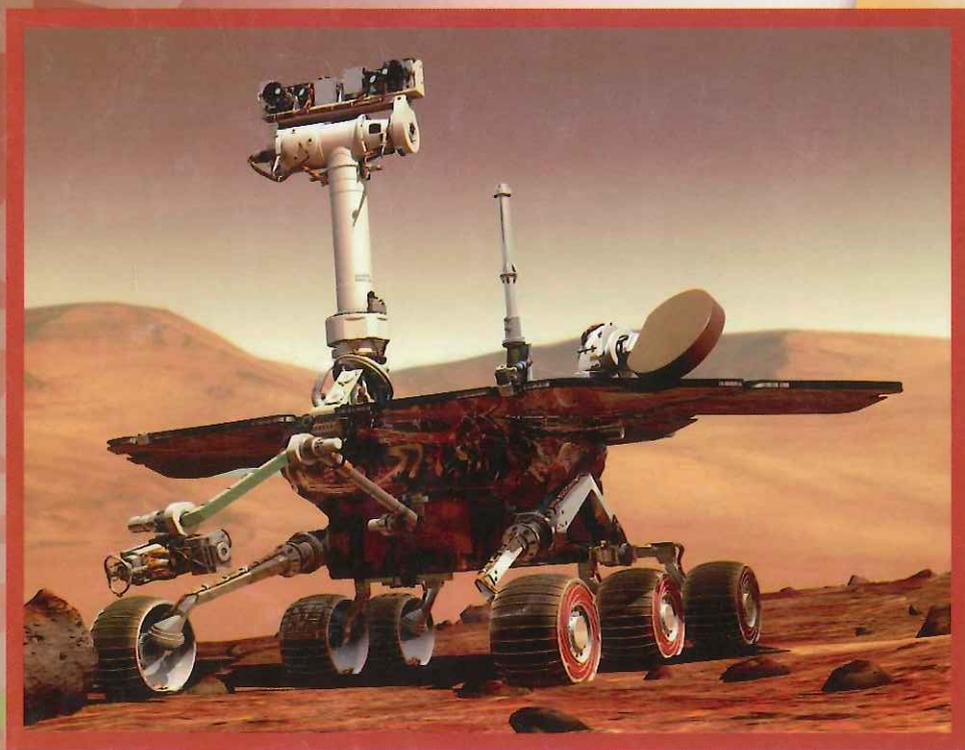


על-כימיה

מיליון מס' 7 • אדר א' התשס"ה • פברואר 2005



המחלקה להוראת המדעים



המרכז הארצי לסורי הכימיה



מטה מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי
ע"ש עמוס דה-שליט

מכון דוידסון לחינוך מדעי

DAVIDSON INSTITUTE OF SCIENCE EDUCATION



משרד החינוך, התרבות והספורט
האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים

על-כימיה

גיליון מס' 7 • אדר א' התשס"ה • פברואר 2005
עיתון מורי הכימיה

תוכן

דבר המערכת	
דבר המפמ"ר, ד"ר ניצה ברנע	3
מאורע היסטורי במדינת ישראל – פרס נבל בכימיה, דפנה מנדלר	4
מאדים 2004 – מסע גיאולוגי וכימי, ד"ר איתן קריין	9
גז הצחוק – Nitrous Oxide, דבורה קצביץ	16
עדשים: בריאות ויפוי, עבדוללטיף עזב	19
מורים ו"אוריינות כימית": תיאורה מול מעשה, ד"ר יעל שורץ	22
יחידת המעבדה בדגש תעשייתי – מיזם תעשייתי, ד"ר מירי קסנר	28
מעבדות נוער ע"ש בלמונטה – כיצד מתווכים בין נוער ובין מכשור מדעי מתקדם? ד"ר רון בלונדר	35
מנורת עלאא אלדין, עבדאללה ח'לאילה	41
בודק מטלות ברשת - WebAssign, טל שביט	43
שילוב "האתר הלימודי בכימיה", מרים גונן	47
הסרט "השמן של לורנזו" – הזמנה לפעילות חקר, דפנה מנדלר	50
יצירתיות בחקר, נאוה תמם	58
שאלה, ד"ר יהושע סיוון	60
הכנס הארצי של מורי הכימיה – רשמים	61
פרס המורה המצטיין על שם ד"ר ורה מנדלר ז"ל לבורים טריגרמן	64

מחקרים בהוראת המדעים

תכניות לימודים

מעבדות

תקשוב

פעילויות

פינת השאלה היפה

כנסים

מצוינות



המרכז הארצי למורי הכימיה



מכון דוידסון לחינוך מדעי
DAVIDSON INSTITUTE
OF SCIENCE EDUCATION

המחלקה להוראת המדעים

עורכות אחראיות: דפנה מנדלר, דבורה קצביץ

פרופ' אבי הופשטיין - ראש קבוצת

הכימיה במחלקה להוראת המדעים
- יו"ר המערכת

ד"ר ניצה ברנע - מפמ"ר כימיה

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

עריכה לשונית: נדון קלברמן

גרסת אינטרנט: ד"ר שלי לבנה

עיצוב והפקה: טליה מלול

עריכה במחשב: אבי טל

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

כתובת אתרי האינטרנט לגרסה האלקטרונית:

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-Chem/center.html>

<http://sites.huji.ac.il/alchemia.html>

© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך התרבות והספורט

יוצא לאור במסגרת המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי
על שם עמוס דה-שליט והאגף לתכנון ולפיתוח תוכניות
לימודים, משרד החינוך

תמונת השער:

הגיאולוג הרובוטי "ספיריט" על המאדים, בעיני רוחו של האומן.

התמונה מתוך האתר של נאס"א: <http://marsrovers.jpl.nasa.gov>

מטה מל"מ

המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי
על שם עמוס דה-שליט



משרד החינוך, התרבות והספורט
המזכירות הפדגוגית
האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים



קוראים יקרים,

בגיליון זה של "על כימיה" אנחנו גאים לפרסם בהרחבה את דבר זכייתם של פרופ' אהרון צ'חנובר, פרופ' אברהם הרשקו מהטכניון בחיפה ועמיתם האמריקני פרופ' אירוויין רוז מאוניברסיטת קליפורניה, בפרס נובל בכימיה לשנת 2004. השלושה זכו בפרס בזכות מחקרם "גילוי מנגנון התפרקות חלבונים בהשראת היוביקוויטין" - "The Discovery of Ubiquitin-Mediated Protein Degradation". אין ספק שהמאורע הוא ציון דרך למחקר המדעי בישראל בכלל ולמחקר בתחום הכימיה בפרט. קבלת הפרס מעלה את קרנה של הכימיה ויכולה להוות מנוף להוראת הכימיה בארץ. מוטב אם כולנו, מורי הכימיה, נצל את המומנטום ונרים את הכפפה.

בגיליון זה תמצאו מדור חדש בשם **פינת השאלה היפה**. הנכם מוזמנים לשלוח שאלות שלכם, שאלות בנושאים שאתם אוהבים, שאלות המקשרות כימיה לחיי יום-יום, שאלות אתגריות ושאלות המתאימות לחידונים. והפעם מתפרסמת שאלתו של ד"ר יהושע סיוון המתאימה לפרק סטוכיומטריה.

ד"ר איתן קרין מציג לנו במאמרו **"מאדים 2004 – מסע גיאולוגי וכימי"** עדויות לכך שבמאדים היו בעבר הלא רחוק מים במצב נוזלי. את העדויות הוא מבסס על צורות הנוף, הסלעים השכבתיים וסוג המינרלים האופייניים לסביבה רטובה.

ד"ר מירי קסנר מציגה במדור **תכניות לימודים** את **"יחידת המעבדה עם דגש תעשייתי – המיזם"**. מאמר זה סוגר סדרה של מאמרים שפורסמו בגיליונות הקודמים, הסוקרים את כל תכניות המעבדה שפותחו במרכזים שונים בארץ. יחידת המעבדה שהיא חלק מתכנית הלימודים החדשה, תפסה תאוצה ותורמת רבות לאטרקטיביות של מקצוע הכימיה. מי מכם שטרם הצטרפו – מוזמנים להקדים ולעשות זאת, ויפה שעה אחת קודם. כל המרכזים המפתחים תומכים במורים המצטרפים, והנשכרים העיקריים הם התלמידים.

המדור **מחקרים בהוראת המדעים** עוסק הפעם באורינות כימית. ד"ר יעל שורץ חושפת בפנינו במאמר שלה **"מורים ואורינות כימית: תאוריה מול מעשה"** חלק מעבודת הדוקטוראט שלה. חלק מהממצאים שלה מלמדים שבאופן תאורטי 'מטרות אוריניות', כגון עניין בכימיה ורלוונטיות, תופשות את המקום הראשון בחשיבותו בעיני מורים, אך בפועל, עומדות מטרות אלו בקונפליקט עם מטרה נוספת – הצגת הכימיה כמקצוע אליטיסטי ושכנוע תלמידים המתאימים ללימודי המשך לבחור במקצוע. נוסף על כך הרלוונטיות של לימודי הכימיה לתחומים רבים ומגוונים ולחיי היום-יום של הפרט צריכה להיות מוטו מרכזי בלימוד התכנים הכימיים ולא 'קישוט' או העשרה.

שאר המדורים מבססים את מקומם בעיתון ומציעים כתבות מעניינות להעשרה כללית ולהפעלת תלמידים במסגרת בית ספרית ובמסגרות לחינוך מדעי מחוץ לבית הספר. עוד מוצעות בהם פעילויות למעבדה ולהוראה בעזרת מחשב.

נודה לכם מראש אם תמלאו את המשוב המצורף לגיליון.

"על-כימיה" הוא שלכם ובשבילכם!

המערכת

ניצה ברנע, מפקחת-מרכזת על הוראת הכימיה, משרד החינוך והתרבות.

אנחנו בעיצומה של שנת תשס"ה, זו תקופה של עבודה אינטנסיבית של כולנו ושל מאמץ אדיר ללמד ולהספיק את התכנית כולה ובכל זאת לגוון, לעניין ולחדש. אני רואה אתכם המורים במפגשים מחוזיים, בהשתלמויות בפסגות ובמרכז המורים הארצי, ואני מלאה בגאווה ובהערכה על הדרך שבה כולכם משתלמים, משקיעים ומתכוננים לקראת השינויים הצפויים לנו בתכנית הלימודים.

אני פוגשת מורים צעירים, ותיקים, דוברי עברית וערבית, גברים ונשים, ואני חושבת שמקצוע הכימיה התברך בצוות מורים רציני ונפלא, ואני רק תפילה ותקווה שהשינויים העומדים לחול בעקבות דו"ח דברת לא יפגעו במרקם המיוחד הזה שלנו ולא ידלדלו לנו את השורות.

כל השינויים, כולל שדרוג המקצועות המדעיים כמקצועות חובה לחוקת הזכאות החדשה, עדיין אינם ברורים לגמרי, וכנראה יוכנסו למערכת רק החל משנת תשס"ז. בכל אופן כולנו קשובים ודרכים לפרסומים בנושא ומחכים במיוחד לפרסום של ועדת פרופסור קני פרייס שהיא זאת שמגדירה מהם המקצועות המדעיים/טכנולוגיים אשר נכללים ברשימה של המקצועות הנ"ל.

בחינת הבגרות השנה תתקיים ב-07.06.05 וזה נותן לנו קצת אוויר ואולי מפחית מעט מהלחץ של הזמן.

השנה החידוש הוא בכך שמתקיימת בחינה על 1 יח"ל לתלמידים שחייבים ב-1 יחידה מדעית, בעיקר במסלול הטכנולוגי, או לתלמידים שלא בטוח שישימו במקצוע הכימיה, ומעוניינים לצבור יחידות. השנה הבחינה היא עדיין במתכונת בית ספרית ובעתיד תהפוך לבחינה חיצונית. משמעות הדבר היא שבית ספר אשר מעוניין להגיש את תלמידיו לבחינה כזו צריך לשלוח בחינה + מחוון לאישור המפמ"ר. לאחר קבלת האישור על המורה לבחון את התלמידים ולהעריך אותם ולדווח את התוצאות למרב"ד. יש לשמור את המחברות כדי שבמקרה של בדיקה ניתן יהיה לשלוח מדגם של מחברות עם השאלון והמחון לבקרה.

הבחינה צריכה לכלול את החומר הכלול בליבה של 1 יח"ל, והיא בעצם מרוכזת בתכניות שפורסמו בספרים "כימיה ללא הפסקה" או "כימיה במנהרת הזמן".

מתכונת הבחינה כפי שגובשה ע"י צוות המדריכים והמדריכות היא כזו:

4 שאלות רבות ברירה (מתוך 5) - 20 נקודות.

שלוש שאלות פתוחות (מתוך 4) - 20 נקודות לכל שאלה.

שאלה על קטע מדעי - 20 נקודות.

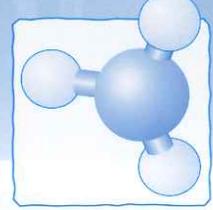
דוגמאות לשאלונים מהסוג הזה יש כבר באתר מפמ"ר הכימיה.

כתובת האתר: <http://www.education.gov.il/chimya>

הנכם מוזמנים לראות את תכנית הלימודים החדשה שנמצאת באתר האגף לתכניות לימודים ושמוצגת בפניכם בהשתלמויות. צוותים שונים עוסקים בימים אלו בפיתוח חלק מהיחידות והמלאכה מרובה. מורים אשר מעוניינים להגיב או להתייחס לשינויים, מוזמנים לכתוב בפורומים השונים או לפנות למדריכים המחוזיים כדי שהמסר יועבר לצוותים המפתחים ולוועדת המקצוע.

אני מאחלת לכולנו המשך עבודה פורייה ומוצלחת השנה והצלחה בבחינה.





מאורע היסטורי במדינת ישראל – פרס נובל בכימיה

דפנה מנדלר* מאמר זה מבוסס על מידע שפורסם לציבור על ידי ועדת הפרס

דוגמה לכך הוא החלבון טריפסין במעי הדק. חלבון זה אחראי לפירוקם של חלבונים מהמזון לחומצות אמיניות. בדומה, הליזוזום, שהוא אברון בתא, גורם לפירוק חלבונים שנקלטו לתוכו מהתא. המשותף לתהליכים אלה הוא העובדה שאין הם דורשים אנרגיה כדי להתרחש.

ניסויים מוקדמים מתחילת שנות ה-50 של המאה שעברה הראו שפירוק חלבונים בתא הוא תהליך הכרוך בצריכת אנרגיה. במשך זמן רב לא הצליחו המדענים לפתור את הפרדוקס שלפיו שבירה של חלבונים בתוך התא דורשת אנרגיה בעוד שבבירה של חלבונים אחרים מתרחשת ללא הוספה של אנרגיה. על פתרון תעלומה זו הוענק פרס נובל של שנת 2004.

צעד ראשון לכיוון פתרון התעלומה של תהליכי שבירה של חלבונים התלויים באנרגיה נעשה על ידי גולדברג ושותפיו בשנת 1977. הם מיצו את נזלי התא מתוך תאי דם (reticulocytes). נזלים אלה מאיצים את השבירה של חלבונים לא נורמלים בתהליך תלוי ATP (אדנוזין תלת זרחתי – המולקולה האחראית לאספקת האנרגיה של התא). שלושת מקבלי הפרס השתמשו בתמצית זו בסדרה של מחקרים ביוכימיים, בתקופה שבין שנות ה-70 ותחילת שנות ה-80, ובאמצעותם הם הצליחו להראות ששבירה של חלבונים בתא הוא תהליך רב שלבי. תחילתו של תהליך זה הוא סימון מולקולת החלבון העומדת בפני השמדה. תהליך זה מאפשר לתא להיפתר מחלבונים לא רצויים, ותהליך ויסות זה (תהליך סימון החלבון) הוא התהליך שדורש אנרגיה. להבדיל מהתהליך ההפוך של שינוי חלבונים, כמו תהליך פוספורילציה (פרס נובל ברפואה לשנת 1992), ויסות תהליך היוביקוטינציה (קשירה של מספר מולקולות יוביקוויטין לחלבון מועמד לפירוק) הוא בדרך כלל לא הפוך מאחר שחלבון המטרה מתפרק.

בתוך תא אדם ניתן למצוא מאות אלפי חלבונים שונים. לחלבונים אלה מספר תפקידים חיוניים כמו: האצה של תהליכים כימיים (אנזימים), סימון מולקולות (הורמונים) ותפקיד מרכזי במערכת ההגנה החיסונית של הגוף.

פרס נובל בכימיה לשנת 2004 ניתן לפרופסורים אהרון צ'חנובר ואברהם הרשקו מהטכניון בחיפה ופרופ' ואירוין רוז מאוניברסיטת קליפורניה בארה"ב על תרומתם לפיצוח מנגנון שבאמצעותו התא יכול לווסת את נוכחותם של חלבונים מסוימים וזאת על ידי סימון חלבונים לא רצויים ב"תווית" המורכבת מפולי פפטיד המכונה יוביקוויטין (ubiquitin). החלבונים המסומנים עוברים תהליך פירוק ועיכול מהיר על ידי פרוטאזומים (proteasomes), כפי שיוסבר בהמשך.

בעזרת התגלית האירו החוקרים את התהליך המולקולרי שבאמצעותו התא מבקר מספר תהליכים ביוכימיים חשובים כמו מעגל התא, תיקון DNA, העתקת גנים ובדיקות איכות של חלבונים חדשים בתא. ידע חדש זה, שלמעשה עוסק בבקרת חיי חלבון בתא, תרם גם להבנה של תפקידי מערכת החיסון בתא. פגמים במערכת זו יכולים להוביל למחלות שונות, כולל סוגים שונים של סרטן.

סימון חלבונים לפני פירוקם

האם דורש תהליך העיכול אנרגיה?

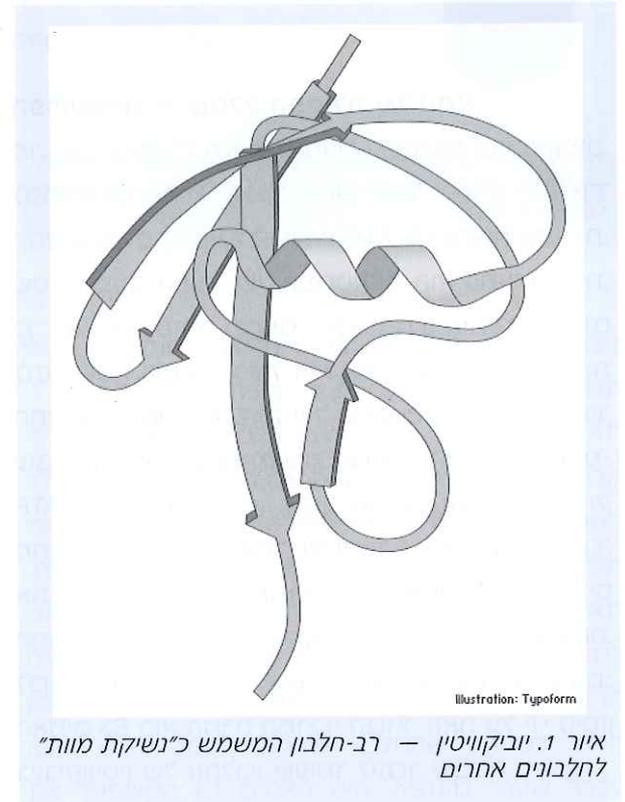
בסוף שנות ה-70 של המאה העשרים התמקדו תשומת הלב ועיקר המחקר בתחום הכימיה של תא חי בהבנת התהליכים שבעזרתם התא מבקר את הסינתזה של חלבונים מסוימים – ובתחום זה ניתנו חמישה פרסי נובל לפחות. התהליך ההפוך, הפירוק של החלבונים, נחשב במשך זמן רב כחשוב פחות. היו ידועים מספר אנזימים שאחראים על פירוקם של חלבונים פשוטים.

* דפנה מנדלר, עורכת עמיתה עיתון "על-כימיה", מורה לכימיה, תיכון הראל, מבשרת ציון, והגימנסיה העברית, ירושלים



התווית היא יוביקוויטין

המולקולה, שהוכח בהמשך שהיא הסמן המסמן את החלבון שעומד לעבור פירוק, בודדה לראשונה בתחילת שנת 1975. רב-חלבון זה המורכב מ-76 חומצות אמיניות, בודד מ-calf sweetbread, וההנחה הייתה שהוא משתתף בתהליך ההבשלה של תאי דם לבנים. מאחר והמולקולה נמצאה במספר רב של רקמות ואורגניזמים שונים – אך לא בחיידקים – היא קיבלה את השם יוביקוויטין, מהמילה הלטינית *ubique* שמשמעותה בכל מקום (ראה איור 1).



גילוי אופן הפעולה של יוביקוויטין

לאחר סיום הדוקטורט המשיך הרשקו ללמוד על האנרגיה הקשורה לתהליכי הרס חלבונים בתאי כבד, אך בשנת 1977 החליט לחקור את תמצית התא, שתוארה זה עתה. תמצית זו הכילה כמויות גדולות של המוגלובין, וכמויות אלה שיבשו בחלק מהמקרים את הניסויים. בניסיונם לסלק את ההמוגלובין, תוך שימוש

בכרומטוגרפיה, גילו הרשקו וצ'חנובר שניתן לחלק את התמצית לשני מקטעים בעלי מאפיינים שונים. אולם מאוחר יותר התברר שכאשר מחברים חזרה את המקטעים, מתחיל תהליך הרס החלבון תלוי ATP. בשנת 1978 דיווחו החוקרים שהמרכיב הפעיל במקטע אחד הוא רב-חלבון עמיד בחום, בעל מסה מולקולרית של 9000. הם כינו אותה את רב-חלבון בשם APF-1 (המרכיב הפעיל במקטע 1, active principle in fraction 1). חלבון זה בודד ובשלב מאוחר יותר קיבל את השם יוביקוויטין.

פריצת הדרך המשמעותית במחקר דווחה בשתי עבודות שצ'חנובר, הרשקו ורוז פרסמו בשנת 1980. עד לזמן זה לא היה אופן הפעולה של APF-1 ידוע כלל. בעבודה הראשונה הם הראו ש-APF-1 נקשר בקשר קוולנטי למגוון חלבונים בתמצית. בעבודה השנייה הראו החוקרים שמולקולות APF-1 יכולות להיקשר לאותו חלבון מטרה. תופעה זו כונתה polyubiquitination. כיום אנו יודעים ש-polyubiquitination של חלבוני המטרה הוא האות המשפעל המוביל לפירוקו של החלבון בפרוטאזום. תגובה זו היא זו המסמנת את החלבון, היא "נשיקת המוות" לחלבון.

בעקבות עבודות אלה ניתן היה להתרכז בזיהוי המערכת האנזימתית שקושרת יוביקוויטין לחלבוני המטרה. מאחר ויוביקוויטין מופיע במגוון רקמות ואורגניזמים, הבינו החוקרים במהרה שתהליך הסימון על ידי יוביקוויטין חייב להיות בעל משמעות כללית לתא. בנוסף שיערו החוקרים שהאנרגיה הדרושה בצורת ATP, מאפשרת לתא לשלוט בתהליכים מסוימים.

במהלך השנים 1981 עד 1983 פיתחו החוקרים בקבוצותיהם את השערת הסימון הרב-שלבי של יוביקוויטין. הם ביססו את השערתם על שלושה אנזימים חדשים שפעילותם אך התגלתה. אנזימים אלה נקראו בשם E1, E2, E3 (ראה איור 2). כיום אנו יודעים שתאי יונק אופייניים מכילים אנזים E1 אחד או יותר מסוגים שונים, כמה עשרות אנזימי E2 וכמה מאות אנזימי E3. הספציפיות של אנזימי E3 היא זו שקובעת אילו חלבונים בתא יסומנו כדי לעבור פירוק בפרוטאזומים.

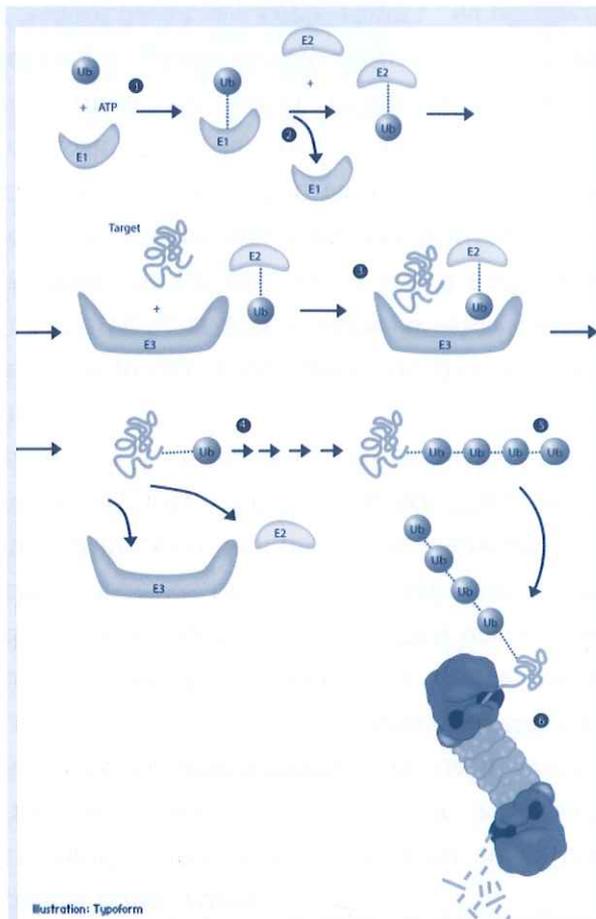
כל המחקרים עד לנקודה זו בוצעו במערכות מחוץ לתא. כדי לחקור את הפעילות הפיזיולוגית של יוביקוויטין ותינוך פירוק של חלבונים, פיתחו הרשקו ושותפיו שיטה חיסון ייחודית. הם השתמשו בנוגדנים (antibodies) ליוביקוויטין שניתן לבודדם מהתאים, ביניהם היו גם חלבוני תא שסומנו באמצעות חומצות אמיניות רדיו אקטיביות שאינן נמצאות ביוביקוויטין. התוצאות הראו שהתאים אכן מפרקים חלבונים פגומים תוך שימוש במערכת יוביקוויטין. כיום אנחנו יודעים שעד 30% מהחלבונים החדשים המופיעים בתא מתפרקים בפרוטאזומים. הסיבה נעוצה בעובדה שהם לא עברו את בקרת האיכות הקפדנית של התא.

הפרוטאזום – מסלוק הפסולת של התא

מהו הפרוטאזום? תא אדם מכיל כ-30000 פרוטאזומים. לפרוטאזום צורת חבית, והוא יכול לפרק את כל החלבונים למקטעי חלבון שאורכם 7-9 חומצות אמיניות. שטח הפנים הפעיל של הפרוטאזום הוא בתוך החבית, כך הוא מוגן מיתר מרכיבי התא. הדרך היחידה להיכנס לתוך שטח הפנים הפעיל היא דרך "מנעול", המזהה את החלבון הקשור לשרשרת של יוביקוויטין. החלבון הקשור עובר דה-נטורציה באמצעות אנרגיה המשתחררת מ-ATP. אז נכנס החלבון לתוך החבית ותהליך הפירוק מתחיל, וזאת מיד לאחר ששרשרת היוביקוויטין עזבה את החלבון כתוצאה מתהליך הדה-נטורציה. החלבונים הנוצרים משתחררים מהקצה האחר של הפרוטאזום. לכן הפרוטאזום עצמו אינו יכול לבחור את החלבונים; האנזים E3 הוא הגורם המרכזי הבוחר וזאת על ידי סימון ביוביקוויטין של החלבון שעומד לעבור שבירה.

מחקרים חדשים

בשנת 1983 אופיינו המנגנונים הביוכימיים הקשורים לסימון על ידי יוביקוויטין של החלבונים שעומדים לעבור פירוק, אך החשיבות הפיזיולוגית טרם הובנה כראוי. אמנם הושגה הבנת החשיבות של הרס חלבונים פגומים בתוך התא, אך היה צורך בתא שעבר מוטציה כדי להמשיך ולחקור את תהליך היוביקוויטין. על ידי חקר מפורט של תא שעבר מוטציה והשוואת ההבדלים



איור 2 – תינוך של יוביקוויטין הגורם להרס החלבון

1. אנזים E1 משפעל את מולקולת היוביקוויטין. תגובה זו דורשת אנרגיה ממולקולת ATP.
2. מולקולת היוביקוויטין מועברת לאנזימי E2 שונים.
3. אנזים E3 יכול להכיר את מולקולת חלבון המטרה העומד לעבור תהליך פירוק. התצמיד E2-יוביקוויטין נקשר כל כך קרוב לחלבון המטרה שלמעשה מתבצעת פעולת סימון. מולקולת היוביקוויטין יכולה להיות מועברת מאנזים E2 לחלבון המטרה.
4. אנזים E3 משחרר עכשיו את התצמיד חלבון-יוביקוויטין.
5. השלב האחרון חוזר על עצמו עד שלחלבון יש שרשרת קצרה של מולקולות יוביקוויטין הקשורות אליו.
6. שרשרת היוביקוויטין מוכרת בכניסה לפרוטאזום. סימון היוביקוויטין מתנתק והחלבון מתקבל בפרוטאזום ונחתך לחתיכות קטנות.

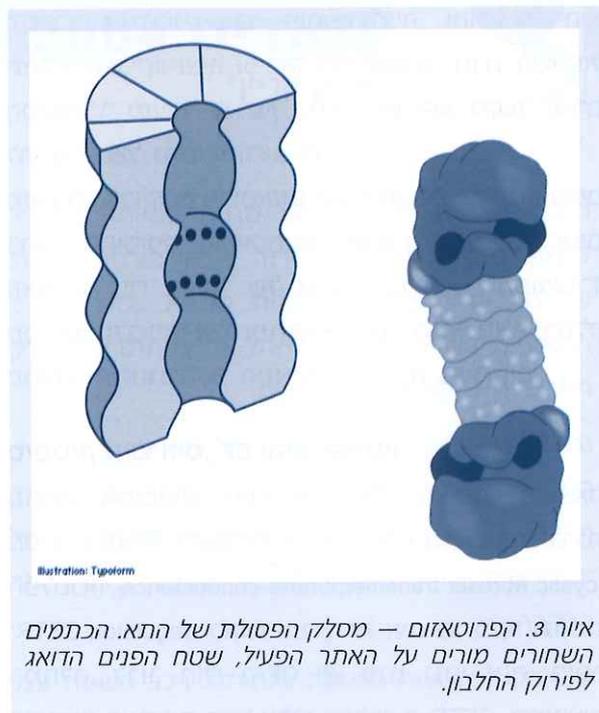
מקבלי הפרס השנה הסבירו את הבסיס המולקולרי של ויסות חלבונים שיש להם חשיבות רבה בתאים של בעלי חיים מפותחים. מערכות חדשות המווסתות על ידי מערכת זו מתגלים כל הזמן, והמחקר בתחום זה מיושם במספר רב של מעבדות ברחבי העולם.

חלקו של היוביקוויטין במניעת הפריה עצמית בצמחים

רוב הצמחים הם דו-מיניים. הפריה עצמית מובילה לירידה הדרגתית של השונות הגנטית, שבטווח הארוך יכולה לגרום למוות של זן כולו. כדי למנוע זאת, צמחים משתמשים בתיווך היוביקוויטין כדי לדחות תאי מין עצמיים. המנגנון המדויק טרם הובהר, אך נמצא שאנזים E3 מעורב בתהליך.

הפרוטאזום ותפקידו בויסות מעגל התא

כאשר תא צריך לשכפל את עצמו, מגוון תגובות כימיות מתרחשות. בגוף האדם שישה מיליארדי זוגות בסיסים צריכים להשתכפל ב-DNA. אלה מסודרים ב-23 זוגות כרומוזומים שצריכים לעבור שכפול. חלוקה רגילה של תא, מיטוזה, והיווצרות תא המין, מיוזה – יש להן נקודות השקה רבות לתהליך הנידון במאמר זה. אנזים E3 אחראי לתהליך הנקרא בשם "anaphase-promoting complex" (APC). בתהליך זה האנזים בודק אם התא אינו מבצע את תהליך המיטוזה. הוכח גם שהאנזים ממלא תפקיד חשוב בהפרדה של הכרומוזומים במהלך המיטוזה והמיזוזה. תצמיד חלבונים אחר משמש כחבל המחבר בין זוגות החלבונים ומחזיק אותם יחד. במתן האות ה-APC מסמן את המעכב של אנזים הגורם לפירוק של חלבון מסוים, וכתוצאה מכך המעכב מובל לפרוטאזום ונהרס שם. האנזים המשוחרר עובר הפעלה וחותר את החבל מסביב לזוג הכרומוזומים. מהרגע שהחבל הותר, זוג הכרומוזומים יכול להיפרד. חלוקה לא נכונה של כרומוזום במהלך המיזוזה היא הגורם הנפוץ ביותר להפלות במהלך הריון, וכרומוזום נוסף, ה-21 בבני אדם, גורם לתסמונת דאון. רוב הגידולים הממאירים מכילים תאים עם כרומוזומים שעברו שינוי וזאת כתוצאה מחלוקה לא נכונה בשלב המיטוזה.



בינו לבין תא רגיל, קיוו החוקרים להבין טוב יותר, אילו תגובות בתוך התא תלויות במערכת היוביקוויטין. תא עכבר שעבר מוטציה בודד בשנת 1980 על ידי קבוצת חוקרים מטוקיו. תאים אלו הכילו חלבונים שבגלל המוטציה היו רגישים לטמפרטורה. בטמפרטורות נמוכות תפקדו החלבונים כרגיל אך לא בטמפרטורות גבוהות. תאי תרבית שהיו בטמפרטורות גבוהות הפסיקו לגדול. בנוסף התרחשה בהם סינתזה של DNA פגום והתאים הראו מספר תפקודים לקויים אחרים. החוקרים בבוסטון הראו במהרה שהחלבון שרגיש לטמפרטורה בתא עכבר שעבר מוטציה, היה האנזים E1 המשפעל את היוביקוויטין. מובן ששפעול היוביקוויטין הוא הכרחי לתא כדי לתפקד ולייצר את עצמו. פירוק מבוקר של חלבון הוכח כחשוב לא רק לפירוק חלבונים פגומים בתא אלא הוא בוודאי לוקח חלק בבקרה של מעגל התא כולו, הכולל שכפול DNA וכרומוזומים.

משנות ה-80 המאוחרות ועד היום זוהו מספר חומרים החשובים לתהליך פירוק החלבון בתהליך הכולל את היוביקוויטין. באחדים מהם נעסוק בהמשך.

חלקו של היוביקוויטין בתיקון ה-DNA, סרטן ותכנון מותו של תא

החלבון p53 (ראה מאמר מפורט בידיעון 1997 התשנ"ז, אלול, כרך 70) שקיבל את הכינוי "השומר של הגנום", הוא גורם מדכא גידולים. המשמעות היא שכל זמן שהתא יכול לייצר p53 – התפתחות סרטן אינה אפשרית. ואכן נמצא שב-50% ממקרי הסרטן עבר החלבון מוטציה. כמות החלבון p53 בתא נורמלי היא נמוכה וזאת כתוצאה מתהליכי שבירה והיווצרות מתמשכים. תהליך השבירה מווסת על ידי תהליך ה- יוביקוויטין ויחד עם האנזים E3 נוצר תצמיד עם החלבון p53. בעקבות פגיעה ב-DNA חלבון p53 עובר פוספורילציה ואינו יכול יותר להיקשר לאנזים E3. הפירוק של החלבון p53 נפסק, וכמותו בתא עולה במהירות. החלבון p53 פועל כגורם שכפול, כלומר חלבון שמבקר את הביטוי של גן מסוים. חלבון p53 נקשר ומבקר את הגנים שמווסתים את תיקון ה-DNA וכן את תהליכי מותם המתוכנן של תאים. עלייה ברמות של החלבון p53 מובילה בהתחלה להפרעה במעגל התא, בחלק האחראי לתיקון ה-DNA. אם הנזק הוא נרחב, התא יוזם תהליך של מות תא ובעצם "מתאבד". זיהום בוורוס הפאפילומה (papilloma) בבני אדם נמצא בהתאמה עם הופעה של סרטן הוושט. הווירוס מונע את פעילות הבקרה של החלבון p53. אחד מחלבוני הווירוס משפעל ומשנה את דפוסי ההכרה של אחד מאנזימי E3. אנזים זה למעשה עובר הטעיה וגורם תהליך יוביקוויטין של החלבון p53. התוצאה היא הרס מוחלט של החלבון p53. כתוצאה מכך נגרם זיהום תאי שמונע מהתא כל אפשרות לתקן נזקים ב-DNA מחד או להפעיל את מנגנון מות התא מאידך. המוטציות ב-DNA עולות, והתוצאה היא התפתחות גידול סרטני.

מעורבות היוביקוויטין בתגובות חיסון

גורם שכפול מסוים מווסת רבים מהגנים בתא החשובים במערכת ההגנה החיסונית. חלבון זה, גורם שכפול, נמצא קשור לחלבון מעכב בציטופלסמה של התא, והצורה הקשורה של גורם השכפול אינה פעילה. כאשר התאים נחשפים לחידקים או לסמנים אחרים,

המעכב החלבוני עובר פוספורילציה, והתוצאה היא תהליך היוביקוויטין ופירוק בפרוטאזום. גורם השכפול המשוחרר מועבר לגרעין התא, שם הוא נקשר וגורם להפעלה של גנים ייחודיים לו.

מערכת היוביקוויטין-פרוטאזום יוצרת גם חלבונים שנמצאים בהגנה החיסונית על שטח פני תאים מודבקים בוורוסים וזאת על ידי פירוק של חלבוני הווירוס. לימפוציטיד מכירים חלבונים אלו ומתקיפים את התא וזאת כחלק ממערכת ההגנה של התא מול הדבקה בוורוסים.

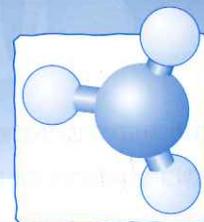
סיסטיק פיברוזיס, CF והיוביקוויטין

מחלת הסיסטיק פיברוזיס, CF, נגרמת כתוצאה מפגם בתעלה להעברת יוני כלוריד הנמצא בממברנת הפלסמה (cystic fibrosis transmembrane conductance regulator, CFTR). כאשר ערוץ זה אינו מתפקד נגרמת המחלה. לרוב חולי ה-CF יש פגם גנטי זהה, חוסר בחומצה האמינית פניל אלנין בחלבון ה-CFTR. המוטציה גורמת למבנה מרחבי שגוי של החלבון וכתוצאה מכך החלבון הופך למועמד לפירוק במערכת המווסתת על ידי היוביקוויטין. תא ללא תעלת כלוריד עובדת אינו יכול להעביר יוני כלוריד דרך קירות התא. התוצאה היא יציאת נוזלים מהתא באיברים שונים, ביניהם הריאות. בשלב הבא נוצרת שכבה דקה של לחלוחית בתוך הריאות. לחלוחית זו פוגעת בתפקוד הריאות ומעלה במידה ניכרת את הסיכויים להיווצרות דלקות.

לסיכום, מערכת היוביקוויטין קיבלה משמעות חדשה בחיפוש אחר תרופות למחלות שונות. ניתן לכוון מערכת יוביקוויטין-פרוטאזום, כך שתמנע פירוק של חלבונים מסוימים. ניתן גם לתכנן את המערכת כך שתגרום להרס של חלבונים לא רצויים. כבר היום קיימים מבדקים קליניים בשימוש במערכת למניעת מילומה, סוג סרטן המשפיע על מערכת ייצור האנטיגנים בתאים.

מקורות:

<http://nobelprize.org/chemistry/laureates/2004/public.html>
www.notes.co.il/aviva/7885.asp
<http://www.focus.technion.ac.il/Eubiquitin.html>
<http://pard.technion.ac.il/archives/HaTechnion/technionfall04.pdf>



כפיים סוערות, בדמעות ובחיבוקים. דמותו של פקח הטיסה הצוהל, לבוש בדגל ארצות הברית, שוגרה מיד ברחבי העולם.

לאחר שפגע בקרקע קיפץ הטרהדר הקטן והתגלגל במישור הרחב של אתר הנחיתה עד לעצירתו הסופית. הגז מכריות הריכוך נשאב, הכריות קופלו, הפירמידה המשולשת פתחה את שלושת עלי הכותרת שלה, והרובוט הקטן, המקופל עדיין כעובר, צילם צילום ראשון של מישורים חומים-אדומים זרועי סלעים. הצילום הראשון הזה פתח את אחת ממשימות החלל המוצלחות ביותר אי פעם.

צמד גיאולוגים רובוטיים

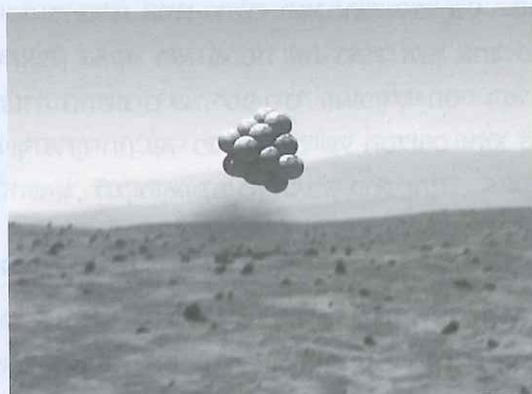
לאחר כישלון משימת נחיתה קודמת ב-1999, שינתה נאס"א את כל תכניתיה לחקר המאדים בעשור הראשון של המאה ה-21. המשימה הראשונה בתכנית המחודשת נקראה "רכב חקר המאדים" (Mars Exploration Rover או MER), ונאס"א שחששה מכישלון נוסף, החליטה לבנות שני רכבים כאלה כדי להכפיל את סיכויי ההצלחה. כדי "ללכת על בטוח" נבחרה גם טכנולוגיית הנחיתה בתוך טרהדר מוקף כריות גז שכבר הוכיחה את עצמה בנחיתת החללית "פתיפינדר" ב-4 ביולי 1997. ההימור הצליח ובעת כתיבת מאמר זה חלפה כמעט שנה מאז הנחיתה, ושני הרובוטים שתוכננו לפעילות של שלושה חודשים בלבד, עדיין פעילים על פני השטח. גם המרחקים שעברו גדולים מכל מה שחלמו המתכננים – והתוצאות המדעיות עולות על כל דמיון.

המטרה הראשית של שני הרובוטים, ששינוי בינתיים את שמם ל"ספיריט" (Spirit) ו"אופורטיוניטי" (Opportunity), היא חיפוש עדויות כימיות וגיאולוגיות לכך שבעבר הרחוק

ה-3 בינואר 2004 היה יום מתוח במיוחד במעבדה להנעה סילונית (JPL) בפסדנה שבקליפורניה. יוקרתה של סוכנות החלל האמריקנית נאס"א עמדה על כף המאזניים, כשרכב חלל קטן החל את צניחתו אל הקרקע המדברית והקפואה של מאדים.

נחיתה על מאדים אינה עניין של מה בכך. כמחצית הניסיונות של האמריקנים ושל הסובייטים בשעתם נכשלו, והזיכרון הטרי של התרסקות מעבורת החלל "קולומביה", רק הוסיף למתח שעמד באוויר חדר הבקרה.

שש דקות ארוכות נמשכה הנחיתה. רכב השטח עצמו היה סגור ומוגן בתוך טרהדר מתכתי בגובה של מטר בקירוב, שהיה אף הוא עטוף במגני חום. האותות שאישרו שהכול מתנהל כשורה הגיעו בזה אחר זה: כניסה לאטמוספירה, פתיחת המצנחים, שחרור מגני החום, התנפחות כריות הגז שהקיפו את הטרהדר וריככו את הנחיתה, הפעלת רקטות הבלימה האחרונות ו... ההגעה לקרקע. האותות התקבלו כמובן במחיאיות



איור הנחיתה של רכבי החלל בתוך טרהדר מתכת עטוף בכריות גז.

* ד"ר איתן קריין הוא חבר צוות חמד"ע, המרכז לחינוך מדעי בתל אביב, והעורך המדעי-תפעולי של כתב העת סיינטיפיק אמריקן ישראל.



כי אורכן כפול מזה שלנו, מפני שמאדים מקיף את השמש כל 687 ימים (כמעט שנתיים ארציות). כוכב הלכת סובב סביב צירו כל 24 שעות ו-40 דקות, רק קצת יותר מאורך היממה שלנו. הפרש זה של 40 דקות מירר את חיי המדענים והמהנדסים בחודשים הראשונים של המשימה מפני שהם חיו על כדור הארץ על פי שעון מאדים – יום העבודה שלהם זז כל יום ב-40 דקות (כעת חזרו כולם לעבודה סדירה מ-8:00 עד 17:00). הבדל משמעותי נוסף בין כוכבי הלכת הוא שהאטמוספירה של מאדים דלילה פי 1,000 בערך מזו של כדור הארץ, ורובה מורכב מפחמן דו-חמצני.

לו ישבתם בחללית המקיפה את מאדים והתבוננתם בכוכב הלכת, הייתם רואים מדבר חום-אדום המקיף את העולם כולו מלבד שתי כיפות קרח בקטבים. כיפות הקרח האלה מכילות פחמן דו-חמצני מוצק ("קרח יבש") וכמויות בלתי מבוטלות של מים קפואים. אין שום סימן למים נוזליים על פני השטח.

מהם אם כן הכוחות הפועלים המעצבים היום את פני השטח של מאדים? התשובה ברורה: רוח ואבק. האטמוספירה הדלילה עשויה לעתים להיות סוערת מאוד: סופות דמויות טורנדו מנשבות ללא הרף וסופות המזכירות הוריקן יוצאות באביב מכיפות הקרח של הקוטב הצפוני, מעיפות כמויות עצומות של אבק והופכות במהירות לסופות חול. לעתים מתחברות כמה סופות חול כאלה לסופה גלובלית אחת גדולה, המכסה את כל פני השטח. כשהאבק שוקע הוא מכסה את הכול ולכן אחד מכלי העבודה החשובים של "ספיריט" ו"אופורטיניטי" הוא כלי לשייף ולקדיחה של פני השטח של הסלעים והוא נועד, בין השאר, לנקות אותם מן האבק המכסה.

ומה עם מים?

כיום אין מים זורמים על פני השטח של מאדים, ובתנאים השוררים שם היום מים אינם יכולים להתקיים על פני השטח לאורך זמן. הלחץ השורר על מאדים נמוך מערך הלחץ בנקודה המשולשת של דיאגרמת הפאזות של מים (שבה מתקיימים בשיווי משקל שלושת מצבי הצבירה), ולכן קרח עובר המראה ישירות לאדי מים.



הגיאולוג הרובוטי "ספיריט" בעיני רוחו של האמן.

היו מים נוזליים על פני מאדים. שני אתרי הנחיתה, המצויים משני צדיו של מאדים, נבחרו אפוא בשל ההשערה שהסיכוי למצוא בהם עדויות למים הוא גדול והנחיתה בהם בטוחה. רכב הנחיתה הראשון, "ספיריט", נחת במכתש גוסב (Gusev Crater) – מכתש ענק בקוטר 200 קמ' שנוצר מפגיעת מטאור. אל המכתש מוליך קניון ענק כגודלו של הקניון הגדול של ארצות הברית הקרוי בשם העברי עמק מאדים (Ma'adim Vallis). המדענים משערים שבעבר הרחוק הוליך הקניון מים אל תוך מכתש גוסב שהיה אפוא, לפי ההשערה, אגם גדול. "אופורטיניטי" נחתה בלב מישורי מרידיאני (Meridiani planum), וזאת משום שתצפיות בחישה מרחוק שערכו לוויינים המקיפים את מאדים, גילו בו ריכוז של המינרל המטיט. על פי ההשערה מינרל זה נוצר בסביבה מימית.

עולם יבש וסחוף רוחות

"ספיריט" ו"אופורטיניטי" נחתו על כוכב הלכת הדומה ביותר לכדור הארץ במערכת השמש ובכל זאת שונה ממנו לגמרי. מאדים קטן יותר, קוטרו כמחצית מקוטר כדור הארץ, ולפיכך כוח המשיכה בו קטן אף הוא. המרחק של מאדים מן השמש גדול פי 1.5 מן המרחק של כדור הארץ ממנה, ולכן שוררת על פניו טמפרטורה ממוצעת נמוכה יותר מזו של כדור הארץ והיא -55°C . מאדים נוטה על צדו בזווית קרובה לזו שבה נוטה גם כדור הארץ, ולפיכך חלות גם בו ארבע עונות שנה, אם

אכן כיסה אוקיינוס את הצפון, במיוחד לאור העובדה שהאטמוספירה מורכבת בעיקר מפחמן דו-חמצני, והיעדרם מאתגר את תומכי מודל "מאדים הכחול". יותר מכך, חלק מן המינרלים הגעשיים שמצויים במישורי הצפון, כמו למשל המינרל אוליבין (שצבעו כעין הזית), נחשבים עדות לסביבה יבשה דווקא ואינם מתקיימים לאורך זמן בנוכחות מים.

רק נקודה אחת חרגה מן התבנית הזאת – מישורים כהים מוזרים למראה באזור קו המשווה, זרועים במכתשים ששוליהם בולטים בסלעים בהירים במיוחד. המישורים משכו את תשומת לבם של המדענים מפני שחיישני הלוויינים קלטו אות ספקטרוני המאפיין את המינרל המטיט (Hematite), מינרל אפור מתכתי של ברזל חמצני (Fe_2O_3), שנוצר על כדור הארץ על פי רוב בנוכחות מים. האות הזה משך את מדעני נאס"א ולכן הם בחרו במישורים האלה, מישורי מרידיאני, כאתר הנחיתה של "אופורטיוניטי".

רובוטים מצוידים היטב

המטרות המדעיות שהציבה נאס"א למשימה הרובוטית היו כאמור כימיות-גיאולוגיות ובעיקר לחפש ולאפיין סלעים שמרמזים על קיום מים בעבר, במיוחד מינרלים שנוצרים בנוכחות מים, לחפש רמזים לתנאים הסביבתיים מן הימים שבהם היו מים על מאדים ולקבוע אם הם יכלו לתמוך בקיום חיים.

כדי להשיג מטרות אלה מצויד כל רובוט בצידוד שלא היה מבייש גיאולוג אנושי. המראה הכללי של הרובוט מזכיר אווז ארוך צוואר. בראש ה"צוואר", המתנשא לגובה של יותר ממטר מעל הקרקע, מותקנת מצלמה פנורמית כפולה המסוגלת לצלם תמונות תלת-ממדיות ברזולוציה גבוהה של הסביבה. המצלמה הזאת מסוגלת גם לערוך ניתוח ספקטראלי של האור המוחזר ולספק לפיכך מידע חשוב לאנליזה כימית.

"צוואר האווז" נושא גם חיישן אינפרה-אדום הקרוי mini-TES שמסוגל לנתח את הפליטה התרמית של הסלעים והקרקע ולסייע בבדיקות אטמוספיריות. על התורן מותקנת גם מצלמת ניווט שעוזרת ל"נהג" היושב

וקרח אכן קיים גם קיים. חלליות המקיפות את מאדים אישרו בשיטות ספקטרוניות שקרח מצוי לא רק בכיפות הקרח שבקטבים עצמם אלא גם קבור מתחת לשטחים נרחבים סביבם. האם היו המים האלה אי פעם נוזליים? כל המתבונן בצילומי לוויין של מאדים אינו יכול שלא להבחין בתוואי שטח שנראים כערוצים יבשים שנוצרו על ידי מים. הערוץ הגדול ביותר, ואליס מאריניריס (Valles Marineris), רחב פי 8 מהגרנד קניון של ארה"ב, עמוק ממנו פי 4, ואורכו כמרחק שמניו יורק ללוס אנג'לס. אינספור נקיקים אחרים הנראים בתצלומים כנחלי אכזב, חוצים את פני השטח וחורצים את נתיבם דרך תצורות קרקע הנראות כסלעים שכבתיים, סלעים המזכירים סלעי משקע ימיים על כדור הארץ. מאפיין בולט נוסף של הטופוגרפיה הגלובלית של מאדים הוא ההבדל בין צפון כוכב הלכת לדרומו. בעוד הדרום גבוה ומצולק באינספור מכתשי מטאורים (ומזכיר במשהו את פני הירח), הצפון נמוך יותר, ישר ומישורי. נראה כאילו משהו החליק את פני השטח. ואליס מאריניריס, למשל, מתחיל את דרכו ברמות הגבוהות המנומרות הרי געש עצומים (הכבוים עתה) ו"נשפך" אל המישורים הצפוניים.

כל העדויות הטופוגרפיות האלה הביאו את המדענים לפיתוח המודל המכונה "מאדים הכחול". על פי מודל זה היה צפון כוכב הלכת מכוסה לפני כארבעה מיליארדי שנים באוקיינוס גדול שנהרות הובילו אליו מים מהרי הדרום. איש אינו יודע אם ירד אי-פעם גשם או שלג במאדים, או אולי נבעו המים מן הקרקע. אין גם תשובות לשאלות כמו כמה זמן היה האוקיינוס ההיפותטי הזה קיים? האם הייתה פעולת המים רצופה ומתונה או התבטאה בפרצים של שיטפונות אדירים? והשאלה הגדולה מכולן: לאן נעלמו כל המים?

אבל אל מול העדויות הטופוגרפיות, שנראות במבט ראשון חד-משמעיות, עמדו עדויות כימיות-גיאולוגיות שסתרו אותן. מדידות בחישה מרחוק הראו שפני השטח של מאדים בזלתיים בעיקרם. תוצאות דומות התקבלו גם מאנליזה כימית של הסלעים שערכו רכבי הנחיתה הקודמים. בצפון בולט היעדרם של מינרלים פחמתיים (קרבוניטים), כמו גיר למשל, שהיינו מצפים להם, אילו



גם מצלמות רחבות זווית המאפשרות זיהוי מכשולים. הרובוטים מסוגלים לתפקד היטב גם בנסיעה לאחור.

ים המלח של מאדים

"אופורטיוניטי" הוא הרכב השני שנחת בסוף ינואר 2004 וגנב את הבכורה מ"ספיריט". כבר מן התמונות הראשונות ששיגר הרכב ממישורי מרידיאני היה ברור שהמשימה מיוחדת במינה ושונה מכל הקודמות לה. הנוף היה שונה מכל מה שנראה עד כה ממאדים – לא עוד מישורים סלעיים אלא קרקע נקייה כמעט מאבנים, בצבע אדום כהה, כמעט בורדו. מסביב לאתר הנחיתה נראו בביור סימני כריות האוויר שהטביעו עיגולים מדויקים באבק האדום והדק. אבל יותר מכל הדהים את המדענים חצי סהר של סלעים שהקיפו את החללית – סלעים בהירים ועשויים, ללא ספק, שכבות שכבות. היו אלה הסלעים הראשונים שנראו אי-פעם במאדים במקום היווצרם. במקומות אחרים נחקרו עד כה רק סלעים שהיו מונחים על הקרקע או קבורים חלקית ושנישאו לשם בפעילות געשית או אולי בשיטפונות.

התברר שלאחר שהחללית צנחה על המישורים החלקים היא קיפצה והתגלגלה עד שנפלה לתוך מכתש קטן בקוטר של כ-20 מטר ובעומק של כשני מטרים. היו שהעירו בבדיחות הדעת שאפשר להכניס את הטיסה ואת הנחיתה לספר השיאים של גינס כחבטת הגולף המדויקת הארוכה ביותר בהיסטוריה – הישר לגומה. המכתש נוצר מפגיעת מטאור שניקב את שכבת הסלע הבהירה וחשף אותה. גודל המכתש שכונה בשם "איגל" (Eagle), עומקו וגובה הסלעים שמקיפים אותו (כ-30 סמ') היו אתר נחיתה אידיאלי ומקום מצוין להתחיל בבדיקות הכימיות והגיאולוגיות.

בקליפורניה לנווט את הרכב. עוד מצוידים הרכבים בתוכנת מחשב המאפשרת להם לבחור בעצמם את הנתיב הבטוח ביותר, בגבולות בטיחות מוגדרים מראש. התורן מתנשא מעל "כנפיים" רחבות המשמשות כקולטי שמש. על הכנפיים מותקנות גם אנטנות השידור וטבלת צבעים לכויל צילומי הצבע הדיגיטליים.

בחזית מותקנת זרוע רובוטית מתוחכמת בעלת כמה פרקים המאפשרים לה לבחון מקרוב כל סלע מכל זווית. בקצה הזרוע מותקן מכשיר שיוף וקדיחה המחליף את פטיש הגיאולוגים המפורסם. המכשיר מסוגל לנקות את הסלעים מאבק ואף לקדוח עיגול בקוטר כמה סנטימטרים ולעומק של כמה מילימטרים כדי לחשוף את פנים הסלע. השוואת האנליזה הכימית של פני השטח מול פנים הסלע מאפשרת הבנת תהליכי הבליה שהסלע נחשף אליהם. על הזרוע מותקנת גם מצלמה המאפשרת צילומי תקריב עם יכולת אבחנה של פרטים בסדר גודל מילימטרי. אין מדובר במיקרוסקופ, ולכן אי אפשר להבחין בעזרתו במאובנים של מיקרו-אורגניזמים, גם אם אלה אכן קיימים.

שני ספקטרומטרים משלימים את הציוד לאנליזה כימית: 1. ספקטרומטר קרני אלפא-קרני X (APXS), המאפשר אנליזת יסודות. המכשיר משגר חלקיקי אלפא שגורמים לפליטת קרני X אופייניות לכל יסוד. 2. ספקטרומטר מוסבאוור שמסוגל להבחין בין מינרלים שונים של ברזל הנפוצים בסלעים ובקרקע של מאדים. בנוסף לכל אלה מצוידת הזרוע במגנטים שמושכים מינרלים מגנטיים ואוספים אותם לאנליזה.

הרובוט נוסע על שישה גלגלים בעלי אחיזה טובה במיוחד המאפשרים עבירות טובה. בחזית ובעורף יש



פנורמה מאתר הנחיתה של "אופורטיוניטי" בתוך מכתש "איגל", מראה את הסלעים השכבתיים המבצבצים מקירותיו.

אף הוא וגילה מינרל גופרתי נוסף, ג'רוסיט או אשלגן ברזל גופרתי הידרוקסידי ($KFe_3SO_4(OH)_8$). המינרל הזה נדיר על פני כדור הארץ, אבל גם הוא מעיד על סביבת השקעה התנדפותית.

אנליזת היסודות הוסיפה עדות נוספת לתהליך ההתנדפותי: ריכוז יוני הברום הולך ועולה עם העומק. מינרלים של ברום מסיסים פחות ממינרלים גופרתיים ולכן שוקעים קודם – או בשכבות עמוקות יותר. עדויות גיאולוגיות הראו שהמים לא היו מי-תהום אלא כיסו בפועל את פני השטח.

כל זאת הביא את מדעני נאס"א הנרגשים להכריז על כך שמישורי מרידיאני היו מכוסים פעם בים מלוח, שהיו שהשוו אותו לים המלח "שלנו". על קרקעיתו של הים הלכו והצטברו שכבות הסלע הדקות עד שהים יבש לגמרי. אחר כך באו מטאורים ופערו חורים עגולים בשכבת הסלע. רצה הגורל, והנציגים הרובוטים של בני האדם, בביקורם החמישי עלי אדמות מאדים, מצאו את עצמם בחור שכזה.

לשחק בכדוריות

אבל נותרה עוד חידה: כאמור, אותות ספקטריים שנקלטו מן החלל הצביעו על קיום כמויות גדולות מאוד של המינרל המטיט במישורים. אבל שכבות הסלע במכתש "איגל" אינם מכילים המטיט. היכן אם כן מצוי המינרל?

החשד נפל על מיליוני כדוריות אפורות כהות שקוטרן מגיע לסנטימטר אחד בערך והן פזורות על פני מישורי מרידיאני ובקרקעיתו של מכתש איגל. הכדוריות, שהמדענים מכנים בחיבה Blueberries (אוכמניות) בשל צבען וצורתן, נמצאו נעוצות גם בין שכבות הסלע ובתוכן, ושם הן כנראה גם נוצרו. בדיקות גיאולוגיות הראו שהן נוצרו כשמינרלים מומסים במים התגבשו סביב מרכז גיבוש בתוך הסלע (concretions). אחר כך, כשהסלעים נשחקו, נפלו הכדוריות הקשות והתפזרו על פני השטח.



תקריב של שכבות סלע במכתש "איגל". מימין כדורית המטיט תקועה בשכבות.

לאחר שהרכב הזדקף, מתח את צווארו, שלח את גלגליו וכיוון את האנטנות התחיל מחקר ארוך ומקיף של הסלעים שנמשך כמה שבועות והוכיח שמישורי מרידיאני היו מכוסים בעבר הרחוק בים רדוד, חמים, מלוח וחומצי שהלך והתייבש. תוך כדי התייבשות שקעו שכבות הסלע הבהירות שנראות מסביב לאתר הנחיתה. סביבות השקעה כאלה, המכונות סביבות השקעה התנדפותיות או אופוריטיות, מאופיינות במינרלים שהמסיסות היחסית שלהם גבוהה, ולכן הם שוקעים רק כשכמעט כל המים מתנדפים. מינרל אופייני כזה על כדור הארץ הוא גבס (Gypsum) – הידראט של סידן גופרתי ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) – שקיומו מעיד על ים או אגם מלוח שיבש. אנליזת היסודות על מאדים הראתה שהסלעים עשירים ביונים גופרתיים ומכילים מינרל דומה מאוד לגבס – קייזריט – הידראט של מגנזיום גופרתי ($MgSO_4 \cdot H_2O$). אפשר לומר שמי הגביש במינרל הם המים הראשונים שנתגלו אי פעם על פני השטח של מאדים (מלבד הקרח באזורי הקוטב). כשגיאולוג מוצא קייזריט על פני כדור הארץ, הוא יפרש את קיומו בדרך כלל כעדות לכך שהוא נוצר בסביבה ימית מלוחה באזור צחיח.

ספקטרומטר מוסבאוור, שכאמור רגיש לברזל, תרם

"אופורטיוניטי" אל המישורים מסביב שהיו חלקים וקלים לתנועה. אחת המפעילות השוותה את הנסיעה עליהם לנסיעה על מגרש חניה. אבל באופק הסתמן בבירור היעד הבא – מכתש גדול הרבה יותר שקיבל את השם "אנדורנס" (Endurance). תצלומים מן החלל הראו שהוא גדול מ"איגל" פי עשרה: קוטרו כ-130 מ' ועומקו כ-20 מ'.

המדענים ויתרו על כמה מטרות מעניינות במישורים, ו"אופורטיוניטי" מיהרה ל"אנדורנס" והגיעה אליו בראשית מאי 2004. המראה היה מרהיב – מעגל של סלעי משקע שכבתיים בעומק כמה מטרים, חלמו הרטוב של כל גיאולוג. סלעים כאלה מאפשרים לקבל רצף גיאולוגי של אלפי שנים, והם עשויים לענות על שאלות כמו: כמה זמן היה האזור שרוי תחת מים? האם היו שינויים בהרכבם? ועוד. כל זאת בתנאי ש"אופורטיוניטי" מסוגלת לרדת במדרון התלול...

לאחר התחבטויות הנדסיות קשות ירד הגיאולוג הרובוטי באמצע יוני אל תוך המכתש – חנות צעצועים של ממש לגיאולוגים. חצי שנה חקר הרובוט את הסלעים במכתש ואסף עוד ועוד נתונים על הים הקדום. רק בתחילת דצמבר 2004 יצא משם בדרכו ליעדים חדשים. ממצאים אחרונים שעלו מבדיקת הסלעים המונחים בקרקעית, מראים שייתכן שהאזור עבר "אירוע רטוב" נוסף לאחר היווצרות המכתש. ואולי בזמן מן הזמנים הייתה בו ברכה קטנה – שכן הסלעים שעל הקרקעית מכוסים בצורות מצולעות שמזכירות בוץ יבש שהתאבן. בסוף 2004 בחרו עורכי כתב העת Science בתגליות של "אופורטיוניטי" במאדים כפריצת הדרך המדעית של השנה.



תקריב של כדוריות האבן הקטנות המכונות "blueberries". מיליוני כדוריות כאלה המורכבות מן המינרל המטיט, פזורות על פני מישורי מרידיאני.

עצם קיומן של הכדוריות חיזק את העדויות למים, אבל אנליזה כימית שלהן הייתה בעייתית בשל מידותיהן הזעירות שלא התאימו לבדיקה במכשירים שעל הזרוע הרובוטית. הפתרון נמצא בסלע שכונה "צלוחית האוכמניות", שם שמעיד על צורתו. הרובוט כיוון את ספקטרומטר המוסבאוור אל שקערורית הסלע שבה הצטברו כדוריות אחדות ומדד את הספקטרום הכולל המתקבל מאטומי הברזל. לאחר מכן הוסט המכשיר כמה סנטימטרים משם ומדד אזור אחר בסלע שהיה נקי מכדוריות, כדי לקבל ספקטרום רקע. החסרת ספקטרום הרקע מספקטרום ה"צלוחית" סיפק ספקטרום חדש של הכדוריות עצמן, ספקטרום שאי אפשר לטעות בו – המטיט. מיליוני כדוריות המטיט קטנות הן המקור לאות הספקטרלי שקלטו הלויינים המקיפים את מאדים ושהביא את המדענים הפלנטריים לבחור דווקא במישורי מרידיאני בתקווה למצוא עדות למים – ואכן האות לא אכזב.

בין שני מכתשים

לאחר כחודש מרעיש מבחינה מדעית במכתש "איגל" יצאה



פנורמה של מכתש אנדורנס (Endurance) שבו מצויה "אופורטיוניטי" בעת כתיבת המאמר.

ובינתיים בצד השני של מאדים...

בעוד ש"אופורטוניטי" כובשת כותרות, נחבאה "ספיריט" אל הכלים. בתחילה, כמה ימים לאחר הנחיתה, התגלתה בה תקלת מחשב חמורה שהשביתה אותה כמעט לגמרי. מבצע מזהיר של תיקון מחשבים בין-כוכבי החזיר את הרובוט לפעולה. לתשומת לב כל טכנאי המחשב שבאים אלינו הביתה ולאחר כמה שעות של זיעה מודיעים ש"אין ברירה חייבים להחליף את לוח האם...".

כזכור, "ספיריט" נחתה בלב מכתש גוסס הענק שעל פי הסברה היה בעבר הרחוק מלא מים, והמדענים קיוו שהסלעים שעל קרקעיתו יעידו על כך. אבל כבר באנליזות הכימיות הראשונות התברר שהמישורים זרועי הסלעים והאבנים הם מישורי בזלת שהיו יבשים מאז ומתמיד.

התקוות התמקדו אפוא ברכס של גבעות נמוכות שנראו במרחק של כשלושה קילומטרים מאתר הנחיתה. הרכס קיבל את השם "גבעות קולומביה" לזכר צוות מעבורת החלל שנספה בהתרסקות, וכל אחת מפסגותיו קיבלה את שמו של אחד האסטרונוטים, ובהם אילן רמון ז"ל. רכב הנחיתה של "ספיריט" גם נשא לוח זיכרון קטן הנושא את שמות הנספים מתחת לדגל האמריקני, כשעל יד שמו של רמון הוטבע גם דגל של ישראל. המרחק בין אתר הנחיתה לבין גבעות קולומביה וזמן ההגעה אליהן חרגו מהתכנון המקורי של המשימה. אבל מהנדסי נאס"א, שהוכיחו שוב ושוב תושייה, הגדילו את מהירות הנסיעה והרכבים הוכיחו עמידות מרשימה, והם ממשיכים לתפקד גם שנה לאחר הנחיתה. וכך, לאחר נסיעה ארוכה וקשה של חודשיים הגיעה "ספיריט" אל הגבעות והחלה לטפס עליהן.

כבר בדרך התגלו כמה סלעי בזלת שעודדו את המדענים מפני שהראו סימני בלייה על ידי מים. על הגבעות עצמן התגלו סלעים שונים ומשונים, שדרך היווצרותם אינה ברורה דיה. אבל דבר אחד ברור – כל סלעי הבזלת שנבדקו עד היום על הגבעות מראים סימנים של בלייה או שינוי גיאולוגי בהשפעת מים, ואף מינרלים כגון המטיט וגיאותרמיט הנוצרים בסביבה מימית. הרכב כימי זה עומד בניגוד לזה של רוב הסלעים שנבדקו במישורים שלרגלי הגבעות. כפי הנראה, אין מדובר בסלעי משקע

שנוצרו על ידי גוף מים גדול כמו במישורי מרידיאני, אלא רק בסלעים שנחשפו בעבר למים. על הגבעות נתגלו גם סלעים שכבתיים, והמחקר שלהם נמצא בעיצומו.

לקראת המשך חורפי

שני הרכבים נחתו על מאדים באזורים שבהם היה הקיץ בעיצומו. היום, כמעט שנה (של כדור הארץ) לאחר מכן החורף הולך ומשתלט על האזור, עוצמת קרינת השמש פוחתת בהדרגה וכך גם האנרגיה הזמינה לרובוטים. מספר הפעולות שהם מסוגלים לבצע הולך ופוחת, והם מבליים שעות אחדות ביום ברביצה בשמש כדי "לצבור כוחות". ב"ספיריט" מתגלות מדי פעם תקלות בגלגלים ובמערכת הניווט שנגרמות כנראה מהגיל המופלג שאליו הגיעו הרכבים.

נכון לזמן כתיבת שורות אלה עזבה "אופורטוניטי" את מכתש "אנדורנס" כדי לחקור את המישורים שמסביב. "ספיריט" תמשיך לטפס ולפלט לעצמה דרך במורדות התלולים והסלעיים של גבעות "קולומביה". הזמן יעשה את שלו, והרובוטים יפסיקו לפעול, אבל כבר עכשיו הם שינו את כל מה שידענו על מאדים – שאכן היה פעם, לפחות במקומות מסוימים, פחות אדום ויותר כחול.

תוצאות המחקר של שני כלי הרכב יעזרו בבניית החלליות של השנים הקרובות והכוונתן. ובעתיד הרחוק – התכנית לחקר מערכת השמש שעליה הכריז הנשיא בוש אמורה להביא בעוד כעשרים שנה גם בני אדם למאדים. רבים מפקפקים בכך, אבל שני הרובוטים הקטנים שעדיין זוחלים על מאדים מלמדים שנחישות, תושייה, כישרון ולא מעט מזל יכולים להביא הישגים גדולים.

כל התמונות והאיורים הם מתוך האתר של נאס"א.

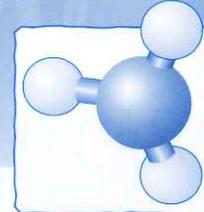
לקריאה נוספת

אתר המשימה של נאס"א באינטרנט:
<http://marsrovers.jpl.nasa.gov>

"הנופים המסתוריים של מאדים" מאת ארדן ל' אלבי, סיינטיפיק אמריקן ישראל, דצמבר 2003 – ינואר 2004, עמוד 20.

"האבא של ספיריט ואופורטוניטי" מאת דייוויד אפל, סיינטיפיק אמריקן ישראל, פברואר 2004, עמוד 66.





גז הצחוק קיבל התייחסות מיוחדת בחוזר מנכ"ל בתחילת שנת הלימודים הנוכחית. להלן ציטוט מתוך חוזר מנכ"ל, ספטמבר 2004:

סעיף בריאות 2.2-48

"בתקופה האחרונה אנו עדים לשימוש לרעה של בני נוער בגז הצחוק במקומות בילוי. על מנהלי בתי הספר ליידע את הצוותים החינוכיים על הסכנות הכרוכות בשימוש בגז צחוק, העלול לגרום לנזק בלתי הפיך למשתמשים בו. להלן מידע על גז הצחוק:

גז הצחוק N_2O – Nitrous Oxide הוא חומר מפחית כאב וחרדה הניתן בשימוש רפואי ברפואת השיניים וברפואה הכללית בשילוב עם גז חמצן בריכוזים נמוכים, תוך פיקוח על השימוש על-ידי משרד הבריאות. גז הצחוק אינו מוגדר כסם מסוכן על-פי פקודת הסמים המסוכנים ואינו מופיע בפקודת הרוקחים. שאיפת הגז, והחזקתו בחלל הפה ופליטתו לשקית, יוצרת הרגשת רוגע, סחרור, עלפון, הזיות ואף "שכרון מעמקים".

הסכנות העלולות להיגרם מהשימוש בגז הצחוק ללא שילוב חמצן, שלא לצורך רפואי וללא פיקוח רפואי, הן: נזק במערכת העצבים והמוח, חולשה ורפיון, חוסר תחושה באברי הגוף, איבוד האיזון ושיווי המשקל, חוסר שליטה במיומנויות מוטוריות, חוסר התמצאות ופגיעה ברקמת הריאה, נחירי האף ובמיתרי הקול. שימוש חוזר בגז והתמכרות לו עלולים לגרום לפגיעה בלתי הפיכה במערכת העצבים המרכזית ובמערכת הדם, עד אובדן הכרה ומוות..."



בתחילת נובמבר 2004 הונחה על שולחן הכנסת הצעת חוק שטענה ש"גז הצחוק יוכרז כסם מסוכן וייכנס לרשימת הסמים המסוכנים האסורים לשימוש...", זאת על-מנת למנוע את תופעת השימוש הנפוץ שעושים בני נוער בגז במקומות הבילוי וכדי לתת למשטרה כלים לטפל בתופעה. בני הנוער משלמים כמה שקלים תמורת בלון מלא גז, שואפים ונושפים ללא הפסקה ומתמסטלים. בני הנוער אינם מודעים לסכנות הנובעות משימוש בסם וממשיכים לרכוש אותו.

אין ספק שתפקידנו, כמורי הכימיה וכחלק מהצוות החינוכי, לקחת חלק פעיל בפעילות ההסברה במסגרת שיעורי חברה או כחלק מהוראת הכימיה במתכונת של קריאה מונחית של מאמר, של שאלות אותנטיות ובאמצעות חיבור ישיר של הנושא לתכני הלימוד כמו גזים, חמצון-חיזור, אנרגיה וכו'.

* דבורה קצביץ, מורה לכימיה, תיכון אזורי גדרה, עורכת עמיתה "על-כימיה", חברה בקבוצת הכימיה של המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, מדריכה לכימיה במחוז מרכז.



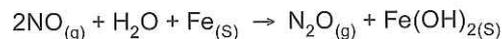
הגז $N_2O_{(g)}$ התגלה לראשונה בסוף המאה ה-18 ע"י הכימאי האנגלי ג'וזף פריסטלי (המדען שגילה את החמצן). מספר שנים לאחר מכן בדק הכימאי המפרי דיווי את השפעותיו הפיזיולוגיות של הגז על אנשים. הוא הבחין בתגובותיהם המשעשעות של הנבדקים והטביע את השם גז צחוק לגז N_2O . כמו כן הבחין שלגז יש אפקט מרדים וציין:

"As nitrous oxide in its extensive operation appears capable of destroying physical pain, it may be used with advantage during surgical operations in which no great effusion of blood takes place."

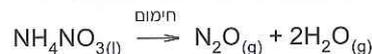
למרות האבחנה הברורה של המפרי, השימוש היחיד בגז במשך 40 שנה יוחד למופעי בידור וקרנבלים. בשנת 1844 במהלך מופע בקוניטיקט, הבחין רופא השיניים ד"ר וולס שהיה בקהל, שאחד הצופים שהיה תחת השפעת הגז, נפצע ולא חש בכך, אלא כאשר פגה השפעתו של הסם. ד"ר וולס הציע להשתמש בסם במהלך טיפולי שיניים, אך הצעתו הקדימה את זמנה, וציבור הרופאים דאז דחה אותה.

עברו כ-160 שנה, ורופאי השיניים משתמשים היום בגז להקלת כאבים במהלך טיפול שיניים וכן על מנת להוריד את רמת החרדה של המטופלים.

פריסטלי הפיק את הגז על-ידי חימום אמון חנקתי, בנוכחות ברזל לקבלת חנקן חמצני $NO_{(g)}$. את תוצרי התגובה העביר דרך מים על-מנת לספוג תוצרי לוואי רעילים.



היום מייצרים את הגז $N_2O_{(g)}$ על-ידי חימום עדין של אמוניום חנקתי מותך לפי הניסוח הבא:



נוסחת הייצוג האלקטרונית של N_2O אינה "מצייתת" לכללי הקישור הקלאסיים, וניתן להציע לה שתי נוסחאות המייצגות צורות רזונטיביות:



השימושים העיקריים לגז $N_2O_{(g)}$ הם אלה:

- חומר הרדמה ומוריד חרדה במהלך טיפולי שיניים.
- חומר דוחף (propellant) בתרסיסים שונים, במיוחד בקצפת.
- כתוסף להזרקת האוויר למנוע שריפה פנימית בכלי רכב, על מנת להגדיל את הספק המנוע שלהם.

נבדוק מהן התכונות המקנות לגז $N_2O_{(g)}$ את היכולות למלא תפקידים אלו.

גז הצחוק והשפעתו על המוח

רק לאחרונה גילו חוקרים את דרך פעולתו של הגז, דרך המסבירה מדוע השימוש בו עלול לגרום נזק למוח. הגז $N_2O_{(g)}$ כנראה חוסם קולטנים מסוג NMDA (N-methyl-D-aspartate), שהם בעלי תפקיד מרכזי בתהליכי למידה, זיכרון ותחושת כאב. קולטנים אלו שייכים למשפחת הקולטנים המעוררים, והם מופעלים על ידי המתווך העצבי גלוטאמט.

כאמור, הפעולה המרדמה של גז הצחוק נעשית על ידי חסימת מסרים מעוררים. זאת בניגוד לרוב החומרים המרדמים אשר פעולתם למניעת ההעברה של מסרי הכאב בין תאי העצב, מתבצעת על ידי חיזוק ההעברה של מסרים מעכבים.

מהן הסכנות הכרוכות בשאיפת גז הצחוק $N_2O_{(g)}$?

גז הצחוק עצמו אינו רעיל, לכן נשאלת השאלה מדוע שאיפתו מסוכנת? שאיפה לא מבוקרת של גז צחוק יכולה לגרום לחוסר בחמצן וכתוצאה מכך לפגיעה במוח. לכן השימוש הרפואי בגז ע"י רופאי השיניים, למשל, ניתן תמיד כתערובת עם חמצן.

האנשים אשר שואפים את הגז על דעת עצמם, אינם חשים בקוצר נשימה כתוצאה מהמחסור בחמצן, כי מנגנון הבקרה של הנשימה בגוף מבוסס על חיישנים הרגישים לרמת הפחמן-הדו-חמצני בדם, ולא לרמת החמצן בדם. לכן אנשים אלו יכולים להגיע למצבי עילפון וחוסר הכרה כתוצאה ממחסור בחמצן.

נוסף על כך השימוש בגז צחוק, לאורך זמן ובכמויות גדולות, גורם להופעת סימפטומים הדומים לאלו הקיימים בחוסר



2. תגובת הפירוק של ה- $N_2O_{(g)}$ מעלה את מספר מולי הגז בצילינדר, כתוצאה מכך מופעל לחץ גדול יותר על הבוכנה, ולכן הספק המנוע עולה.

3. הגז $N_2O_{(g)}$ מאוחסן במכונת בלחץ גבוה מאוד, כך שלמעשה, מצב הצבירה שלו הוא נוזלי. כאשר הוא מוזרק למנוע הוא מתאדה. תהליך האידיוי של הגז מקרר את תערובת הגזים בצילינדר. קירור הגזים מעלה את צפיפותם, וכתוצאה מכך כמות גדולה יותר של דלק ואוויר יכולה להיכנס לצילינדר ולהגיב בתגובת השריפה, וכפועל יוצא מכך – להעלות את הספק המנוע.

לסיכום מספר נתונים ועובדות לגבי הגז N_2O :

נוסחה	N_2O
הופעה	גז חסר צבע
מסה מולרית	44 גר' למול
טמפרטורת היתוך	$-91^{\circ}C$
טמפרטורת רתיחה	$-88^{\circ}C$
מסיסות במים	0.112 גר' ל-100 גר' מים
אנתלפיית התהוות	$\Delta H_f^{\circ} = 82kJ/mol$
אנטרופיה	$S^{\circ} = 220J/mol \cdot K$

מספר הזיהוי של הגז (CAS (Chemical Abstract Service

number הוא 10024-97-2.

כמו כן מספרו במסגרת החומרים המסוכנים UN

number הוא 1070.

מקורות

מולקולת החודש

<http://www.chm.bris.ac.uk/motm/n2o/n2oc.htm>

כיצד עובדים דברים

<http://auto.howstuffworks.com/question259.htm>

אוסף עובדות מפורט

http://www.fact-index.com/n/ni/nitrous_oxide.html

הרשות למלחמה בסמים

<http://www.antidrug.org.il/template/default.asp?maincat=4&catid=23&pageid=66>

ויטמין B12, הכוללים הפרעות נוירולוגיות, החל בעקצוץ בקצה האצבעות וברעד וכלה בהירדמות של איברים.



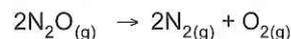
$N_2O_{(g)}$ כחומר דוחף (propellant) בתרסיסים שונים

בטמפרטורת החדר $N_2O_{(g)}$ הוא חומר כמעט בלתי פעיל כלפי מגוון רחב של חומרים, כולל מתכות אלקליות, הלוגנים ואזון. לכן הגז יכול לשמש כחומר דוחף בתרסיסים רבים, במקום הפריאונים – CFCs, שפוגעים בשכבת האוזון. $N_2O_{(g)}$ מאושר כתוסף מזון ולכן יכול לשמש כחומר דוחף במכלי קצפת.

$N_2O_{(g)}$ ניטרו אוקסיד כתוסף להזרקת האוויר למנועים

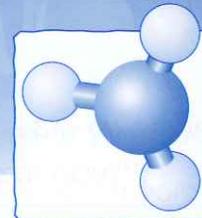
הוספת $N_2O_{(g)}$ לתערובת אוויר/דלק מעלה את הספק המנוע והשימוש בגז למטרה זו החל כבר במלחמת העולם השנייה במנועי מטוסים. תוספת זו נהוגה היום במכוניות מירוץ, באופנועים ואף במכוניות משפחתיות יוקרתיות. השפעתו של הגז $N_2O_{(g)}$ על הספק המנוע נובעת ממספר גורמים:

1. בטמפרטורה הקיימת בצילינדר של המנוע הגז מתפרק על-פי התגובה הבאה:



ניתן לראות על פי חישובים סטוכיומטריים שעל כל ליטר $N_2O_{(g)}$ שנכנס לצילינדר מקבלים 0.5 ליטר חמצן, בעוד שליטר אוויר מספק רק 0.2 ליטר חמצן (20% חמצן באוויר). לכן במכוניות שיש להן התקן מיוחד להזרקת הגז, תוזרם לצילינדר במקביל להזרקת הגז, גם כמות דלק גדולה יותר, אשר תגיב בתגובת שריפה עם החמצן, וכתוצאה מכך יעלה הספק המנוע.





מבוא

סגנון החיים המודרני מלווה בשתי תופעות העלולות להיות מזיקות לגוף ולנפש של האדם:

1. התרחקות ממקורות מזון טבעיים שהיו מנת חלקם של הדורות הקודמים, וכתוצאה מכך חשיפה הולכת וגדלה למזון מעובד ולתוספי מזון דבר זה כרוך, בחלק מהמקרים לפחות, בתופעות לוואי מזיקות.
2. הדרישות והקצב של החיים המודרניים גורמים למתחים וחרדות המשפיעים לרעה הן על הנפש והן על הגוף.

אחד המזונות הקדומים והבריאים ביותר הוא העדשים. בחברה הערבית של צפון-מערב הסהר הפורה הוא מהווה מזון בסיסי. צמח העדשים – בשמו הבוטני המדויק *עדשה תרביתית* (عدس בערבית) ובשמו המדעי *Lens esculenta var. culinaris* – שייך למשפחת **הקטניות** (بقوليات Fabaceae). קיימות עדויות ארכיאולוגיות שהוא בית כבר לפני כ-10000 שנים⁽¹⁾. העדשים מזכרות בתנ"ך ובקוראן ובמקומות רבים לאורך ההיסטוריה של מצרים העתיקה, יוון ורומי.

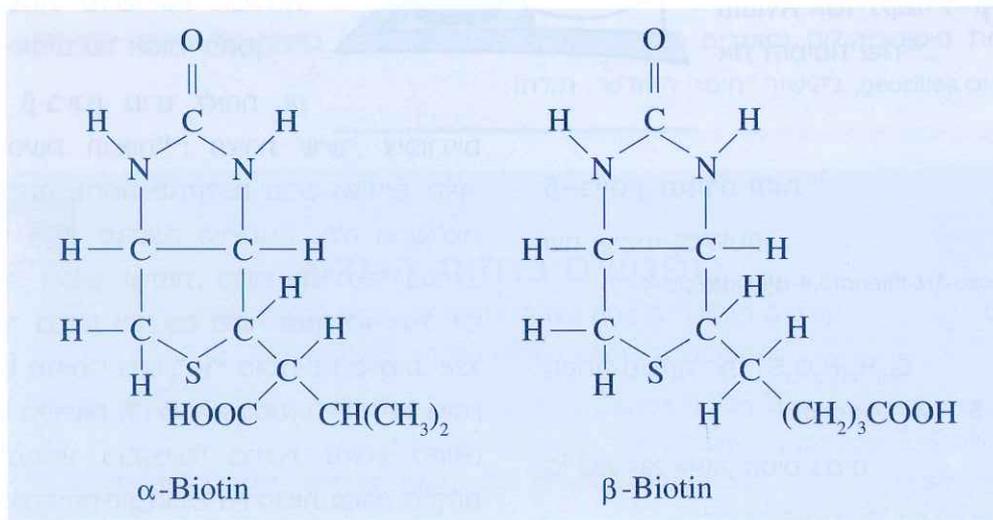
הערך התזונתי של העדשים גדול מאוד: הן מכילות ריכוז גבוה יחסית של חלבונים, פחמימות וכן "מינרלים" (יוני מתכות שונות): סידן, מגנזיום, מנגן, נחושת, אשלגן, נתרן; והחשוב מכולם במקרה הזה הוא, כמובן, ברזל⁽²⁾.

החומר שבו יעסוק מאמר זה הוא **ביוטין Biotin** או בשמו המדויק β -Biotin, להבדיל מ- α -Biotin שהוא איזומר שלו, אבל לא קיים בעדשים⁽³⁾.

הריכוז הממוצע של ביוטין בעדשים הוא כ- 132 ppm (132 mgr/Kg)⁽²⁾.

מקורות הביוטין וחשיבותו הבריאותית

β -ביוטין בודד לראשונה מכבד בשנת 1940 ע"י Vigneaud⁽³⁾ וזהו בעצם אחד המקורות החשובים ביותר שלו: כבד של בעלי חיים. כמו כן הוא נמצא בשפע רב של מקורות מזון מן החי כגון בשר, ביצים, חלב, גבינות ודגים (סלמון)⁽⁴⁾; אך גם בצמחים רבים, במיוחד צמחים ממשפחת הקטניות וחיטה⁽⁵⁾. מכאן יוצא שמחסור



* עבדוללטיף עזב, מורה לכימיה בתיכון לקייה בגב.

המנה היומית המתאימה (AI = Adequate Intake) ביחידות מיליגרם ליום (mg/day) מופיעה בטבלה הבאה⁽⁴⁾:

המנה היומית המתאימה של β -ביוטין (mg)			
שלב בחיים	גיל	זכר	נקבה
תינוק	0-6 חודשים	0.005	0.005
תינוק	7-12 חודשים	0.006	0.006
ילד	1-3 שנים	0.008	0.008
ילד	4-8 שנים	0.012	0.012
ילד	9-13 שנים	0.02	0.02
מתבגר	14-18 שנים	0.025	0.025
בוגר	19 שנים ומעלה	0.03	0.03
הריון	כל הגילאים	---	0.03
הנקה	כל הגילאים	---	0.035

לסיכומו של חלק זה נאמר ש- β -ביוטין חשוב לכל אחד אבל הוא חשוב במיוחד לנשים בהיריון, לחולי סוכרת

ולמי שסובל מנשירת שיער, מציפורניים שבירות, מפריחה בעור וממצבים נפשיים כגון חרדה והזיות.

לא נמצאו סימנים המעידים על רעילות של β -ביוטין, אבל נמצא כי החלק הלבן (חלבון) של הביצה, הנאכל טרי (ללא בישול או טיגון) מכיל חלבון בשם Avidin אשר נקשר ל- β -ביוטין ומקטין את הזמינות שלו⁽⁵⁾.



β -ביוטין, תעודת זהות⁽⁶⁾

שם שיטתי (IUPAC):

Hexahydro-2-oxo-1H-thieno[3,4-d]imidazole-4-pentanoic acid

נוסחה מולקולרית: $C_{10}H_{16}N_2O_3S$

CAS #: 58-85-5 M= 244 gr/mol

MP= 231-233 °C, מסיס במים.

בביוטין הוא נדיר ביותר לאלה שהתפריט שלהם מגוון וכולל בשר מהחי ומזון מהצומח. אבל לצמחוניים במיוחד חשוב לשמור על אכילת כמות מספקת של מזון המכיל ביוטין.

β -ביוטין ידוע גם כויטמין B7 או ויטמין H⁽⁶⁾, וחשיבותו מבחינה בריאותית גדולה מאוד. הוא מתקשר לאתר הפעיל של ארבעה אנזימים הידועים בכינוי קרבוקסילאזים Carboxylases. כל אחד מארבעת האנזימים מזרז תהליך מטאבולי חשוב⁽⁴⁾:

Acetyl-CoA carboxylase: מזרז את התהליך $Acetyl-CoA + HCO_3^- \rightarrow Malonyl-CoA$. התוצר חשוב לביוסנטיזה של חומצות שומניות.

Pyruvate carboxylase: מקטלז את תהליך הביוסנטיזה של גלוקוז שלא ממקורות של פחמימות, כגון מחומצות אמינו.

Methylcrotonyl-CoA carboxylase

מזרז את השלב הקריטי במטאבוליזם של החומצה האמינית החשובה Leucine.

Propionyl-CoA carboxylase: מזרז

את השלבים המכריעים במטאבוליזם של חומצות אמינו, כולסטרול, וחומצות שומניות בעלות שרשראות הכוללות מספרים אי-זוגיים של אטומי פחמן.

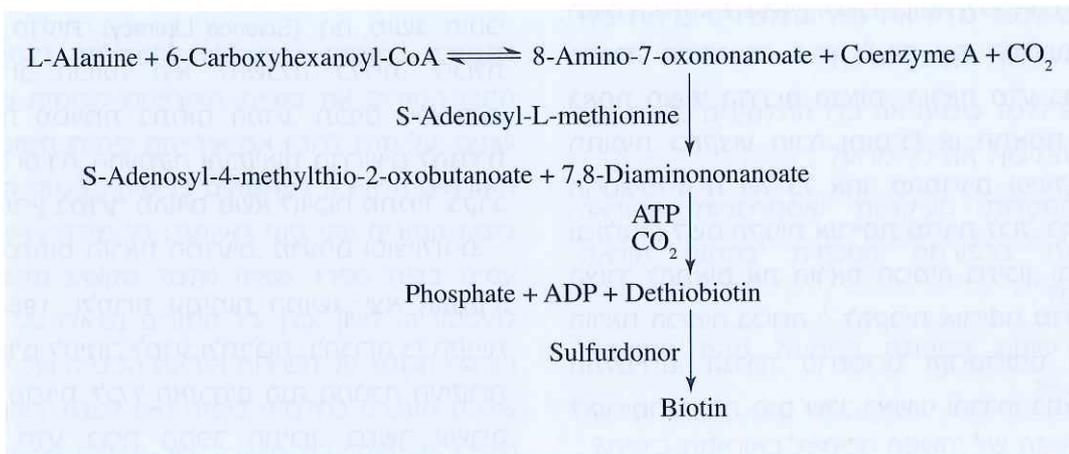
מחסור ב- β -ביוטין גורם לאחת או

יותר מהתופעות הבאות⁽⁴⁾: נשירת שיער; ציפורניים שבירות; פריחה אדומה מתקלפת סביב העיניים, האף, הפה ואיברי המין. מבחינה נירולוגית אלה ההשלכות של המחסור: דיכאון; עייפות; הזיות ו"תרדמה" בגפיים. פריחת העור בפנים יחד עם פיזור שומן לא רגיל, זכו למונח "פנים מחוסרי ביוטין" ע"י מומחים מסוימים. אצל אנשים בעלי הפרעות תורשתיות במטאבוליזם של ביוטין הגורמות למחסור פונקציונלי בביוטין, נמצאו ליקויים בתפקוד מערכת החיסון, הכוללים רגישות גבוהה לדלקות פטרייתיות וחיידקיות.

סינתזה של β -ביוטין

הביוסינתזה של ביוטין מתוארת בספרות המדעית במקורות רבים מאוד, והיא תלויה בבעל החיים שבו הוא נוצר. קיימות ראיות לכך ש- β -ביוטין נוצר במעי הגס בגוף האדם בעזרת חיידקים החיים שם⁽⁴⁾, ואף קיימות ראיות שהביוטין הנוצר נספג בחלקו בגוף.

להלן תרשים המתאר את הביוסינטיזה של β -ביוטין ב- *S. cerevisiae*⁽⁷⁾:



מקורות

1. אלון, ע.; החי והצומח של ארץ ישראל, כרך 12; משרד הבטחון: ההוצאה לאור; 1994

2. <http://www.leffingwell.com>

3. Nesmeyanov, A.N, Nemeyanov, N.A.; Fundamentals of Organic Chemistry, V3; Moscow: MIR Publishers; 1986

4. <http://pi.oregonstate.edu/infocenter/vitamins/biotin>

5. http://nutritionfocus.com/nutrition_supplementation/vitamins/biotin.html

6. <http://chemfinder.camsoft.com>

7. <http://pathway.yeastgenome.org>

* למידע אודות פיטוכימיקלים (חומרים כימיים פעילים בצמחים), בקרו באתר של מחבר המאמר: <http://www.geocities.com/a4abuali>

בקיטור "חומר החודש". תודה!



מפגשים בחזית המדע

קורסים פופולריים בנושאים בינתחומיים במדע לציבור הרחב
מהפכות וחידושים במחקר המדעי והשלכותיהם

הקורסים יתקיימו במקביל, כל קורס יכלול 8 מפגשים שבועיים ומפגש סיום חגיגי. המפגשים יתקיימו בקמפוס מכון דוידסון לחינוך מדעי שליד מכון ויצמן למדע ברחובות בימי ב', בין השעות 19:00-21:00.

מועד התחלה: 21.3.05 **עלות הקורס:** 400 ₪ הנחות ינתנו לגמלאים, חיילים, וסטודנטים.

הקורסים מוכרים לגמול השתלמות למורים.

לביירוים: 08-9378401 **לפרטים נוספים:** <http://www.weizmann.ac.il/davidson/popular/>





מורים ו"אוריינות כימית": תיאוריה מול מעשה

יעל שורץ*

רקע

אוריינות מדעית (Science Literacy) הנו מושג חינוכי רווח. לרוב הכוונה היא להשכלה כללית, ליכולת התמצאות מסוימת בתחום המדע. תכנים ספציפיים, מיומנויות ומידת ההעמקה והבקיאות הדרושים להגדרת אדם כ"אורייין במדע" מהווים נושא לוויכוח מתמיד בקרב חוקרים בתחום הוראת המדעים, מדענים וסוציולוגים.

כבר ב-1983, ולמרות עמימות המושג, יצא אונסק"ו, ארגון האו"ם לחינוך, למדע ולתרבות, בהכרזה כי הקניית אוריינות מדעית לכלל האזרחים הנה המטרה העיקרית להוראת מדע בבית הספר התיכון. במשך עשרים השנים שחלפו התבססו פרויקטים חינוכיים רבים על קביעה זו. כך למשל, הוכרזה בארצות-הברית רפורמה בהוראת המדעים, שבמסגרתה נקבעו סטנדרטים לאוריינות מדעית בכל הנוגע לתכנים, לדרכי הוראה ולהכשרת מורים, (NRC, 1996). בפרויקט נוסף, פרויקט 2061 (AAAS, 1993), נקבעו "ציוני דרך" (Benchmarks) הקובעים מה צריך לדעת תלמיד במדע ובמתמטיקה בכיתות ב', ה', ח' ו"ב על מנת להפוך לאזרח אורייין במדע. בנוסף היו ניסיונות ספציפיים יותר להגדיר אוריינות ביולוגית (BSCS, 1995) ואוריינות כימית (יפרת, 1999; Holman, 2002). במחקרים אלו הוגדרה אוריינות כימית בקווים כללים בלבד, ללא קביעת פרמטרים וקריטריונים ספציפיים.

בישראל קראה ועדה ("מחר 98") בראשות פרופ' חיים הררי להרחבת לימודי המתמטיקה, המדע והטכנולוגיה לכלל התלמידים. להלן ציטוט מתוך הדו"ח: "...אין מדובר כאן בהכשרת מומחים למדע, אלא בידע המדעי הכללי, בחינוך המדעי ובדרכי החשיבה שיש להקנות לכל אזרח,

לפועל הייצור ולפוליטיקאי, לעורך הדין ולגננת, למפקד האוגדה ולנהג, לתעשיין ולעובד רווחה ולכל אדם המתפקד בחברה המודרנית". ניתן ליישם את המלצות הוועדה באחת משתי הדרכים הבאות: הוראת מדע בגישה רב-תחומית כמקצוע חובה (מוט"ב) או התאמת ההוראה הדיסציפלינרית של כל אחד מהמדעים (פיזיקה, כימיה וביולוגיה) לשם הקניית אוריינות מדעית לכול. כך התעורר הצורך להתאים את הוראת הכימיה בתיכון, ובייחוד את הוראת הכימיה בכיתה י', להקניית אוריינות מדעית לכלל התלמידים. הגדרת פרמטרים וקריטריונים ספציפיים לאוריינות כימית הנם שלב ראשוני והכרחי בתהליך זה.

מטרות חינוכיות ומסמכי מדיניות בתחום הוראת המדעים מנוסחים בדרך כלל על ידי צוותים משותפים של מדענים מהאקדמיה וחוקרי הוראת מדעים. לרוב מורים מהשטח מהווים מיעוט בצוותים אלו (Fensham, 1993). במסגרת הרפורמה הנוכחית בהוראת המדעים ובהסתמך על ממצאים מחקרניים רבים, נקבע כי למורים, ולמידת שיתופם בתהליכי קבלת ההחלטות ובפיתוח חומרי למידה חדשים, תפקיד מרכזי בהצלחת הרפורמה (Hofstein, Carmi & Ben-Zvi, 2003). החוקרים Parke & Coble (1997) הגדירו זאת באופן הבא:

"We suggest changing reform perspective from something that is done **to** teachers, to something that is done **with** teachers".

היות שהמורים יהיו האחראים להכנסת היבטים של אוריינות כימית ללימודי הכימיה בבית הספר התיכון, מעניין יהיה לבדוק כיצד תופשים מורים את המושג "אוריינות כימית" ומהם יחסי הגומלין בין תפישות המורים את המושג לבין אופן ההוראה ודגשי ההוראה בכיתה י'?

* מאמר זה הוא חלק מעבודת הדוקטורט של יעל שורץ, שאותו סיימה במחלקה להוראת המדעים, במכון ויצמן למדע, רחובות – בהנחייתם של פרופ' אבי הופשטיין וד"ר רות בן צבי.
היום ד"ר יעל שורץ הנה בתר-דוקטורנטית במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע.

בישראל, ועל ההשפעות של שינוי זה על הוראת הכימיה בבית הספר התיכון. המורים פגשו מפתחי תכניות לימוד חדשות בכימיה מאנגליה ומישראל ועמדו על העקרונות שבבסיס התכניות החדשות. כמו כן שמעו המשתתפים הרצאות ממדענים בנושאים שבחזית המחקר ודנו בחשיבות נושאים אלו לאוריינות כימית.

“המורה כחוקר”: בפעילויות הנכללות בקטגוריה זו חקרו המורים את סוגיית האוריינות הכימית מהיבטים שונים. על מנת להבין אם אוריינות כימית חשובה לכלל האזרחים (ולא רק למתמחים בכימיה בלימודי ההמשך), ביצעו המורים שני סוגי ראיונות: כל מורה ראיון מורה-עמית בבית ספרו, שאינו מלמד מקצוע מדעי (מורה להיסטוריה, לשון וכו’). כל המורים נשאלו על חשיבות הוראת המדע, על חשיבות הוראת הכימיה ועל רשמיהם שלהם מעברם כתלמידי כימיה (אם למדו). ראיונות אלו סיפקו פרספקטיבה חשובה של אנשים שאינם באים מתחומי המדע, ושימשו כנקודות התייחסות בדיוני הסדנה.

בסוג אחר של ראיונות ראיינו המורים בעלי מקצוע, שעיסוקם נושק לתחום הכימיה, למשל: רופאים, רוקחים, תזונאים, חשמלאים, צורפים, צבעים, ספרים. הללו נשאלו לאיזה ידע כימי או לאילו מיומנויות נדרשים אזרחים מן השורה בבואם לקבל מהם שירות או להתייעץ עמם. ראיונות אלו שימשו נקודת מוצא לא-שגרתית לשאלה “מה עלינו ללמד על מנת להקנות אוריינות כימית, שתהיה שימושית בחיי היום יום?”

המורים ביצעו גם מיני-מחקרים בכיתותיהם בנושאים הנוגעים לאוריינות כימית, לעמדות תלמידים כלפי הכימיה, ולבחירת התלמידים בכימיה כמקצוע לבגרות ברמת 3 או 5 י”ל.

“המורה כמפתח פעילויות הוראה”: למרות שהסדנה נשאה אופי אקדמי ותיאורטי, שולבו בה גם פעילויות המדגישות את הפן היישומי, את הנעשה בכיתות הלומדות כימיה ברמות שונות. במסגרת זאת פיתחו המורים רצף הוראה לכיתה י’ (כ-15 שעות לימוד) המרוכז בנושא רלוונטי מסוים ומדגיש את עקרונות

כדי לענות על שאלות אלו, תוכננה והופעלה סדנת מורים שנתית בנושא “אוריינות כימית”. בסדנה השתתפו 15 מורים לכימיה, כולם בעלי ותק של 5 שנים לפחות וניסיון בהגשה לבחינות הבגרות.

שאלות המפתח שעליהן ניסו לענות משתתפי הסדנה:

1. האם יש ללמד **מדע** את כלל התלמידים ברמת בית הספר התיכון? אם כן, מדוע?
2. האם יש ללמד **כימיה** את כלל התלמידים ברמת בית הספר התיכון? אם כן, מדוע?
3. מהן המטרות העיקריות ואסטרטגיות ההוראה המובילות ברפורמה הנוכחית בתחום הוראת המדעים?
4. מהם רעיונות המפתח בכימיה? מהם המושגים המרכזיים?
5. מהו מקומה של ‘השפה הכימית’ באוריינות כימית?
6. מהן המיומנויות שאדם אורייני בכימיה מביא לידי ביטוי בהקשר לידע כימי?
7. מהי תרומת לימודי הכימיה לאוריינות מדעית? אילו היבטים יש להדגיש?
8. מהי תדמית הכימיה בציבור הרחב?
9. כיצד יש להעריך אוריינות כימית?

על מנת לענות על כל אחת מהשאלות, התנסו המורים המשתתפים במגוון רב של פעילויות כגון: הרצאות, ראיונות, פעילויות קריאה, דיונים קבוצתיים ומיני-מחקרונים.

למעשה, ניתן לחלק את פעילויות המורים בסדנה לשלושה תחומים מרכזיים: המורה כלומד, המורה כחוקר, המורה כמפתח פעילויות הוראה.

“המורה כלומד”: בפעילויות הנכללות בקטגוריה זו למדו המורים הן מתוך הרצאות והן מתוך קריאת מאמרים על הרפורמה בהוראת המדעים ועל יוזמות לרפורמה בהוראת הכימיה במדינות שונות בעולם. המורים למדו על השינוי שחל בהוראת מדע ברמת חטיבת הביניים

תפישת אוריינות כימית בעיני מורים

הממצאים העולים ממחקר זה נוגעים לתפישת אוריינות כימית בעיני מורים וביטוייה המעשיים בהוראה. חשוב לציין כי הסדנא התקיימה בשנת 2001 והממצאים נותחו במהלך שנת 2002. הממצאים מתייחסים לתמונת המצב כפי ששררה בשנים הנ"ל. בפרק המסקנות תובא התייחסות לשינויים שחלו בהוראת הכימיה בשנים שלאחר מכן.

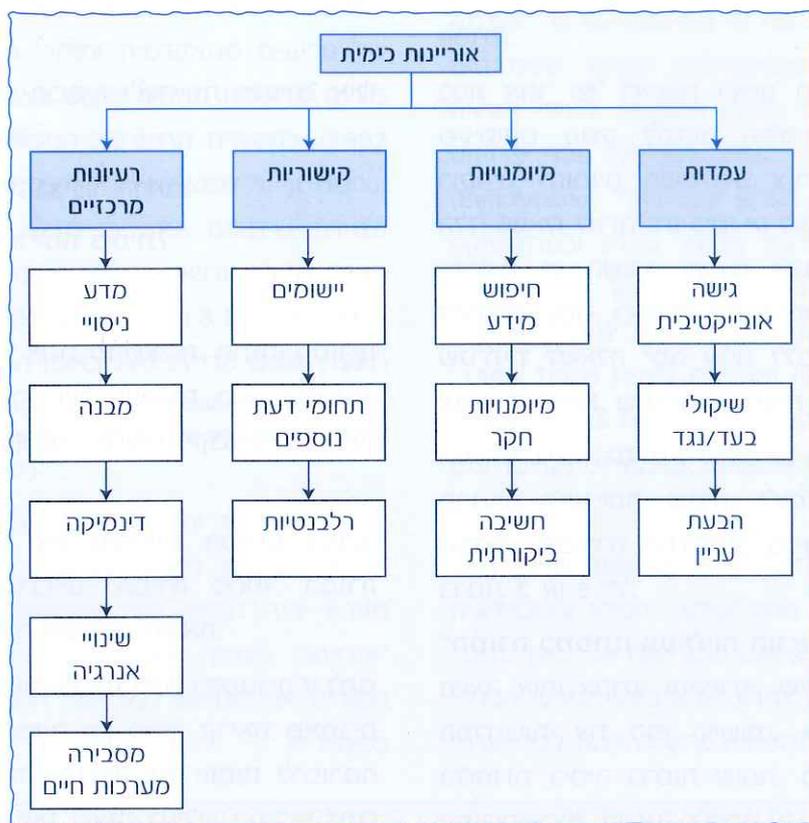
אוריינות כימית מהי?

על פי העולה מפעילויות ומדיוני הסדנא, הוגדרה אוריינות כימית כמורכבת מארבעה ממדים: **ממד התוכן** המגדיר מהם הרעיונות הכימיים שעל אזרח אורייין במדע לדעת ובאיזו רמה; **ממד הקישוריות** המגדיר את יכולתו של אזרח אורייין לקשור את הבנתו בתחום הכימיה לתחומים אחרים כגון תופעות בחיי היום יום, יכולת הכימיה לסייע

האוריינות הכימית כפי שעלו בסדנא. המורים ניתחו בחינות בגרות (ברמת 3 י"ל) וניסו לאתר את ממדי האוריינות הכימית שבאים לידי ביטוי בבחינות, לעומת אלו שאינם באים לידי ביטוי בדרך-כלל.

המורים עיבדו מאמר להוראה בכיתה ואפילו עסקו ב... ספרות ילדים. הספר "איך האדם הקדמון המציא, לגמרי במקרה, את הקבב הרומני" מאת מאיר שלו שימש כמקור שממנו ניתן ללמד על מה שמאפיין מדענים ואופן חשיבתם, ועל תפקיד המקריות בהמצאות מדעיות וטכנולוגיות. אחת המורות המשתתפות בסדנא העבירה את הפעילות בכיתה והציגה את רשמי התלמידים בפני עמיתה לסדנא.

פעילויות הסדנא תועדו ברישום פרוטוקול או בהקלטת הפעילויות. תוצרי פעילויות המורים נאספו ונותחו. בנוסף הועברו למשתתפי הסדנא מספר שאלונים.



איור 1 - תמצית ההגדרה לאוריינות כימית

במחקר בתחומי דעת אחרים (רפואה, ארכיאולוגיה, מדעי כדור הארץ ועוד...); **ממד המיומנויות** המגדיר את המיומנויות שאזרח אורין במדע מביא לידי ביטוי **והממד האפקטיבי** (ריגושי) המתייחס לעמדותיו של אורין במדע כלפי הכימיה ומידת התעניינותו, הפורמלית והבלתי פורמלית בכימיה.

ההגדרה המקיפה משתרעת על פני מסמך המכיל מספר רב למדי של עמודים. איור 1 בעמוד הקודם מתווה את תמצית ההגדרה.

(הערה: ממד המיומנויות מתייחס למיומנויות חקר. אין להבין מכך כי אזרח אורין בכימיה נדרש למיומנויות חקר כשל מדען. המיומנויות הנדרשות מאזרח אורין נוגעות בעיקר ליכולת לשאול שאלות, להבין ולהתייחס למידע המובא בפניו בצורות שונות של ייצוג ידע: מילולי, גרפי, טבלה וכו').

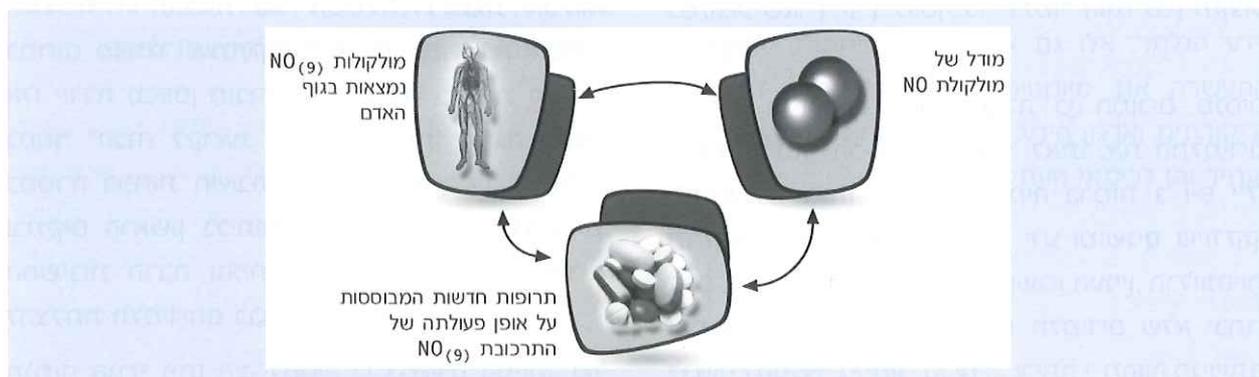
הוראת הכימיה בכיתה 'ו' והקניית אוריינות כימית

במסגרת פעילויות הסדנה המליצו המורים על מספר עקרונות להוראה לקראת אוריינות כימית:

- חשיפת התלמידים למספר רב של רעיונות כימיים, על מנת להקנות תמונה רחבה יותר של התחומים שבהם עוסקת הכימיה. חשיפה זו תבוא על חשבון רמת ההעמקה. לדוגמה, יש לחשוף תלמידים כבר בכיתה 'ו' לאספקטים הנוגעים גם לדינמיות ולאנרגיה ולא רק למבנה חומרים (הנושא המרכזי שבו מתמקדים

לימודי הכימיה בכיתה 'ו'). כך למשל, העובדה כי בתגובות רבות נדרשת אנרגיית שפעול אינה מוזכרת כלל בסילבוס כיתה 'ו' ובתכניות הלימודים השונות. לימודי הכימיה בכיתה 'ו' אינם מסייעים ללומד להסביר עובדה יומיומית פשוטה כגון "מדוע יש לשפשף את ראש הגפרור על מנת להדליקו (למרות שבתגובה בכללה נפלטת אנרגיה רבה)".

- צמצום מקומה של השפה הכימית בהוראה. ממחקרים עולה כי השפה הכימית מהווה קושי ומכשול לרבים מהתלמידים בכיתות הטרוגניות. תרגול איזוני תגובות, ניסוח תגובות שיקוע או אלקטרוליזה, חישוב נוסחה אמפירית ועוד, חשובים לתלמידים שילמדו כימיה בהמשך, אך לא לכלל האזרחים, ולכן מקומם בהוראה בכיתה 'ו' צריך להיות מצומצם ביותר.
- הקניית מיומנויות חשיבה ביקורתית, מיומנויות שאילת שאלות וארגון ידע במסגרת לימודי הכימיה. הקניית המיומנויות צריכה להיות שווה בחשיבותה להקניית התכנים. זאת מתוך מחשבה כי התלמידים יצטרכו להתמודד בחייהם הבוגרים עם חיפוש ידע (באינטרנט או בעיתונות הכתובה) ועם הפעלת ביקורת כלפי אותו ידע ומהימנותו.
- הרלוונטיות של לימודי הכימיה לתחומים רבים ומגוונים ולחיי היום יום של הפרט צריכה להיות מוטו מרכזי שדרכו יילמדו התכנים הכימיים, ולא 'קישוט' או העשרה הנשמרים לסוף הפרק (ולעתים נזנחים על ידי המורים מחוסר זמן).

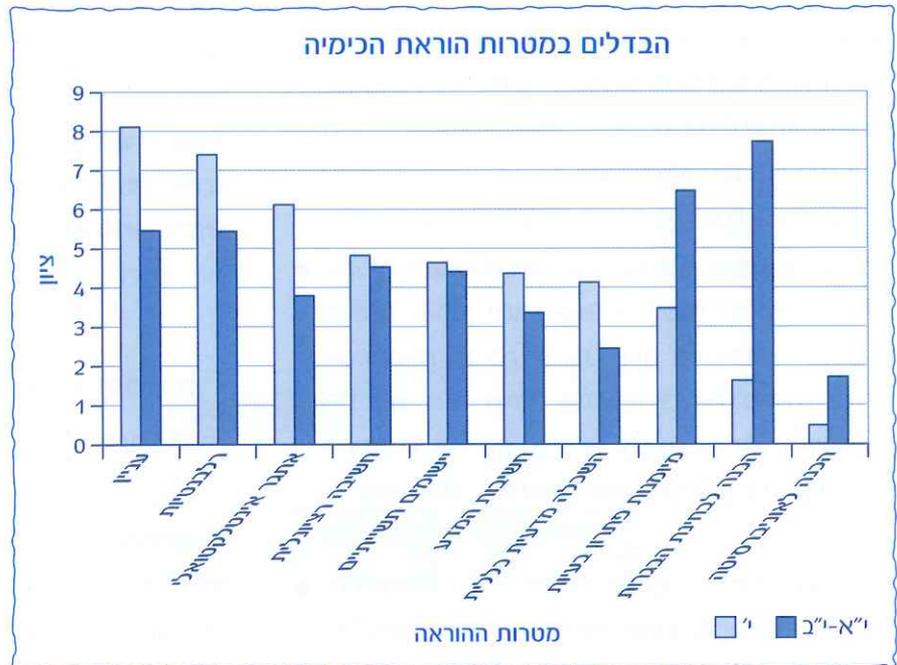


איור 2 - רלוונטיות הכימיה לתחומים רבים ומגוונים

הוראת הכימיה בכיתה י' – קונפליקט בין מטרות שונות

סדנת המורים והממצאים העולים ממנה סיפקו מידע בנוגע למחויבותם של המורים להקניית אוריינות כימית לכלל התלמידים הלומדים כימיה בכיתה י'. בשאלון שהועבר התבקשו משתתפי הסדנה לדרג מטרות הוראה שונות על פי חשיבותן, הן בכיתה י' והן בכיתות י"א-י"ב.

תוצאות הדירוג מובאות בגרף הבא:



של בחינת הבגרות, ייטו המורים לשלב פעילויות הוראה המכוונות להקניית אוריינות כימית ולהגברת העניין בכימיה של כלל התלמידים. אך מדברי המורים בדיונים עולה תמונת מצב שונה.

להלן מספר ציטוטים מדברי המורים המשתתפים – כולם מתייחסים להוראת הכימיה בכיתה י':

"יש כאן קונפליקט. מדברים על אוריינות כימית לכל וגם על הכנת תלמידים ספציפיים ללימודי המשך. זה כאילו

הולך ביחד, אבל במציאות זה לא... אני יודעת שללמד בגישה כללית יותר, וללא כניסה לפרטים זה 'אורייני' יותר ומתאים לרוב התלמידים, אבל אני מפחדת שזה פשוט לא ימשוך תלמידים טובים לבחור במקצוע".

"החיסרון היחיד הוא שאם נלמד כך (באופן שיפנה לכלל התלמידים – י.ש.) נאבד תלמידים שמחשיבים את עצמם, שחושבים שהם חכמים. היום, כימיה נחשב למשהו..."

"אני לא רוצה לעשות זילות של המקצוע. התלמיד יכול לחשוב אם כל אחד יכול ללמוד כימיה,

אז אם אני חכם אני אלך ללמוד פיסיקה... באמת, כמורה, יש את ההתלבטות הזו של להשאיר את זה כמקצוע שצריך ערך מוסף כדי ללמוד אותו לבין מקצוע לכולם".

מניתוח הדיונים בכללותם עולה כי המורים מנסים במהלך לימודי הכימיה בכיתה י' לאתר את התלמידים המתאימים ביותר ללימודי הכימיה ברמות 3 ו-5 י"ל, ולהקנות להם בסיס מוצק של ידע ומושגים שיזדקקו להם בלימודי המשך. זאת על חשבון העניין, הרלוונטיות והמענה לצרכים של כל אותם תלמידים שלא יבחרו לבסוף להמשיך בלימודי הכימיה, וכיתה י' מהווה פגישתם האחרונה בכימיה במסגרת של לימודים פורמליים.

מנתוני הגרף ניתן להסיק כי המטרות החשובות ביותר בהוראת הכימיה בכיתה י' הן: "פיתוח עניין בכימיה"; "הדגשת הרלוונטיות של הכימיה"; ו"הצגת הכימיה כתחום מאתגר אינטלקטואלי". חשיבותן של מטרות אלו יורדת (באופן מובהק סטטיסטית) בכיתות י"א-י"ב. בנוסף "הכנה לקראת בחינת הבגרות" דורגה כמעט כמטרה הפחות חשובה (מקום 8 מתוך 9) בכיתה י' ובמקום הראשון בכיתות י"א-י"ב. דבר זה מצביע על החשיבות הרבה והמחויבות הרבה שחשים המורים להצלחת תלמידיהם בבחינה.

מנתוני הגרף ניתן היה להסיק כי במקרה המיוחד של הוראת הכימיה בכיתות י', ללא המחויבות המכבידה

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1993). Benchmarks for science Literacy, New York, Oxford University Press.

Bilological Scicne Curriculum Studies (BSCS), (1995) Developing biological literacy. Kendall Hunt Publishing company. Iowa 1-25.

Fensham, P.J. (1993). Academic influence on school science curricula. Journal of Curriculum Studies, 25, 53-64.

Hofstein, A., Carmi, M., & Ben-Zvi, R. (2003). Developing leadership among chemistry teachers in Israel. International Journal of Science and Mathematics Education, 1(1), 39-65.

Holman, J. (2002). What does it mean to be chemically literate? Education in Chemistry 39,1, 12-14.

National Research Council (NRC) (1996) National science education standards. Washington DC, National Academy Press.

National Science Teachers Association (NSTA) (2003). Standards for Science Teacher Preparation. Interim version. Washington, DC.

Parke, H.M., & Coble, C.R. (1997). Teachers designing curriculum as professional developers: A model for transformational science teaching. Journal of Research of Science Teaching, 34, 773-789.

UNESCO, (1983). Science for all: Bangkok: UNESCO office for education in Asia and the Pacific.

משרד החינוך והתרבות (תשנ"ב 1992) "מחר 98" דו"ח הוועדה העליונה לחינוך מדעי ירושלים.

יפרח מ. (1999) אוריינות כימית מהי? הגדרתה והערכתה בקרב תלמידי בית הספר התיכון. חיבור לשם קבלת תואר מוסמך במדעים. מכון ויצמן למדע.

אחד מתוצרי המחקר שתואר כאן היה הגדרה לאוריינות כימית. ניתן לסכם ולומר כי להשקפות המורים, לדעותיהם ולעמדותיהם היה משקל רב בתהליך הגדרת האוריינות הכימית ובגיבוש עקרונות להוראתה. עוד עולה כי באופן תיאורטי 'מטרות אורייניות', כגון עניין בכימיה ורלוונטיות, תופשות את המקום הראשון בחשיבותו בעיני מורים, אך בפועל עומדות מטרות אלו בקונפליקט עם מטרה נוספת – הצגת הכימיה כמקצוע אליטיסטי ושכנוע תלמידים המתאימים ללימודי המשך לבחור במקצוע. הממצאים מעלים את השאלה אם ניתן במסגרת הוראת הכימיה בכיתה י' לענות על שתי המטרות (כל אחת חשובה לכשעצמה) בו זמנית. אחד הפתרונות הוא הדגשת האלמנטים של אוריינות כימית גם בתוכני ההוראה בכיתות י"א-י"ב וגם בהערכה בבחינת הבגרות. פתרון זה כבר מיושם הלכה למעשה ובא לידי ביטוי בפרסום הסילבוס החדש ל-3 ו-5 י"ל ובהכללת קטע קריאה בבחינת הבגרות.

פתרון נוסף הוא הוראה בשתי פלטפורמות של העמקה. הפלטפורמה המרכזית תהיה 'פלטפורמת האוריינות' שבה יילמדו התכנים והמיומנויות הנדרשים לאזרח אורייני (בעצם, לכל תלמידי כיתה י'). במהלך ההוראה יוצעו לתלמידים יחידות העמקה והעשרה. תלמידים המתעניינים בלימודי מדע בכיתות י"א-י"ב יוכלו להתמקד במסגרת יחידות אלו בהעמקת הידע המדעי. לעומתם, יוכלו תלמידים שאינם מתכוונים ללמוד כימיה בעתיד, להתעמק באספקטים חברתיים/צרכניים/אקולוגיים של הידע הנלמד. אלו גם אלו יתרגלו ביחידות ההעמקה וההעשרה את מיומנויות הלימוד העצמאי, הקריאה הביקורתית וארגון הידע. מיומנויות החשובות הן לאזרח העתיד והן לכימאי העתיד.



תודה לשרה שני על השתתפות בעשייה ולכל המורים שהם אלק בלתי נפרד מהתכנית ותורמים לצמיחתה בוזריות ובמסירות.

הקדמה ורקע כללי

מגוון אמצעי העשרה, אוסף פעילויות מגוונות הקשורות לתכנית הלימודים, דוגמאות לתכניות שונות ומגוונות של יחידת המעבדה בדגש תעשייתי, מעבדות חקר ברמות שונות ועוד.

במשך השנים בוצעו קורסי קיץ, סדנאות שנתיות, ימי עיון וכד' אשר הקנו למורים רבים רקע והכשרה מתאימים להוראת הנושא.

חלק בלתי נפרד מפעולותיו של המרכז הוא הסיוע האישי שניתן למורים בשילוב נושאי התעשייה בתכנית הלימודים ובארגון הרצאות וסדנאות לימודיים במפעלי תעשייה.

כל אלו מהווים תשתית מתאימה ורחבה לשילוב נושאי התעשייה הכימית על פי התכנית החדשה: מצד אחד – יחידות לימוד קטנות המתארות היבטים תעשייתיים ויישומיים בחיי היומיום לאורך כל תכנית הלימודים; מצד שני – פעילויות חקר במעבדה וברשת במסגרת "יחידת המעבדה בדגש תעשייתי" המלווה גם היא את תכנית הלימודים לכל אורכה בכיתות י"א-י"ב.

מהם המאפיינים של יחידת המעבדה בדגש תעשייתי?

יחידת לימוד זו מבוססת על שני עקרונות חשובים המעצבים את תפקיד המורים בכיתות הכימיה:

- המורים מעצבים את יחידת הלימוד ואת הדגשה.
- המורים משמשים כמנחים וכמדריכים לתלמידיהם בפעילויות החקר.

בפועל המורים בוחרים את הנושאים התעשייתיים וההיבטים היישומיים שבהם יתמקדו במהלך הוראת

נושא מן התעשייה הכימית היווה נושא חובה במסגרת ההשלמה ל-5 יחידות לימוד בכימיה במשך כ-10 שנים, החל מ-1991 ועד ל-2002. כיום הוא מהווה נושא בחירה. על פי החלטות ועדת המקצוע, בתכנית הלימודים החדשה בכימיה יפוזרו נושאי התעשייה הכימית לאורך תכנית הלימודים על פי התכנים שיילמדו בפרקים השונים. ההיבטים התעשייתיים והיישומיים בחיי היומיום יהיו קשורים למושגים ולעקרונות הכימיים הנרכשים בכל פרק. בנוסף נפתחה האפשרות לשילוב נושאי התעשייה גם ביחידת המעבדה (בהיקף של חצי יחידת לימוד או של יחידת לימוד שלמה).

בארבע השנים האחרונות פותחה יחידת המעבדה בדגש תעשייתי. היא נולדה מתכנית המיזם התעשייתי, שנוסחה בהצלחה רבה במספר בתי ספר והותאמה בהדרגה לדרישות ועדת המקצוע עד לגרסתה האחרונה המופעלת עכשיו במספר לא מבוטל של בתי ספר.

החל מ-1990 קיימת פעילות ענפה של המרכז לקשר בין התעשייה הכימית לבין מערכת החינוך, במחלקה להוראת המדעים, במכון ויצמן למדע. במהלך השנים הוקמה תשתית ידע תוכני ופדגוגי בנושאי התעשייה הכימית, כולל דרכים לשילוב המיטבי בתכנית הלימודים בכימיה.

פותרו מגוון חומרי למידה (ספרי לימוד, חוברות סיור במפעלים כימיים), חומרי הדרכה והעשרה (מדריכים למורה), עזרי הוראה (סרטים לימודיים, ערכות שקפים, מצגות) ולאחרונה אתר אינטרנט לימודי "כימיה ותעשייה כימית בשירות האדם"***. האתר כולל מאגרי מידע,

* ד"ר מירי קסנר, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע ומכון דוידסון לחינוך מדעי
** כתובת האתר: <http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/learnchem>

המעשיים בחיי היומיום ומתקשרים לנושאים, מושגים ועקרונות מתכנית הלימודים. בסוף הפעילות התלמידים אמורים לקבל תמונה שלמה ככל האפשר על הרקע המדעי של הנושא הנחקר, להבין את "סיפור המעשה" או את האירוע הנדון, ולדעת מהי חשיבותו לתעשייה או לחיי היומיום.

להלן דוגמאות לניסויים כאלה:

- **פחית הפלא:** ניסוי בעקבות כתבה שפורסמה על מוצר חדש שנכנס לשוק – פחית קפה הניתנת לחימום מהיר.

- **קר כמו קרח:** ניסויי חקר המבוססים על שימוש במלחים למטרות פיזור שלג מכבישים.

- **הפיצוץ הקטלני:** חקר האסון שקרה במפעל קוקה-קולה שבו נדרשים התלמידים למצוא את הסיבות לתאונה שקרתה ואת הדרכים למניעתה.

- **הוספת פלואור למי שתייה, כן או לא?** חקירה בעקבות כתבה המזהירה מפני החדרת פלואור למי השתייה והתובעת את חשיפת הציבור לסכנות הבריאותיות.

- **מהו חומר מנטרל טוב?** ניסויי חקר בעקבות השאלה שמעסיקה את הציבור לעתים קרובות לגבי מציאת הדרך המיטבית לטפל באירועים של פיזור חומרים מסוכנים.

- **גשם חומצי:** מהי תופעת הגשם החומצי? מהי השפעתו של הגשם החומצי על הסביבה? כיצד ניתן להקטין את תופעת הגשם החומצי, לשפר את איכות הסביבה ולהקטין נזקים?

ניסויי מעבדה שהם למעשה משימות תיכון – שימוש בעקרונות מדעיים, טכנולוגיים, סביבתיים וחברתיים לתכנון מוצרים. תוך כדי הפעילות התלמידים לומדים את שפת התעשייה, מתנסים בשלבים השונים של תכנון וייצור מוצר, מתנסים בעבודת צוות, בתהליך קבלת החלטות ובדרכים מגוונות של דיווח והצגת מידע.

כך למשל פותחו משימות תיכון של המוצרים בתחום תעשיית המזון, תעשיית המוצרים הקוסמטיים, תעשיית הנרות. המשימות כללו הקמת מפעל לרסק תפוחי עץ,

פרקי הכימיה השונים לאורך תכנית הלימודים. לשם כך הם בונים את רצף הניסויים ברמות החקר השונות ובוחרים את פעילויות החקר העיוני הנוספות. כל זאת במטרה להדגיש היבטים רלוונטיים ויישומיים של הכימיה והשלכותיהם על חיי היומיום. מטבע הדברים התכנית מדגישה את המוצרים השונים שהתעשייה הכימית מייצרת, דרכי הייצור שלהם, תכונותיהם ושימושיהם בחיי היומיום – כל אלו מהווים נדבך חשוב ביותר הן בניסויי המעבדה והן בפעילויות החקר העיוני, אשר יכולים להיות משולבים בקריאה ביקורתית של מאמרים, בצפייה בסרטים, בסיוורים בתעשייה, בבימת דיון ופעילויות חקר באמצעות הרשת וכד'. כל זאת במטרה להציג את לימודי הכימיה תוך כדי השגת המטרות האלה:

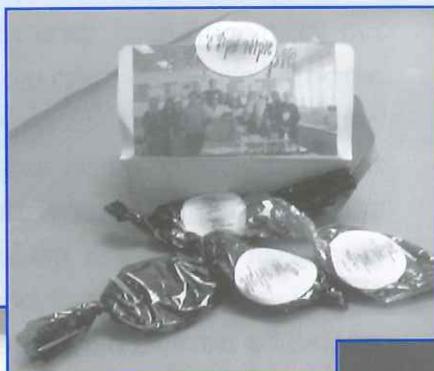
- **הדגשת הרלוונטיות של לימודי הכימיה לחיי התלמידים ולסביבתם הקרובה.**
- **הצגת קשרי הגומלין בין מדע (כימיה) לבין טכנולוגיה, חברה וסביבה.**
- **הדגשת היישומיות של העקרונות והמושגים בכימיה ב"עולם האמיתי" של התעשייה הכימית.**
- **הצגת הרב-תחומיות הנדרשת לעתים קרובות כאשר עוסקים בנושאים יישומיים ובפתרון בעיות מעשיות ב"עולם האמיתי".**
- **היכרות עם "עולם" התעשייה הכימית בכלל ועם התעשייה הכימית בארץ בפרט.**
- **הקניית מיומנויות חקר בכלל וחקר במעבדה בפרט.**
- **העברת האחריות ללמידה אל התלמיד – מלמידה ממורכזת-מורים ללמידה ממורכזת-תלמידים.**
- **גיוון דרכי ההוראה ושיטות ההערכה ומתן הזדמנויות ביטוי לתלמידים בעלי סגנונות למידה שונים ותחומי עניין שונים.**

חקר במעבדה

ניסויי החקר – הללו מבוססים על תכנים ונושאים מעולם התעשייה הכימית לגווניה, עוסקים ביישומים



ייצור שוקולד - מקיף ג' באר שבע



ייצור נרות - אורט ערד



ייצור קרם ידיים - סדנת מורים תשס"ג



ייצור רסק תפוחי עץ - תיכון ש. בן צבי, גבעתיים

אמין במקורות זמינים ברשת: מאגרי MSDS, מאגרי מידע על חומרים וכד' (ראו במאמר "שילוב התקשוב ביחידת המעבדה בדגש תעשייתי", מאת רוני שטנגר שהתפרסם בעל-כימיה, גיליון מס' 6, אוקטובר 2004).

החקר העיוני נחלק לשני סוגים עיקריים: **מידענות** – חיפוש מידע ברשת והתמודדות עם מקורות מידע והערכתו. במסגרת זו התלמידים מפתחים מיומנויות של חיפוש בעזרת מילות מפתח ומנועי חיפוש שונים, מיומנויות איתור מידע במאגרי מידע כימי ברשת ומיומנויות תקשוב נוספות, כמו: עיבוד תמלילים והכנת מצגות, השתתפות בפורומים, שימוש בדואר אלקטרוני ועוד. ביחידת המעבדה בדגש תעשייתי המידענות משולבת גם בכל פעילות המעבדה: מידע על חומרים (תכונות, רעילות, בטיחות וכד'), מידע על תהליכים (ייצור, תהליכים חלופיים וכד'), מידע על מפעלים מייצרים ועוד.

הקמת מפעל לשוקולד, ייצור נרות דקורטיביים, ייצור קרם ידיים וכד'.

חקר עיוני

ביחידת המעבדה בדגש תעשייתי קיימת חשיבות רבה להקניית מיומנויות חקר מגוונות ולשילוב החקר העיוני. כמו הכימאים, החוקרים, אנשי התעשייה או המעבדה, כל התלמידים חייבים להתמצא בחיפוש מידע ברשת ובמקורות אחרים, כולל חיפוש מידע על חומרים ותכונותיהם במאגרי מידע מתאימים. אין לתאר כיום את עבודתם של הכימאים ללא האפשרות להכיר כל חומר, את תכונותיו, את התהליכים שהוא עשוי לעבור, את הסכנות והסיכונים הכרוכים בשימוש בו, את רעילותו, את יכולת השיתוך שלו, את הדרכים לנטרולו ועוד.

אנו מנסים ל"חנך" את התלמידים כך שיכירו בחשיבות של חיפוש אחר מידע זה לפני כניסתם למעבדה לביצוע הניסויים, ולהקנות להם כלים למציאת מידע

במעבדה, השימוש במאגרי מידע באינטרנט והתקשוב, אנו מעודדים טיפוח מיומנויות קריאה ביקורתית, יכולת כתיבה מדעית והצגת מידע, למידה בקבוצות והוראת עמיתים.



תלמידים מתייבון עירוני ג' בחיפה מציגים בפני הכיתה על חקר מוצר ברשת

בניית התכנית

בחירת נושא מסגרת (נושא-על)

בגלל אופייה הייחודי של יחידת מעבדה זו חשוב מאוד שאוסף הניסויים לא יהיה מקרי ושיוצג על ידי נושא מסגרת בעל גוון תעשייתי יישומי. במהלך הרצת התכנית למדנו על חשיבותו של נושא המסגרת לצורך הצגת תמונה שלמה ומסודרת לתלמידים, המדגישה את המכנה המשותף של הפעילויות ואת התכנים ומטרותיהם החינוכיות. נושא המסגרת נקבע על ידי המורים, אשר יכולים כמובן לשתף בהחלטה את התלמידים. בפועל הדגש תעשייתי תלוי לעתים קרובות באזור המגורים ובמפעלים הקיימים בו. את ההדגשים לחיי היומיום מומלץ לבחור בהתאם לתחומי העניין של התלמידים.

דוגמאות לנושאי מסגרת שהוצעו על ידי מורים שונים במהלך השנים:

- מחומרי גלם למוצרים בשימוש האדם, עם איכות לסביבה
- חומרים בשירות האדם
- מחומרי גלם למוצרים
- ממעבדה לתעשייה



מיומנויות התקשוב הן חלק בלתי נפרד מיחידת המעבדה בדגש תעשייתי – בסדנת מורים

תחקירנות – חיפוש אחר מידע בשטח, התמודדות עם ניהול ריאיונות עם אנשי מקצוע ומציאת מידע מסוגים שונים במדיה הכתובה והמשודרת. התחקירנות משלימה את המידענות מבוססת-הרשת, במיוחד כאשר מדובר בפעילויות כמו סיור לימודי במפעל כימי או בימת דיון העוסקת בדילמה אקטואלית.

דוגמאות לפעילויות חקר עיוני:

- חקר מוצר ברשת – תלמידים בוחרים מוצר מחיי היומיום ולומדים עליו תוך כדי חקירה ברשת.
- משימות "חקרשת" בנושאים שונים:
 - דשנים – כן או לא?
 - התפלת מים – כן או לא?
 - מחזור פולימרים.
- בימת דיון בנושאים:
 - מתיל ברומיד, כן או לא?
 - מעכבי בעירה, כן או לא?
 - דשנים, כן או לא?

לעתים משולבות פעילויות החקר העיוני בניסוי מעבדה. כך למשל פותחה גרסה של חקר מוצר ברשת שבמהלכו מתבקשים התלמידים גם לתכנן ניסוי. לעתים קרובות מבוססים ניסויי המעבדה ופעילויות החקר העיוני על אירועים אמיתיים המתרחשים סביבנו, חלקם מעוררי מחלוקת וחלקם דורשים מיומנויות שיפוט והערכת מידע. בתכנית זו, בנוסף לטיפוח מיומנויות החקר

- מעקרונות כלליים בכימיה ליישום בתעשייה
- הכימיה ואיכות הסביבה
- חומרים לשימוש האדם
- התעשייה הכימית בישראל
- יישומים בתעשייה והקשר לתכנית הלימודים.

אסטרטגיית הוראה חשובה לא פחות, המרכזת את תשומת לב התלמידים לערך המוסף התוכני של יחידת לימוד זו, היא הצגת שלוש השאלות הבאות במהלך כל אחד מהניסויים או פעילויות החקר העיוני:

- מהו הקשר לעקרונות הנלמדים בתכנית הלימודים?
- מהו הקשר לחיי היומיום?
- מהו הקשר לתעשייה?

בחירת ההרכב ורצף הפעילויות לשילוב במהלך תכנית הלימודים*

בהיקף יחידה שלמה התלמידים נדרשים לבצע 12 פעילויות חקר לפחות. מתוך 10 ניסויים לפחות (3 ניסויים ברמת בסיס שבהם אין התלמידים נדרש לתכנן את הניסוי בעצמם ו-9 ניסויים ברמה מתקדמת שבהם התלמידים נדרשים לתכנן בעצמם את הניסוי). יש אפשרות המרה של שני ניסויים ברמת בסיס לפעילויות חקירה ברשת ושני ניסויים ברמה מתקדמת למיני מחקר.

בהיקף של חצי יחידה התלמידים נדרשים לבצע 7 ניסויים (3 ניסויים ברמת בסיס ו-4 ניסויים ברמה מתקדמת).

כאמור, באתר האינטרנט הלימודי מצוי מאגר "צומח" של כל חומרי ההדרכה והלמידה הקשורים לתוכנית. חלק מהניסויים והפעילויות פותחו על ידי צוות התכנית וחלק על ידי המורים המפעילים אותה בשטח. לעתים קרובות רעיון של מורה אחד מהווה בסיס להרחבה ולפיתוח של פעילות על ידי מורים אחרים.

* מסגרת התוכנית בהתאם לעקרונות תוכנית הלימודים החדשה בכימיה.

מודלים שונים להפעלת התכנית

● שילוב פעילויות חקר מעבדתי ועיוני עם דגש תעשייתי ויישומי לחיי היומיום לאורך כל תכנית הלימודים בכימיה, בעוד נושא המסגרת מהווה נושא-על (בהיקף יחידה שלמה או חצי יחידה). שילוב כזה יכול להיעשות גם תוך כדי לימוד של אחד מנושאי התעשייה או פרקים מסוימים מהם בהתאם לתכנים הנבחרים.

● לימוד אחד מנושאי התעשייה כנושא בחירה והרחבתו על ידי שילוב מעבדות חקר מגוונות. במקרה כזה היקף יחידת המעבדה הוא חצי יחידה והתלמידים עונים על שאלה אחת בנושא תעשייתי בבחינת הבגרות (אפשרות זו תאושר ככל הנראה עד להפעלת הסילבוס החדש).

דוגמאות לתכניות

כימיה בחיי היומיום – תכנית בעלת דגש יישומי ורלוונטי לחיי היומיום/ רותי שטנגר, תיכון עירוני ג', חיפה /תשס"ד /היקף יחידה אחת (כתובת אתר האינטרנט:

http://www.mkm-haifa.co.il/schools/ironig/chemistry/maizam1112_hp0.htm)

1. תכנון פחית קפה מתחממת – מעבדה וחקר ברשת
2. כיצד פועלות כריות האוויר במכונית? – חקר ברשת
3. הכנת דגם של מנורת לבה – מעבדה וחקר ברשת
4. המדריך לחומרי ניקוי – חקר ברשת
5. שלג יורד בחיפה – מעבדה וחקר ברשת
6. דשנים – כן או לא? – חקר ברשת
7. ייצור מעבדתי של אשלגן חנקתי – מעבדה וחקר ברשת
8. מיצוי וספיחה – מעבדה וחקר ברשת
9. האם נייר נדלק? – מעבדה וחקר ברשת
10. טיטולים – מעבדה וחקר ברשת
11. מדוע משחים התפוח? – מעבדה וחקר ברשת
12. מדוע הג'ינס דוהה? – מעבדה וחקר ברשת.

4. הפקת ברום ממי ים המלח – ניסוי וקריאת מאמר
5. הפקת סידן כלורי – ניסוי חקר
6. חומרי מבנה ושיתוך – ניסוי חקר
7. האם התגובה בין בסיס לחומצה עלולה להיות מסוכנת? – ניסוי חקר
8. גשם חומצי – ניסוי וחקירה ברשת
9. דשנים כן או לא? – חקרשת
10. מעכבי בעירה-האם הנייר נדלק? – ניסוי חקר
11. סיור לימודי במפעל תרכובות ברום ברמת חובב (קבוצות עבודה: עקרונות כימיים – הכימיה של התהליך, בטיחות, שינוע חומרים ואחסונם, סוגי מוצרים ושימושיהם, איכות הסביבה והיבטים אקולוגיים – תחקירנות וחקר ברשת
12. בימת דיון: מעכבי בעירה – כן או לא? (נציגי המפעל תרכובות ברום, נציגי המשרד לאיכות הסביבה, נציגי הירוקים, נציגי מכון התקנים, נציגי מכבי האש) – סימולציה ומשחק תפקידים הכולל תחקירנות וחקר ברשת.

דוגמאות לניסויים בנושאים שונים

הפקת חומרים: הפקת הברום במעבדה, ייצור סידן כלורי, ייצור חומצה זרחתית מפוספט, ייצור דשן. שיטות הפרדה: סינון, ייבוש, טיהור תמיסה על ידי ספיחה, מיצוי, זיקוק תמיסות (זיקוק יין). חומרים – מבנה, תכונות ושימושים: מעכבי בעירה, שיתוך וחומרי מבנה, גשם חומצי, "סוכריות קופצות ותרופות", טיטולים, חומרי ניקוי. זיהוי חומרים ובדיקות כמותיות: "תעלומת הכסף הרטוב", עקומת מסיסות, קביעת קבועי חלוקה. תיכון מוצרים: הקמת מפעל לייצור (רסק תפוחי עץ, שוקולד, נרות, קרם ידיים), "פחית הפלא", בניית תא אלקטרוכימי, תכנון כריות אוויר מתנפחות, הכנת דגם של מנורת לבה. היבטים בטיחותיים: הפיצוץ הקטלני, מהו חומר מנטרל טוב?

- מעקרונות כלליים בכימיה ליישום בתעשייה –**
- תכנית בעלת דגש תעשייתי המבוססת בחלקה על לימוד נושאים נבחרים מתוך הספר "לא על הדשן לבדו – תעשיית הדשנים בישראל"/עדנה קשי וג'ודי מדויבניק, תיכון היובל, הרצליה/תשס"ד/חצי יחידה
1. מדידת מתח התא/חצי תא לימון – חקר במעבדה
 2. חקר סוללות – חקרשת
 3. חיזוי תגובות כימיות בעזרת פוטנציאלי חיזור – חקר במעבדה וחקרשת
 4. סיור במפעל תאדירן סוללות – בעקבות חקרשת עם משימות
 5. דשנים יונים – מהו ה-PH? – מעבדה ופעילות ברשת
 6. קביעת קבועי החלוקה של החומצה הכלורית והחומצה החנקתית בין הפנטאנול והמים – מעבדה ופעילות ברשת
 7. ייצור של הדשן אשלגן-דו מימן-זרחתי – מעבדה ופעילות ברשת
 8. פיצוץ קטלני – מעבדה ופעילות ברשת.

מחומרי גלם למוצרים בשירות האדם, עם האיכות לסביבה – תכנית בעלת דגש תעשייתי המבוססת ברובה על לימוד נושאים נבחרים מתוך הספר "לא על הברום לבדו – מים המלח למוצרים בשירות האדם"/חיה סטרול, תיכון אשל הנשיא, דורית פלקוביץ תיכון מקיף ז', ב"ש ושרית טל, תיכון מקיף ג', ב"ש/תשס"ד/היקף יחידה אחת

1. חקירת תא אלקטרוכימי – ניסוי וקריאת מאמר
2. תכנון מפעל לייצור ושיווק שוקולד (שיקולים בהקמת מפעל דרך תיכון מוצר וחלוקה לקבוצות עבודה: הנהלה, מחקר ופיתוח, ייצור והכנת חומרי גלם, אריזה, שיווק ופרסום, שמירה על איכות הסביבה – ניסוי לתיכון מוצר
3. הפרדת תערובות – ניסוי חקר

פעילויות נוספות



תערוכת תלקיטים ומוצרים בערב הורים-תלמידים באשל הנשיא.

בבתי ספר שונים במהלך השנים הוצגה התכנית ותוצריה במסגרות של שיווק מגמת הכימיה (הצגת פרויקטים נבחרים לתלמידי כיתות י', ערב הורים-תלמידים להתנסות בניסויי חקר ומשימות של תיכון מוצרים), שיתוף הורים בחוויית הלמידה, ערבי סיכום לימודים וכד'.

כך למשל נערך ערב הורים-תלמידים לסיכום שנת הלימודים של מגמת הכימיה, שכבת י"ב תשס"ד, בתיכון אשל הנשיא: תלמידים מציגים את עבודותיהם בתכנית המיזם התעשייתי בתערוכה ובע"פ בליווי מצגות שהכינו במהלך הלימוד.

על הערכת התוכנית, תגובות התלמידים והמורים, אומרי הדרכה והצלעות לשיעור נושא התעשייה על פי הסיילבוס האדש בכימיה במאמר נושא שיתפרסם בגיליון הבא.



עדנה קשי מציגה את המיזם התעשייתי בכנס המורים - חנוכה תשס"ה

כל ההשתלמויות במרכז הארצי למורי הכימיה בשנת הלימודים הבאה, תשס"ז יתקיימו בימי רביעי בשבוע מומלץ לשריין יום פנוי בהתאם



המרכז הארצי למורי הכימיה

המרכז הארצי למורי הכימיה
מכון דוידסון לחינוך מדעי, מכון ויצמן למדע



מעבדה

מעבדות נוער ע"ש בלמונטה - כיצד מתווכים בין נוער ובין מכשור מדעי מתקדם?

רון בלונדר*

מה הוא מרכז מעבדות נוער ע"ש בלמונטה?

מרכז מעבדות נוער ע"ש בלמונטה ממוקם באוניברסיטה העברית בקמפוס בגבעת רם. במרכז נמצאות מעבדות משוכללות לאיכות הסביבה, לכימיה, למדעי החיים ולפיזיקה. המעבדות פתוחות לתלמידי החטיבה העליונה ומאפשרות לתלמידי התיכון התנסות בעבודה תאורטית ומעשית ברמה אוניברסיטאית. במאמר זה נתאר את הרעיונות והמטרות העיקריים העומדים בבסיס פעילותן של מעבדות בלמונטה, נציג את שיטת ההוראה המיוחדת המתקיימת במרכז ונתאר כמה ניסויים המייצגים את פעילות המרכז בתחום הכימיה.

לרשותו של מרכז מעבדות נוער ע"ש בלמונטה ציוד ומכשור מתקדמים בתחומי מדעי הטבע. לרעיון של הקמת מעבדות שבהן ציוד מחקרי מן השורה הראשונה וניסויים חדשים ומתקדמים, נלווים מספר עקרונות מנחים. אנו מאמינים כי מעבדות בלמונטה מהוות מקום מפגש ייחודי של מדע וחינוך. לכן אנו משקיעים מאמצים לפתח את הציוד המדעי מחד, ומאידיך לאמץ שיטות הדרכה המבוססות על תאוריות עדכניות של למידה, וגישות חדשניות לטיפול חשיבה.

המכשור המדעי – המכשור הקיים במעבדות הכימיה כולל מכשירים אנליטיים כגון: מכשיר למדידת בליעה אטומית, ספקטרופוטומטר לתחום IR ולתחום UV-Vis ומכשיר כרומטוגרפיית גזים. בנוסף למכשור האנליטי ה"כבד", אנו משתמשים בציוד קל יותר כגון: פוטנציומטרים, קונדקטומטרים, חיישני לחץ, חיישני טמפרטורה, ספקטרופוטומטרים, מכשירים למדידת טמפרטורת היתוך, פולרימטרים, קולונות לכרומטוגרפיה, ספקי כוח ולייזרים שונים. הרעיון של ריכוז מכשור מדעי יקר וחדש במקום אחד לשירותם של כל תלמידי

התיכון בירושלים יושם על מנת להתמודד עם מספר קשיים. אין אפשרות תקציבית שכל בית-ספר ירכוש בעצמו את הציוד היקר, וגם לו הייתה אפשרות כזאת, הפעלתו ותחזוקתו השוטפת חייבת להיעשות על ידי אנשים מקצועיים. באוניברסיטה קיים כוח אדם המיומן בהפעלה ובאחזקת המכשור. מעבר לכך הימצאות מכשור המשותף לכל בתי-הספר בעיר במקום אחד, מאפשרת ניצול מרבי של הציוד ומוזילה עלויות. כל אחד מן המכשירים נמצא במעבדות בכמות המספיקה לכיתה שלמה לעבודה סימולטנית. כלומר, כל תלמידי הכיתה המגיעים לבלמונטה יכולים לבצע אותו הניסוי, כאשר כל שניים או שלושה עובדים על מכשיר אישי, בעמדה נפרדת.

שיטות ההדרכה המיוחדות את מעבדות בלמונטה

מכשור מדעי מתקדם הנו הבסיס שעליו נבנו מעבדות בלמונטה, אך ברצוננו לאפשר לתלמידים לעבוד בעצמם עם המכשור. עבודה עם המכשור כוללת הפעלת המכשור, הבנת אופן פעולתו וקישור התוצאות והמדידות לידע הכימי והמתמטי שעמו מגיעים התלמידים. לפיכך מוטל עלינו ליישם שיטות הדרכה המתווכות בין הידע שעמו מגיעים התלמידים ובין הידע הדרוש על מנת לעבוד עם המכשור הקיים במעבדות. לשם כך מתבססת ההדרכה בבלמונטה על שלושה עקרונות: קונסטרוקטיביזם, פרטנות וטיפול חשיבה המדעית, כפי שמוצג באיור 1.

בלמידה קונסטרוקטיביסטית¹ הלומד בונה את הידע שלו מתוך ניסיון, חוויותיו ופעילותו. רעיון זה מקדם את ההבחנה בין 'מידע' לבין 'ידע', הבחנה שנעשתה כבר ע"י פיאז'ה. על פי הבחנה זו 'מידע' הוא תוכן שנמסר לאדם (תוך כדי קריאה, שמיעה וכד'), בעוד ש'ידע' הוא

* ד"ר רון בלונדר, רכזת כימיה, מעבדות בלמונטה, האוניברסיטה העברית גבעת רם, ירושלים 91904, www.belmonte.org.il

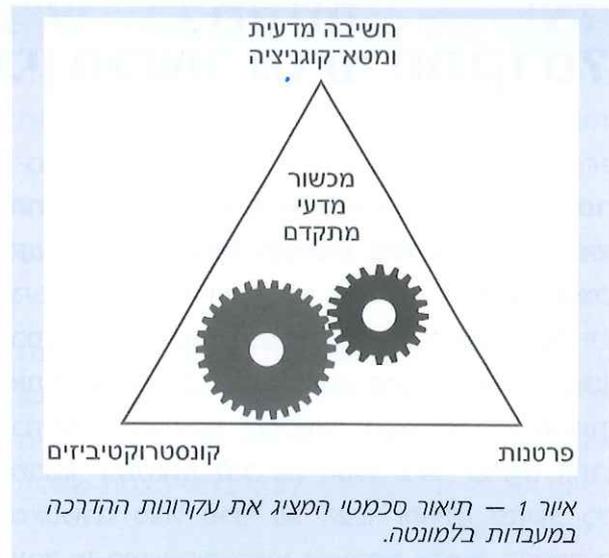
שאלות, השערת השערות, הסבר סיבתי, מטא-קוגניציה (חשיבה על חשיבה). בניסויי החקר וגילוי העוסקים בכימיה דרך מכשור וציוד מתקדמים, כפי שמתקיים בבלמונטה, משתמשים התלמידים במיומנויות החשיבה הללו ורוכשים באופן קונסטרוקטיביסטי ידע מסדר גבוה בתחום הכימיה³. העיסוק המטא-קוגניטיבי מתקיים במעבדות באופן מודע וגלוי. לא די בכך שהתלמידים יעברו את תהליכי החשיבה, מחקרים מראים שעל מנת להפנים תהליכים אלו, על הלומדים להעביר לרמת המודעות את תהליכי החשיבה. העיסוק במטא-קוגניציה מעלה את המודעות של הלומדים למיומנות החשיבה שבהן השתמשו במהלך הניסוי, ואף מאפשר להם להתמודד עם השאלה כיצד עליהם לחשוב ולעבוד במפגש הבא: אילו שינויים בתהליך החשיבה יש לבצע על-מנת לקדם את החשיבה המדעית.

הניסויים הקיימים במעבדות בלמונטה

סוגי המעבדות השונים הקיימים במרכז – אנו מפעילים בבלמונטה שלושה סוגי מעבדות, השונות זו מזו במטרותיהן ובדרך תכנון הניסוי (את הפרוצדורות של כל הניסויים ניתן למצוא באתר www.belmonte.org.il):

1. מעבדות מאשרות – מעבדות המאשרות חומר תאורטי הנלמד בכיתה.
2. מעבדות מלמדות – מעבדות המקנות לתלמידים מושגי יסוד חדשים.
3. מעבדות גילוי וחקר – מעבדות שבהן התלמידים מתכננים בעצמם את הניסוי שיענה על שאלת חקר מוצגת (במעבדות גילוי) ושאלת חקר שהתלמידים מעלים (במעבדת חקר).

מעבדות מאשרות הינן מעבדות המאשרות תאוריה, חוק, תכונה כימית וכו' שלמדו התלמידים. במעבדות אלו מבצעים התלמידים ניסויים אשר נלמדו בכיתה באופן תאורטי. לדוגמה, לאחר שלמדו בכיתה על תגובת האסטור התלמידים מכינים במעבדה אסטר. או לאחר שלמדו בכיתה נושא של טררציות חומצה-



תוצר של עיבוד המידע ע"י האדם. הידע הוא המשמעות הניתנת למידע ע"י האדם. במעבדות בלמונטה אנו מקפידים לספק את התנאים להבניית הידע מתוך התנסות בפעילות המעבדתית, על מנת לסייע בהפיכת הידע הרב לידע רלוונטי לתלמידים. הבניית הידע היא הדרך שבה אנו מגשרים על הפער הקיים בין הידע שעמו מגיעים התלמידים ובין הידע הנדרש על מנת לערוך ניסוי מתקדם על ציוד מורכב.

למידה פרטנית² – העבודה במעבדה מתקיימת בקבוצות קטנות, אך לא די בכך על מנת לאפשר לכל התלמידים למידה משמעותית – במילים אחרות, כיצד אנו הופכים עבודה בקבוצות קטנות לעבודה פרטנית? הנחת המוצא היא שכל תלמיד ותלמידה בקבוצה זקוקים להתייחסות שונה, בהתאם ליכולתם הלימודית, להבנתם השונה ולידע שעמו הם באים. בהתאם לכך המדריך פועל כמנחה המפעיל ומכוון בהתאם לקצב, ליכולות ולצרכים האישיים. על מנת לספק לתלמידים חוויה של הצלחה והבנה, מפורק הניסוי לתתי חלקים ולמשימות קטנות, כך שתהליך הלמידה הופך לתהליך של הבניית ידע.

חשיבה מדעית ומטא-קוגניציה – במעבדות הכימיה של בלמונטה אנו שמים דגש על פיתוח החשיבה המדעית. ניסויי החקר והגילוי מזמנים באופן טבעי שימוש במיומנויות חשיבה חשובות כגון ביצוע תצפיות, שאילת

העיקריות של מעבדות מלמדות הן הקניית מושגי יסוד בסיסיים בתחום הכימיה ויצירת עניין אצל התלמידים בכימיה ובמדעים המדויקים בכלל. המעבדות המלמדות יוצאות מנקודת הנחה כי לתלמידים אין בהכרח ידע מוקדם בנושא המעבדה או בכימיה בכלל, ומאפשרות למדריכים להתאים את שפת הדיון ורמתו לידע של התלמידים. לפיכך אין מגבלה לגיל התלמידים אשר יכולים לבצע את הניסוי ולהפיק ממנו תועלת, והוא אינו מכוון אך ורק לתלמידי המגמה לכימיה, אלא פתוח לכלל התלמידים. דוגמה למעבדה מלמדת היא מעבדה חדשה שנכתבה בשנה זו: "עישון סיגריות ונרגילות – היבטים כימיים מדעיים". במעבדה זו בוחנים התלמידים את עשן הסיגריות והנרגילות באופן מדעי. מהלך ניסוי זה יפורט בהמשך המאמר.

להלן רשימת הניסויים המלמדים הקיימים במעבדות הכימיה:

1. מעבדת היכרות עם הכימיה.
2. מצבי צבירה והמעברים ביניהם.
3. זיהום אוויר.
4. עישון סיגריות ונרגילות – אספקטים כימיים מדעיים.
5. מעבדה בשיטות הפרדה.

מעבדות גילוי וחקר^{5,4} הן מעבדות שבהן מושם דגש על מיומנויות חשיבה³, וזאת בנוסף לידע ולהבנה אשר נרכשים בסוגים השונים של המעבדות. למעבדת חקר שלושה חלקים עיקריים: שלב הטרומ חקר, שלב החקר ושלב הפוסט חקר. בשלב הטרומ חקר מכירים התלמידים את המערכת ואת התופעה שאותה יחקרו. בשלב זה מבצעים התלמידים, למעשה, ניסוי מן הסוג המאשר: הם עובדים לפי הוראות ברורות ומקבלים מידע על התופעה ועל המערכת והמכשור הקשורים במדידת התופעה. לאחר הכרת המערכת מעלים התלמידים שאלות שמעניינות אותם, בוחרים שאלה אחת שאותה יחקרו בשלב החקר, ומשערים השערת מחקר (תשובה מנומקת לשאלת החקר). בניסוי גילוי יקבלו התלמידים את שאלת החקר מובנית מראש ויתחילו את הניסוי



תמונה 1 – תלמידות בכיתה י"א עורכות ניסוי מאשר בנושא חמצון-חיזור ומבצעות מדידה בספקטרופוטומטר.

בסיס התלמידים מבצעים בעצמם טטרציה ובודקים אם עקומת הטטרציה נראית כפי שנלמד בכיתה. הניסוי במעבדה המאשרת – תפקידו לתת הוכחה ניסויית לחומר תאורטי שנלמד. לכן מתאימות מעבדות אלו לתלמידים הלומדים כימיה לבגרות, כיוון שהם מגיעים למעבדה לאחר שלמדו בכיתה את הרקע התיאורטי המתאים. בתמונה 1 ניתן לראות בנות כיתה י"א עורכות ניסוי בחמצון חיזור, ומבצעות מדידה במכשיר הספקטרופוטומטר.

להלן רשימת הניסויים המאשרים הקיימים במעבדות הכימיה:

1. מעבדות בנושא חומצות ובסיסים: טטרציות פוטנציומטריות, טטרציות קונדקטומטריות.
2. מעבדות בנושא חמצון חיזור: מעבדת בסיס, טטרציות חמצון חיזור, הכוללת עבודה עם ספקטרופוטומטר.
3. מעבדה בנושא שיווי משקל חמצון-חיזור ואלקטרוכימיה הכוללת עבודה עם ספקי כוח.
4. ניסויים בכימיה אורגנית הכוללים עבודה עם מערכות זיקוק, מיצוי וסינון, וספקטרופוטומטר IR.
5. מעבדה בנושא אנזימים וחלבונים הכוללת עבודה עם חיישני לחץ.

מעבדות מלמדות – קטגוריית המעבדות המלמדות שונה מן המעבדות המאשרות במספר היבטים. המטרות

משלב זה. התלמידים מתכננים ניסוי חקר, ומזמינים את כל הציוד והחומרים הדרושים להם לשם ביצוע הניסוי. בשלב החקר מבצעים התלמידים את ניסוי החקר שתכננו בעצמם, ובודקים אם הניסוי מאשש או מפרך את השערתם. בשלב האחרון מעלים התלמידים שאלות נוספות המסקרנות אותם בעקבות הניסוי שביצעו, ומבצעים מטא-קוגניציה על תהליך הניסוי ועל דרכי החשיבה שלהם.

אלה מעבדות הגילוי והחקר הקיימות בבלמונטה:

1. מעבדת חקר בנושא חומצות ובסיסים: טיטרציה פוטנציומטרית/קונדקטומטרית.
2. מעבדת חקר בנושא שיווי משקל הכוללת עבודה עם מכשיר ספקטרופוטומטר.
3. מעבדת חקר בנושא קישור בין מולקולרי, הכוללת עבודה עם מכשיר הגז כרומטוגרף.
4. מעבדת גילוי בנושא איכות מים, הכוללת עבודה עם מכשיר בליעה אטומית.
5. מעבדת גילוי בנושא סוכרים, הכוללת הכנת קולונה ועבודה עם מכשיר הפולרימטר.
6. מעבדת חקר בנושא אלקטרוליזה, הכוללת עבודה עם ספקי כוח.
7. מעבדת גילוי בנושא אנזימים הכוללת עבודה עם חיישני לחץ.
8. מעבדת גילוי בנושא סטוכיומטריה הכוללת עבודה עם מאזניים אנליטיות וחיישני לחץ.
9. מעבדת גילוי בנושא כימיה אורגנית הכוללת עבודה עם ספקטרופוטומטר IR.

דוגמאות מפורטות של 2 ניסויים בכימיה במעבדות בלמונטה

- א. מעבדה מלמדת: עישון סיגריה ונרגילה – אספקטים כימיים מדעיים
- בניסוי זה נבדוק בצורה אובייקטיבית עישון סיגריות ונרגילות מבחינה כימית-מדעית. הניסוי מתאים לתלמידי חטיבה עליונה, המגיעים למעבדות בלמונטה בליווי מורה לכימיה (או מדעים) ומחנכת/הכיתה.

רקע: נזקי העישון⁵ הנגרמים מעישון סיגריות ונרגילות הוכחו במחקרים מדעיים רבים. 80% מכלל מקרי סרטן הריאה מופיעים אצל מעשנים. עישון מהווה גורם עיקרי להתפתחות סוגי סרטן נוספים. העישון גורם גם למחלות קשות אחרות בדרכי הנשימה: אסתמה, ברונכיטיס ועוד. העישון פוגע במוח ובכליות ומוריד מיידית את הכושר הגופני. העישון פוגע בפוריות הגבר, מוביל לזירוז תהליכי הזדקנות ויצירת קמטים בעור הפנים ועוד. מה יש בעשן הסיגריות שגורם למפגעים בריאותיים כה מגוונים? בניסוי זה ננסה לאפיין חלק מן המרכיבים הנשפאים לתוך הגוף בזמן העישון, על מנת להבין כיצד ועל ידי אילו חומרים נגרמות המחלות הרבות שנוצרות בעקבות עישון.

תחנה מס' 1: חומציות העשן הכללית – בניסוי זה נתייחס למכלול החומרים הנמצאים בעשן הסיגריות ונבדוק מהי החומציות הנוצרת בריאות כאשר מעשנים. בתחנה זו אנו מציגים את נושא החומציות בפני התלמידים (רמת הדיון תלויה בידע קודם של התלמידים) ובודקים את החומציות של חומרים שונים המוכרים מחיי היומיום בעזרת נייר pH ובעזרת אינדיקטור (ברומתימול-כחול). בעזרת אותו אינדיקטור התלמידים בודקים מהי החומציות של עשן הסיגריות, על ידי בעבוע עשן הסיגריה לתוך בקבוק ניקה המכיל את האינדיקטור. התלמידים מנסים לשער מהו המקור לחומציות ומהן ההשלכות הפיזיולוגיות של התוצאות המתקבלות.

תחנה מס' 2: זיהוי המרכיבים הכימיים בפאזה הגזית – בתחנה זו נבדוק את המרכיבים של הפאזה הגזית בלבד. המרכיבים המסוכנים העיקריים של הפאזה הגזית הם: פחמן חד חמצני, תחמוצות של חנקן, אמוניה, תרכובות נדיפות של גופרית, תרכובות נדיפות של חנקן (כגון חומצה ציאנית), פחממנים, כהלים וחומרים אורגניים נוספים. בתחנה זו נבדוק הימצאות פחמן חד חמצני, תחמוצות של חנקן ותרכובות גופרית בעשן של סיגריות ובעשן של נרגילות. אנו נבצע בדיקות כמותיות לזיהוי חומרים אלו באמצעות אינדיקטורים מיוחדים ונשווה בין התוצאות המתקבלות בבדיקת עשן סיגריות ונרגילות.



תמונה 2 – בנות בכיתה " בוחנות מקרוב ריאות חזיר בריא וריאות שעישנו.

שאלונים שממלאים תלמידים לאחר שעברו את 4 התחנות מצביעים שקיימת השפעה ברורה של הניסוי על העמדות של התלמידים כלפי עישון (עדיין לא נערכו מחקרים לטווח הארוך).

ב. מעבדת חקר בנושא קישור בין מולקולרי הבנויה סביב מכשיר הגז כרומטוגרף

בתחילת ניסוי זה מקבלים התלמידים רקע תאורטי והסבר על פעולת מכשיר הגז כרוטוגרף. עקרון עבודת המכשיר מקושר לידע התלמידים בתחום "קישור בין מולקולרי".

בחלק הפרה-חקר של הניסוי מזריקים התלמידים למכשיר הגז כרומטוגרף תערובת של שלושה כהלים (מתאנול, אתאנול, פרופאנול) בשתי טמפרטורות שונות של הקולונה (150°C , 170°C). מתקבלות שתי כרומטוגרמות שונות, המוצגות באיור 3. התלמידים משווים ביניהן ומעלים שאלות מדעיות שהיו רוצים לברר בעקבות התוצאות של ניסוי הפרה-חקר. התלמידים מנסחים שאלת חקר, מתכננים ניסוי ומבצעים אותו. דוגמאות לשאלות חקר שהעלו תלמידים בניסוי זה מופיעות באיור 4. בניסוי חקר זה, כמו בניסוי חקר אחרים המתבצעים בעזרת מכשור מתקדם, ניתן לחלק את שאלות החקר שמעלים התלמידים לשלוש קבוצות, כפי שמוצג באיור 4: שאלות חקר המתייחסות לשיטת

את הזיהוי הכמותי של הגזים הרעילים אנו מבצעים באמצעות אפולות מיוחדות המהוות אינדיקטורים לגזים ספציפיים כמו: CO , NO_x ו- SO_2 .

תחנה מס' 3: בדיקת החלקיקים המוצקים בעשן – עשן הסיגריות בנוי מפאזה גזית ופאזה מוצקה. כל מ"מ מעוקב של עשן מכיל עד 5×10^9 חלקיקים בעלי קוטר בין 0.2 ל-10 מיקרון (מיקרון הוא מיליונית המטר). החומר ניקוטין נמצא בפאזה המוצקה ונחשב לגורם העיקרי בהתמכרות לעישון. בנוסף לניקוטין מכילה הפאזה המוצקה תרכובות אורגניות נוספות ברובן פחממנים ארומטיים חד ורב טבעיים. תערובת תרכובות מוצקות אלו מכונות "עטרן". החומרים שבעטרן הם ברובם חומרים מסרטנים. בתחנה זו נאסוף את החלקיקים המצויים בעשן סיגריות ונרגילה ונשווה ביניהם. איסוף החלקיקים המוצקים נעשה בעזרת פילטר המונח בין שני בקבוקי ניקה, אשר אחד מהם מחובר לסיגריה (או לנרגילה) והשני מחובר למשאבת ואקום, כפי שמוצג באיור 2.



איור 2 – מערכת עישון, האוספת את החלקיקים המוצקים על פני פילטר נייר.

תחנה מס' 4: השפעת העישון על הריאות – בתחנה זו המדריך מסביר לתלמידים על מבנה הריאות ומדגים את ההבדלים בין ריאה בריאה לריאה של אדם מעשן. בתמונה 2 ניתן לראות תלמידה הבוחנת מקרוב את ההבדלים בין שתי הריאות.

כמה זה עולה לנו?

כפי שציינו, מעבדות בלמונטה פתוחות ללא תשלום עבור תלמידי התיכון בירושלים. לבאים מחוץ לירושלים: עלות פעילות בת 4 שעות, ל-20 תלמידים היא 1500 ₪. הפעילות כוללת ניסוי והדרכה כמפורט במאמר זה.

מורים המעוניינים להגיע עם כיתתם, מוזמנים להתקשר לד"ר רון בלונדר למספר הטל' 02-6586230 או ליצור קשר בדוא"ל לכתובת ronb@savion.huji.ac.il

מראי מקום

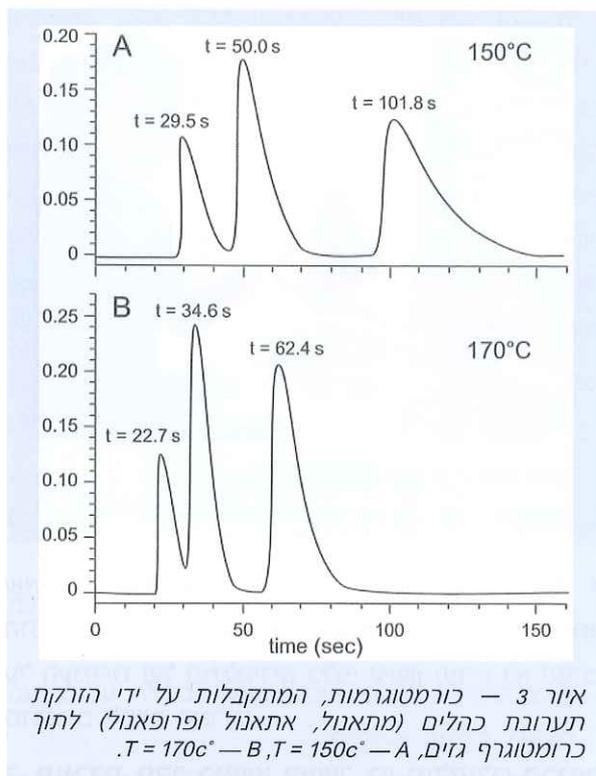
1. לקראת הוראה קונטרוקטיביסטית – בחיפוש אחר הבנה, ז.ג. ברוקס ומ.ג. ברוקס, הוצאת מכון ברנקו וייס, 1997.

2. אתר מכון ברנקו וייס: <http://brancoweiss.org.il/ideas.asp?cat=9>

3. D.Hanson, T.Wolfskill, J. Chem. Educ. 2000,77, 120
4. Inquiry-Based Experiments in Chemistry, V.L. Lechtanski, Oxford University Press., 2000

5. אתר "כימיה בגישה חוקרת" מכון ויצמן: <http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/heker>

6. אתר משרד הבריאות: <http://www.health.gov.il/units/education/catalog/storm.htm>



המדידה, שאלות חקר סביב מכשיר המדידה ושאלות חקר בנוגע לחומר הלימוד (במקרה זה קישור בין מולקולרי). הגדלת המגוון והכיוונים של שאלות החקר שמעלים התלמידים בעקבות ההתנסות עם מכשור מתקדם, פותחת בפניהם אפשרות להעלות את הרמה המדעית של שאלות החקר לידע כימי מסדר גבוה³ (כפי שכתבתי בסעיף 2).

מהו סדר היציאה של הכהלים מן הקולונה?

כיצד משפיע עליה במסה המולרית של הכהל על זמן יציאתו מן הקולונה?

מה הקשר בין מבנה הכהל לזמן היציאה מן הקולונה?

**שאלות חקר
בנוגע לחומר
הלימוד**

כיצד משפיע שינוי הטמפרטורה על זמן יציאת החומרים?

מהי השפעת לחץ הגז הנשא על זמן היציאה מן הקולונה?

**שאלות חקר
סביב המכשיר
המדעי**

כיצד משפיע שינוי הטמפרטורה על ההפרדה של הפיקים בכרומטוגרמה?

כיצד משפיע שינוי ריכוז של החומרים בתערובת על זמן היציאה?

כיצד משפיע שינוי ריכוז של החומרים על צורת ושטח הפיקים?

**שאלות חקר
המתייחסות
לשיטת המדידה**

איור 4 – מיון שאלות חקר בניסוי עם כרומטוגרף גזים על פי קטגוריות שונות.

מנורת עלאא אלדין

עבדאללה ח'לאילה*



כלים וחומרים

תמיסה מימית של מי חמצן H_2O_2 בריכוז של 30% (בד"כ שומרים במקרר)
זו תחמוצת המנגן $MnO_{2(s)}$ בצורת אבקה או גרגירים
עדינים של אשלגן יודי $KI_{(s)}$
ארלנמייר של 1000 מ"ל + פקק מתאים
ספטולה או כפית תה
כפפות
קיסם עץ ארוך
גפרורים
גזייה

מהלך הניסוי

חובה להרכיב משקפי מגן וללבוש כפפות.

1. הוסיפו לתוך האירלנמייר כ-50 מ"ל של מי חמצן בריכוז של 30%.
2. קחו מעט מן הזרז $MnO_{2(s)}$ על קצה הספטולה והוסיפו אל תוך האירלנמייר. אפשרות אחרת – להוסיף כרבע כפית של הזרז $KI_{(s)}$ במקום המנגן הדו חמצני. בתוך כמה שניות יתפתח ענן מרשים של אדי מים וחמצן אשר ימלא את כל החדר. זה מרתק מאוד ואין מקום לבהלה. רק כאשר שמים את הזרז בתוך האירלנמייר, יש להתרחק ממנו מרחק של כשני מטר.
3. אחרי שוידאתם כי רוב הענן כבר השתחרר, פוקקו, אבל לא בצורה הרמטית, את האירלנמייר כדי למנוע דליפה נוספת של חמצן.
4. הדליקו את קיסם העץ ע"י הגזייה, כבו את הקיסם והכניסו אותו כשהוא עומם לתוך האירלנמייר. חזרו על פעולה זו כמה פעמים. צפו במה שמתרחש.

קראתי באחד הספרים שהתגובה, שיורחב עליה הדיבור כאן, נקראת בשם "תגובת מנורת עלאא אלדין".

עלאא אלדין זהו אחד הגיבורים של סיפורי אלף לילה ולילה האגדתיים. עלאא היה בילדותו בן להורים פשוטים ועניים. כאשר התבגר ביקר אדם אחד את משפחתו ונתן לו מנורת קסם אשר נקראה מאז על שמו. מנורה בלתי רגילה זו נתנה לעלאא חוסן והייתה סוד הכוח שלו. כאשר הניע עלאא את המנורה בתנועות מסוימות, מיד הופיע בפניו אדם ענק ואמר לו: "אני לרשותך ואני יכול לבצע כל פקודה שתצא מפירי". וכך הפכה המנורה את עלאא מאדם עני לעשיר, אפשרה לו להינשא לנסיכה – בת המלך, לבנות לו ארמונות מפוארים וגינות מרהיבות ולהיות בעל שם טוב ומפורסם בכל רחבי תבל.

ומה הקשר בין התגובה לבין מעלליו של עלאא זה?

בתגובה שאנו מבצעים בתוך אירלנמייר יוצא ענן ענק שדומה כביכול לאדם הענק, שנהג להופיע בפני עלאא אלדין, לבצע את פקודותיו ולהגשים עבורו את "הבלתי אפשרי".

בשורות הבאות אפרט את מהלך התגובה הנ"ל, לא לפני שאזכיר שתגובה זו יכולה להתבצע רק אם מרכיבים משקפי מגן ובכפפות. מגע של העור עם מי חמצן בריכוז הנזכר למטה עלול לגרום לכוויות.



* עבדאללה ח'לאילה, מורה לכימיה בתיכון סכנין, מדריך לכימיה במגזר הערבי.

האם ניסוי זה מתאים לתכנית הלימודים?

ניתן לחבר ניסוי זה לכל מיני נושאים שכלולים בתכנית הלימודים. בנוסף להיותו ניסוי מעורר מוטיבציה בצורה יוצאת מן הכלל, יש בו אלמנטים של אנרגיה, מבנה וקישור, חמצון חיזור, קיניטיקה ומהירות תגובה. מהירות תגובה – הן בשל התגובה של התפרקות מי חמצן והן בשל תגובת הבעירה שהיא מהירה יותר, כאשר ריכוז החמצן בתוך האירלנמייר עולה על זה שנמצא באוויר. כמו כן ניתן לחבר ניסוי זה לתירמודינמיקה מאחר שיש בו בקרה קיניטית, ומבחינה תירמודינמית אין מניעה להתרחשותו בתנאים כלשהם.

איך ניתן לנצל ניסוי זה ולבנות על בסיסו ניסויי חקר אפשריים?

בריכוזים גבוהים של מי חמצן ניתן לבצע ניסוי זה

כהדגמת מורה בלבד. לדעתי, כאן מעורבות תצפיות רבות ומגוון שאלות אשר מתעוררות מאליהן. ניתן להסתכל על גודל הענן שהוא למעשה מדד למהירות התגובה, כמשתנה תלוי, ואילו בתור משתנה בלתי תלוי ניתן לבחור את כמות הזרז או את סוג הזרז או את גודל הגרגירים של הזרז או את הריכוז ההתחלתי של מי חמצן. משנבחר משתנה אחד כבלתי תלוי, הופכים כל השאר לגורמים קבועים. למשל, אם בוחרים בסוג הזרז כמשתנה בלתי תלוי, יש לקבוע את כמות הזרז, את גודל הגרגירים ואת הריכוז ההתחלתי כגורמים קבועים. ואם משתמשים, למשל, בריכוז ההתחלתי של מי חמצן כמשתנה בלתי תלוי, אז הופכים כמות הזרז, סוג הזרז וגודל הגרגירים שלו לגורמים קבועים.

בריכוזים התחלתיים נמוכים של מי חמצן יכולים התלמידים עצמם לבצע את הניסוי.



המחלקה להוראת המדעים

הטמעת תכנית הלימודים "כימיה במנהרת הזמן"

"כימיה במנהרת הזמן" היא מבנית המהווה חלק מתכנית הלימודים החדשה בכימיה ומטרתה העיקרית היא להקנות לתלמידים אוריינות כימית בסיסית, כלומר לחשוף את התלמידים להיבטיה השונים והמגוונים של הכימיה, הבאים לידי ביטוי בחיי היומיום.

מורים המלמדים לפי התכנית מעשירים ומרחיבים את מאגר הפעילויות, ולכן אנו קוראים לכם המורים, המלמדים לפי התכנית, לקחת חלק בפרויקט הטמעה – לתרום מהניסיון שלכם ולעזור למורים אחרים המלמדים לפי התכנית.

במסגרת הטמעת התכנית אנו עורכים מפגשים, בהם המורים משתפים אחד את השני בפעילויות השונות ומקיימים דיונים על קשיים הקיימים בהוראת התכנית ובדרכים לפתרוןם.

אם ברצונכם לקחת חלק בפרויקט ההטמעה, להכיר פעילויות חדשות המלוות את התכנית ולתרום מניסיונכם האישי, אנא צרו עמנו קשר:

המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, ת.ד. 26, רחובות 76100,

מריה טננבאום, 08-9343795 TMARIA@wisemail.weizmann.ac.il

בודק מטלות ברשת – WebAssign

סוף לעבודה השחורה של המורה, ושיפור בהצלחת תלמידים בבחינות
טל שביט



במהלך השיעור ובאופן זה מבטיחה שהשיעור יותאם לקבוצה הלומדת. במהלך ארבע השנים הללו עבדו עם המערכת אלפי סטודנטים בהצלחה מלאה.

כיצד מסייע בודק המטלות בלמידה?

בחינת תרומתו של בודק המטלות ברשת ללמידה מגלה יתרונות, הן עבור המורים והן עבור התלמידים.

יתרונות המערכת למורים

- **זמינות** – יצירת מטלות, שליחתן ובדיקתן במשך 7 ימים בשבוע, 24 שעות ביממה.
- **מידיות** – משלוח, איסוף ומתן ציונים באופן מיידי.
- **קלות בהפעלה** – המערכת נוחה וקלה להפעלה, נוסתה על ידי אלפי מורים.
- **שחרור מעבודה שחורה** – המערכת נותנת ציונים לתלמידים ורושמת אותם בפנקס המורים.
- **מאגר ידע** – אוסף של מאות אלפי שאלות בפיזיקה, כימיה, ביולוגיה ומתמטיקה.
- **אפשרות הרחבה** – ניתן להרחיב את השאלות, לפי בקשה, לכל תחום דעת.
- **יחס אישי** – יכולת לעקוב אחרי כל התלמידים ולדעת על הישגיהם לאורך השנה.

יתרונות המערכת לתלמידים

- **מידיות** – הציון ניתן מיד עם הגשת שיעורי הבית או המטלה.
- **שיפור** – ניתן לחזור ולהגיש את המטלות מספר פעמים.

בשנים האחרונות מתפתחות בעולם דרכי תרגול והערכה, הנשענות על בסיסי נתונים ברשת האינטרנט הכוללים: שאלות, מטלות, כיתות לימוד ודיווח עדכני של הישגי התלמידים.

בעקבות הצלחתה במכללה האקדמית בצפון, נבחרה המערכת האוטומטית לבדיקת מטלות בסביבה אינטרנטית (WebAssign) ע"י עשרות בתי ספר בארץ. מכללת עמק הירדן החליטה לשווק את המערכת לבתי הספר בארץ. עד כה נרשמו למעלה משלושים בתי ספר לעבודה עם בודק המטלות ברשת.

מערכת זו מאפשרת למורים לבנות בקלות מטלות במהלך הקורס. כל מטלה מורכבת מסדרה של שאלות העוסקות בנושאים שנלמדו בשיעור האחרון או משאלות הכנה לקראת השיעור הבא. המערכת מאפשרת לסטודנטים להתמודד עם מטלות הניתנות מדי שבוע במהלך הסמסטר באמצעות רשת האינטרנט. לאחר הגשת המטלות באמצעות המערכת, מקבלים הסטודנטים משוב מיידי לתשובותיהם ובמקרים רבים הזדמנויות נוספות לשוב ולתקן תשובות שגויות. בדרך זו יכולים הסטודנטים לזהות קשיים ונקודות חוזק בלמידה שלהם החל מהמפגש הראשון בקורס.

המערכת מאפשרת למורים לקרוא את תשובות הסטודנטים ואת ציוניהם בכל אחת מהשאלות שהופיעו במטלות, לזהות – באמצעות כלים סטטיסטיים – את מידת ההצלחה של כל אחד מהם ולקבל תמונה כוללת של ביצועי הכיתה. מידע זה מאפשר למורים להכין את השיעור הבא בהתחשב בקשיי שהתגלו בביצוע שיעורי הבית, ובכך להתאים את הלמידה למשוב המתקבל מהסטודנטים. מערכת זו תואמת את הגישה הפדגוגית של "הוראה בזמן אמת". גישה זו מדגישה את חשיבותה של ההתייחסות הרציפה לקשיי הסטודנטים/תלמידים

תוצאות המחקר מצביעות שבארבעת התחומים הייתה לבדוק המטלות ברשת תרומה חיובית למהליך הלמידה. בתחום האחרון – עומס למידה – התברר שתלמידים רבים התלוננו על עומס לימודים גבוה יותר בשל שילוב המערכת. עומס זה הוביל, מאידך, לשיפור משמעותי בתחושת ההבנה, המעורבות בשיעורים, קבלת משב שוטף על מצב הלמידה בכיתה והידוק הקשרים עם המורים.

בודק מטלות ברשת לרשות מורי הכימיה

בודק המטלות ברשת יכול לסייע למורי הכימיה בעבודתם ולהקל באופן משמעותי על בדיקת שיעורי הבית, על הכנה לבחינות הבגרות ועל ביצוע מבחנים. במאגר השאלות מצויות עשרות אלפי שאלות בכימיה באנגלית, חלקן הגדול מלוות ציורים מרהיבים ואנימציה. כ-800 שאלות בכימיה תורגמו לעברית, חלקן מתאימות לרמת 3 יחידות לימוד וחלקן – לרמת 5 יחידות לימוד. השאלות ערוכות באוגדן, לפי הנושאים המצויים בתכנית הלימודים והמפורטים בזה:

1. מושגי יסוד
2. ניסוח תגובות
3. חומרים יוניים
4. מבנה האטום
5. המערכת המחזורית
6. מבנה, קישור ותכונות החומר
7. היבטים כמותיים בכימיה
8. חמצון חיזור
9. בסיסים וחומצות
10. אנרגיה כימית
11. שיווי משקל
12. מהירות תגובה
13. תרכובות פחמן
14. תאים חשמליים
15. תרמודינמיקה
16. תעשייה
17. פולימרים

- **שחזור מידע** – כל המטלות שבוצעו במהלך הלימודים זמינות, וניתן לראותן לקראת מבחן.
- **מעורבות והבנה** – המחקר מצביע על כך שתלמידים שמוריהם החליטו ללמד בעזרת המערכת, מעורבים יותר בשיעור, פעילים יותר ומבינים טוב יותר את הנלמד, בהשוואה למצב הקודם.

לפני שנתיים בוצע מחקר שבחן את תרומת המערכת בחמשת התחומים האלה

1. מעורבות ועניין (Engagement) – נבדקו עמדות התלמידים כלפי העניין בקורס וכיצד הן באות לידי ביטוי בהתכוננותם לשיעורי הקורס, במעורבותם בזמן השיעורים, בשאלות שמעורר בהם הקורס ובמוכנות לעסוק בנושאים הקשורים לקורס מעבר לחומר הנדרש.
2. הבנת החומר הנלמד (Understanding) – נבדקו עמדות התלמידים כלפי מבנה הדעת שהם לומדים. כמו כן נבדק כיצד משפיעה העבודה עם בודק המטלות ברשת על הבנת החומר במהלך הקורס.
3. איכות ההוראה (Teaching) – נבדקו עמדות התלמידים כלפי תרומת הטכנולוגיה החדשה של בודק המטלות ברשת בשיפור איכות ההוראה של חברי הסגל בהיבטים הבאים: התאמת השאלות בבודק המטלות לנושאים הנידונים בהרצאה, התייחסות בזמן השיעור לשאלות שהופיעו במטלות, התייחסות לקשיי התלמידים והערכת המאמצים שהתלמידים משקיעים בפתרון המטלות.
4. חשיבות הקורס (Importance) – נבדקו עמדות התלמידים כלפי חשיבות הקורס בהתפתחותם המקצועית, ומכאן – עד כמה ההיכרות עם המערכת עשויה לתרום להצלחתם בקורס ולהבנה של סוגיות מקצועיות.
5. עומס למידה (Study Load) – התייחסות התלמידים לעומס שמטילה העבודה במערכת לעומת התועלת המופקת ממנה.

מסלה לדוגמה:

WebAssign net חמישי, דצמבר 9, 2004 12:09 PM EET	משתמש: talshavit@yarden החלף ל תורה תצוגה יציאה								
עמוד ראשי המטלות שלי ציונים תקשורת לוח שנה מדריך עזרה אפשרויות									
1. התרשימים הבאים מייצגים מבנה תרכובת עם מימן של ארבעה יסודות בשורה השניה בטבלה המחזורית.									
	<table border="1" style="float: right;"> <tr><th>נקודות</th><th>pts</th></tr> <tr><td>1/1</td><td>-1/1</td></tr> <tr><td>1/1</td><td>-1/1</td></tr> <tr><td>1/1</td><td>-1/1</td></tr> </table> <p>הצגה: תגובה אחרונה תצוגה: כל התגובות הערות</p>	נקודות	pts	1/1	-1/1	1/1	-1/1	1/1	-1/1
נקודות	pts								
1/1	-1/1								
1/1	-1/1								
1/1	-1/1								
א. התרכובת בעלת נקודת ההיתוך הגבוהה ביותר היא:									
<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input checked="" type="radio"/>									
ב. התרכובת בעלת נקודת הרתיחה הנמוכה ביותר היא:									
<input type="radio"/> 1 <input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input checked="" type="radio"/>									
ג. אילו תרכובות מייצרות גז H ₂ כאשר מערבבים אותן יחדיו?									
<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	<input checked="" type="checkbox"/>								
2. תרכובת עופרת, Pb(OH)Cl, שימשה כתכשיר קוסמטי במצרים העתיקה. תרכובת זו הוכנה מ PbO -לפי המתכון העתיק הבא:									
$Pb(OH)Cl + NaOH \rightarrow PbO + NaCl + H_2O$									
כמה גרם של PbO וכמה גרם של NaCl דרושים ליצירת 21.4 ג של Pb(OH)Cl?									
PbO g ✓ <input type="text" value="18.4"/>	<table border="1" style="float: right;"> <tr><th>נקודות</th><th>pts</th></tr> <tr><td>1/1</td><td>-1/1</td></tr> <tr><td>1/1</td><td>-1/1</td></tr> </table> <p>הצגה: תגובה אחרונה תצוגה: כל התגובות הערות</p>	נקודות	pts	1/1	-1/1	1/1	-1/1		
נקודות	pts								
1/1	-1/1								
1/1	-1/1								
NaCl g ✓ <input type="text" value="4.8"/>									

ממאגר שאלות למטלה

מצויות עשרות שאלות בכל נושא, ובחלקם – בשלב זה – מספר שאלות קטן בלבד. במהלך השנה אנו מתכוונים להוסיף לאגדן גם שאלות מבחינות הבגרות בשתי הרמות. גם המורים יכולים להוסיף שאלות משל עצמם בנושאים השונים, בתיאום עם האחראים לאתר במכללת עמק הירדן.

בתי ספר המעוניינים להתנסות בעבודה עם המערכת במשך חודשיים ללא תשלום, מוזמנים לפנות אל אתר בודק המטלות ברשת שבמכללת עמק הירדן:

www2.yarden.ac.il/webassign

או לפנות ישירות אל מזכירות פרחי מדע במכללת עמק הירדן – 04-6653776

או בדוא"ל אל רכזת השיווק וההדרכה טל שביט talshavit@ayelet.org.il

ניתן להרכיב בקלות מטלה מאוסף השאלות הנמצאות במאגר בודק המטלות ברשת. כל שצריך להחליט הוא באיזה נושא ובאיזו רמת קושי מעוניינים לבנות את המטלה. לאחר מכן פונים אל המערכת ובעזרת אוגדן שאלות או מילות מפתח ניתן להתאים את השאלות המתאימות למטרת המטלה.

בעמוד הקודם ניתן לראות מטלה המורכבת משתי שאלות ועוסקת בתרכובות ותכונותיהן. לאחר הגשת המטלה מקבלים התלמידים משוב מידי על נכונות תשובותיהם. בתמונה ניתן לראות את המשוב שנותנת המערכת. המורים יכולים לקבוע את מספר הפעמים שבהם יהיו התלמידים רשאים להגיש את המטלה, במטרה לאפשר להם ללמוד משגיאותיהם.

רוב השאלות המצויות באוגדן הקיים תורגמו מאנגלית, ממאגר השאלות של האתר האנגלי. בחלק מהנושאים



תמונות מכנס מורי הכימיה, שנערך במכון דוידסון לחינוך מדעי במכון ויצמן - חנוכה תשס"ה



בשנת תשס"ג הצטרפתי לקבוצת הניסוי של האתר הלימודי בכימיה** בהנחיית ד"ר מירי קסנר ומרסל פרייליך. כיתת הניסוי שלי הייתה כיתה י – מרחיבי כימיה. גם בשנים תשס"ד ותשס"ה המשכנו להשתתף בקבוצת הניסוי. הצטרפתי לקבוצת הניסוי בחשש רב כי לא היה לי שום מושג באינטרנט, וגם בשימוש במחשב היה לי ידע מוגבל. השתלמות שנערכה בקיץ לקבוצת מורי הניסוי, הכשירה אותי במידה מספקת כדי שאוכל להתחיל בניסוי. כל זאת אני מדגישה למען המורים שעדיין חוששים להתחיל להשתמש בשיעורי הכימיה באתר הלימודי העשיר. השימוש באתר תרם לא רק לתלמידיי, אלא גם לי אישית – נכנסתי לעולם חדש שכיום נראה לי שאי אפשר בלעדיו. בשל המצוקה בשעות המוקצבות לי כמו לשאר המורים, אני משתמשת באתר רק כאשר יש בו ערך מוסף - כלים ועזרים או אמצעי המחשה, שאי אפשר לספק בשיעור פרונטלי או במעבדה. באתר יש אנימציות יפות מאוד של תהליכים, שעוזרים לתלמידים להבין את ההסבר המיקרוסקופי של תופעה מקרוסקופית. למשל, בתהליך ההמסה הפניתי אותם לאתר שבו אנימציה נהדרת של תהליך ההמסה.

להלן דוגמה של דפי עבודה שחילקתי לתלמידים:

עבודה באינטרנט – יונים

היכנסו לאתר הלימודי

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/learnchem>

בחרו קשר לתכנית הלימודים ← מבנה האטום ← תכנית לימודים חדשה לכיתה י ← כימיה במנהרת הזמן.

בדף השער בחרו

תקליטור מלווה ← הדגמות ← המסה של NaCl

כדאי לצפות גם באלקטרוליזה של מלח בישול המופיע באותו אתר.

צפייה נעימה !

* מרים גונן, מורה לכימיה, תיכון באר טוביה
 ** האתר הלימודי בכימיה פותח בקבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

בהוראת מבנה האטום אין ניסויים, אבל באתר הלימודי יש אנימציות יפות שעוזרות לגוון את ההוראה של הפרק. יש הדגמות של ניסוי עלה הזהב ואנימציה של ניסוי קרני הקתודה ועוד.

מבנה האטום

דף עבודה באינטרנט

היכנסו לאתר הלימודי <http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/learnchem/>

בדף הבית בחרו: קשר לתכנית הלימודים ← מבנה האטום ← תכנית לימודים חדשה לכיתה י – כימיה במנהרת הזמן.

היכנסו לדף הבית

1. תקליטור מלווה ← התפתחות מודל האטום.

2. קישורים פרק ג ← מודל האטום במנהרת הזמן ← אנימציה לניסוי קרני קתודה.

בהוראת הנושא "חומרים רדיואקטיביים ושימושיהם" נתתי לתלמידי עבודה עם הפנייה לאתר הלימודי, והם עשו עבודות נהדרות ונהנו מאוד.

עבודה בכימיה – חומרים רדיואקטיביים ותכונותיהם

העבודה תתחלק לשני החלקים האלה:

1. עבודה בכתב על פני 3-5 עמודים מודפסים ובסופה סיכום ומסקנות.
2. העבודה תוצג בפני הכיתה באמצעות פוסטר, מצגת מחשב, שקפים, מודל או כל דרך יצירתית אחרת.

מקורות מידע

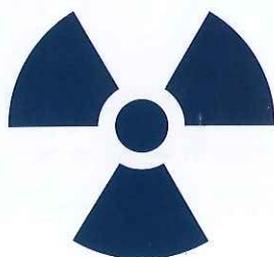
אנציקלופדיות, ספרי מדע, ספרות ועיתונות מדעית וחומר מהאינטרנט.

האתרים באינטרנט: <http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/learnchem/>

1) קשר לתכנית הלימודים מבנה האטום בהלת גז הראדון.

2) קשר לתכנית הלימודים מבנה האטום הגרעין ואנחנו – חקירה ברשת.

בנושא "הגרעין ואנחנו" בחרו את הסעיף: "לפתיחת הפעילות לתלמיד לחצו כאן".



פעילות פתיחה

א. קריאה משותפת של המאמר ממעריב – "גרעין אינה מילה גסה".

הערה: בפינת המאמר מופיעה משבצת כתומה עם חצים כחולים להקטנה ולהגדלה של המאמר

ב. דיון על פי הסעיפים א-ג (לוותר על סעיפים ד-ו).

מבנה העבודה

1. מבוא שיקלו דיון כללי קצר על חומרים רדיואקטיביים וסוגי הקרינה. כמו כן ייכלל במבוא הנושא שנבחר לעבודה.
2. גוף העבודה: התייחסו לאחת מהטכנולוגיות המשתמשות בקרינה רדיואקטיבית. עליכם ללמוד ולהבין את מהות השימוש, לכתוב עבודה ולהציגה בפני הכיתה. התמקדו בעבודתכם בנקודות הבאות (אינכם חייבים להתייחס לכל הנקודות):
 - א. איך בנויה הטכנולוגיה?
 - ב. אילו תכונות של הקרינה הרדיואקטיבית הטכנולוגיה מנצלת?
 - ג. אילו סוגי קרינה רדיואקטיבית מתאימים להשגת המטרה המבוקשת? מדוע?
 - ד. כיצד משתמשים בחומרים רדיואקטיביים ברפואה, בחקלאות, בתעשייה, במחקר?
 - ה. אילו אפיונים אתם יכולים לתת לחומר הרדיואקטיבי הנבחר?
 - ו. שאלות נוספות מופיעות באתר האינטרנט, ואליהן תוכלו להתייחס בעבודתכם.

הנושאים שמתוכם תוכלו לבחור

- הפצצה הגרעינית
- פסולת גרעינית
- קרינה רדיואקטיבית
- טכנולוגיות גרעין ברפואה, בחקלאות, בתעשייה, במחקר
- הכור הגרעיני
- תגובות גרעיניות
- הגז ראדון.

מחווין

1. תוכן עניינים – 5%.
2. מבוא – 10%.
3. גוף העבודה – 40%.
4. סיכום – 10%.
5. הצגת העבודה – 20%.
6. צורת ההגשה של שני חלקי העבודה – 10%.
7. עמידה בלוח זמנים – 5%.

באתר מופיע מידע מקיף ומגוון תחת הכותרת "מאגר חומרים", "מאגר מפעלים" וכן סרטונים ואנימציות בנושאים רבים בכימיה. תלמידים שנכנסו לאתר למדו להשתמש בו כאשר חיפשו מידע בנושאים הקשורים בכימיה. התלמידים אהבו מאוד את הפעילויות באינטרנט ותמיד שמחו להיכנס לאתר. כולם עבדו ברצינות ובהתלהבות.

לסיכום – האתר תורם לי הרבה בגיוון ההוראה וכן עוזר לי להמחיש ולהדגים ניסויים שלא ניתן לבצעם במעבדה, ואני אישית למדתי להשתמש באינטרנט, בדואר אלקטרוני, ואפילו השתפרתי בשימוש במחשב. בראשית הניסוי נעזרתי רבות בתלמידי ששולטים היטב בשימוש במחשב. בהזדמנות זו ברצוני להודות למירי קסנר ולמרסל פרייליך שעזרו לי רבות בראשית הדרך והכניסו אותי לעולם המרתק של האינטרנט.



הסרט "השמן של לורנזו" הזמנה לפעילות חקר

דפנה מנדלר*

המחלה

המחלה שבה עוסק הסרט "השמן של לורנזו" נקראת ALD - (Aderno Leuko Dystrophy). המחלה נגרמת מהרס השכבה השומנית שעוטפת את הנוירונים, תאי העצב במוח, המאפשרים לנו את ביצוע פעולות החיים כולן, כולל חשיבה ותנועה (ראה "על כימיה 2" השכבה השומנית נקראת מיילין (Myelin)).

פירוש המילה "Leuko" הוא לבן (מתייחס למיילין שעוטף את הנוירונים. צבע המיילין הוא לבן ולכן הנוירונים נראים לבנים). Dystrophy פירושו התפתחות אנומאלית או: בלתי תקינה. למרות שיש צורות מופע שונות, התסמינים של ALD, כפי שניתן לראות אותם בסרט, מתחילים בין הגילאים 5 עד 12. המוות הוא ודאי – תוך 24 חודשים מגילוי המחלה. הסימנים הם נסיגה בתפקוד, אובדן כושר הראייה השמיעה והדיבור ופגיעה ביכולת המוטורית. הם נגרמים כנראה מהמסה ומסילוק שכבת המיילין העוטפת את הנוירונים כתוצאה מעלייה דרמטית בריכוז חומצות שומניות רוויות ארוכות-שרשרת בגוף (VLCSFAs, Very Long Chain Saturated Fatty Acids). ללא מעטפת המיילין, תאי העצב אינם מעבירים את האותות החשמליים. בהפשטה רבה – הנוירונים מפסיקים לומר לשרירים להתכווץ, והחולה אינו יכול לזוז. גם בטרשת נפוצה (Multiple Sclerosis) יש סילוק של שכבת המיילין אולם המנגנון שונה מזה שב-ALD.

המבנה של מולקולות שומן

במהלך חמש עשרה השנים האחרונות הפך חקר מולקולות השומן לאחד הנושאים ה"חמים יותר" בביוכימיה מולקולארית. הסרט מהווה דרך מעניינת לחשוף את התלמידים לנושא זה.

הסרט "השמן של לורנזו" עוסק בלורנזו אודונה, ילד נורמאלי ובריא, שבריאותו נפגעת לפתע ומתדרדרת במהירות. הסרט מתאר את השנים בין 1984 ל-1987 שבהן ההורים – ניק נולטי בתפקיד אוגוסטו אודונה וסוזן סרנדון בתפקיד מיכאלה אודונה – הפכים להיות הכוח המניע במאבק להצלת חייו של בנם. בני הזוג אודונה לומדים כימיה, ביולוגיה וביוכימיה כדי לפתח טיפול לבנם.

המקרה האמיתי של משפחת אודונה שהפך לסרט דרמטי באורך מלא, יכול לשמש אותנו המורים כדי לעודד תלמידים לחקור מגוון נושאים כמו שומנים רוויים ולא רוויים, כולסטרול ועוד, אגב התמקדות בקשרים בין מולקולאריים. כמו כן ניתן להרחיב קצת על תהליכים ביולוגיים המתרחשים בתא החי. מאחר שהתעניינותם של התלמידים עולה במידה ניכרת כאשר הסיפור המדעי נוגע לחיי היום יום, יש לנו הזדמנות להשתמש בסרט "השמן של לורנזו" כדי לשלב בין תחומי מדע שונים ולהסביר תופעה המוצגת בצורה פולולרית. (הסרט הופק בשנת 1992 באולפני יוניברסל, אורך הסרט שעתים ו-18 דקות; ניתן להשיגו בספריות וידאו).

במאמר זה ננסה תחילה לתת הסבר כימי וביוכימי לגורמים למחלת ה-ALD. בהמשך ניתן גם הצעות לדיונים אתיים שעולים בעקבות הסרט. במהלך הסרט עולות שאלות רבות בתחום האתיקה הרפואית. מצד אחד עומדים ההורים אשר רוצים להציל את ילדם, ומצד השני עומד הממסד המדעי והרפואי שלו שיטות עבודה קבועות ומסודרות. ההורים רוצים לעקוף ולקצר דרכים במחקר המדעי כדי לנסות ולהציל את בנם. אנו נציע מספר שאלות אתיות שניתן לדון עליהן בכיתה.

* דפנה מנדלר, עורכת עמיתה "על-כימיה", מורה לכימיה, תיכון הראל, מבשרת ציון והגימנסיה העברית, ירושלים.

שבהם אנו משתמשים בחיי היום יום. בעלי חיים יוצרים בעיקר חומצות שומניות רוויות שנארזות היטב, ולכן הן מוצקות בטמפרטורת החדר.

שומנים לא רוויים שמקורם מהצומח (כמו שמן תירס, שמן זית וכו') מועדפים בתזונה שלנו על פני שומנים רוויים (ראו מסגרת). לצריכה גבוהה של שומנים רוויים נלוות רמות נמוכות של ליפו פרוטאינים גבוהי צפיפות (HDL) ורמות גבוהות של ליפו פרוטאינים נמוכות

צפיפות (LDL). HDL נחשב למרכיב טוב בדם, משום שהוא מסלק כולסטרול מהדם. רמות גבוהות של HDL עומדות בבסיס הירידה במספר החולים במחלות כלי דם. מכאן עולה המתאם בין שומנים רוויים לבין רמות גבוהות של כולסטרול בדם, היווצרות משקעים על דפנות כלי הדם ועלייה בהתקפי לב ובמחלות נלוות נוספות.

מרגרינה על בסיס שמן תירס מיוצרת בתהליך שבו הקשרים הכפולים נפתחים ובמקומם נוצרים קשרי פחמן מימן. מימן בלחץ גבוה,

יחד עם שמן תירס, נדחסים יחד, והתוצאה היא הרוויה של הקשרים הכפולים במימן והפיכת המולקולה הלא רוויה לרוויה (תהליך הנקרא הידרוגנציה). תהליך ההרוויה מוריד את הכיפוף שבחומצה השומנית. התוצאה היא אריזה טובה יותר של החומצות השומניות. מהסיבה הזו מרגרינה העשויה משמן תירס היא מוצקה, בעוד ששמן תירס עצמו הוא נוזל בטמפרטורת החדר. בתהליך נוצרות גם מולקולות בגיאומטריית טרנס. אמנם למולקולות

המושג חומצות שומניות ארוכות מאוד מתייחס לחומצות שומן שבשרשרת הפחמנית שלהן יש 24 או 26 פחמנים (לחומצות שומניות קצרות יש 14, 16 או 18 פחמנים, כפי שמוצג באיור). המילה רוויות מתייחסת לעובדה שכל הפחמנים בשרשרת הפחמנים קשורים בקשר בודד פחמן-פחמן. לעומת זאת קשר פחמן-פחמן לא רווי משמעו קשרים כפולים בין שני אטומי פחמן או יותר. חומצות שומניות להן קשרים כפולים הן חומצות שומניות בלתי רוויות.

בגלל הגיאומטריה של הקשר הכפול בצורת הציס, לחומצה שומנית יש כיפוף במבנה. בטבע כמעט ואין קשרים כפולים בגיאומטריית טרנס. קשרים כפולים בגיאומטריית הטרנס אינם יוצרים את הכיפוף האופייני לציס בשרשרת הפחמנית (לכן חומצות שומניות לא רוויות שיש להן קשר כפול בגיאומטריית טרנס, הן ישרות, ומזיקות כמו חומצות שומניות רוויות).



איור 1 - חומצה אולאית, חומצה ארוסית ושלד של גליצרול

כיפוף הוא טוב

טריגליצרידים מורכבים משלד של גליצרול שאליו מחוברות שלוש חומצות שומניות (ראו איור). די שבאחת מהחומצות השומניות יהיה קשר כפול בגיאומטריית ציס, כדי שיהיה כיפוף במולקולה כולה. התוצאה היא הפרעה לקישור הבין מולקולארי בין שרשרות הפחמנים שבמולקולת השומן. בטמפרטורת החדר עובדה זו הופכת את הטריגליצרידים הלא רוויים לנוזלים. צמחים יוצרים בעיקר שומנים לא רוויים, ואלה הם השמנים

– מעטפת המיילין – מסביבם כדי לתפקד באופן תקין. ללא מעטפת המיילין נוצרים קצרים במעבר האותות החשמליים בין הניורונים.

החוקרים סבורים שאפקט ההמסה של חומצות ה-VLCSFAs אינו הגורם היחיד למחלה. המנגנון המדויק שבאמצעותו גורמות חומצות ה-VLCSFAs לתסמינים של ALD אינו ברור. מנגנון נוסף שיכול להסביר את הירידה בכמות המיילין הוא תגובה אוטו-אימונית (תקיפה עצמית של הגוף על ידי מערכת החיסון). בניגוד לאפקט המסיסות שהרחבנו עליו, התכונות של חומצות ה-VLCSFAs מאפשרות להן להתרכז בשכבת המיילין, וכתוצאה מכך נגרמת תגובה של מערכת החיסון שהורסת את המיילין.

יהא המנגנון אשר יהא, חומצות שומניות עם שרשרות קצרות יותר או כאלה בעלות קשרים כפולים (כיפוף) יגיבו פחות או ימיסו פחות את מעטפת המיילין ולכן לא יגרמו לתסמינים של המחלה.

שימוש בסרט כדי להדגים את תפקידם של אברונים שונים בתא

בדומה לרוב החומצות השומניות והשומנים (שומנים מוגדרים ככלל המולקולות שאינן מתמוססות בנוזל התא), רוב השלבים ליצירת חומצות ה-VLCSFAs מתרחשים ברטיקולום האנדופלסמטי. שתי יחידות פחמן מתחברות עם שרשרת חומצה שומנית קצרה יותר לקבלת VLCSFAs. בסרט האבא משתמש במהדקי נייר כדי לייצג שני פחמנים, והוא מוסיף מהדקי נייר עד לקבלת שרשרת בעלת 24 או 26 פחמנים (12⁺13 מהדקי נייר).

אולם השרשרות הארוכות של החומצות השומניות נשברות על ידי β -oxidation – שמתרחש ב-peroxisome (חומצות שומניות קצרות נשברות לשרשרות קצרות יותר בעיקר במיטוכונדריה). מכאן שגם השבירה של חומצות שומניות וגם היצירה של חומצות שומניות ארוכות מתרחשות על ידי סילוק או הוספה של שתי יחידות פחמן.

הטרנס יש קשר כפול (הן לא רוויות), אולם הן שרשרות ישירות ולכן מוצקות. מולקולות הטרנס נחשבות מזיקות כמו הרוויות. הסיבה היא שמולקולות הטרנס הן בין היתר הגורמים לרמות גבוהות של כולסטרול ולמחלות ורידים.

אך מדוע חומצות שומניות רוויות ארוכות שרשרת (VLCSFAs) הן מסוכנות?

ב-ALD ריכוזם של VLCSFAs גבוה בדם פי 2-4 מהנורמאלי. חומצה הקסאקוסאנית (ששרשרת החומצות השומניות שלה היא בעלת 26 פחמנים וללא קשרים כפולים, ולפיכך היא רוויה; נהוג לסמן את החומצה השומנית בקצרה "C 26:0") וחומצה טטרקוסאנית "C 24:0", (כלומר החומצה השומנית מורכבת משרשרת של 24 פחמנים רוויים, ללא קשרים כפולים) – שתיהן הן VLCSFAs, והן מסוכנות בגלל התכונות הבין מולקולאריות שלהן. חומצות שומניות מאופיינות על ידי שייר הידרופובי (שונא מים) ארוך מאוד המורכב משרשרת לא קוטבית וקבוצה קוטבית בקצה האחר (צד שלד הגליצרול).

מכאן עולה השאלה, מדוע חומצות שומניות רוויות ארוכות שרשרת יגרמו ל-ALD, בעוד שחומצות שומניות לא רוויות, ארוכות שרשרת, לא יגרמו ל-ALD?

החומצות השומניות הרוויות הן ישירות ולכן מעלות את היכולת של חומצות ה-VLCSFAs להגיב עם מעטפת המיילין השומנית וההידרופובית בעצמה (דומים עם דומים) או להמיסה, חומצות ה-VLCSFAs מתנהגות כמו "סבון". הצד ההידרופובי של החומצה השומנית פונה לכיוון המיילין, מגיב אתה וממיס אותה. (ניתן להרחיב כאן על תפקידי הסבון ואופן פעולתו). סבונים גורמים למולקולות הלכלוך הלא מסיסות להפוך למסיסות, כך שהן נשטפות החוצה עם זרם המים מהבגדים המלוכלכים. בדרך כלל מולקולות הלכלוך ומולקולות המיילין אינן מסיסות במים (הן שוקעות על פני שטח הניורונים או נדבקות לבגדים); אולם חומצות ה-VLCSFAs יכולות לגרום למיילין הלא מסיס להפוך למסיס. כאשר המיילין מתמוסס הוא יצוף החוצה משטח פני הנירון. ניורונים אינם מתפקדים ללא המיילין. כמוהם כחוטי חשמל הזקוקים לציפוי הפלסטיק

ונושאים כמו מיפוי כרומוזומלי, שכפול גנטי, בקרה גנטית, הנדסה גנטית, הכבשה דולי, ריפוי באמצעות הנדסה גנטית ועוד.

טיפול ב־ALD על ידי מעכבים תחרותיים, כפי שהוא בא לידי ביטוי ב"שמן של לורנזו"

שיטת הטיפול הראשונה שהוצגה בסרט הייתה שינוי הדיאטה של לורנזו והגבלת כמות ה-VLCSFAs במזון. מזונות מסוימים כמו חמאת בוטנים, תרד ועוד (ראה מסגרת), מכילים כמויות גדולות של VLCSFAs. אולם לורנזו המשיך להראות רמות עולות של חומצות VLCSFAs בדם – הפרדוקס.

ההתמודדות של ההורים, הפתרון המוצע על ידי הרופאים והתגובה הפיסיולוגית של לורנזו נותן לנו המורים דרך לקשר בין הטיפול שבסרט לבין התהליך המדעי המוביל לבניית מודל להבנת הפרדוקס. הפרדוקס שמולו ניצב האב עורר את השאלה מדוע הוצאה מהמזון של חומצות VLCSFAs גורמת לעלייה שלהן בדם? כדי להבין ולענות על הפרדוקס האב משתמש במודל ה"כיוור". הרמות בדם של VLCSFAs מיוצגות על ידי גובה המים בתחתית הכיוור. גובה המים בכיוור תלוי בשלושה גורמים: ברז בצד שמאל המייצג את חומצות ה-VLCSFAs שמקורן במזון. ברז זה נסגר כתוצאה מהוצאת חומצות ה-VLCSFAs מהמזון. הברז מימין הוא ברז הסינתזה הביו כימית בגוף, והוא נשאר פתוח מאחר שהרטיקולום האנדופלסמטי של לורנזו ממשיך לייצר VLCSFAs. הגורם השלישי הוא ברז הניקוז, השבירה של VLCSFAs על ידי פראוקסים. ALD נגרם כתוצאה מכך שברז הניקוז סתום ורמות ה-VLCSFAs עולות בכיוור למרות שהן סולקו מהדיאטה. האב חיפש דרך כדי לסגור את ברז הסינתזה. בעקבות כך פיתחו ההורים את השמן של לורנזו.

שיטת הטיפול השנייה נמצאה כאשר חיפשה מיכאלה בעיתונות הרפואית דרכים לריפוי. היא מצאה מאמר משנת 1979 בעיתון ביולוגיה פולני שמציג פרדוקס נוסף: לאחר שהאכילו חולדות בחומצה אולאית (oleic acid), חומצה שומנית לא רוויה בעלת שרשרת של 18 פחמנים (ראה איור 1), ירדו הרמות של VLCSFAs.

ALD נגרם מתת-חמצון או משבירה של חומצות ה-VLCSFAs בפראוקסים. מחלה אחרת הידועה בשם Zellweger Syndrome היא בעלת תסמינים דומים לאלה של חולי ALD. הסינדרום מופיע ביילודים שסובלים ממחסור או מכמות מועטה של פראוקסידאז, האנזים שמפרק את חומצות ה-VLCSFAs. אנזים זה מסונטז בציטופלסמה, בריבוזום החופשי, ואז מועבר דרך הממברנה של הפראוקסים לתוך חלל האברון. האנזים הראשון בתהליך השבירה נקרא CoA (VLCSFAs) סינטאז. אנזים זה מזרז את ההוספה של אצטיל-CoA ל-VLCSFAs ותגובות שבירה נוספות תלויות בשלב ראשוני זה.

מחקרים חדשים מראים ש־ALD אינו נגרם מאנזים שלוקה בתפקודו אלא מחלבון הובלה פגום. תפקידו של החלבון הוא להביא את CoA – VLCSFAs סינטאז דרך הממברנה של הפראוקסים. חלבון ההובלה הפגום נמצא בממברנה של הפראוקסים, והוא חבר במשפחת המובילים ABC (ראשי תיבות של ATP – Binding : ABC Cassette). מובילי ABC אחראים להובלה של מולקולות חלבון גדולות, חומצות אמינו ויונים דרך הממברנה, והם מעורבים גם בעמידות לתרופות, על ידי סילוק התרופה מחוץ לתאים. תפקוד לקוי של מובילי ABC במקרים אחרים אחראי למחלת הסיסטיק פיברוזיס (cystic fibrosis).

רוב המחלות התורשתיות הן תוצאה של ביטוי לקוי של אללים רצסיביים

המולקולה המובילה בחולי ALD אינה ממלאת את תפקידה כראוי מאחר שהגן המקודד את יצירתה הוא בעל רצף "שגוי" של נוקליאוטידים. התוצאה היא יצירה של חלבון לא מתפקד (חלבון בעל רצף חומצות אמינו שגוי). לאמו של לורנזו יש אלל דומיננטי נורמאלי ואלל רצסיבי מסוכן, אך היא אינה חולה במחלה מאחר שהאלל הדומיננטי מייצר את המוביל החלבוני כדי להוביל סנטאז לתוך הפראוקסים.

בשלב זה ניתן להרחיב – אולי פחות בכיתות הכימיה ויותר בכיתות הביולוגיה – על הגילוי של הגן ל-ALD



השימוש בחומצה אולאית הוריד את רמות ה-VLCSFAs בדם של לורנזו, אבל לאחר שלושה חודשים היו הרמות עדיין גבוהות פי שניים מהנורמאלי. כלומר, האנזים ברטיקולום האנדופלסמטי עדיין יכול להאריך חומצות שומניות רוויות ולהפוך אותן ל-VLCSFAs. לפיכך נדרש מעבד חזק יותר כדוגמת החומצה הארוסית שנבחרה (ראה איור). חומצה ארוסית מכילה שרשרת בעלת 22 פחמנים, היא לא רוויה, והאנזים פועל עליה כדי להאריכה לחומצה שומנית לא רוויה ארוכה יותר. כאשר הוסיפו לדיאטה של לורנזו את שתי החומצות – אולאית וארוסית, לא יכלו עוד החומצות השומניות הקוויות בגוף להיקשר לאתר הפעיל של האנזים ולכן לא התארכו. חומצה ארוסית היא יעילה יותר מחומצה אולאית בגלל השרשרת הארוכה יותר שלה. היא נקשרת לאנזים באפיניות גדולה יותר מזו של החומצה האולאית הקצרה יותר. רק תערובת של שתי החומצות הורידה את רמות ה-VLCSFAs לרמה הנורמאלית.

השמן של לורנזו מורכב מ-4 חלקים של חומצה אולאית ומחלק אחד של חומצה ארוסית. תלמידים יכולים לשאול מדוע אין משתמשים ביותר חומצה ארוסית ובפחות חומצה אולאית. התשובה היא – בגלל הרעילות הגבוהה יותר של חומצה ארוסית.

קשיים צפויים – השמן של לורנזו אינו עובד

האם סוף הסרט שבו מוצגים ילדים שטופלו בהצלחה בשמן של לורנזו, אכן משקף את המציאות? רוב החוקרים תמימי דעים בקביעתם שילדים אלה לא היו לוקים מעולם במחלה ושהשמן של לורנזו אינו יעיל. ד"ר מוסר (Dr. Moser) טוען, שלשמן של לורנזו אין השפעה על ילדי ALD, שכבר מראים תסמינים של המחלה. הסיבה לכך היא העובדה שחומצה ארוסית אינה מגיעה למוח (וכן VLCSFAs עדיין נמצאים בריכוז גבוה במוח). מכאן שהעובדה שלורנזו עדיין חי היא הודות לאופנים שונים של התפתחות המחלה אצל ילדים שונים ולמאמצים הבלתי נלאים הן מצד לורנזו והן מצד הוריו.

ובכל זאת השמן של לורנזו יכול להאט, אך לא למנוע, את התקדמות המחלה, אם הוא ניתן לפני הופעת התסמינים הראשונים. עובדה זו לא הוכחה, ואף קשה להוכיח אותה מסיבות אתיות. כל הניסויים הקליניים מתבצעים ללא קבוצת בקרה. ובכל זאת ד"ר מוסר מניח שבין כ-30% ל-40% מהילדים במחקר אכן פיתחו תסמינים אופייניים, והשמן של לורנזו הפחית את עוצמת התסמינים ב-10%.

בספטמבר 2002 פרסם ד"ר מוסר מחקר בן 10 שנים שכלל 69 בנים מארצות הברית ו-36 מאירופה. לטענתו הממצאים מורים שהשמן של לורנזו צמצם את התפתחות התסמינים ל-ALD בשני שלישי מהמקרים. השפעת השמן הייתה משמעותית יותר במקרים שבהם החלו הבנים להשתמש בשמן לפני הופעת תסמיני המחלה. מחקר זה מאמת תוצאות של מחקרים אחרים בנושא. ד"ר מוסר מסכם בזירות שהשמן של לורנזו אינו תרופה מוחלטת. הממצאים מורים על הטבה או שיפור, אך לא על ריפוי מוחלט.

ומה עם לורנזו?

לורנזו חי והוא בן 27. הוא נכה ב-100%, אך מסוגל לתקשר באמצעות העיניים והזרת. אמו, מיכאלה, נפטרה ממחלת הסרטן בשנת 2000 ואוגוסטו ממשיך לנהל את קרן מיילין, המספקת מימון לחוקרים שמרכז מחקרם הוא דרכים לחידוש המיילין במוח. השמן של לורנזו ניתן לחולי ALD, אך כיום יש תרופות חדשות ויעילות יותר.

שאלות אתיות

בסרט הרופאים אינם מוצגים באור חיובי במיוחד. מבקר סרטים שכתב את ביקורתו בעיתון היוקרתי Nature (Rosner, 1993) טוען שהסרט מציג את האחיות כחסרות רגישות, את הרופאים כמנופחים טיפשיים, וקבוצת התמיכה של ההורים מוצגת כחסרת דעה משל עצמה, עדר של כבשים. אין ספק שזו אחת הדרכים להעלות את הסימפטיה של הצופה למשפחת אודנה. שאלות אתיות רבות עולות עם הצפייה בסרט. נביא

מספר דוגמאות שבהן ניתן להשתמש בכיתה.
* האהדה הרבה שזוכים לה ההורים כבר מתחילת הסרט עלולה לשנות את דעת התלמידים ... בעידן המאה ה-21 החברה האנושית מחפשת גיבורים ומאדירה גיבורים. תופעה זו עלולה להפוך לבעיה חברתית, כל עוד יכולת השיפוט החברתית נבנית על ידי גיבורים, כוכבי קולנוע, טלוויזיה ואחרים, שכן התמונה המוצגת על ידי אמצעי התקשורת היא חלקית בלבד. מה דעתך על הפיסקה האחרונה? האם תאור זה מתאים להצגה של משפחת אודונה?

* מה היו המטרות של הרופאים ומה היו המניעים שעמדו בבסיסן? האם המטרות היו הגיוניות? האם היה זה נכון מצד משפחת אודונה להפוך עצמם לחיות מעבדה? האם עובדה זו הביאה יותר תועלת או נזק? האם ראוי שהממסד הרפואי ייקח סיכונים כמו אלה שמשפחת אודונה לקחה בטיפול בלורנזו? לשמן של לורנזו יש תופעות לוואי. השמן מוריד את ספירת הכדוריות הדם הלבנות. לאילו בעיות רפואיות עלולה תופעה זו להוביל?

* האם ניתן לקבל את העובדה שלעולם לא נוכל לדעת את יעילות השמן של לורנזו. המחקרים של ד"ר מוסר נעשים ללא קבוצת ביקורת מסיבות אתיות ולכן לא ניתן להשוות את המימצאים לשום קבוצה אחרת.

* באתר של משפחת אודונה מושם דגש על כך שלעתים קרובות תחרות, יריבות, עבודה ללא שיתוף פעולה ומחסור בתקציבים מעכבים במידה ניכרת את התקדמות המחקר. מה היו הדרכים שבהן השתמשה משפחת אודונה כדי להאיץ את המחקר המדעי?

* מה אתה חושב על חברות התרופות שמסרבות לחקור מחלה כמו ALD? הסיבות המוצגות על ידן הן שמספר החולים במחלה מועט, ופיתוח תרופה ל-ALD לא תניב רווח כספי. חברות התרופות יכולות אף לפשוט רגל אם הן יפתחו תרופה ל-ALD. האם סיבה זו היא מוצדקת? האם על הממשלות להתקין תקנות שיקבעו שחברות התרופות יקציבן אחוז מסוים מרווחיהן כדי לממן תרופות למחלות "יתומות" (מחלות שהעניין הציבורי בהן קטן מאוד)?

* לו הייתם נשאים של ALD, האם הייתם מביאים ילד לעולם? האם הייתם נוהגים אחרת לו ידעתם שזוהי בת? האם עלינו לחוקק חוקים האוסרים להביא ילד חולה לעולם? לולא הייתה המחלה קשורה למין היילוד ואילו שני ההורים היו נשאים של המחלה, האם הייתם מביאים ילד לעולם?

* מהם השיקולים האתיים שעליהם יש לתת את הדעת לפני השתלה של תאי מוח עצם שנועדה להחזיר את לורנזו לתפקוד רגיל? למרות שמחקרים אחרונים מורים שניתן להפיק תאי מוח עצם ממבוגרים, תאים אלה נמצאו לראשונה אצל עוברים. השאלה הנשאלת היא, אם החברה צריכה לאפשר מצב שבו נוצרים עוברים כדי לספק טיפול ללורנזו ודומים לו השאלה אינה מובנת. לנסח מחדש?

כיצד להעביר את הנושא בכיתה כפעילות חקר

הסרט יכול לשמש לנו המורים כהזדמנות חקר מצוינת. הוא מאפשר רישום תצפיות במהלך הסרט. הוא מאפשר שאילת שאלות שעל רובן ניתנת תשובה במאמר זה.

הוא מאפשר לתלמידים הזדמנות להפוך את השאלות לשאלות חקר.

הוא מאפשר לתלמידים ללמוד בעצמם נושא מוגדר ולספר עליו בכיתה.

הוא מאפשר לתלמידים להעלות ביקורת על נושאים שונים שעולים במהלך הסרט.

שומנים, שמני בישול וחומצות שומניות

שומן, אחראי לכל היותר ל-30% מהקלוריות שאותן אנו צורכים מדי יום. מתוכם לא יותר מ-10% הם שומנים רוויים. השומן הוא צורה מרוכזת של מאגר אנרגיה שעוזר לשמור על טמפרטורה של הגוף ומגן על הרקמות ועל איברי הגוף. לשומן גם תפקיד הכרחי בנשיאה של ארבעת הויטמינים החשובים הנמסים במים: A, D, E ו-K. עודף קלוריות מהחלבונים והפחמימות הופכים וגשמיים כשומן. גם אם אנו אוכלים אוכל "ללא שומן", צריכה עודפת תגרום לעלייה בשומן הגוף. קלוריות ממזון

שמינים מהצומח	חומצות שומניות לא רוויות*	חומצות שומניות חד לא רוויות*	סה"כ חומצות שומניות לא רוויות**	חומצות שומניות רוויות**
שמן חריע	75%	12%	86%	9%
שמן חמניות	66%	20%	86%	10%
שמן תירס	59%	24%	83%	13%
שמן סויה	58%	23%	81%	14%
שמן כותנה	52%	18%	70%	26%
שמן קנולה	33%	55%	88%	7%
שמן זית	8%	74%	82%	13%
שמן בוטנים	32%	46%	78%	17%
מרגרינה רכה***	31%	47%	78%	17%
מרגרינה לבישול***	18%	59%	77%	19%
שמן אפייה מהצומח***	14%	51%	65%	31%
שמן קוקוס	2%	6%	8%	86%
שמינים מן החי				
שומן טונה****	37%	26%	63%	27%
שומן עוף	21%	45%	66%	30%
שומן כבש	8%	41%	49%	47%
שומן בקר	4%	42%	46%	50%
שומן חמאה	4%	2%	46%	50%

* הערכים ניתנים כאחוז מסה"כ השומן.
 ** סה"כ חומצות השומן הלא רוויות = חומצות שומניות רב לא רוויות + חומצות שומניות חד לא רוויות. הסכום של סה"כ חומצות השומן הלא רוויות + חומצות השומן הרוויות לא יגיע למאה אחוז, משום שכל מרכיב מכיל גם חומרים שומניים נוספים.
 *** מוכן משמן סויה שעבר הידרוגנציה + שמן כותנה שעבר הידרוגנציה
 **** שומן מטונה לבנה, ששומרה במים. השומן נמדד במוצקים המיובשים.

בדם. נמצאים במקורם בעיקר בצומח (חמניות, פולי סויה, תירס וכותנה).

- שומן חד לא נוטה להוריד את הכולסטרול LDL (הכולסטרול ה"רע"). שומנים חד לא רוויים נמצאים הן בצמחים והן בשומן בעלי חיים (שמן זית, שמן קנולה, שמן אפונה ומספר פרות מאכל כמו אבוקדו).

מקורות*

<http://www.nutristrategy.com/fatsoils.htm>
<http://carbon.cudenver.edu/~bstiith/loren.htm>
<http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99992851>
<http://www.myelin.org/aboutoil.htm>

שמקורו בשומן נשמרות בקלות בגוף, בעוד שדרושה אנרגיה כדי להפוך חלבונים או פחמימות לשומן בגוף. הדרך המוכחת היחידה להפחתת שומן הגוף היא לשרוף יותר קלוריות מאלה הנצרכות.

- **שומנים רוויים** מעלים את רמות הכולסטרול בדם. רוב השומנים הרוויים הם מוצקים בטמפרטורת החדר. היוצאים מן הכלל הם השמנים הטרופיים. שומן רווי נמצא בעיקר בבשר ובמוצרי חלב, כמו גם בשמנים צמחיים כמו שמן קוקוס או שמן תמר (שמנים טרופיים). חמאה היא שומן רווי בעיקרה, בעוד שמרגרינה מורכבת בעיקר משומן לא רווי.

- **שומנים לא רוויים** נוטים להוריד את רמות הכולסטרול





פעילויות

במסגרת לימוד היחידה "כימיה בגישה חוקרת" נדרשים התלמידים להכין תיק עבודות המכיל את דוחות המעבדה, סיכומי דיון כיתתי ומשוב מסכם ליחידת המעבדה. הקריטריונים להערכת התיק מתייחסים לתכולת התיק ואיכותו. הוספתי לתלמידי קריטריון נוסף המעריך את הפן היצירתי. יצירתיות התלמידים התבטאה בבחירת שם מיוחד לניסוי, התייחסות מיוחדת לתוכנו, דברי פתיחה לתיק וכן הכריכה שלו. להלן דוגמאות מתיקי התלמידים ל"מבט אחר" על דוחות המעבדה ועל כימיה בכלל.

פעם בארץ רחוקה היה אטום מימן קטן. שמח האטום במה שיש לו. היה לו פרוטון ששמר על רגשותיו השמחים והחיוביים, ואלקטרון קטן שיארח לו לחברה.

טייל האטום ברחבי העולם, אך משהו היה חסר לו. גם אלקטרון חש כמותו, ולעיתים קרובות היה עצוב ורטן לאטום: "הבא לי חבר! אני רוצה חברה!", המשיך האטום את מסעו ברחבי העולם, רוצה בכל ליבו למצוא שותף לאלקטרון שלו.

פתע התמוטט והחל לבכות. בכה ובכה עד שבכה ים של דמעות. כשפקח את עיניו ראה, לתדהמתו, שלא רק שהיה מתחת למים, אלא שהאלקטרון שרצה חברה, נעלם בעצמו.

על סף ייאוש חיפש האטום, שכעת היה ליון, ברחבי התמיסה, שואל כל אשר נקרה לדרכו. "האם ראית את האלקטרון שלי?", "היכן האלקטרון שלי?", אלקטרון שוב אלי!".

כוחותיו של היון אזלו, והוא כמעט ונקלע לתחנוניה של מולקולת מים נחמדת להפוך עימה לחומצה, עד כדי כך נואש היה, כאשר ברגע האחרון, פתע פתאום, שמע קול מוכר.

"מימן! מימן, אני כאן!"

הפנה מבטו היון החיובי וחיוך גדול עלה על שפתיו. הנה אלקטרוננו, בריא ושמח, והנה לידו, עוד אלקטרון!

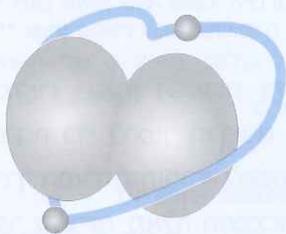
"איזה יופי", אמר היון.

"מצאת לך חבר".

"לא חבר", תיקן האלקטרון, "חברה".

הסמיקה האלקטרון הקטנה וחייכה חיוך ביישני לפני שרצה להתחבא מאחורי פרוטון לא מוכר. היפנה מבטו היון ומולו מצא חלקיקה יפה מאין כמותה.

עיניו התרחבו בפליאה. מולו עמדה אשת חלומותיו, פצצת מימן ממש. חייכה החלקיקה ובשמחה אמרה "נעים מאוד. אלקטרונך חמוד, אולי נצא בריקוד?" אחזו ידיים שניהם יחד, אלקטרוניהם רצים סביבם. וכך יצאו להם לרקוד באוויר כל העולם.



171

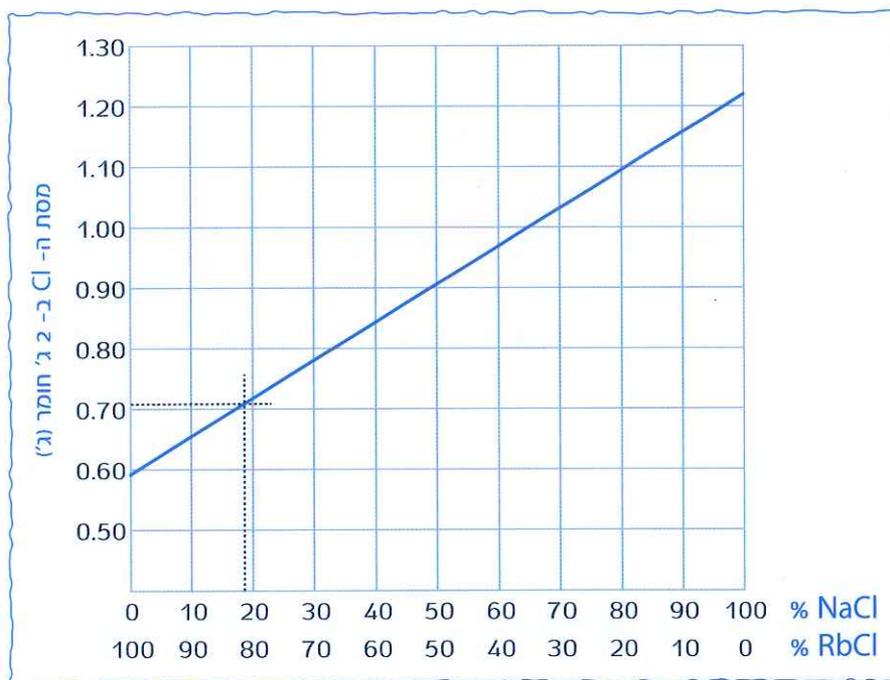
* נאוה תמם, מורה לכימיה, גימנסיה הראלית ראשל"צ



רובידיום כלורי, $RbCl$, הוא אבקה לבנה העולה כ- 700 ש"ח ל- 100 ג'.
נתרן כלורי, $NaCl$, אף הוא אבקה לבנה העולה כ- 20 אג' ל- 100 ג' ! (הרי הוא מלח בישול).
כימאי עררב, בטעות, מנות של שני המלחים. המסה של התערובת האחידה הייתה 42.00 ג'.
היות שהכימאי לא רצה לזרוק את התערובת, היה חשוב לו לקבוע כמה $RbCl$ נמצא בה.
הוא לקח דגימה של 2.00 ג' מהתערובת, וע"י בדיקה מעבדתית, קבע שהיו בה 0.71 ג' כלור.
כמה גרם $RbCl$ יש בשארית התערובת ?

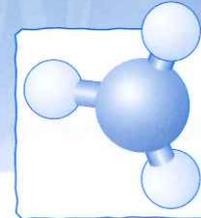
פתרון גרפי לשאלה

	מסת ה-Cl ב-2 ג' חומר	Cl % (לפי מסה)	מסה מולרית	
NaCl	1.22 ג'	0.61	58.4 ג'	NaCl 100%
RbCl	0.59 ג'	0.29	120.9 ג'	RbCl 100%



מהגרף מסיקים שלו היו 0.71 ג' Cl ב- 2 ג' תערובת, היא הייתה מכילה כ- 82% $RbCl$ לפי מסה.
אם כן, ב- 40 ג' של שארית התערובת יש $32.8 = 40 \times 0.82$ ג' $RbCl$.
מתוך האתר של יהושע סיוון http://212.143.58.209/download/mol_hida.doc

* ד"ר יהושע סיוון, מורה ותיק לכימיה, מכללת צפת, יו"ר אגודת המורים לכימיה.

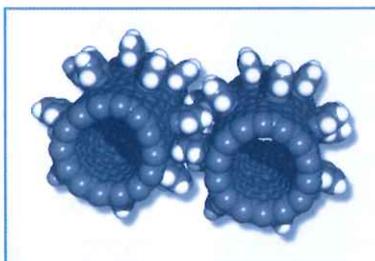


פרמטרים שונים ובצורה זו לאבחן מחלות לפני שמופיעים תסמינים קליניים (למשל – רמת חמצן בדם). זה יאפשר לרפא מחלות לפני שהן מתפתחות. בעתיד מתוכננים רובוטים קטנים שיסתובבו בעורקים וינקו את הכולסטרול. בהמשך – מניפולציות בתוך התאים (טיפול ב-DNA).

3. צורך לתת תשובה לבעיות אנרגיה ושמירה על הסביבה. לשם כך חייבים לפתח מקורות אנרגיה נקיים.

במהלך ההרצאה נחשפנו ליישומים אפשריים בעתיד הקרוב והרחוק כגון אלה:

- חומרים שיכולים לשמש בפתרון בעיות סביבתיות חשובות, כגון צבע השומר ומנקה את עצמו והבנוי מחלקיקים זעירים של הפיגמנט TiO_2 . השימוש בו לציפוי קירות וריהטים בבתי-חולים, בחדרי שירותים וכו' יוצר רדיקלים חופשיים התוקפים וירוסים ו"מטהרים" את החדר.



- בעזרת מיקרוסקופ STM (הומצא ב-1982) בונים מעגלים קטנים מאוד מאטומים בודדים. בצורה כזו בונים מכשירים כגון מכשיר ג'יירו (מד אופק) קטן מאוד, מד תאוצה (מפעיל כרית אוויר), ננו-ליטוגרפיה (הקטנת ציור שגודלו 60×60 ס"מ ל- 2×2 מיקרון).

- ננו-קטליזטורים כמו MoS_2 שנימצא יעיל וחסכוני באנרגיה בתהליך סילוק מהיר של גופרית מהדלק.

- בעקבות גילוי הפולרנים והננו-צינורות מפחמן בונים היום ננו-חלקיקים של חומרים אי-אורגניים בעלי מבנה שכבתי וכדורי. לדוגמה, ננו-חלקיקים של תרכובות WS_2 ו- $NiCl_2$ המתאימים לשמש חומרי סיכה.

הכנס הרביעי של "כימיה עם מורים", חנוכה – תשס"ה. הכנס התקיים ביום ג' ה-14 בדצמבר 2004, ב' בטבת, תשס"ה.

לאחר הברכות והענקת פרס המורה המצטיין ע"ש ד"ר ורה מנדלר ז"ל לחברנו בוריס טריגרמן, טקס שהיה מכובד ומרגש, פתח פרופ' רשף טנא בהרצאתו: "ננו-טכנולוגיה וננו-חומרים, מרעיונות ליישומים".

בהרצאתו סקר פרופ' טנא את התפתחות הננו-חומרים, מגילוי הפולרנים והננו-צינורות של הפחמן, דרך מחקר ופיתוח של ננו-חלקיקים של תרכובות אי-אורגניות, עד הקמתה של חברת "ננו-מטיריאלס" שמטרתה למסחר את השימושים הרבים שיכולים להיות לחומרים אלה.

ננו-טכנולוגיה, או ננו-מדעים, הוא מדע חדש המטפל בצבר של מולקולות בגודל של 1 ננומטר. הננו-טכנולוגיה עוסקת בבניית צברים בעלי תכונות ייחודיות שאין למולקולה הבודדת או לצבר גדול של מולקולות. ננו-טכנולוגיה היא כימיה "חדשה".

"הנביא" של הננו-טכנולוגיה היה פרופ' ריצ'רד פיינמן, כבר בשנת 1959. אך בשנים האחרונות מספר גורמים עזרו לנבואתו להבשיל ולהתממש:

1. קץ עידן הסיליקון – המזעור של הטרנזיסטורים הגיע כנראה לשיאו, לא ניתן לייצר טרנזיסטור קטן מ-30 ננומטר. כמו כן הצפיפות הרבה של הטרנזיסטורים על השבב יוצרת בעיה של פינוי חום הנפלט בזמן פעילותם. לכן יש לתקוף את השאיפה למזעור שבבים מכיוונים חדשים, בניית טרנזיסטורים זעירים בדרך כימית – self assembling.

2. שילוב ננו-טכנולוגיה וביוטכנולוגיה – ננו-רפואה הרעיון הוא לשים ננו-סנסורים בגוף כדי לבדוק

* בכתיבת כתבה זו לקחו חלק נורית אריאל, מירה קיפניס, מרסל פרייליך, תמי לוי-נחום ודבורה קצביץ.

ההרצאה העשירה את ידיעותינו וגירתה את הדמיון שהולך והופך למציאות לנגד עינינו.

ההרצאות שהיו במושבים מקבילים התמקדו רובן ככולן בתכנית הלימודים החדשה. בחלקן הוצגו תוצרים שנבנו במסגרת סדנה המכשירה מומחים להטמעת התכנית החדשה בכימיה. הסדנה התקיימה בתשס"ד במרכז המורים הארצי לכימיה, במכון ויצמן למדע. בחלקן דנו ביוזמות העוסקות במעבדה לגווינה: מעבדה חוקרת, מעבדה ממוחשבת ומעבדה בדגש תעשייתי (מיזם).

נושאים נבחרים מהתכנית החדשה הוצגו ע"י מורי הסדנה להכשרת מומחים בהטמעת התכנית החדשה שבהנחיית זיוה בר-דב ודבורה קצביץ. הרצאות אלו הציגו את תוצרי הסדנה, ועיקרם חומרי למידה חדשים המתאימים גם לנושאים בתכנית החדשה וגם לרוח התכנית המדגישה את הקשר בין כימיה לחיי היום-יום. הפרק הראשון בתכנית החדשה "מבנה וקישור והיבטים כמותיים בכימיה" הוצג ע"י **בתיה שר** מהגימנסיה הריאלית בראשון לציון. בתיה וחבריה לקבוצה הדגישו את הרלוונטיות של הכימיה ושילבו דוגמאות מתחום הכימיה האורגנית בכלל והפולימרים בפרט.

הפרק השני, אנרגטיקה ודינמיקה, חולק לשניים והוצג בשתי הרצאות נפרדות: האחת ע"י **אורית מולווידזון** מתיכון גן נחום בראשון לציון והשנייה ע"י **מיכאל קויפמן**, תיכון עיינות ירדן, קיבוץ עמיר.

אורית וחבריה לקבוצה הדגישו את הקשר בין המשולש: לומד, חברה מדע, בהקשרים של אנרגיה. אנרגיה כימית



בתיה שר מציגה בכנס

כמניעה את גלגלי העולם, ושילוב מושג האנטרופיה בצורה איכותית כבר במסגרת 3 יח"ל.

מיכאל הציג את רצף ההוראה בקינטיקה אגב שימת דגש על פעילות האנזימטית, שמצד אחד היא פעילות קטליטית ומצד שני יכולה להראות את הצד היישומי של קינטיקה ואת החשיבות הייחודית באנזימים.

במבניות הבחירה ההוראה היא דרך סוגיות המקשרות תופעות כימיות שונות ומגוונות עם צרכיו של האדם המודרני. מבנית הבחירה "כימיה והאדם" הוצגה ע"י **דינה זלוצובר** מתיכון אזורי גבעת ברנר ורונית ברד מתיכון רמלה לוד. דינה הציגה את הוראת הכימיה סביב הסוגיה שתיית אלכוהול, שבמהלכה לומדים מושגים בחמצון-חיזור של תרכובות פחמן ומתוודעים לקבוצות פונקציונליות. רונית הציגה מסע בגוף האדם מנקודת מבט של חומצות ובסיסים, החל ברוק, דרך הקיבה וכלה במעי הדק.

מבנית בחירה נוספת "כימיה ירוקה, אדם וסביבתו" הוצגה ע"י **נאוה תמם** מהגימנסיה הריאלית בראשל"צ ו**אסתר ברקוביץ'** מבי"ס תיכון בית וגן ותיכון אילון. נאוה התמקדה באטמוספירה וזיהום אוויר, ואסתר הציגה את נושא האוזון על היבטיו השונים: חשיבותו של האוזון, הגורמים הפוגעים בו והשימושים בגז זה. כמו כן התייחסה בהרחבה גם ל"אפקט החממה" הכללת את "האפקט הטוב" וה"אפקט הרע".

מספר הרצאות התמקדו בנושא המעבדה. מורים הציגו את תכניות העבודה במעבדה בבית ספרם: **ד"ר מרים כרמי** מהגימנסיה העברית "הרצליה" בת"א הציגה כיצד לשלב בין יחידות המעבדה השונות. **חווה סטרול**, תיכון אשל הנשיא, **דורית פלקוביץ**, מקיף ז' ע"ש נוימן ב"ש, ו**שרית טל**, מקיף ג' ב"ש, הציגו את יחידת המעבדה בדגש תעשייתי (מיזם תעשייתי) והדגישו כיצד מחומרי גלם ניתן לקבל מוצרים לשימוש האדם ולשמור על איכות לסביבה. גם **עדנה קשי וג'ודי מדיובניק**, תיכון היובל הרצליה, הציגו את יחידת המעבדה - "מיזם" שלהן, והדגישו כיצד הן משלבות חקר רשת בעבודתן. **ענת פלדנקרייז ושרה פוגל** סיפרו על ערב חקר עם הורים שנועד לשתף את ההורים בתהליך רכישת מיומנויות

קשרים כימיים/קוולנטיים קיימים בין אטומים, ומספרם הוא מוגבל. כמו כן יש להם אופי מרחבי. על פי גישתו של עציוני, כאשר דנים בגביש יוני מוצק, לא ניתן לכתוב את הקשר בין היון חיובי לבין היון השלילי שנמצא סמוך לו במונח "קשר יוני". לטענתו, אין זה נכון שכל יון נתון יוצר שישה "קשרים יוניים" עם יוני הכלור שסביבו. לכן – הוא פוסל לחלוטין את השימוש במודל הנפוץ מאוד של הסריג היוני שבו כולנו משתמשים להמחשת המבנה הגבישי, כיוון שהוא מטעה.

לשיטתו קשר כימי הוא בעיקר קשר קוולנטי. לכאורה, גישה זו עלולה להסתבך עם המונח "קשרי מימן". מניסיונו, הבעיה היא מזערית מפני שמגיעים אליה רק אחרי שימוש ממושך במונח "כוחות משיכה בין-מולקולריים". עציוני ציין את ההצעה המקורית של פאולינג (Pauling), ש"גילה" את קשרי המימן וכינה אותם "גשרי מימן" (hydrogen bridges) ולא קשרים. עציוני סיים את הרצאתו ב"הצגה" קצרה ומשעשעת שממחישה בצורה משכנעת איך שיתוף של שני אלקטרונים יוצר קשר בין שני אטומים.

דפנה מנדלר, הגימנסיה העברית ירושלים ותיכון הראל מבשרת ציון, הציגה כיצד ניתן להיעזר בסרט "השמן של לורנזו" בכיתה (כתבה רחבה בנושא בגיליון זה).

ד"ר אורית הרשקוביץ וליאורה סער דנו בסוגיה כיצד להעריך הישגי תלמידים באמצעות חקר אירוע/מאמר מדעי מעובד? **וד"ר דליה צ'שנובסקי**, תיכון ע"ש אוסטרובסקי רעננה, תיארה כיצד השתלבה בתכנית הניסוי "שילוב סביבה לימודית מתוקשבת בהוראת הכימיה".

את יום העיון חתם פאנל מדענים אשר הציג למורים את יחידות ההשלמה בתכנית החדשה.

בכנס השתתפו השנה כ-300 מורים וחברי צוות של מחלקות להוראת מדעים. כה לחי לצוות המארגן ולמורים אשר הסכימו לשתף אותנו בעבודתם.

תקצירים לכל ההרצאות ניתן למצוא באתר המרכז הארצי למורי הכימיה בישראל שכתובתו:

<http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/center/hitmakzeit-index.html>

החקר שעברו התלמידים. **ד"ר דבורה יעקבי וד"ר אידה בבייב** מחמד"ע, מרכז לחינוך מדעי תל אביב-יפו, נתנו פרק ב"הפרד ומשול" – מגוון ניסויים בהפרדת חומרים. כמו כן היו הרצאות נוספות בנושאים כלליים, שעיקרן קידום מקצוע הכימיה. **רותי שטנגר** סיפרה על יום המול. יום זה הוא פרי יצירתה של מורת תיכון בארה"ב, שהציעה דרך להגברת ההתעניינות במקצוע הכימיה. יום המול נחגג מדי שנה בתאריך 23.10 מהשעה 6:02 בבוקר ובכל פעם מודגש נושא אחר. ההרצאה תיארה את ההתארגנות לקראת יום המול בבי"ס עירוני ג' חיפה, שם נחגג יום זה בשנתיים האחרונות, את החוויות ואת האווירה הנהדרת שאפפה את תלמידי הכימיה בפרט ואת תלמידי ביה"ס בכלל ביום זה.



רותי שטנגר מציגה בכנס

שלמה (סול) עציוני בהרצאתו "קישור כימי – פתרון לבעיה?" ניסה להתמודד עם טעויות המשגה של תלמידים בנושא הקישור הכימי. עובדה היא שתלמידים רבים מתקשים בנושא קישור כימי ובמיוחד בהבחנה בין הקשרים ה**תוך**-מולקולריים ובין הקשרים ה**בין**-מולקולריים. מניסיונו הרב, טוען עציוני, כי ניתן להתגבר על הבעיה ע"י שימוש נכון במונח "קשר". הוא פוסל לחלוטין את השימוש בביטויים כגון "קשרים בין-מולקולריים" המופיעים בספרי לימוד שונים בעברית. במקומם יש להקפיד על המונח "**כוחות משיכה** בין-מולקולריים" (או "**כוחות** ון-דר-ואלס"). ההבדל בין "קשר" ובין "כוחות משיכה" אינו רק סמנטי ואינו רק אנרגטי.

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

הפרס לשנת תשס"ה מוענק השנה:

לד"ר בוריס דב טריגרמן

נימוקי הוועדה



ד"ר בוריס דב טריגרמן הוא מורה ומרכז הכימיה בבית הספר התיכון הניסויי למדעים ואמנויות ע"ש חיים הרצוג שבחולון. בוריס בן לניצולי שואה עלה לארץ מרוסיה בשנות השבעים לאחר שהיה מסורב עליה. משנת 1979 הוא מלמד כימיה בחולון ועוסק בהדרכת מורים עולים.

מעבר ליכולותיו כמורה לכימיה, המחנך ומכשיר את תלמידיו ומגיע איתם להישגים מרשימים בבחינות הבגרות, אנו מוצאים את בוריס מדריך יוצא דופן בגישתו למורים עולים חדשים. במכתב שהופנה אלינו כותבת קבוצה של מורים לכימיה עולים חדשים את המילים הבאות: "ד"ר טריגרמן מלווה אותנו מצעדינו הראשונים בארץ, תודתנו נתונה לו על מאמציו הרבים

שהשקיע בקליטת מורים עולים, על מסירותו לעבודה, על השעות הרבות שהוא מקדיש לנו – גם מעבר לשעות העבודה... הוא מתייחס בכבוד למורים עולים ומשמש להם אוזן קשבת בכל עת...

מוסיף מר מיכאל כהן מנהל המחלקה למורים עולים במשרד החינוך: "מר טריגרמן ממלא את תפקידו במקצועיות רבה, במסירות ובנאמנות יוצאת דופן המשמשות דוגמה ומופת למורים העולים העובדים במערכת החינוך".

הנכונות של בוריס להשקיע מזמנו ומרצו להדרכת מורים עולים, שצריכים לפלס את דרכם החדשה בארץ תוך התמודדות יומיומית קשה הן בכיתות הלימוד והן במערכת החינוך על כל מרכיביה, היא ערך ייחודי שמן הראוי לעודד ולטפח ולכן החלטנו להעניק לד"ר בוריס טריגרמן את פרס המורה המצטיין לשנת תשס"ה על שם ד"ר ורה מנדלר.

על החתום:

פרופ' דני מנדלר

גב' אילנה זוהר

ד"ר רחל ממלוק-נעמן

ד"ר ניצה ברנע