקבל תמיכה ולהרגיש שייך. (בניה, יעקובזון, & צדיק, 2011).

כיצד מופעל מערך הקהילות של מורי הכימיה?

מערך הקהילות נתמך על ידי משרד החינוך בראשות מפמ"ר כימיה ד"ר דורית טייטלבוים, קרן טראמפ, מכון ויצמן והמרכז הארצי למורי הכימיה במכון ויצמן. מערך הקהילות עובד כבר משנת הלימודים תשע"ה בשיטת המניפה: צוות הפיתוח במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן¹ מנחה ישירות את קהילות המורים המובילים במסגרת הקהילה מובילה במכון ויצמן; המורים המובילים מצדם מנחים בזוגות קהילות בקרבת מקום מגוריהם - קהילות קל"ב.

"מהי הקהילה עבורך?"

- < בית ותמיכה מקרוב למורי הכימיה.
- < מקום להחלפת דעות, אפשרות לקבל רעיונות חדשים.

מרכיבי מערך הקהילות

הצוות המוביל את קהילות המורים המובילים לכימיה

הצוות המוביל את קהילות המובילים אחראי על הנחיית קהילות המובילים, תמיכה בפיתוח המקצועי, פיתוח חומרי לימוד ופעילויות כמענה לסוגיות שונות העולות מהשטח, פיתוח אסטרטגיות וחומר למידה הנשענים על רעיונות חדשים מתחום המחקר בהוראת המדעים. הצוות כולל את ד"ר דבורה קצביץ, ד"ר מלכה יאיון, שרה אקונס, ד"ר רחל ממלוק-נעמן, רות ולדמן ופרופ' רון בלונדר מן המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן.

קהילת מובילי קהילות הכימיה

קהילת מובילי קהילות מורכבת מהמורים המובילים הנפגשים אחת לשבועיים במכון ויצמן. רוב המורים המובילים הם גם מדריכי כימיה מטעם הפיקוח. מורים אלה מפתחים פעילויות יחד עם הצוות המוביל ומנסים אותן בכיתות לפני הבאתם לקהילות קל"ב, וגם מוצאים פתרונות לבעיות ולצרכים שעולים מהשטח בקהילה שקרובה לבית. חומרים אלו כוללים סוגיות שונות העולות מהשטח בהוראת הכימיה (בגישת bottom-up), וכן פעילויות ודפי עבודה כמענה לממצאים שעולים מהפעלת משימות בכיתות.

קהילות כימיה קרוב לבית (קל"ב)

כל קהילה קרובה לבית מונחית על ידי שני מורים מובילים. קהילות הקל"ב נפגשות בתדירות של פעם בשבועיים. מובילי קהילות יוזמים חלק מהמפגש, ומביאים למפגש פעילויות וחומרים שפותחו במפגשי המובילים. החלק האחר של המפגש מבוסס על הצרכים של חברי קהילות הקרובות לבית ו/או ילווה ברפלקציה של חברי קהילה על ההתנסויות שלהם בכיתה.

1 צוות הפיתוח כולל את ההנחיה האקדמית של פרופסור רון בלונדר, ראש קבוצת הכימיה



קהילת המובילים

אז מה בעצם עושים בקהילות קרוב לבית? ממה מורכב המפגש?

בכתבה זו כל קהילה מאפשרת הצצה חלקית לחלק אחר במפגש. נעבור דרך החלקים השונים: פעילות לגיבוש ויצירת קהילה, הוראה דיאגנוסטית, המעבדה הכימית, הערכה חלופית, ה"פינה שלנו" וסיכום רפלקטיבי של המפגש.

א. פעילות פתיחה לגיבוש ויצירת קהילה

פתיחת מפגש בפעילות שמטרתה יצירת קבוצה מגובשת, יצירת קשרים חברתיים, אישיים בין החברים בקבוצה, יצירת פתיחות ואמון על מנת לחזק שיתופי פעולה ופתיחות בין חברי הקהילה וליצור תחושה של שייכות המורים לקהילה קל"ב.

קהילת באר שבע בהובלת טובי הוכמן ואורנה דגן כותבות על פעילות פתיחה

מפגש קהילה קרוב לבית שלנו מתחיל תמיד בפעילות פתיחה. מטרת פעילות זו הן מגוונות ומשתנות ממפגש למפגש. בתחילת השנה, כשהייתה הקהילה עוד בחיתוליה, המטרה העיקרית התמקדה בהיכרות וגיבוש חברתי: יצירת חיבור בין חברי הקהילה ובניית אווירה משפחתית, תומכת, פתוחה ומשתפת. בהמשך הפעילות מזמנת גם רפלקציה אישית של החברים, שיתוף בקושי/ דילמה או הצלחה ואורור רגשות. לעתים הפעילות מהווה הקדמה לנושא מקצועי כלשהו שמטופל בהמשך המפגש.

נציג לדוגמה שלוש פעילויות פתיחה של מפגש שעשינו בקהילת באר-שבע.

"חבילה עוברת" - משחק הילדים המוכר והידוע ובו כדור עשוי משכבות של נייר עיתון. על כל שכבה יש היגד. הכדור עובר במעגל בין חברי הקהילה. כל חבר פותח את החבילה בתורו ומתייחס להיגד שהגיע אליו.

דוגמאות להיגדים:

הדבר הראשון שחשבתי עליו בבוקר.....

מה עוד הייתי עושה לו נוספה עוד שעה ליממה.....

חלום שיש לי ועוד לא הגשמתי.....

מה כילד חשבתי שאעשה "כשאהיה גדול?".....

לו היה פורים - למה הייתי מתחפש?.....





קהילת באר שבע

פעילות זו יוצרת חיבור, קרבה והיכרות.

"האור שלי" - נר דולק עובר בסבב בין חברי הקהילה. כל אחד שאוחז בנר מספר מה היה "האור" שלו בשבוע החולף. מאפשר לחברי הקהילה לחפש את הדברים הטובים ולחלוק אותם עם יתר המורים. יוצר אווירה של שיתוף בחוזקות/הצלחות ומייצר התחלת מפגש באווירה חיובית.

להלן מס' דוגמאות שעלו בקהילה שלנו: "האור שלי בשבוע שחלף היה הכרזתו של בני על אירוסיו עם חברתו. אחרי 3 שנים של חברות הוא החליט להציע לה והיא הסכימה. אנחנו ממש מאושרים."

"יש לנו משפחה שחיה במדינה עוינת, והיה חשש לחייהם. השבוע קיבלנו מהם מסר כי יצאו מאזור הסכנה."

"השבוע יצר אתי קשר תלמיד בוגר המגמה שלומד רפואה בבן גוריון וסיפר עד כמה לימודי הכימיה אתי עוזרים לו כעת."

"פרצופי רגשות" - (פעילות פתיחה נוספת) במפגש קהילה שעסק במעבדת החקר פעילות הפתיחה היוותה הקדמה לנושא. בחדר תלויים פרצופי אימוג'י המביעים רגשות שונים (חשש, התלהבות, סקרנות, עייפות...). כל חבר קהילה מתבקש לעמוד ליד הפרצוף המבטא את רגשותיו לפני שנחשף להוראת יחידת מעבדת החקר. לאחר מכן כל אחד מסביר במספר מילים את בחירתו. מובן שפעילות זו יכולה להתאים כהקדמה לכל נושא שיבחר.



חוטט



מאוכזב



מרוצה



טמה



מטועמים



מהורהר



מאושר

"מהי הקהילה עבורך?"

< מפגש של קולגות במקצוע. הכוונה מקצועית. לשמוע על הקשיים של המורים ומה הפתרונות שעזרו...

< "אני היום מכירה את כל אנשי הקהילה, אוהבת לדבר אתם, לא מרגישה בזמן שעובר ומתגעגעת למפגש הבא."

ב. פעילות סביב הלמידה של התלמידים - הוראה דיאגנוסטית

בחלק זה מתמקדים בלמידה של התלמידים ובקשר בין הוראה ובין למידה: "ללמד כך שהתלמידים ילמדו". מדובר על שינוי בפרקטיקת ההוראה לעבר הוראה ממוקדת-לומד. אספקט זה יושב בלב של קהילות הכימיה ומאפשר למורים למקד את הלימוד שלהם בלמידת התלמידים מתוך דיון בממצאים מן הכיתה. ההתמקדות בהוראה דיאגנוסטית כוללת את השלבים המובנים האלה:

- I. **התנסות המורים כלומדים.** המורים מקבלים שאלונים דיאגנוסטיים שהוכנו על ידי הצוות המוביל של קהילת המובילים ופותרים את השאלונים כתלמידים. לאחר הפתרון דנים במליאה בשאלות מה יהיו לדעתם התשובות של התלמידים ואילו תפיסות שגויות ניתן לזהות באמצעות השאלון.
- II. **התנסות בכיתה עם השאלונים הדיאגנוסטיים.** המורים מעבירים את השאלון הדיאגנוסטי בכיתתם, אוספים את הנתונים של התלמידים ומביאים עבודות שלהם למפגש הבא. הצגת הנתונים בקהילה נעשית בטופס מיוחד שפותח בקהילת המובילים.
- III. **ניתוח נתונים של הישגי התלמידים.** המורים מציגים במפגש הקהילה את הנתונים שאספו מהכיתה ומדווחים על הידע ועל הקשיים של התלמידים שהתגלו באמצעות השימוש בשאלון בכיתה, נחשפים בקהילה ומתבצע ניתוח נתונים.
- IV. **דיון (בפורמטים שונים) בממצאים ופיתוח אסטרטגיות לטיפול בקשיים.** בקהילה מתקיים דיון העוסק במתן מענה לקשיים שהתגלו בתשובות לשאלון הדיאגנוסטי. מורי הקהילה מנסים את האסטרטגיות בכיתה ובמפגש הבא עם הקהילה הם חולקים את המסקנות עם מורי הקהילה.

קהילת השרון בראשות קרן מנדה וערן שמואל כותבים על המשימות הדיאגנוסטיות אצלם בקהילה

במסגרת הכתבה על קהילות מורי הכימיה נתמקד בנושא המשימה הדיאגנוסטית כפי שבאה לידי ביטוי בשנתיים האחרונות בקהילת השרון. קהילת השרון מונה כ-18 מורים. הקהילה מורכבת מהרבה מאוד מורים חדשים בראשית דרכם ומורים שחשוב להם גיוון בהוראה וקבלת רעיונות חדשים ליישום.



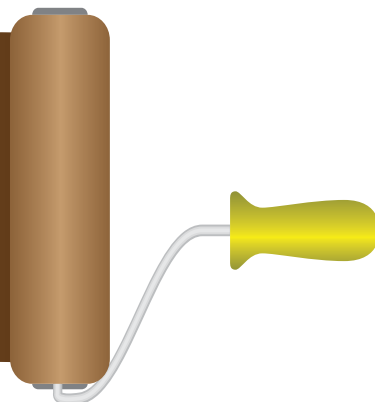
קהילת השרון

המשימות הדיאגנוסטיות הן תרגילים קצרים אשר מטרתם להצביע על תפיסות שגויות וקשיים של התלמידים בהבנת החומר בצורה ממוקדת. לאחר ביצוע התרגיל בכיתה, המורה מנתח את התוצאות ויכול לקבל תמונה ברורה על מצב כיתתו בנושא הנבדק ובעקבות כך לתכנן את דרך הטיפול הנכונה לכיתתו. המשימות הדיאגנוסטיות הפכו חלק בלתי נפרד משגרת הקהילה לאחר שרוב גדול ממורי הקהילה העבירו אותן וראו את תועלתן בכיתה.

"מהי הקהילה עבורך?"

< "אני לא מרבה להשתתף בהשתלמויות. למרות שיש לי ותק של עשרים ואחת שנה, אני מלמדת בתיכון רק שש שנים. הקהילה תרמה לי הרבה ונתנה לי הזדמנות להיחשף לכימיה בתיכון. אני מרגישה שאני הכי תורמת ונתרמת. הקהילה עוזרת לי התמודד עם העשייה בתיכון."

< "חוויה מרתקת ומהנה."



בכתבה זו נספר על **משימה דיאגנוסטית בנושא מבנה האטום** שהופעלה בקהילה בתחילת השנה. המשימה כללה השלמת משפטים ומתן תשובות קצרות לשאלות שעסקו ברדיוס אטומי, אנרגיית ייבון ומטען גרעיני.

המשימה חולקה למורים כדפי תרגול אך גם כקובץ שאותו העלו המורים ל-moodle האישי והפעילו אותו בצורה אינטראקטיבית. המשימה נפתרה על ידי המורים במפגש על מנת שיפעילו אותה בכיתה עד למפגש הבא. לשמחתנו, רבים מהמורים חזרו עם תובנות רבות, העלו שגיאות נפוצות ודרכים לטיפול, כמודגם בהמשך.

שגיאות נפוצות

קושי בהבנת המטען הגרעיני.

קושי של תלמידים להבחין בהבדלים בין טור לשורה.

הרבה "נעלמים" בשאלה.

בעיות כלליות של הבנת הנקרא.

דרכי טיפול

הבנת הנקרא: לתת לתלמידים כלים בניסוח תשובות קצרות ומדויקות.

כתיבה....כתיבה.....כתיבה בכוחות עצמם.

להגביל את התלמידים במספר המילים בתשובה כדי שיהיו מדויקים.

להרגיל אותם להיעזר בטבלאות או תרשים זרימה במהלך כתיבת התשובה.

להרגיל אותם לחלוקת ניקוד על קביעה ועל נימוק.

לא להשתמש בכיתה במונחים של "ימינה שמאלה למעלה ולמטה", אלא בטור ובשורה.

הציטוטים להלן מביאים את דבריהם של המורים בקהילת השרון לאחר הפעלת המשימה הדיאגנוסטית בכיתה, וממחישים את חשיבותן של המשימות הדיאגנוסטיות.

"הפעלתי את המשימה בכיתה ופשוט לא האמנתי שיש בכיתתי תלמידים שכתבו תשובה לא נכונה." כך העידו לא פעם מורים לאחר ניתוח המשימות שהפעילו בכיתה. ניתן לתאר את המשימות הללו ככלי "כירורגי" לאבחון וטיפול ממוקד בבעיות שלא תמיד מאותרות בזמן שיעור.

יתרונה של הקהילה בהקשר של משימות אלו הוא גדול. ראשית, היא מאפשרת למורים לעבור יחד על המשימות לפני הפעלתן בכיתה, לחשוב יחד על הקשיים שהיא עשויה לאתר ולמצוא דרכי טיפול בהן. כמו כן, כל מורה יכול להפעיל את המשימה בכיתתו ולפי התוצאות שהוא מקבל לטפל באופן מידי, זאת בעקבות רעיונות מגוונים ושונים שעלו בקהילה. שנית, המורים בקהילה מציגים את ניתוחי המשימות שאותן העבירו וזוכים לעזרה, לתמיכה ולהזדהות ממורי הקהילה.

קיימות הרבה משימות נוספות שעוסקות בכל הנושאים של תכנית הלימודים - מבנה וקישור, סטיוכיומטריה וגזים, חמצון-חיזור, חומצות ובסיסים ואנרגיה. מקומן של משימות דיאגנוסטיות בתכנית הלימודים הוא חשוב ובלתי נפרד, והן מסייעות בשיפור ההוראה וההבנה של התלמידים.

ג. פעילות סביב המעבדה הכימית

יש חשיבות גדולה מאוד לעבודת התלמיד במעבדה. העבודה במעבדה מלמדת יותר מכול את מהותה המדעית האמתית של הכימיה. כמעט בכל מפגש קהילה יש עיסוק בנושא חשוב זה.

קהילת נצרת בראשות עבדאללה חלאילה ונארימן חכים כותבים על המעבדה אצלם בקהילה

במפגשי הקהילה בנצרת אנחנו עושים פעילויות מגוונות. המעבדות הן אחד התחומים החזקים שלנו בקהילה. מורי הקהילה ביקשו שנשתף במעבדות מעניינות כדי להעשיר את מגוון המעבדות שהם מבצעים ביחידת המעבדה. בחרנו לשתף אתכם באחת המעבדות שערכנו בקהילה: "קביעת נפח מולרי של גז". המעבדה מעודדת למידה משמעותית ומיועדת לתלמידי כיתה י"א. ניתן לקשר את המעבדה לנושא השערת אבוגדרו, סטיוכיומטריה וחמצון-חיזור. אחרי שערכנו את הניסוי בקהילת נצרת, המורים התלהבו מאוד ו"קנו" את הניסוי לכיתה שלהם. יצאנו אחרי הניסוי עם סרטון מצולם והעלינו אותו ליוטיוב.



קהילת נצרת



להלן תקציר הניסוי

מטרת הניסוי היא קביעת נפח מולרי של גז בעזרת התגובה בין מגנזיום לחומצה מלחית בריכוז 1M. לוקחים סרט מגנזיום בעל מסה של 0.4 גרם, משייפים אותו היטב בנייר זכוכית עד שיהפוך למבריק ושוקלים אותו שוב במדויק. לאחר מכן מגיבים אותו עם החומצה לפי הפירוט הבא: אוספים את גז המימן הנוצר בתוך משורה הפוכה בתוך קערה מלאה מים עד לחציה ומחשבים את הנפח המולרי דרך יחס המולים בין המימן הנוצר לבין המגנזיום המגיב שהוא 1:1. הנעלם בניסוי הוא הנפח המולרי של הגז בתנאי החדר.

את סרט המגנזיום מייצבים בעזרת פלסטלינה ששמים באמצע הקערה. ממלאים את המשורה בצורה מושלמת בחומצת המלח בריכוז הנ"ל ולאחר מכן הופכים את המשורה על הפלסטלינה עם סרט המגנזיום וצופים בתגובה עד לסיימה ואז מודדים את נפח המימן. שמים חתיכת שקף על פתח המשורה, שמים את היד (העטויה בכפפות) מעליה לפני שהופכים אותה ומסירים את היד עם השקף לאחר שנהיה בטוחים שפתח המשורה כבר בתוך המים שבקערה. ראו [בסרטון המצולם](#). קישור ל**דף ההנחיות**

של הניסוי

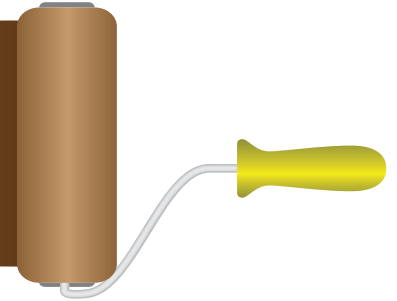
עבדאללה ונרימאן מאחלים לכם "אחלה" ניסוי.

ד. פעילות סביב הערכה חלופית

משימות הערכה חלופית בכימיה הן משימות אותנטיות ורלוונטיות לחיי התלמידים, משימות שמערבות בנוסף ליכולת אקדמית קוגניטיבית, גם היבטים רגשיים, חברתיים ובין אישיים. משימות שמערבות גם יכולת רפלקטיבית וביקורתיות וחשיבה מטה-קוגניטיבית. משימות הערכה חלופית מהוות כלי הערכה לתכנים הנלמדים במסגרת של 30% מתכנית הלימודים בכימיה.

"מהי הקהילה עבורך?"

- < "המקום הכי נוח להתייעץ, להתחדש, להתעדכן ולנטרל תסכולים."
- < "הקהילה נותנת לי רוגע נפשי ורגעים של נחת - שותפות, עדכונים, תחושה משפחתית."



קהילת רחובות בראשות מריה נוטקין וסבטלנה גולבציק כותבות הערכה חלופית בקהילתם

במסגרת ההערכה החלופית הוצגו בקהילת רחובות מספר הצעות, שאחת מהן הייתה [הכנת תשבץ](#). המשימה מתאימה לסיכום הנושא הנלמד, כגון סוכרים או פולימרים.

במסגרת הכנת התשבץ כל קבוצת תלמידים התבקשה לבחור 20 מושגים/הגדרות בפרק הלימוד שנבחר. התלמידים קיבלו דף הנחיות לבניית תשבץ ומחווה. לאחר הכנת התשבצים פתרה כל קבוצה תשבץ של קבוצה אחרת ונתנה משוב. כל קבוצה הגישה תשבץ, פתרון ואת ההגדרות (מאונך/מאוזן).

מרבית העבודה נעשתה במהלך השיעורים, כמו בחירת המושגים ובדיקת תקפותם על ידי המורה. לאחר אישור המורה כתבו התלמידים את ההגדרות למושגים ולאחר מכן הגישו לבדיקה נוספת. לאחר הגדרה מחודשת של חלק מהמושגים עברו התלמידים לשלב בניית התשבץ במחשב או בכל דרך אחרת. הפעילות הייתה מאתגרת עבור התלמידים. הכנת התשבץ זימנה תפקודי לומד מגוונים, כגון עבודת צוות, יצירתיות, יישום ידע.



קהילת רחובות

ה. הפינה שלנו

הפינה שלנו כוללת פעילות קצרה, מעוררת מוטיבציה וחשיבה שניתן ליישם באופן מידי (מחר בבוקר לכיתה). במפגשים הראשונים של הקהילה העבירו מובילי קהילות קל"ב את "הפינה שלנו". במפגשים הבאים גם חברי הקהילה הציגו ושיתפו ברעיונות שהם עושים בכיתתם בפינה שלנו. הפינה שלנו יכולה להיות ניסוי, הדגמה, שאלה לדיון, סרטון מעניין, שימוש טכנולוגי, התנהלות בווטסאפ, שאלה מעניינת לתרגול, או חיבור הכימיה לנושא אקטואלי הנמצא בחדשות.

קהילת טירה בראשות חנין בשארה ורחל ממלוק-נעמן כתבות על הפינה אצלם בקהילה

קהילת טירה הוקמה השנה וכוללת קבוצה מלוכדת של מורים מעולים המשתפים זה את זה בפעילויות, חוויות וקשיים. "הפינה שלי" היא חלק מכל מפגש המהווה חלק בלתי נפרד ממפגשי הקהילה, והיא כמו הדובדבן שבקצפת, המשאיר טעם מתוק אצל המשתתפים כיוון שבפינה מוצגת פעילות חדשנית שמורי הקהילה יכולים להפעיל באופן מידי בכיתתם. הזמן המוקדש לפעילות זו הוא חיוני, מרכזי ומתומצת - עד חצי שעה. המורה מציג פעילות כלשהי, ניסוי או חוויה שחשוב לו לשתף עם עמיתיו. בעקבות הצגת המורה, יתר המשתתפים מתחילים להרגיש שהם חלק חשוב מהעשייה בקהילת ומפתחים תחושת שייכות ומסוגלות עצמית. ניתן להבחין בעובדה שכל מורה אשר לקח חלק בפעילות זו הכין אותה במסירות, בתשומת לב רבה ובאהבה. להלן דוגמאות לכמה מהפינות שלנו בקהילת המשולש "טירה": תגובת שיקוע על צלחת פטרי; ניסוי הורדת ידיים בצבעים; מעשה בבלונים; תיאור של סיור בים המלח עם תלמידים; הכנת תערוכה ככלי להערכה חלופית בנושא סוכרים; הכנת תשבץ "מתוק" בנושא סוכרים; תלמידים מכינים פוסטרים כסיכום נושא; הדגמת שריפת אתנול; הקרנת סרטון "סופי לעת עתה".

המטרה של כל מה שהמורים הציגו ב"פינה שלי" הייתה לשתף את המורים בקהילה בפעילות חווייתית ומומלצת. אחת הדוגמאות היא הפעילות בהקשר לסיור שנעשה בים המלח. המורה המציגה תיארה את כל השלבים שעברו היא ותלמידיה בפעילות זו: הכנה לסיור, פעילויות תוך כדי הסיור וסיכום הסיור בכיתה. לפני היציאה לסיור קיבלו התלמידים דפי מידע על ים המלח ועל המפעלים באזור. המורה הקדישה לכך שיעור הכנה, שבו דנו הן בתהליכי הייצור של חומרים שונים במפעלים אלה, והן בתכונותיהם ובשימושיהם. בסיור עצמו החזיקו התלמידים בידיהם את דפי המידע יחד עם דפי עבודה אשר התלוו להרצאה ששמעו. לאחר הסיור התקיים שיעור מסכם שבו דנו התלמידים על מה שלמדו בסיור. הדיון כלל שיקולים חברתיים וכלכליים. בשיחה שהתקיימה במפגש של מורי קהילת טירה בעקבות ההצגה של מיאדה נאסר, הגיעו המורים המשתתפים למסקנה, שכדי שסיור בתעשיית הכימיה יתרום להרחבת הידע בכימיה יחד עם עידוד המוטיבציה ללמוד כימיה, על המורה להכין אותו כהלכה בהתאם למודל שהציגה מיאדה נאסר.



קהילת טירה

1. סיכום מפגש עם רפלקציה

בסיום כל מפגש נערך סבב רפלקציה קצר שנועד לסכם את המפגש וללמוד ממנו למפגשים הבאים. שאלות לדוגמה לסיכום: מה אני לוקחת לשיעור כימיה הקרוב מהמפגש? מה במיוחד שמחתי ללמוד? איזה תובנות התעוררו אצלי? מה הייתי מעונין ללמוד עוד? מה חסר? מה התחדד לי?

"מהי הקהילה עבורך?"

< "הקהילה היא בית, מקום שבו משתפים חברים למקצוע בקשיים, בשאלות, בחוויות; מקום שבו אפשר להתייעץ עם חברים למקצוע בבעיות או שאלות שמתעוררות תוך כדי העבודה בכיתה."

< "כמורה צעירה וחדשה בתחום, אני חשה שיש לעתים לחץ עליי, כי יש לי הרבה מה ללמוד כדי להגיע לרמת הידע של המורים הוותיקים. אולם יש בקהילה הרבה ידע, מדברים כימיה ויש לי הזדמנות להישף לשיטות הוראה שונות."

קהילת חולון בראשות בועז הדס וידידה גוטליב כותבים על רפלקציה אצלם בקהילה

קהילת מורים היא גוף שיתופי העוסק במקרים רבים ברפלקציה על עבודת ההוראה.

לכן ניסינו לערוך תרגיל שבו נבצע את הרפלקציה בצורה חדשה - מתוקשבת יותר, שיתופית ואינטראקטיבית. ערכנו ריאיון קהילתי. הריאיון נערך באופן הבא: לכל אחת מחברות הקהילה הוצגו שאלות זהות דרך שאלון גוגל אלקטרוני. בשלב השני הוצגו כל התשובות לריאיון בבלוג וניתנה אפשרות למובילי הקהילה להגיב על התגובות.



קהילת חולון



המראיין: השלם את המשפט " אני גאה בקהילה כי..."; מורה א': " אני מרגישה חלק ממנה"; מורה ב': "זה המקום הכי נוח לשאול שאלות ולא להרגיש רגיעה"; מורה ג': " כי המורים משתפים ומתחלקים בחוויות ובמידע". המובילים: " אם כך הצליח לנו".

מראיין: "איזו פעילות משמעותית עברת בקהילה?" מורה א': "הכרת מבנית מעבדת החקר". מורים ב-ג-ד-ה: "דיאגנוסטיקה, משימות דיאגנוסטיות, דיון בתוצאות הדיאגנוסטיקה". מורה ו': "כאשר מורים שיתפו על פעילויות מיוחדות שעשו בכיתתם במסגרת "הפינה שלנו" ובשיחות שהתנהלו בקהילה".

מראיין: "התייחסו לנושא הדיאגנוסטיקה - מדוע זה היה משמעותי בעיניכם, ספרו על מה שעברתם?" מורה א': "דרך מעולה לבדוק את הציור שיושב אצל התלמיד בראש"; מורה ב': "האפשרות לדעת את רמת ההבנה של התלמיד את החומר באמצע הנושא"; מורה ג': "הדרך היחידה לעלות על מיסקונספציות אצל תלמידים, כשאתה בטוח שהם הבינו את החומר ב-100%"; מורה ד': "בירור מהיר על תפיסות שגויות של תלמידים (המתייחס לכל תלמיד בנפרד) וידיעה על בעיות בנושא כלשהו וחשיבה על מתן פתרון לבעיה הקיימת בכיתה בנושא הדיאגנוסטי"; מורה ה': "המשימה עוזרת לחדד הבנה של התלמידים בנושא מסוים ועוזרת למורה לגלות היכן ובמה התלמידים מתקשים". המובילים: "חותמים על כל מילה".

מראיין: "אם הייתי מבקש ממך סממה לטובת פרסום הקהילה או מיתוג קהילת המורים שלנו, מה היית מציעה?" קהילת חולון - קטנה שהיא גדולה. קהילת חולון - הקשר שלך למורים עמיתים והמקום לשיתוף חומרי למידה. קהילת חולון - "כימ-קהילה"- בית קרוב וחם לקהילת הכימאים. קהילת חולון - אחד בשביל כולם, וכולם בשביל אחד. "בחדשות הכימיה מוזמן לקהילה (IN) כל מי שרוצה להיות מעודכן". המובילים: "פסגת שאיפותינו - עוד מורים יגיעו לפסגה חולון".

"מהי הקהילה עבורך?"

- < "כיף לשמוע על שיטות הוראה חדשות ולפגוש את המורות באזור. אני נתרמת ותורמת, והקהילה היא מעין קסם בשבילי."
- < "כשהתחלתי לא חשבתי שאתמיד, אבל גיליתי שהקהילה כאן שונה מכל סוג השתלמות אחרת שבה השתתפתי, ושיש כאן קירבה בין כולנו ולמידה מסוג אחר."

בנימה אישית, לכל המורים לכימיה שקראו את המאמר: אנחנו מחכים לכם בשנה הבאה בקהילות מורי הכימיה. באווירה משפחתית אפשר שם להתפתח, לצמוח, להשתייך ולהעצים את ההוראה של כולנו.

להתראות, צוות קהילות

ביבליוגרפיה

- Lieberman, A., & Friedrich, L. D. (2010). How Teachers Become Leaders: Learning from Practice and Research. Series on School Reform. Teachers College Press.
- Mezirow, J. (1997). Transformative learning: Theory to practice. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 1997(74), 5–12.
- Tschannen-Moran, M. (2014). Trust matters: Leadership for successful schools. John Wiley & Sons.
- Tschannen-Moran, M., & Gareis, C. R. (2015). Principals, Trust, and Cultivating Vibrant Schools. *Societies*, 5(2), 256–276. <https://doi.org/10.3390/soc5020256>
- Wood, D. (2007). Teachers' learning communities: Catalyst for change or a new infrastructure for the status quo. *Teachers College Record*, 109(3), 699–739.
- בירנבוים, מ. (2009). הערכה לשם למידה ומאפיינים של קהילה מקצועית בית ספרית ותרבות כיתה המעצימים אותה, 77-100.
- יבניה, יעקובזון, י., & צדיק, י. (2011). קהילה מקצועית לומדת בבית הספר. סקירה מוזמנת כחומר רקע לעבודת ועדת שפה ואורינות.



היום הייתי מהנדס/ת בטיחות במפעל!

רותי שטנגר¹ ומירי קסנר²

- למעבדות המוצגות במאמר זה מספר מאפיינים דומים: הידע הכימי הנלמד בכיתה מספיק כדי לבצע את המעבדות, ואין צורך בלימוד נוסף של נושאים תעשייתיים.
- במסגרת המעבדה התלמידים משמשים כבעלי תפקידים שונים במפעל הנדרשים לספק למפעל מידע נחוץ. את המידע הם יכולים לספק לאחר ביצוע ניסוי וניתוח תוצאותיו.
- התלמידים משמשים במעבדות השונות כמהנדסי בטיחות במחלקת התכנון ההנדסי של המפעל, כמהנדסי בטיחות האחראיים לטיפול בתקלות במפעל, ככימאים בצוות הפיתוח של תהליכים חדשים במפעל וכיו"ב - משחק תפקידים שמעורר עניין נוסף ושונה במעבדות.

בשנה שעברה נפתח [האתר הלימודי החדש - כימיה ותעשייה כימית בשירות האדם](#), שבו מגוון רב של חומרים המותאמים לתכנית הלימודים הנוכחית. במאמר זה נציג ארבע מעבדות ברמה 2 וברמה 2 חלקי הנמצאות באתר. מעבדות אלה משלבות את הידע הכימי הנלמד בכיתה במסגרת ה-70%, בסיטואציות אמיתיות הלקוחות מן התעשייה הכימית. מעבדות אלה מתאימות הן למחצית יחידת המעבדה שהיא חובה במסגרת ה-70%, והן למחצית יחידת המעבדה שהיא בחירה במסגרת ה-30%.

כזכור, ב-70% יש לבצע מעבדה אחת ברמה 2 חלקי ושלוש מעבדות ברמה 2 (או מעבדה אחת ברמה 3), ואילו ב-30%, אם בוחרים בחצי יחידת מעבדה, יש לבצע שתי מעבדות ברמה 1, מעבדה אחת ברמה 2 חלקי ומעבדה אחת ברמה 3.²

1. רותי שטנגר, מכון דוידסון לחינוך מדעי והמחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.
 2. ד"ר מירי קסנר, ראש המרכז לקשר בין התעשייה הכימית ומערכת החינוך, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.
 3. [תכנית הלימודים](#) מאתר המפמ"רית.

פי ההנחיה בדפים, מספר בדיקות של החומרים המגיבים ושל התגובה הכימית שאותה הם חוקרים, וכן עורכים חיפוש נתונים פיזיקליים ומידע בטיחותי באינטרנט. בשלב השני הם מתכננים ומבצעים ניסוי שמטרתו מעקב אחר התגובה.

שיתוך

התלמידים קוראים ידיעה עיתונאית על התנהלות לא תקינה של אחסון חומצה במפעל בחבית מתכת. כמהנדסי בטיחות במפעל, עליהם לבדוק מהו המכל המתאים לאחסון תמיסת חומר כלשהו, שאותה קיבלו מן המורה. התלמידים עונים על שאלות לאחר קריאת המאמר כדי להבין מהי התקלה שהתרחשה במפעל. לאחר מכן הם מתכננים ניסוי שבו הם בודקים מספר חומרים המוצעים לשמש כחומרי מבנה למכלי האחסון של התמיסה.

חומר מנטרל

התלמידים קוראים שתי ידיעות עיתונאיות המתארות תאונות שבהן נשפכה חומצה, ומגלים שתהליך נטרול החומצה היה לקוי. בעקבות מקרים אלה עליהם לבדוק ולהמליץ, כצוות הבטיחות במפעל, מהי שיטת הנטרול הטובה ביותר אם יתרחש שוב מקרה דומה. התלמידים עונים על שאלות לאחר קריאת המאמרים כדי להבין מהם הקריטריונים הנדרשים מחומר מנטרל טוב. לאחר מכן עליהם לבדוק מספר חומרים אופציונליים לנטרול תמיסה חומצית שניתנת להם על ידי המורה, ולהחליט מה החומר המנטרל המתאים ביותר.

סיכום הנושא בכיתה

עם סיום ביצוע מעבדה, כדאי לבקש מן התלמידים להציג את מסקנותיהם/המלצותיהם בפני הנהלת המפעל (כל שאר הכיתה). ישנה גם אפשרות לבצע את כל ארבע המעבדות בכיתה במקביל, כך שכל קבוצה מבצעת מעבדה אחרת.

ארבע המעבדות מכסות יחד את מגוון התהליכים השונים במפעל:

□ תוך כדי ביצוע המעבדה התלמידים מבינים את יחסי הגומלין בין הידע המדעי הנלמד בכיתה לבין יישום הידע במפעל כימי (טכנולוגיה) בהתחשב במגבלות בטיחותיות וסביבתיות (חברה).

לפניכם המעבדות שנבחרו למאמר זה:

שם המעבדה	הרמה	נושאי הלימוד
ייצור KNO_3	2 חלקי	חומצות ובסיסים
בקרת תהליכים	2	חומצות ובסיסים אנרגיה כימית
שיתוך	2 חלקי	חומצות ובסיסים חמצון-חיזור
חומר מנטרל	2 חלקי	חומצות ובסיסים אנרגיה כימית

תיאור המעבדות

ייצור KNO_3

התלמידים מתבקשים למצוא שתי תגובות שונות לייצור KNO_3 . לאחר בדיקת נתונים פיזיקליים, מידע בטיחותי של החומרים ומחיריהם באינטרנט, עליהם להחליט איזו שיטה עדיפה לייצור החומר במעבדה. לאחר מכן עליהם להשוות את השיטה שבחרו לשיטת הייצור בתעשייה, ולהבין מדוע בחרו בתעשייה בשיטה זו. התלמידים מפיקים KNO_3 בשיטה שבחרו, כך שבסוף התהליך הם יכולים לשקול את מסת החומר שהתקבל.

בקרת תהליכים

התלמידים נדרשים לתכנן שיטת בקרה למעקב אחר תהליך ייצור של חומר במפעל. כל קבוצה אחראית לתהליך ייצור של חומר אחר. בראשית המעבדה התלמידים מבצעים, על



במפגש הסיכום כל קבוצה משתפת את הקבוצות האחרות בתהליך שעברה (הוראת עמיתים). כמו כן אפשר לערוך את אירוע הסיכום במסגרת יום מגמה.

במהלך העבודה כדאי לבקש מכל קבוצת תלמידים לערוך טבלה ולחלק לשלוש קבוצות את המושגים הרלוונטיים למעבדה שביצעו: מושגים מדעיים, מושגים טכנולוגיים/תעשייתיים ומושגים חברתיים/סביבתיים. במפגש הסיכום מאחדים בטבלה אחת את המושגים מכל הקבוצות. לדוגמה:

מושגים מדעיים	מושגים טכנולוגיים/תעשייתיים	מושגים חברתיים/סביבתיים
אקזותרמי/אנדותרמי	בקרה	בטיחות
תגובת חומצה ובסיס	נטרול	...
שיתוך

רצ"ב משוב לפעילות: אפשר לתת לתלמידים את המשוב המודפס או קישור למשוב מקוון, כדוגמת [משוב זה](#).

משוב

- האם מעבדה זו הייתה שונה, מבחינתך, ממעבדות אחרות שעשית? כן לא
- במה?
- במעבדה זו היית בעלת תפקיד במפעל והיית צריך/ה לעמוד במשימה. האם נהנית מזווית ראייה שונה זו במעבדה?
- כן לא
- האם מעבדה מסוג זה תרמה לך דברים נוספים שלא היו במעבדות אחרות? כן לא
- פירוט:
- האם היית רוצה לעשות עוד מעבדות בסגנון זה? כן לא
- האם יש לך רעיונות למעבדות אחרות בסגנון זה?
- פירוט:

פעילות מהנה!





כנסים אזוריים לתלמידי כימיה

זיוה בר-דב*, חברת קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

כנסים אזוריים לתלמידי כימיה נערכים במשך שש שנים אחרונות במסגרת המסלול להובלת יוזמות בתכנית רוטשילד-ויצמן, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

היוזמים הם עדנה כהן, בעז הדס וסופי ליידרמן, בוגרי הקורס למורים מובילים, שממשיכים לתרום לקידום הוראת הכימיה בהנחיית ד"ר דבורה קצביץ וד"ר יעל שורץ. מספר הכנסים הלך וגדל במהלך השנים, החל משלושה כנסים בשנת תשע"ב וכלה בשניים עשר כנסים בשנת תשע"ז.

במרכז הארצי למורי הכימיה התקיימו בשנים תשע"ה-תשע"ו שתי סדנאות להכשרת מורים מובילים לארגון כנסים אזוריים לתלמידים. כל בוגרי הסדנאות ארגנו כנסים או השתתפו בהם עם תלמידיהם. מטרת הכנסים

- היכרות בין תלמידי הכימיה מבתי ספר שונים במסגרת מפגש מדעי חברתי.
- הגברת המוטיבציה ללימודי הכימיה.
- התנסות תלמידים בהעברת תכנים ופעילויות שלא במסגרת תחרותית.
- רכישת מיומנויות שאינן נרכשות בבית הספר.
- יצירת תשתית לבניית קהילת עמיתים של לומדי כימיה.

* זיוה בר-דב, אחראית על הובלת יוזמות בקבוצת הכימיה בתוכנית רוטשילד-ויצמן, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע



- המבנה של כנסים אזוריים לתלמידי כימיה דומה לזה של כנסים מדעיים, כמו גם כנסי מורים ומורכב מהפעילויות האלה:
- התכנסות: קבלת תגי שם, חוברת תקצירים וחומרים נוספים.
 - הרצאה מדעית ראשונה - הרצאה של מדען אורח.
 - מושבים מקבילים של תלמידים: הרצאות או הפעלות המועברות על ידי תלמידים.
 - הפסקה עם כיבוד - מפגש בלתי אמצעי בין תלמידים ממקומות שונים.
 - הרצאה מדעית שנייה בשילוב הדגמות ניסויים או סדנה הכוללת ביצוע ניסויים.
 - משוב וסיכום הכנס.

קיימים הבדלים במבני הכנסים לפי הדגשים החשובים למארגנים. למרות ההבדלים, מבנה הכנסים נשאר דומה. יש חשיבות רבה לשינויים ולחידושים בכנסים תוך כדי שמירה על המבנה הכללי.

המדענים של מכון ויצמן תרמו רבות להצלחת הכנסים על ידי מתן הרצאות הן למארגני הכנסים ולמורים המשתתפים והן לתלמידים בכנסים עצמם: פרופ' רון נעמן, פרופ' קובי לוי, ד"ר דוד מרגוליס, פרופ' רון בלונדר, ד"ר רחל ממלוק-נעמן, ד"ר דבורה קצביץ, ד"ר יעל שורץ. בין המרצים בכנסים היו גם מדענים מאוניברסיטת תל-אביב, האוניברסיטה העברית, אוניברסיטת בר אילן ועוד.



התלמידים מגלים התלהבות רבה מהכנסים. המורים שהשתתפו בכנסים עם תלמידיהם דיווחו שבעקבות התלהבות התלמידים המספרים על חוויותיהם מהכנסים, עלה מספר התלמידים הבוחרים ללמוד כימיה.



סיכום של השתתפות תלמידים בכנסים אזוריים לתלמידי כימיה בשש השנים תשע"ב-תשע"ז

שנה	מספר כנסים	מספר בתי ספר	מספר תלמידים
תשע"ב	3	23	440
תשע"ג	3	18	590
תשע"ד	6	36	1210
תשע"ה	5	25	840
תשע"ו	7	39	1340
תשע"ז	12	72	2300
סה"כ	36	213	6720

בשנת תשע"ז התקיימו 12 כנסים אזוריים לתלמידי כימיה, ואלה הם:

- 10.1.17** אורט קדימה מדע בית הספר כפר סילבר, מארגנת - ילנה איסרסון.
 זהו הכנס הראשון בכפר סילבר. אחד מהמושבים בכנס נערך בשפה הרוסית. במושב זה נתנו הרצאות חברי משלחת תלמידים מאוקראינה ותלמידים ישראלים דוברי רוסית.
- 11.1.17** אשכול פיס קריית גת, מארח - אורט ע"ש זאב בויס, מארגנת - סופי ליידרמן, רכזת ארצית של הכנסים האזוריים.
 זהו הכנס השישי באשכול פיס בקריית גת.
 אחד מהמושבים בכנס נערך בשפה האנגלית. במושב זה נתנו הרצאות חברי משלחות תלמידים מגאורגיה ומאוקראינה ותלמידים ישראלים.
- 18.1.17** תיכון אלון רמת השרון, מארגנת - ד"ר בתיה ליפשיץ-גולדרייך.
 זהו הכנס הראשון בתיכון אלון ברמת השרון. בכנס השתתפו תלמידים מהמגזר היהודי ומהמגזר הערבי. מושבי התלמידים היו מגוונים, מעניינים וברמה גבוהה.
- 1.2.17** בית הספר הרב תחומי ליידי דייויס תל אביב, מארגנת - רוזה גולובצ'יק.
 זהו הכנס הראשון בבית ספר זה. בנוסף להרצאות ולמושבי תלמידים, חלק מהכנס הוקדש לזכרה של מרים פופוביץ - מורה ומרכזת כימיה.
- 16.2.17** תיכון ע"ש רוטברג, רמת השרון, מארגנים - ערן שמואל וקרן מנדה פרץ.
 זהו הכנס השלישי בתיכון ע"ש רוטברג. בנוסף להרצאת מליאה ולמושבי תלמידים, התקיימה הרצאה בנושא "כימיה בצה"ל". במקום הרצאה שנייה נערכה פעילות "גיבוש כימיי" שהובילו תלמידים.

- 19.2.17** הפקולטה לרפואה צפת, מארח - תיכון הר וגיא, מארגנות - הלנה זיו וד"ר ורד דנגור. זהו הכנס הראשון לתלמידי גליל מזרחי - גולן. שתי ההרצאות היו בתחום הביוכימיה - משני חוקרים מובילים מהפקולטה לרפואה.
- 21.2.17** אשכול פיס אשדוד, מארגנות - אורית וינשטוק ונאוה תמם. זהו הכנס השני באשדוד. בכנס השתתפו כל בתי הספר התיכוניים באשדוד. הכנס מאופיין במגוון נושאים וברמה גבוהה של הרצאות והפעלות במושבים.
- 22.2.17** תיכון אפק כפר מנדא, מארגנים - ד"ר מרואן חושאן ומוסטפא עאלם. זהו הכנס השני בתיכון אפק, שבו השתתפו תלמידים מהמגזר הערבי. רוב ההצגות במושבי תלמידים היו הדגמות ניסויים וביצוע ניסויים בהנחיית התלמידים המציגים.
- 28.2.17** אשכול פיס טירה, מארח - תיכון עתיד טירה, מארגנת - פאדיה חטיב, רכזת ארצית של כנסים אזוריים. זהו הכנס הרביעי באשכול פיס טירה, שבו השתתפו תלמידים מהמגזר הערבי. יש לציין מעורבות רבה של תלמידים ששאלו הרבה שאלות לאחר ההרצאות והדגימו ניסויים רבים ומעניינים במשבים, ואף העבירו סדנאות.
- 1.3.17** אורט אבין רמת גן, מארגנת - עדנה כהן, רכזת ארצית של כנסים אזוריים. זהו הכנס השישי באורט אבין. בכנס השתתפו תלמידים מהמגזר היהודי ומהמגזר הערבי. נושאי ההרצאות במושבים היו מגוונים, מעניינים וברמה גבוהה. התלמידים היו פעילים מאוד בהדגמה וביצוע של ניסויים.
- 14.3.17** אשכול פיס טמרה, מארגנים - עבדאללה חלאילה ונרימאן חכים. זהו הכנס הראשון בטמרה, שבו השתתפו תלמידים מהמגזר הערבי. החידושים בכנס: תערוכת פוסטרים מדעיים שנערכה בזמן ההפסקה, והצגה הקשורה לכימיה שנכתבה והועלתה על ידי התלמידים.
- 16.3.17** פארק קרסו למדע באר שבע, מארגנות - סופי בן דב, אורנה דגן, טובי הוכמן. זהו הכנס הראשון בבאר שבע. מקום הכנס יצר אווירה מיוחדת. הפעילויות במושבי התלמידים היו מגוונות ומעניינות. בהפסקה יכלו התלמידים לסייר במתקני הפארק.



כנסי התלמידים הלכו והתפתחו במהלך השנים לשביעות הרצון של כל אלה שהיו מעורבים בהכנה שלהם ובהפעלתם. כל הכבוד למארגנים, למורים המשתתפים ולתלמידיהם! אנחנו מצפים שבשנת תשע"ח ירימו מורים נוספים את כפפה ויארגנו כנסים באזוריהם.



מגשימים חלום בגליל ובגולן

הלנה זיו - רכזת מגמת הכימיה, תיכון "הר-וגיא" ומארגנת הכנס
ד"ר ורד דנגור - מדריכה מחוזית לכימיה ושותפה בארגון הכנס



הכנס התקיים בפקולטה לרפואה בגליל

אחת המורות קישרה אותנו עם הפקולטה לרפואה בגליל (היושבת בצפת) והציעה שנשקול לקיים את הכנס שם. נציג הפקולטה הרים אף הוא את הכפפה, ומכאן נותר לקבוע

לראשונה שמעתי את המונח "כנס תלמידים" מפי עמיתים שהשתלמו אתי בטכניון בתשע"ו. החלטתי שגם אנחנו יכולים לערוך כנס תלמידים והרמתי את הכפפה. שיתפתי את מנהלת "הר-וגיא", רות רוזנטל-פלד וקיבלתי את ברכת הדרך לקיים את הכנס אצלנו בבית הספר שבו זורם נחל הדן. יצאנו לדרך. ד"ר ורד דנגור, המדריכה המחוזית התלהבה ונרתמה בשמחה. עכשיו התחיל החלק הקשה - לגייס מורים, לגייס משאבים, לבנות לוי"ז ולהתחיל להפעיל את התלמידים. ד"ר דורית טייטלבוים נתנה את ברכתה החמה והפנתה אותנו לד"ר זיווה בר דב ממכון ויצמן, המלווה כנסי תלמידים בכל רחבי הארץ. מזיווה קיבלנו תמיכה רבה: חומר כתוב כגון תכניות מכנסים קודמים, תקצירי הרצאות, הנחיות לבניית הכנס, דף משוב לסיכום ועוד. לאורך תקופת ההתארגנות היינו בקשר רציף עם זיווה במייל, בטלפון ואף נפגשנו אתה כשהגיעה לצפון, והיא סייעה רבות לתכנון וארגון הכנס.

התלמידים מילאו משובים וביחד סיכמו את הכנס כמעניין ומשרה "גאוות יחידה", והמפגש עם בתי ספר אחרים היווה תוספת ברוכה. להלן כמה מדבריהם:

"הזדמנות ליצירת מעגלי שיח בין תלמידים הלומדים כימיה מבתי הספר המגוונים בצפון."

"היה מעניין לשמוע נושאים חדשים שאיני פוגש ביומיום והיה נחמד לראות הבדלי רמות של הרצאות תלמידים מבתי ספר אחרים."

"הייתי רוצה שיהיו פחות הרצאות ויותר פעילויות וחיבור לתלמידים בנושא כימיה."

"העבודה על המצגת בנושא שבחרתי וההצגה מול קהל וקבלת משוב ממנו גרמו לי להבין את הנושא בצורה מעמיקה."

"המפגש עם הרצאות תלמידים בנושאים שאיני מכירה, לדוגמה קוצב לב, גרם לי להבין שגם בגילנו אפשר לעשות דברים שיעשו שינוי בעולם."

ביקשנו ממורים לספר על תהליך ההכנה לכנס ועל ההשתתפות בו:

"הצגתי בפני התלמידים את הכנס ואת הדרישות שהיו לבחור נושא שמעניין אותם לחקור. כך שבתהליך הקריאה והכתיבה הם בחרו בנושא שעניין אותם. הם באו לשוחח אתי כשהמנגנון או התהליך לא היה מובן להם עד הסוף או כשרצו הכוונה לחומר נוסף. לעתים נתקלו התלמידים ברמת קושי גבוהה ואף בנושאים חדשים שלא הכול בהם עדיין ידוע. לדעתי, זה היה הפן הכי מעניין בקריאה, כי הוא אפשר להם להציע פתרונות אפשריים משלהם."

התלמידים התרגשו מאוד לקראת הכנס ולאחר שהרצו יצאו בהרגשה טובה מאוד. כל תהליך ההכנה דרש זמן רב, שאמנם הצדיק את המאמץ, ואכן זו למידה נכונה, אך אני מודה שדאגתי שזה יהיה על חשבון עמידה בלוח הזמנים של הספק החומר הנדרש בתכנית הלימודים. הכנס היה מצוין, וכולנו נהננו הן מההרצאות והן מהאירוח."

אמירה אלוש, תיכון נופי גולן, קצרין.

"ההתארגנות לכנס היתה טובה, הספקתי להכין את תלמידי להצגת הנושאים שבהם בחרו. התלמידים היו נרגשים לקראת הכנס ולקראת הפגישה עם תלמידי כימיה אחרים."

במהלך הכנס התלמידים הרגישו טוב והיה להם מעניין. היתה חסרה להם עוד הרצאה יותר ספציפית בנושא כימיה. התלמידים שהציגו התרגשו מאוד, התכונו היטב והציגו באופן רציני ומעניין. הייתה מעורבות של הקהל ושאלו שאלות, והם היו מרוצים שידעו לענות יפה. הכנס היה משמעותי מאוד לתלמידי ובמיוחד לאלו שמגבירים גם ביולוגיה.

בעקבות הכנס קיבלנו פרגון מההנהלה והתבקשנו לפרסם בעלון ובאתר בית הספר."

תאריך כלשהו במהלך חופשת הסמסטר ולהמשיך בתהליך ההתארגנות לקראת הכנס. לתלמידי "הר-וגיא" אמרתי שהצגה בכנס תהווה חלק מ-30% של ההערכה הבית-ספרית ושכל נושא הקשור לכימיה יתקבל בברכה. הכנס התקיים ב-19 בפברואר, התכנסו כ-150 תלמידים משמונה בתי הספר באזור גליל מזרחי-גולן.

פתחה את הכנס ד"ר דורית טייטלבוים, אשר דיברה בין השאר על עלייה במספר לומדי הכימיה בארץ ועל חשיבות הכימיה לכלכלת מדינת ישראל. מר נועם דוד רשלבר, ראש המנהל בפקולטה, הציג את הקמת הפקולטה לרפואה ופעילותה בגליל והזמין את התלמידים להשתלב במחקר רפואי בהמשך דרכם.



הצוות המארגן: ד"ר ורד דנגור והלנה זיו, גסאן חטיב, מדרך אזורי וזיוה בר דב, מכון ויצמן למדע

התלמידים שמעו הרצאות משני חוקרים מובילים מהפקולטה לרפואה בגליל. ד"ר עמרי קורן הרצה בתחילת הכנס על מחקר קליני העוסק בחיידקי מערכת העיכול, השפעתם על בריאותנו ועל מחלות כגון סוכרת, השמנת יתר ועוד. לאחר מכן התפזרו התלמידים למושבים מקבילים שבהם ניתנו 27 הרצאות של תלמידים לעמיתיהם בנושאים מגוונים: בתחומי הביוכימיה והרפואה, פיתוחים טכנולוגיים משולבי כימיה ושימושי הכימיה בחיי יומיום. הוצגו ניסויי חקר ותכנים ייחודיים שתלמידים עסקו בהם במהלך הלמידה כגון פעילות שארגנו תלמידים לשיווק הכימיה המדמה תחרות, "חדר בריחה", שירים שכתבו תלמידים תוך כדי לימוד הכימיה ועוד. בחלק מההרצאות נערכו הפעלות של הקהל באמצעות חידונים והמחשות שנבנו ביצירתיות ובעניין רב ואפשרו לצופים להיות מעורבים. לסיום נשא ד"ר און אליוט, חוקר מהפקולטה בתחום חקר המוח, הרצאה שדנה בשאלה האם יש לנו בכלל בחירה חופשית או תת-המודע שלנו בוחר עבורנו. הכנס הסתיים בעוד המוחות של כולנו מנסים לתהות על קנקנה של סוגייה זו שעניינה הבחירה החופשית.

גליה קרסיק, תיכון אנה פרנק, סאסא.

"החופש לבחור נושא שיש בו עניין אישי תרם להירתמות התלמידים. הם התבקשו להפעיל את הקהל ועבדו בעניין רב על התוכן והתלהבו מבחינת הפעילות. היה מי ש"הרים גבה" והתלונן על שחייבתי להציג, ולצדו היו תלמידים שהסבירו למתלונן שזה לטובתו."

הלנה זיו, תיכון הר וגיא, דפנה.

"התלמידים אהבו את הרעיון של השתתפות בכנס ראשון באזורנו לתלמידי כימיה עוד שכהצגתי את הנושא, ושמוחו להיות חלק פעיל. הם השתתפו בבחירת נושאי ההצגות, היה להם חשוב שיהיה רלוונטי ללמידה, ולכן נבחר נושא הסוכרים שנלמד לאחרונה והוערך בהערכה חלופית. התהליך התקדם כאשר התלמידים הציגו לחבריהם וקיבלו מהם משובים. בכנס עצמו היה להם מעניין, הם נהנו מההצגה, מהמשוב ומהתלהבות הקהל. בסיום הכנס אמרו שזו מסורת שחשוב לשמר ולהמשיך בשנים הבאות. חשוב לי לציין כי לאורך כל הדרך קיבלתי תמיכה רבה ופרגון מהנהלת בית הספר."

גסאן חטיב, תיכון דנציגר, קריית שמונה.

"בהתחלה היה קושי לגייס את התלמידים כדי להכין את ההצגות לכנס. החלטנו לקחת עבודות שכבר התחלנו וקיישרנו גם לנושא הביוכימיה שנלמד באותה תקופה וגם לסטורי העשרה שהתקיימו במגמה. התלמידים נרתמו למשימה. לדעתי הכנס היה מוצלח. היתה אווירה טובה של רצינות ולמידה בקרב התלמידים. ניכרה התרגשות והיה פרגון הדדי של תלמידי הכיתה לתלמידים שהציגו בכנס. החשיפה לתלמידי כימיה מבתי ספר אחרים גרמה לתלמידי "למקם את עצמם" מבחינת ההבנה, ההיערכות ומקום הכימיה בחייהם עכשו ובעתיד.

קיבלנו פרגון רב מהנהלת בית הספר. בעקבות הכנס הוגשו שני תלמידים לכנס תוצרים של רשת עמל בנושא למידה משמעותית. לתלמידים אלו הייתה זו חוויה מיוחדת של התגייסות (ללא קבלת תגמול) אשר כללה שילוב עם תלמידי תאטרון לצורך הפרזנטציה שם. תלמידים אלו הרגישו גאווה יחידה והמוטיבציה שלהם ללמוד כימיה עלתה מאוד. הכנס "עשה הדים" והעלה על המפה את מגמת הכימיה בבית הספר, כך שהמאמץ היה שווה."

נורית רשלבר, תיכון רב תחומי ע"ש מנחם בגין, צפת.

ומסכמת הלנה זיו, מארגנת הכנס:

"שמחתי להגשים חלום בפריפריה הצפונית, זו הייתה הזדמנות לתלמידי הצפון והמורים המובילים אותם לשתף בידע ולפסוע בדרך משותפת, דרך שבה מדברים באהבה ובהבנה את שפתם של החלקיקים שמהם בנויים כל הדברים כולם.

למרות השקט היחסי שיש בצפון מתקיימת בו עשייה, מתנהלת מערכת לימודים שמיישרת קו עם הלמידה במרכז הארץ. בשנים האחרונות אנו עדים לפריחה מחודשת של מגמות הכימיה ברחבי הארץ וגם באזורנו. פריחה זו אפשרה לנו להביא כ-150 תלמידים לכנס זה, הראשון מסוגו בצפון הרחוק.

תודה לפקולטה לרפואה שהזמינה אותנו להכיר משהו חדש וטוב שיש בפנינה הצפונית שבה אנו חיים, שנתנה לנו מקום ואירחה אותנו, וכן לשני המרצים שהעשירו אותנו בסוגיות שקהילת הרפואה עוסקת בהן בימים אלו.

תודה לד"ר זיווה בר דב ממכון ויצמן שסייעה ותמכה לאורך כל הדרך ואף השתתפה בכנס, ולד"ר דורית טייטלבוים מפמרי"ת הכימיה שתמכה וכיבדה אותנו בנוכחותה".



אולם המליאה בכנס בצפת

תלמידי הכימיה ומוריהם מגליל-מזרחי וגולן שהשתתפו בכנס ובאו מבתי הספר הבאים:

אמי"ת, צפת. מורה: הללי עותבנס

רב-תחומי ע"ש בגין, צפת. מורה: נורית רשלבר

אנה פרנק, סאסא. מורה: גליה קרסיק

נופי גולן, קצרין. מורה: אמירה אלוש

עיינות ירדן, עמיר. מורה: איסמעיל פרחאת

דנציגר, קריית-שמונה. מורים: גסאן חטיב וסבטלנה ריקל

עמק החולה, כפר בלום. מורים: סבטלנה ריקל ואיתמר גודו

הר-וגיא, דפנה. מורה: הלנה זיו

כנס החברה הישראלית לכימיה 2017

אלה פרוטקין-זילברמן

אלה פרוטקין-זילברמן סיימה ברוסיה תואר שני בהצטיינות, לימדה כימיה 22 שנים במוסקבה, עלתה לישראל בשנת 1991 ומאז, במשך 25 שנים, השתלבה בהוראת הכימיה בארץ.

סיפורה של אלה הוא סיפורו של דור המורים הותיקים לכימיה שהחלו דרכם בארץ כעולים חדשים, עם ידע רחב ועמוק בכימיה, אך כמעט ללא ידע בשפה העברית, והשקיעו את מרצם בקידום מערכת החינוך ובהוראת הכימיה בארץ, ונמצאים כיום לקראת פרישה.

השתלבותה של אלה בארץ כללה השתלמויות רבות, והטמעה של שינויים בהוראה ובתכנים. אלה הקימה את מגמת הכימיה בכפר הירוק, ופתחה מסלול לכימיה בכיתות מופ"ת. היא הטמיעה את אהבת הכימיה בקרב תלמידים, בחריצות, באהבה ומסירות, תוך חתירה למצוינות.

אלה משקיעה שעות רבות בהכנת תלמידיה לכימיאדה - האולימפיאדה הארצית לכימיה, ובהדרכה וליווי של דור המורים החדשים בתחילת דרכם. היא ידועה בהשקעתה הרבה, בהתמדתה ובשאיפתה הבלתי מתפשרת לשלמות. על כל אלו מוענק לה פרס החברה הישראלית לכימיה למורה ותיק לשנת 2017.



קרן מנדה-פרץ

קרן מנדה-פרץ ילידת הארץ, קצינה בצה"ל, סיימה תואר שני בכימיה בהצטיינות, ופנתה להוראת הכימיה. סיפורה של קרן הוא סיפורו של הדור החדש של מורי הכימיה המשתלבים בהוראת הכימיה.

קרן ידועה במסירותה לתלמידים, שאיפתה למצוינות, והוראתה האיכותית היוצרת עניין בקרב תלמידים. היא חלק מתנועה של מורים המובילים למערבות חברתית של מגמות הכימיה בדמות כנסי תלמידים ופעילויות בתחום הכימיה עם אוכלוסיות מוגבלות ומבוגרות.

קרן מביאה איתה רוח צעירה, נמרצת, חדשנית, יצירתית, אופטימית, חברית, ומקצועית. השאלות המעסיקות את קרן הן: איך לדייק את ההוראה? איך לעניין? איך לשלב הקשרים בהוראת הכימיה? עבודת צוות היא מרכיב חשוב בעבודתה של קרן בתוך בית הספר ומחוצה לו בקהילות המורים שהיא מובילה ביחד עם ערן. תלמידיה כתבו: "כימיה נלמדת בכל מקום. אבל כימיה עם קרן זה דבר אחר לגמרי".

קרן מהלכת קסם על תלמידיה. בזכותה צמחה וגדלה מגמת הכימיה בבית הספר.

"קרן גורמת לכל תלמידיה להתאהב במקצוע הכימיה בדיוק כמו שהיא מאוהבת בו". על כל אלו מוענק לה פרס החברה הישראלית לכימיה למורה בתחילת דרכו לשנת 2017.



לומדים ננוטכנולוגיה - המסע שלנו לגרנובל

כתיבה: טובי הוכמן ושלי רפ | צילום: משה ריבן

במהלך חודש דצמבר יצאו שמונה מורים מובילים לכימיה לקורס מעבדה בנושא ננוטכנולוגיה. הקורס התקיים במרכז הוראה מתקדם CIME בגרנובל שבצרפת. מרכז זה מתמקד בתחומי הננוטכנולוגיה והביוכימיה. הקורס הייחודי למורים, אשר הובילה פרופ' רון בלונדר, כלל היבטים מדעיים ופדגוגיים. בקורס נלמדו שיטות איפיון של ננוחומרים, ננופבריקציה, חשיפה למיקרוסקופים מתקדמים ועבודה בחדרים נקיים. בנוסף, נערכה היכרות עם תכנית הלימודים המתקיימת במקום. כפי שתוכלו להתרשם באיורים המצורפים, המורים שהשתתפו בקורס בגרנובל חזרו לארץ גם עם חוויות יוצאות דופן בנוסף לידע הרב שרכשו.



חשמל זורם בכפות ידך - הספקים, אנרגיה ומה שביניהם



ננו מדליות מודפסות בתוצרת עצמית



אוגרים אנרגיה להמשך



בעזרת החישוב הפשוט הזה הבנו כיצד פועל ה-AFM



סורקים (פני שטח) ונהנים



תדרוך סודי לפני היציאה: כיצד תאים פוטוולתאים עובדים



אתגר "מי בכלל צריך מעלית?"



מבקרים בחדרים הנקיים - חוויה של פעם בחיים



מתנסים בשיטת ה-PCR



חדר בריחה לגיבוש והנאה



כימיה בחיתולים*

רז בוזגלו, תלמיד כיתה י', תיכון רוגוזין קרית אתא

מורה: עדינה שינפלד



משקלו המולקולרי של הפולימר נע מכמה אלפים של יחידות אטומיות ועד מיליונים שלהן. קיימים פולימרים טבעיים ופולימרים סינתטיים.

חיתולים לתינוקות ולמבוגרים מכילים פולימר סינתטי (=מלאכותי) ולא טבעי.

האם אי פעם תהיתם/חשבתם לעצמכם מהו החומר המופלא שמצוי בתוך החיתולים שסופג את כל התוצרים?

הידעתם? בעבר, בשנות הארבעים של המאה הקודמת, מרבית הטיטולים החד-פעמיים היו עשויים מבד כותנה אשר ספח רק את המים. בשנת 1966 המציאה קבוצת חוקרים את החומר "סודיום פוליאקרילט" (באנגלית: sodium polyacrylate) אשר נמצא בחיתולים.

במאמר זה אציג בפניכם את הכימיה שבחיתולים.

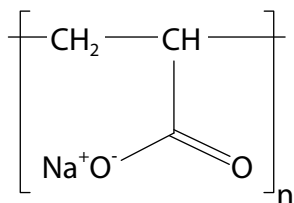
אם נחתוך חיתול באמצע בשכבה האמצעית, נוכל להבחין בגבישים בצבע לבן - חומר "סודיום פוליאקרילט", **פולימר סופג**. להלן תמונה הממחישה כיצד נראה חומר זה.

מה הוא פולימר?

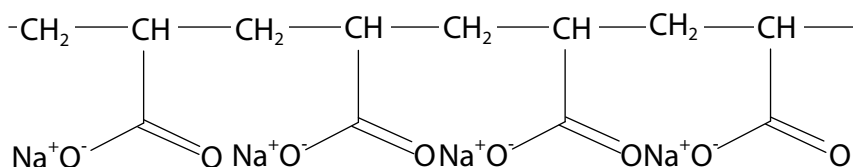
מולקולת ענק המורכבת ממספר אין סופי של יחידות שחוזרות על עצמן (מונומר) שוב ושוב בשרשרת ענקית.

* הכתבה זכתה במקום ראשון במסגרת התחרות "יש לנו כימיה".

להלן איור הממחיש את היחידה החוזרת של הפולימר סופג המים ("סודיום פוליאקרילט"):



האות n בצד ימין למטה באיור מסמלת בשפת הכימאים שהיחידה חוזרת על עצמה פעמים רבות בחומר. להלן איור הממחיש ארבע יחידות חוזרות:

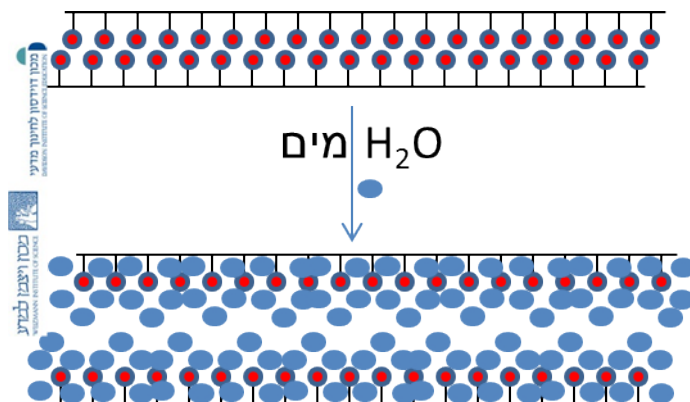


למעשה, במציאות היחידה חוזרת על עצמה עשרות אלפי פעמים בחומר (שרשרת ענקית).

באיור הנ"ל ניתן לראות את היונים Na^+ ו- O^- המחוברים לשרשרת המרכזית. הודות ליונים אלו החומר סופג את המים בצורה יעילה ומהירה.

מים (H_2O) הם חומר מקוטב מבחינה חשמלית, כלומר, צד אחד טעון במטען חיובי וצד שני טעון במטען שלילי, ובצורה כזו הם נמשכים חזק לקטבים החשמליים שבפולימר, נכנסים בין השרשרות שלו, וכך גורמים להרחקה. כתוצאה מכך גדל היחס בין שטח הפנים לנפח של הפולימר שבא במגע עם המים ובצורה כזו יותר מים ייכנסו פנימה באוסמוזה עד לשוויון ריכוזים.

לצורך הדגמת התהליך אשתמש באיור הבא:



הסבר: בחלק העליון מצויות שתי שרשרות של הפולימר (לפני שהוא בא במגע עם מים). העיגולים האדומים מייצגים את היונים המחוברים לשרשרת המרכזית. בעת כניסת מים (עיגולים כחולים), כפי שניתן לראות בחלק התחתון של האיור, המים חודרים בין השרשרות וגורמים להגדלה של נפח הפולימר ובצורה כזו הם מביאים להינתקות של השרשרות זו מזו. הפולימר יספוג את המים עד שריכוז המים בתוך המולקולה יהיה שווה לריכוז המים מחוץ למולקולה.

התוצאה: המים והגבישים ("סודיום פוליאקרילט") יוצרים חומר דמוי ג'ל (חומר אלסטי).

הידעתם?

בכל חיתול מצויים כ-15 גרם פולימר "סודיום פוליאקרילט" הסופגים עד פי 250 (בערך) ממשקלם.

בין ההקשר הסביבתי למודעות גופנית - ככל שפרק הזמן שהילד אינו נחשף לצרכיו ארוך יותר, כך משך הזמן שלוקח לקולטנים לחזור לפעילות המרבית ארוך יותר.

לעומתם !!! יש חיתולים רב-פעמיים.

חיתולים רב-פעמיים הם חיתולי בד שניתן לכבסם ולעשות בהם שימוש חוזר.

לחיתולים רב-פעמיים יתרונות רבים על פני חיתולים חד-פעמיים בתחומים שונים ומגוונים. ראשית, חיתולים רב-פעמיים הם ידידותיים לסביבה. הם אינם מזהמים את הסביבה בהשוואה לחיתולים חד-פעמיים. שנית, שימוש בחיתולים רב-פעמיים חוסך כספים רבים (מדובר בחיסכון של אלפי שקלים). יתר על כן הם רכים למגע ונוחים לתינוק הלובש אותם וכן נוחים לשימוש. בנוסף לכך, חיתולים רב-פעמיים יוצרים את ההקשר הסביבתי הטבעי והנכון למודעות גופנית. שימוש בחיתולים אלה מביא לחשיפה של התינוק לצרכיו, ובצורה כזו תהליך הגמילה שלו יהיה הרבה יותר יעיל והרבה יותר קל להורים, בהשוואה לחיתולים חד-פעמיים.

כדי ללמוד את הנושא ריאיינתי את מר צבי יערי, דוקטורנט להנדסה כימית בטכניון.

מראיין: ספר קצת על עצמך: מה שמך ובמה אתה עוסק?

צבי: שמי צבי יערי, בן 31, נשוי ואבא ל-3 ילדים (ביניהם ילד קטן כבן שנה). אני לומד בפקולטה להנדסה כימית בטכניון בחיפה מאז סיימתי את שירותי הצבאי. לפני חצי שנה סיימתי תואר שני בהנדסה כימית ואני ממשיך לדוקטורט.

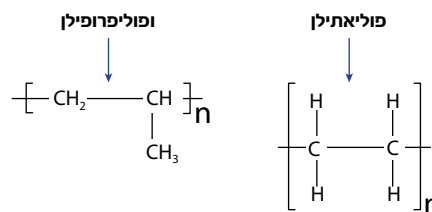
מראיין: אני מכין עבודה על הכימיה שבחיתולים, וכפי שצינת שאתה דוקטורנט להנדסה כימית, אתה בוודאי מתמצא בנושא שעליו בחרתי לכתוב את הכתבה, ולכן ארצה לשאול אותך מספר שאלות שיוכלו לעזור לי בהליך כתיבת הכתבה. ראשית אתחיל בשאלה: האם תוכל להסביר קצת על מה שמתרחש מבחינה כימית בתהליך הספיגה של החיתולים?

צבי: כידוע החומר הסופג בחיתולים הינו פולימר. הפולימר בנוי משרשרות ארוכות של יחידה חוזרת בשם מונומר. שרשרות הפולימר מסודרות בצורה של שתי וערב (השרשרות מסודרות אחת על גבי השנייה ואחת בתוך השנייה, כמו ספגטי). סידור זה של שרשרות הפולימר יוצר מבנה דמוי רשת המכילה חורים בגדלים שונים. כאשר חושפים את הפולימר למים, המים נכנסים לחורים שבין השרשרות וכתוצאה מהקשרים הבין מולקולריים (קשרי מימן) בין הפולימר למים, המים נקשרים לשרשרות הפולימר וכתוצאה מכך מתרחשת הצטברות של מים בפולימר. ולאורך זמן המים מצטברים בפולימר. מצב זה קרוי "הידרו ג'ל". מאחר שהג'ל הוא אלסטי, נפח הג'ל הולך וגדל עם הזמן.

עד כה הצגתי לפניכם את התאוריה עצמה של הפולימר "סודיום פוליאקרילט". אך אתם ודאי שואלים את עצמכם "מה מונע את הדליפה מהחיתול...?"

מה מונע את הדליפה מהחיתול?

בחיתול ישנם שני פולימרים נוספים: פוליאטילן ופוליפרופילן.



פולימרים אלו עמידים מפני התמוססות במים היות שהקשר בין המולקולות הוא מסוג ו.ד.ו (וון דר וולס) בלבד. בהיעדר קשרי המימן אין הפולימר יכול להתמוסס במים, ובצורה כזו אין חדירת מים דרך הפולימרים. כך למעשה, הם מהווים "מחיצה" בחלקו החיצוני של החיתול ומונעים דליפה של השתן שלעתים אינו נספג בשלמותו.

ומה לגבי איכות הסביבה?

החיתולים החד-פעמיים מהווים גורם זיהום לסביבה היות שהם מושלכים לאשפה הביתית. תארו לעצמכם כמה חיתולים חד-פעמיים בשנה נצרכים. בהנחה שבארץ יש כ-700 אלף תינוקות, ולכול תינוק במוצע משתמשים ב-3 חיתולים ביום אחד - אזי תינוק אחד מייצר כטון פסולת.

החיתולים החד-פעמיים מתכלים במשך כ-250-500 שנים במזבלות ומשחררים רעלים המזהמים את מי התהום, את מי השתייה ואת האוויר. גם תהליכי הייצור שלהם גורמים לזיהום בלתי נמנע של הסביבה.

לחיתולים חד-פעמיים חסרונות רבים, לא רק בתחום איכות הסביבה. חיתולים חד-פעמיים הם אטומים מאוד, ומצויים בהם כימיקלים המזיקים לתינוק ואף גורמים לפריחה, גירויים אדמומיים בעורו. בנוסף לכך חיתולים חד-פעמיים הם יקרים מאוד. כמו כן יש להם השפעה על תהליכי הגמילה של התינוק. בגופו של התינוק, כמו אצל כל אדם אחר, קיימים קולטנים המשדרים מסרים מן הסביבה אל המוח. לצורך הבנה ברורה אדגים באמצעות דוגמה: כשתינוק מטיל את מימיו בחיתול חד-פעמי הוא חש בתחושת יובש וחמימות. אך אין זה צריך להיות כך. על התינוק לחוש בתוצאה במטרה "להעיר" את הפקודה לשחרור או לסגירת הסוגר של שלפוחית השתן. מכאן שחיתולים רב-פעמיים יוצרים הפרדה

צבי: אני חושב שצריך לייצר טיטולים מתכלים הידודתיים לסביבה. בנוסף, להוסיף חומרים לטיטול שינגדו את חומציות הצואה ויצמצמו את הופעת תפוחת הטיטולים. יתר על כן, להוסיף אינדיקטור לטיטול המדווח על יציאות התינוק בזמן אמת.

מראיין: תודה רבה על כך שהסכמת שאראיין אותך. עזרת לי רבות בהכנת העבודה.

לסיכום, אני שואל אתכם, קוראים וקוראות יקרים: "לאור מה שקראתם כאן בכתבה... במה אתם חושבים שמומלץ להשתמש: בחיתולים חד-פעמיים או בחיתולים רב-פעמיים?" אני פונה אליכם ומבקש מכם: חשבו היטב מה עדיף ומה רצוי ונכון, ובעיקר מה בריא ביותר עבור ילדיכם!

מראיין: אילו יתרונות ואילו חסרונות יש לחיתולים חד-פעמיים על פני חיתולים רב-פעמיים? כמו כן, יש לך תינוק קטן. באיזה חיתול אתה משתמש: חד-פעמי או רב-פעמי? מדוע?

צבי: לחיתולים רב-פעמיים יתרונות רבים. למשל: הם מיוצרים מחומרים טבעיים (כותנה), הם ידידותיים לסביבה ולעור התינוק, חסכוניים מבחינת כסף וניתנים לשימוש חוזר. החיסרון שלהם, והוא החיסרון הגדול, שכל פעם צריך לכבס אותם ולשטוף אותם באופן יסודי, כדי שיהיו ראויים לשימוש חוזר. על אף היתרונות של החיתולים הרב-פעמיים, אני משתמש בחיתול חד-פעמי עבור ילדי בגלל הנוחות הרבה.

מראיין: האם יש לך הצעות לשיפור או פתרונות נוספים?

אם אתם שואלים אותי... אני מניח שהבנתם זאת בכתבה אשר כתבתי, אני בעד שימוש בחיתולים רב-פעמיים ובעתיד אני בטוח שאשתמש בחיתולים אלו עבור ילדיי.

שמור על הסביבה, זה יהיה לטובתך כי סביבה נקייה זה הטבע שלך



חיתול חד-פעמי



חיתול רב-פעמי

ביבליוגרפיה

[החומר המופלא שנמצא בתוך חיתולים - מכון דוידסון](#)

אנציקלופדיה של המאה ה-21

ייעוץ עם דוקטורנט להנדסה כימית בטכניון, צבי יערי (מצורף ריאיון אישי)

[מצגת סיכום - טיטולים](#)

[סרטון ביוטיוב - למה חיתולי בד רב-פעמיים?](#)

[כתבה ב-ynet - כך תחסכו אלפי שקלים בשנה על חיתולים](#)



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



כתב עת למורי הכימיה

