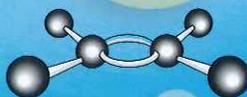


# על-כימיה

גיליון מס' 5 • ניסן התשס"ד • אפריל 2004



המחלקה להוראת המדעים



המרכז הארצי למורי הכימיה

מכון דוידסון לחינוך מדעי  
DAVIDSON INSTITUTE OF SCIENCE EDUCATION



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



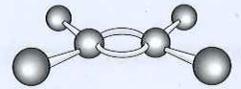
משרד החינוך, התרבות והספורט  
האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים

# על-כימיה

גיליון מס' 5 • ניסן התשס"ד • אפריל 2004  
עיתון מורי הכימיה

## תוכן

- כללי**
- לקראת פרסום תכנית הלימודים החדשה בכימיה - דבר המפמ"ר, דר' ניצה ברנע..... 3
- מהמפץ הגדול ועד תחילת החיים, דפנה מנדלר..... 5
- כימיה בבית משפט, מרסל פרייליך ודבורה קצביץ..... 11
- בחינות הבגרות כמקדם נושאי למידה, יוסף ליבנה..... 14
- הוראה והערכה בעזרת מאמר לא מוכר, פנינה שפירא..... 19
- תוכניות לימודים**
- יחידת מעבדה - לאן? לנוסוים הממוזערים, כמובן! דר' מרדכי ליבנה..... 24
- מחקרים**
- בהוראת המדעים**
- ממורים בכיתה - למובילים בהוראת הכימיה, דר' מרים כרמי..... 33
- פעילויות**
- "הדיאלוג היצירתי" ברמות חפר, אורלי הובר..... 37
- כימיה, טכנולוגיה וחברה, זורה גדעוני..... 39
- מעט מן הדבש על קצה התפוח, רונית אגוזי..... 47
- כימיה של אבני חן, עדי פאלוקס..... 50
- תקשוב**
- פרסי נובל לכימיה 2003, דבורה קצביץ..... 53
- מורים ותלמידים מצטיינים לשנת תשס"ד..... 54
- כימיה בקרנבל, דבורה קצביץ..... 56
- כללי**



המרכז הארצי למורי הכימיה



מכון דוידסון לחינוך מדעי  
DAVIDSON INSTITUTE  
OF SCIENCE EDUCATION

המחלקה להוראת המדעים

**עורכות אחראיות:** דפנה מנדלר, דבורה קצביץ

**מערכת:** פרופ' אבי הופשטיין - יו"ר המערכת  
דר' ניצה ברנע - מפמ"ר כימיה  
דר' רחל ממלוק-נעמן - מנהלת  
המרכז הארצי למורי הכימיה

**עריכה לשונית:** נדון קלברמן

**גרסת אינטרנט:** דר' שלי לבנה

**עיצוב והפקה:** אגי בוקשפן

**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:

"פלטפורמת האלכימאים", צולמה בקרנבל בריו-דה-ז'נרו, פברואר 2004

קוראים יקרים,

רגע לפני בחינת הבגרות בכימיה ברצוננו לאחל לכל העוסקים במלאכה, מורים, תלמידים וכותבי הבחינה, הצלחה רבה! ושהכול יעבור על מי-מנוחות. היציאה הרגועה של התלמידים מהבחינה היא בעלת השפעה רבה על הדורות הבאים של תלמידי הכימיה ... בגיליון זה בחרנו לשנות את העימוד של הדפים כדי לתת לגיליון צביון של עיתון יותר מאשר של ספר.

למדורים הקבועים הוספנו מדור מצוינות המתמקד בפרסי הצטיינות: חתני פרס נובל לכימיה, מורים ותלמידים מצטיינים שזכו בפרסים.

במאמר "מהמפץ הגדול ועד תחילת החיים" תוכלו למצוא תשובות לשאלות שתלמידים מרבים לשאול - כיצד נוצרו היסודות ומהו מקור החיים? דפנה מנדלר כותבת על תהליכי מיזוג גרעיני וכן מסבירה באילו תנאים חומרים אנ-אורגניים יצרו חומרים אורגניים שהם הבסיס לחיים.

במדור תכניות לימודים בחרנו להתמקד בסנונית הראשונה של תכנית הלימודים החדשה בכימיה "הוראה והערכה בעזרת מאמר לא מוכר". פנינה שפירא מציגה בפנינו את הרציונאל, הנחיות לכתיבת שאלת unseen ושאלה לדוגמה הכוללת טבלה למיומנויות הנבדקות בשאלה.

בגיליון הקודם הקדשנו משקל רב להחזרת הכימיה למעבדה, בגיליון זה אנחנו ממשיכים את המסר. במאמר "יחידת המעבדה לאן? לניסויים בממוזערים כמובן! מציעים הכותבים גישה נוספת להוראת הכימיה במעבדה, המדגישה מעבר לעבודת התלמיד במעבדה את עקרון החיסכון בחומרים ושמירה על איכות סביבה.

במדור מחקרים בהוראת המדעים מתארת מרים כרמי במאמרה "ממורים בכיתה - למובילים בהוראת הכימיה" מחקר שערכה אשר עוקב אחר התפתחותם המקצועית של מורים לכימיה. ניתן לקרוא ורצוי להפנים עד כמה כדאי להשתלם בהשתלמויות ארוכות טווח.

מדור פעילויות מציע הפעם מגוון של פעילויות, החל מתכניות לימוד ייחודיות בבית הספר ברמות חפר, דרך כימיה, טכנולוגיה וחברה במאמרה של דורה גדעוני, וכלה בפעילות לקראת ראש השנה "מעט מן הדבש על קצה התפוח" של רונית אגוזי. מדור תקשוב מארח הפעם יום מקוון של ביה"ס מור-מטרווסט. עדי פאבלוקס מספרת כיצד הפעילו בבית ספרם יום מקוון שכלל פעילויות מתוקשבות בכימיה בנושא נפלא המבליט את יופיה של הכימיה "כימיה של אבני חן".

המאמר "בחינות הבגרות כמקדם נושאי למידה", הערותיו של מעריך בבחינת הבגרות, מאת יוסף ליבנה, מזמין אתכם המורים וכותבי השאלות בבחינות הבגרות להרהר בסוגיה: מהן התשובות שאנחנו מצפים מהתלמידים לענות לשאלות מסוימות? האם לתלמידים יש מספיק נתונים ומידע כדי לענות כראוי על שאלות אלו? הנכם מוזמנים להגיב להערותיו של יוסף. תגובתכם יכולה להיות קצרה והיא תפורסם במדור תגובות קוראים.

מורים מוזמנים לשלוח למערכת תגובות על המאמרים, מאמרים פרי עטם, הצעות לפעילויות, מעבדות וסיוורים ולשתף אותנו בימים פתוחים שארגנו.

"על כימיה" הוא שלכם ובשבילכם!

## לקראת פרסום תכנית הלימודים החדשה בכימיה

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

זה יותר משנתיים שוקדים צוותים על כתיבת סילבוס חדש לרמת 3 ו-5 יחידות לימוד. הצוותים כוללים מומחים מתחומי הכימיה והוראת הכימיה באוניברסיטאות ובטכניון ומורים מובילים לכימיה בשיתוף המפמ"ר ואנשי משרד החינוך. בימים אלו עורכים את החוברת ומתאימים את התכנים לקראת פרסום לאחר ששתי תת הוועדות - 3 יח"ל והשלמה ל- 5 יח"ל סיימו את הדיונים, קיבלו החלטות וערכו התאמה כדי שניתן יהיה לשלב את התוצרים לתוכנית לימודים חדשה אחת. המטרות שהוגדרו לחברי הוועדות היו להתאים את תכנית הלימודים לתקופתנו, להפוך אותה רלוונטית יותר לתלמידים ולשנות את דרכי ההערכה.

כוונת קובעי המדינות היא שלאחר פרק זמן המתאים להערכות בתי הספר להכנסת המעבדה, המעבדה תהפוך לחובה בבחינת הבגרות, לפחות בהיקף של חצי יחידה. כדי לאפשר היערכות לשינוי זה וציוד המעבדות בהתאם לכך, הקצבנו לבתי הספר תקופה של כשנתיים. במקביל נערך כעת מבצע שבמסגרתו המשרד נותן תמיכה לבתי ספר שמעוניינים להצטייד בערכות של דטאלוגרים עם חיישנים לצורך הפעלת מעבדות ממוחשבות. כל בי"ס שקונה שתי ערכות לפחות יוכל לקבל מהמשרד שתי ערכות כמענק. עד כה הקצה המשרד למטרה זו 102 ערכות, והוא מתכוון להקצות 36 ערכות נוספות. צעדים אלה מהווים בהחלט פריצת דרך, אמירה משמעותית של המשרד לגבי חשיבות לימודי הכימיה ותמיכה בתכנית הלימודים החדשה. למרות שאנחנו בעידן של קיצוצים, ראו בכירי המשרד את החשיבות בהחדרת המעבדות בכימיה לבתי הספר ונרתמו לסיוע. אני מעודדת את בתי הספר ואת המורים אשר מעוניינים להצטרף לפרויקט, ליצור קשר אתי או עם הצוות שפיתח את תכנית המעבדות הממוחשבות. אני תקווה שנוכל להמשיך במבצע זה גם בעתיד כך שלכל בי"ס המלמד כימיה תהיה האפשרות לשלב ניסויים ממוחשבים במעבדה.

הדרישות מיחידת המעבדה יהיו אחידות לכל סוגי המעבדות שפותחו במל"מים השונים: "כימיה בגישה חוקרת", מכון ויצמן למדע; "מעבדות ממוחשבות", טכניון; "מעבדות ממוזערות", אוניברסיטת בר אילן; ודגש תעשייתי ב"מיזם", מכון ויצמן למדע. הרעיון הוא לשלב ניסויים מכל הסוגים. בתי ספר שירכשו את ציוד החיישנים יוכלו להשתמש בו בכל סוגי המעבדות שיותאמו למערכת הממוחשבת. הרעיון הוא שגם בעתיד יפותחו ניסויים ע"י צוותי פיתוח או ע"י מורים מהשטח, ולאחר בדיקת איכות ובטיחות יפורסמו ויעמדו לשימוש כלל המערכת.

בעידן הקיצוצים ועקב עלויות המקצוע ותחרות עם מקצועות אחרים, אין המנהלים של בתי הספר מתאמצים ללמד כימיה. לצערי, לא בכל בי"ס נפתחות כיתות לכימיה, ואין נכונות להשקיע בציוד ובמעבדות, אולם בבתי ספר שבהם המורים משלבים את תכניות המעבדה ואת שיטות ההוראה וההערכה החדשות, יש עלייה במספר הלומדים. הפיקוח מקיים השתלמויות בכימיה ברחבי הארץ, ורוב המורים מגלים רצון והתלהבות להתעדכן בתכניות המעבדה החדשות.

פרטים ועדכונים לגבי התכניות החדשות ולגבי הסילבוס הקיים ניתן למצוא באתר מפמ"ר הכימיה במשרד החינוך. באתר יש גם מספר פורומים שבהם המורים דנים בנושאים שונים. כתובת האתר:

<http://edusearch.education.gov.il/mivzakim/chemistry/index.html>



שינויים נוספים שקורמים עור בימים אלו:

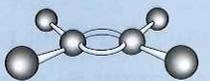
- החל מהשנה תופיע שאלה על מאמר מדעי לא מוכר כחלק משאלות הבחירה ברמת 3 יחידות לימוד. השנה ובשנה הבאה השאלות הן שאלות נוספות על השאלות אשר קיימות, ולכן חשוב לציין זאת בפני התלמידים. אלה שלא יעסקו בשאלות כאלו פטורים מקריאת השאלה מטעמי חיסכון בזמן. השאלה תמוקם כשאלה אחרונה בשאלון. החל משנת תשס"ו תחליף השאלה על מאמר את אחת מהשאלות הפתוחות, כך שבסך הכול יבחרו התלמידים ב-4 מבין 7 השאלות.
  - במשרד מטפלים בהילוך גבוה בשינוי חוקת הזכאות כך שכל התלמידים יצטרכו להיבחן בבחינה חיצונית ב-2 יח"ל במדעים המורכבות מ-1 יח"ל משני תחומי דעת שונים מתוך השלושה: ביולוגיה, כימיה, פיזיקה, ולא 2 יח"ל מתחום דעת אחד. יש כבר סמלי שאלונים נפרדים ליח"ל אחת בכל תחום דעת. באופן זה ניתן יהיה לבדוק שאכן נלמדו לפחות 2 תחומי דעת מדעיים. לחילופין, תלמידים המוותרים על האפשרות להתמחות בלימודי מדעים בהמשך, יוכלו להיבחן ב-2 יח"ל מוט"ב או ב-2 יח"ל במדעי הטכנולוגיה.
  - תלמידים שיבחרו להמשיך בלימודי הכימיה לאחר שלמדו יח"ל אחת - הציון שצברו עבור לימודיהם בכיתה י' יהווה מרכיב חלקי מהבחינה של 3 יח"ל.
  - מתגבשת הצעה ברמת יו"ר המזכירות הפדגוגית וועדת ההיגוי העליונה למדע וטכנולוגיה כי ברמה של 3 יח"ל לא תהיה הפרדה בין כימיה לבין כימיה טכנולוגית, וכל התלמידים ילמדו כימיה ברמה של 3 יח"ל. תלמידים שירצו להמשיך להתמחות בביוטכנולוגיה ימשיכו ב-2 יח"ל בביוכימיה, ובמערכות ביוטכנולוגיות בהמשך. תלמידי 5 יח"ל בכימיה יבחרו את 2 יחידות ההשלמה לכימיה לפי תכנית הלימודים החדשה, שגם בה תהיה יחידה שעוסקת בביוכימיה כאפשרות בחירה. חשיבות ההחלטה בהיבט הבית ספרי היא רבה: היא תאפשר לכל התלמידים המעוניינים ללמוד כימיה להתחיל את לימודיהם בכיתה י"א ביחד, ותחסוך מבתי הספר בעיות של מחסור בתלמידים עקב החלוקה הקיימת לכימיה/כימיה טכנולוגית.
  - השנה בחינת הבגרות בכימיה חוזרת להיות הראשונה מבין בחינות הבגרות, והיא תתקיים ב-6 במאי. למרות שהתאריך המוקדם יוצר לחץ על כולנו, נדמה לי שעדיף להיות ראשונים מאשר אחרונים כפי שהיה בשנה שעברה.
- אני מאחלת לכולנו המשך שנת עבודה פורייה ומוצלחת והצלחה בבחינה.

כל ההשתלמויות במרכז הארצי למורי הכימיה

בשנת הלימודים הבאה, תשס"ה

ייתקיימו בימי רביעי בשבוע

מומלץ לשריין יום פנוי בהתאם



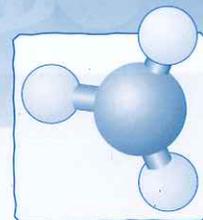
המרכז הארצי למורי הכימיה

המרכז הארצי למורי הכימיה

מכון דוידסון לחינוך מדעי, מכון ויצמן למדע

# מהמפץ הגדול ועד תחילת החיים

דפנה מנדלר\*

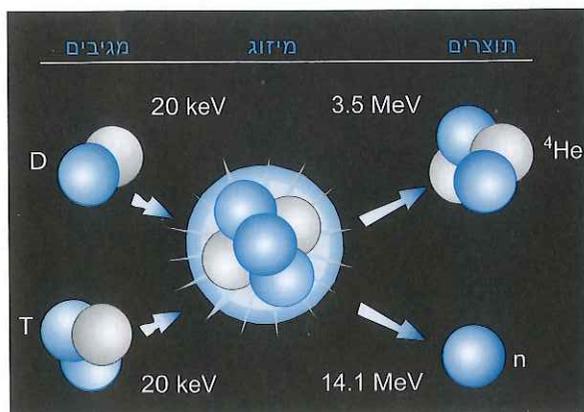


בסופו של דבר התעבה המימן ונהפך לכוכבים. תהליכים כמו מיזוג גרעיני, שבהם גרעיני מימן הופכים לגרעיני הליום, היו התהליכים העיקריים על הכוכבים עד למותו של הכוכב. תהליכים אלו אחראים גם לעובדה שהכוכבים החלו להאיר את החלל האפל.

את המפתח להבנה של תהליך המיזוג הגרעיני ושל הגורמים לפליטת אנרגיה במהלך המיזוג, פיתח אלברט איינשטיין במשוואתו המפורסמת על אנרגיה:  $E = M \cdot C^2$ , הממירה מסה לאנרגיה. כדי להגיע להבנה מעמיקה יותר, נסתכל בפרוטרוט על תהליך המיזוג הגרעיני.

## תהליך המיזוג הגרעיני של יסודות קלים

תגובת המיזוג "D-T" היא בעלת מהירות התגובה הגבוהה ביותר בטמפרטורות הפלזמה הניתנות כיום להשגה במעבדה. בנוסף תגובה זו משחררת אנרגיה גבוהה בעת התרחשותה. בזכות שני מאפיינים אלה משמשת תגובה זו למחקר תהליכי מיזוג גרעיניים. כפי שניתן לראות באיור 1, תוצרי התגובה הם חלקיקי  $\alpha$  (הליום טעון חיובית) וניטרון.



איור 1 - תגובת מיזוג "D-T"

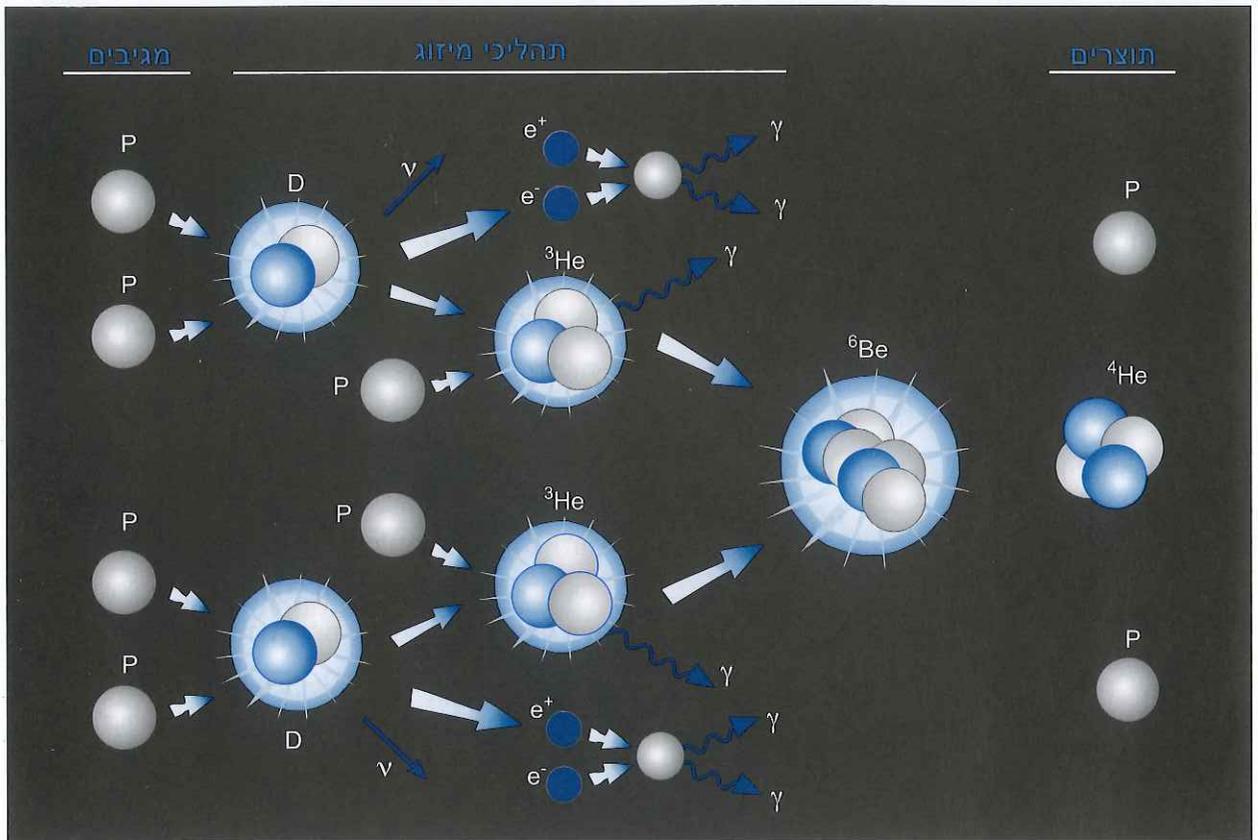
בבואנו לדון על היקום, כל מה שמעבר לאטמוספירה של כדור הארץ הופך להיות חלל עצום. בעצם האטמוספירה, המעטפת הדקיקה של כדור הארץ, מהווה רק חלק מזערי מנפח היקום כולו. למילה מעבר יש משמעות אניגמאטית, מסתורית משהו, כאשר מסתכלים על הנפח העצום הזה מעבר לנו במטרה להבין כיצד התחילו החיים על פני כדור הארץ וכיצד נוצרה המעטפת הדקיקה הזו המכונה אטמוספירה. כדי לנסות ולתת מענה לשאלות הללו נעבור בזריזות מנקודת ההתחלה וננסה להתחקות אחר היווצרות היסודות הקלים והכבדים. משם נמשיך וננסה להבין כיצד מהיסודות נוצרו התרכובות ובהמשך גם המולקולות המסובכות יותר; כל אלה יובילו אותנו בסופו של דבר לקיומם של החיים כפי שאנו מכירים אותם כיום.

כאשר מלמדים כימיה גרעינית מתייחסים בין היתר לעובדה שהברזל הוא הגרעין היציב ביותר, ולא ניתן למזגו עם גרעינים אחרים ליצירת גרעינים גדולים יותר. אחת השאלות הנפוצות בהקשר זה שנשאלות על ידי תלמידים היא: כיצד נוצרו הגרעינים הקלים מן הברזל והכבדים ממנו? שאלה טובה! את המסע שלנו להבנת החיים על פני כדור הארץ נתחיל בחיפוש אחר תשובה לשאלה ונחקור כיצד נוצרו היסודות הקלים וכיצד גרעיני היסודות הקלים התחברו יחד בחלל. התהליך נקרא בשפה המדעית "סינתזה גרעינית" (nucleosynthesis).

הכול התחיל במפץ הגדול. אסטרופיזיקאים חושבים שבזמן כלשהו לאחר המפץ הגדול, כאשר קווארקים החלו להידחס יחד ליצירת פרוטונים וניטרונים, גרעיני האטומים הראשונים שנוצרו היו של מימן, מעט הליום ועוד פחות מזה ליתיום. הטבלה המחזורית של אותם הזמנים הייתה קטנה מאוד.

\* דפנה מנדלר, תיכון הראל, מבשרת ירושלים.





איור 2 - תגובת מיזוג "P-P"

לא יציב, והוא ממשיך ומתפרק לשני פרוטונים ולגרעין  ${}^4\text{He}$ . בנוסף התהליך משחרר שני נויטרונים, שני פוזיטרונים וקרני  $\gamma$ . הפוזיטרונים מתחברים במהירות עם האלקטרונים לתוך הפלזמה תוך שחרור אנרגיה נוספת בצורת קרני  $\gamma$ .

עד עתה הצלחנו באמצעות שני התהליכים המתוארים להבין כיצד נוצר היסוד הליום. התהליכים הללו עדיין אינם מסבירים כיצד נוצרו מרבית היסודות. בשלבים מאוחרים יותר בחייו של כוכב נוצרים גרעינים גדולים יותר כמו פחמן, חנקן וחמצן כתוצאה ממיזוג בין גרעיני הליום. מסתבר שככל שעולה המסה, כך הופכים גרעיני היסודות הנוצרים בדרך זו ליציבים יותר והברזל הוא היסוד הכבד ביותר הנוצר בדרך זו. גרעינים כבדים יותר מברזל הם פחות יציבים. על מנת להבין את תהליכי המיזוג יש להתייחס למושג אנרגיית קישור גרעינית

הנויטרונים בורחים לתוך הפלסמה, ושם ניתן ללכוד אותם בתגובות המשך כמו:



תגובה זו יכולה לשמש כדי להפוך את הנויטרונים חזרה לטריטיום ולהחזירו למעגל התגובה.

תגובה נוספת של מיזוג גרעיני ידועה בשם "P-P"

תגובה זו ידועה בשם תגובת שרשרת "פרוטון-פרוטון" (ראו איור 2). תגובה זו היא תגובת המיזוג הגרעיני העיקרית בכוכבים (בכוכבים כבדים יותר שולטים תהליכים מורכבים יותר הידועים כמעגל הפחמן). בשרשרת "P-P" שני זוגות של פרוטונים מתמזגים ויוצרים שני דוטרונים (גרעיני דיאוטריום). כל דוטרון מתמזג עם פרוטון נוסף ליצירתו בגרעיני  ${}^3\text{He}$ . שני גרעיני  ${}^3\text{He}$  מתמזגים יחד ליצירת  ${}^6\text{Be}$ , שהוא גרעין

ולעוד נושאים נוספים כמו דעיכה רדיואקטיבית. הסיבה היא שעם העלייה במסה האטומית יש עלייה במטען החיובי של הגרעין. כוח הדחייה בין הפרוטונים גובר על הכוח החזק שמחזיק אותם יחד מלכתחילה. אם כך כיצד נוצרו גרעינים כבדים יותר כמו הצורן, בריום או טונגסטן?

### “מעבר לברזל” – תהליך המיזוג הגרעיני של היסודות הכבדים

ייצור היסודות הכבדים מברזל מתרחש אף הוא. התהליך מתבצע ע"י הוספת נויטרונים לגרעין. בהיותם חלקיקים חסרי מטען חשמלי, הנויטרונים יכולים להתקרב בקלות לגרעין המתהווה וליצור גרעין כבד יותר.

קיימות שתי סביבות כוכביות שבהן התהליך של “לכידת הנויטרון” יכול להתרחש. סביבה אחת היא בתוך כוכבים גדולים במיוחד, כאשר הם מתים ומתפוצצים כסופר נובה. בתהליך דרמטי זה תהליך “לכידת הנויטרון” מתרחש מהר מאוד. התהליך נקרא תהליך  $r$  (r-rapid).

אך לא כל היסודות הכבדים נוצרים בדרך דרמטית זו. דרך נוספת ו”רגועה” יותר מתרחשת בכוכבים רגילים הנמצאים לקראת סוף חייהם, שבהם הליום משמש כדלק. התהליך נקרא תהליך  $s$  (s-slow). היסודות הכבדים מתקבלים כתוצאה ממיזוג מתון יחסית של הנויטרונים והגרעין. המדענים סבורים שמחצית מכל היסודות הכבדים יותר מברזל התקבלו בדרך זו במהלך האבולוציה המאוחרת של כוכבים.

תהליך  $s$  מתרחש במהלך שלב מסוים באבולוציה של כוכב. שלב זה ידוע בשם “AGB”. הוא מתרחש לפני שהכוכב הזקן מפזר את המעטפת הגזית שלו לחלל הבין כוכבי, לעתים מיד אחר כך הכוכב מת. כוכבים שהמסה שלהם נעה בין 0.8 ל-8 פעמים מהשמש, הם כנראה אלה שמועמדים להפוך לכוכבי “AGB”. הם אלו שמסיימים את חייהם בדרך המתוארת. גם השמש שלנו תסיים כנראה את חייה בדרך זו בעוד שבעה מיליארדי שנה.

הבנה מעמיקה של תהליך  $s$  ובמיוחד זה המתרחש בכוכב “AGB” מושגת על יד מחקרים רבים הנערכים זה שנים רבות. מחשבים רבי עוצמה מדמים וחוזים את

תהליכי  $s$ . המסקנות ממודלים אלה הם שתהליכי  $s$  יעילים במיוחד בכוכבים בעלי כמות מועטה של מתכות (כוכבים אלה נקראים “metal poor” או low metallicity). בכוכבים זקנים למדי שנולדו בשלבים המוקדמים של היווצרות הגלקסיה שלנו, תהליכי  $s$  צפויים להיות יעילים וליצור גרעינים מברזל ועד לאטומים הכבדים והיציבים ביותר כמו גרעיני עופרת (מספר אטומי 82) וביסמוט (מספר אטומי 83). מרגע שיסודות אלה נוצרו, תהליכי  $s$  נוספים ייצרו יסודות לא יציבים שידעכו חזרה לעופרת. כלומר תהליכי  $s$  מסבירים את היווצרות היסודות הכבדים עד מספר אטומי 82 וסביבת מספר אטומי זה.

כיצד מתרחשים תהליכי  $s$ ? כאשר גרעיני פחמן - 13 (גרעינים המכילים 6 פרוטונים ו-7 נויטרונים) פוגעים בגרעיני הליום - 4 (2 פרוטונים ושני נויטרונים), הם מתמזגים ונוצר חמצן - 16 (8 פרוטונים ו-8 נויטרונים). בתהליך זה, כפי שניתן לראות מחיבור המספרים, נויטרון אחד משתחרר. נויטרונים אלה הם אבני הבניין ליצירת גרעינים כבדים יותר.

תהליך המיזוג הגרעיני מרחיב את הטבלה המחזורית הקוסמית משלושה יסודות לעשרים ושישה. אך עדיין הדרך ארוכה עד יסודות שמספרם האטומי הוא 100 ומעלה. מאחר וברזל הוא גרעין יציב, הוא אינו עובר תהליכי מיזוג נוספים היוצרים גרעינים גדולים יותר. רק כאשר הגדולים מבין הכוכבים הראשונים צרכו את כל הדלק הגרעיני שלהם והפכו לסופר נובה, רק אז הייתה האנרגיה מספיקה כדי למזג יחד גרעינים גדולים יותר. ההתפוצצות האלימה של הכוכב היא זו שייצרה את היסודות הכבדים כדוגמת אורניום. בכל מקרה הייתה זו ההתנהגות של הכוכבים שייצרה את היסודות בטבלה המחזורית.

אולם מן האמור לעיל ברור שתהליכי  $s$  אינם יכולים להיות אחראים לייצור גרעינים רדיואקטיביים של המתכות הכבדות. אחת הסיבות לכך היא העובדה שיסודות רדיואקטיביים דועכים במהירות גבוהה מזו של תהליכי  $s$  היוצרים אותם. לכן כדי לקבל אורניום עדיין יש צורך בסופר נובה.



## האבק הבין כוכבי והמבנה האלקטרוני

נשאלת השאלה כיצד יודעים החוקרים אילו יסודות מרכיבים את הכוכבים ואת האבק הבין כוכבי. הדרך לזהות קיומם של יסודות מסוימים בתרכובות ובחומרים נעשית כאן על פני כדור הארץ באמצעות חקירת קווי הספקטרום האופייניים לכל יסוד ויסוד. היסוד ליתיום התגלה כתוצאה ממחקר הקווים הספקטראליים המתקבלים בדעיכת אור השמש. היסוד ליתיום התגלה על פני השמש לפני שהוא התגלה כמתכת על פני כדור הארץ. ספקטרום של אור כוכבים הוא אחד האמצעים העיקריים לקביעת ההרכב של כוכבים. מאחר ולכל יסוד יש ספקטרום אופייני משלו, זיהוי קווי הספקטרום באור המגיע מכוכבים מאפשר את קביעת הרכבם.

בסקירה זו לא נרחיב בנושא ספקטרום של יסודות ומולקולות. הרחבה בנושא זה ניתן למצוא בספר "נושאים באינטראקציה בין קרינה לחומר" בהוצאת המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

## מן היסודות הכבדים עד למולקולות פשוטות

עד עכשיו עסקנו באטומים. יצירת היסודות הכבדים היא רק שלב אחד בדרך מהמפץ הגדול ועד ליצירת היקום, שיכול לתמוך ביצירת חיים. מרגע היווצרות אטומים מורכבים נסללת הדרך להיווצרות מולקולות. מולקולות פשוטות כמו מולקולות מים, אמוניה ופחמן חד חמצני נפוצות בחלל. פעמים רבות ניתן למצוא אותן באבק הבין כוכבי הנותר בערפיליות לאחר סופר נובה. מערכת השמש שלנו היא דור שני של כוכב שנוצר מאבק של סופר נובות עתיקות ולכן עשיר בתרכובות אלה.

תיאוריה חדשה טוענת שחלק מגרעיני החמצן והפחמן התמזגו ונוצרו במהלך המפץ הגדול, ומרגע היווצרותם הם יכולים להתרכב יחד ליצירת פחמן חד חמצני. אחת התצפיות החשובות נערכה ביוני 1998. באירוע זה נצפתה סופר נובה על ידי אסטרונומר יפני. צוות מחקר נוסף מאוניברסיטת אוסטיין בטקסס מצא פחמן דו חמצני שנוצר לאחר התקררות החלקיקים שנותרו בעקבות הסופר נובה. המולקולות הנוצרות מתנהגות כמו ספוג וקולטות את האנרגיה ליצירת גז חם ואז

פולטות את האנרגיה לחלל כקרינה אינפרה אדומה. תהליך היווצרותן של מולקולות כדוגמת פחמן חד חמצני, אמוניה, מים ואחרות מסייע לקירור הנשורת מסביב לסופר נובה ומאפשר לחלקיקים מוצקים נוספים להיווצר.

ממצאים אלה חשובים במיוחד משום שמזה זמן רב העריכו המדענים שסופר נובה היא המקור העיקרי למולקולות גז ולחלקיקי אבק בחלל, ואלה הם אבני הבניין החיוניים לכוכבים החדשים הנוצרים.

## היקום מתעורר לחיים

מולקולות כדוגמת CO ומולקולות פשוטות נוספות הן אלה האחראיות לחיים על פני כדור הארץ ולתהליך האבולוציה שהחל מיד עם היווצרותן של מולקולות אלה.

המדענים חושבים שהתגובות היוצרות חיים החלו באוקיינוסים. יש לציין שחקר האבולוציה הפרה-ביוטית אינו כולל תהליכים רבים המקובלים כיום להבנת הכימיה של האטמוספירה. הסיבה לכך היא שכיום ידוע שהאטמוספירה הנוכחית של כדור הארץ אינה דומה לזו שהייתה בתחילת תהליך היווצרות החיים. הטענות על טיבה או על הרכבה של האטמוספירה באותם הזמנים עדיין שנויות במחלוקת. מחלוקת זו חשובה משום שלהתנהגות הכימית של האטמוספירה יכולה להיות השפעה מכרעת על התהליכים הכימיים שהתרחשו באוקיינוסים. לדוגמה, כיום האטמוספירה שלנו היא "אטמוספירה מחמצנת". המדענים חשבו שבעבר שלטה אטמוספירה המורכבת ממים, חנקן, אמוניה ומתאן. אטמוספירה זו הייתה אטמוספירה מחזרת. בשנות החמישים של המאה שעברה ביצע חוקר צעיר בן 22 בשם סטנלי מילר (Stanley Miller) ניסוי, שכיום הוא אבן הבניין להבנת היווצרות החיים על פני כדור הארץ. הוא השתמש בתמיסת מי מלח כדי לחקות את האוקיינוס הקדום. הוא הכניס את התמיסה למיכל חתום, כאשר האווירה מעל התמיסה הייתה אטמוספירה מחזרת, כפי שתיארנו להלן. הוא העביר ניצוצות חשמליים בתוך המיכל וזאת במטרה לחקות או לדמות ברקים

שכבר היו קיימים בעת ההיא. הוא גילה שבמהרה החלו להופיע חומצות אמיניות פשוטות בתנאים אלה. למרות שהתנאים שבהם השתמש סטנלי אינם התנאים הקיימים כיום על פני כדור הארץ, אלה הם התנאים שהחוקרים סבורים ששררו בתחילת היווצרות החיים על פני כדור הארץ.

הניסוי של סטנלי סימן את יריית הפתיחה בחקר האבולוציה הפרה-ביוטית. המדענים מקווים כיום שההבנה של התנאים שבהם החלו החיים על פני כדור הארץ, תוביל לאפשרות לחזות באלה מקומות נוספים ביקום יכולות להיווצר סביבות תומכות חיים, הדומות לאלה שעל פני כדור הארץ. התחום שאותו סטנלי עזר לפתח נקרא כיום בשם האבולוציה הפרה-ביוטית - exobiology.

### האבולוציה הפרה-ביוטית ותרומתה לראשית החיים

את המושג exobiology תבע המדען, חתן פרס נובל, ג'ושוע לדרברג (Joshua Lederberg). משמעות המילה היא חקר החיים מחוץ לכדור הארץ. אולם מאחר שלא ידוע על חיים מחוץ לכדור הארץ, יש שסבורים שזהו נושא מחקר ללא נושא מחקר. ובכל זאת המחקר עוסק בחיפוש חיים במאדים, בירחים של יופיטר ובמערכות סולריות אחרות.

לענייננו, תחום זה כולל בתוכו גם מחקרים על תחילתם של החיים על פני כדור הארץ - כלומר חקר כדור הארץ הפרה-ביוטי - ועל התהליכים הכימיים המשוערים שהובילו להיווצרות חיים.

בשנות ה-20 של המאה ה-19 הודיע כימאי גרמני בשם ווהלר (Woeller) שהוא הצליח לסנתז אוריאנה מאמוניום ציאנט. החשיבות של סינתזה זו היא ביצירת חומר שנוצר בגוף האדם מחומרים אחרים שאינם אורגניים. מאז התפרסמו מאוד ניסוייו של ווהלר משום שהייתה זו הדוגמה הראשונה לחומרים אי אורגניים ששימשו להכנת חומר אורגני המעורב בתהליכי החיים בגוף. מאז קיימת הפרדה בין חומרים אורגניים, כלומר ממקור

ביולוגי, לחומרים אי אורגניים כמו  $CO_2$ , CO וגרפיט. היום אנחנו יודעים שהאבחנה היא מלאכותית.

עדיין נותרה התעלומה כיצד ניתן להכין חומרים אורגניים בתנאים גיאולוגיים ולארגן את החומרים ליצירת אורגניזם חי. בעבר היו קיימות תיאוריות רבות ומגוונות. פעם חשבו שאם לוקחים חומר אורגני כמו שטיח או בשר רקוב ומניחים לו - ייווצרו ממנו בעלי חיים באופן ספונטאני. רעיון זה נקרא רעיון "הצמיחה הספונטאנית" (spontaneous generation). הרעיון לא היה מופרך לחלוטין והנחות מסוגו נשמעו הגיוניות, בהתחשב בעובדה שבזמן ההוא טרם התגלה ה-DNA.

השינוי בגישה התרחש בשנות ה-60 של המאה ה-18, כאשר לואי פסטר הראה שלא ניתן לקבל אורגניזם חי אלא רק מאורגניזם חי אחר. רעיונותיו של פסטר סתרו את רעיון הצמיחה הספונטאנית.

רעיון הצמיחה הספונטאנית טומן בחובו שני היבטים. האחד הוא הרעיון שחיים אינם יכולים להתחיל מערימת שטיחים. האחר הוא שהחיים נוצרו פעם אחת לפני מאות מיליוני שנים ומאז הם ממשיכים ומתפתחים. פסטר מעולם לא הוכיח שהחיים נוצרו בבת אחת, הוא רק הראה שאין מדובר בתהליך המתרחש כל הזמן.

מספר חוקרים ניסו ניסויים פרה-ביוטים בעבר, אבל הם השתמשו ב- $CO_2$ , חנקן ומים. כאשר משתמשים במולקולות אלה, דבר אינו מתרחש, משום שמולקולות אלה אינן יוצרות אטמוספירה מחזרת. רק כאשר משתמשים באטמוספירה מחזרת תהליכי החיים מתחילים להתרחש.

ציון דרך נוסף הוא רעיונותיו של המדען הרוסי אופארין (Oparin). הוא היה הראשון שניסח את רעיונותיו בדבר מקור החיים ופרסם אותם בשנת 1924. לרעיון שלו הוא קרא ההשערה ההטרו-טרופית: האורגניזמים הראשונים היו הטרו-טרופיים, כלומר הם קיבלו את החומר האורגני שלהם מהסביבה, ולא יצרו אותו בעצמם. אופארין גם העלה את הרעיון של האטמוספירה המחזרת.



הם הצליחו לחקות את התנאים השוררים בחלל ולהכין כאן מולקולה חדשה ולא מוכרת בעלת אותם קווים ספקטראליים. השלושה זכו בפרס נובל בכימיה בשנת 1996.

לסיכום, כימיה גרעינית היא ללא ספק התחום שבו תהליכים בחלל ממלאים תפקיד מרכזי. תהליכים כמו מיזוג גרעיני חומני, התהליך האיטי והתהליך המהיר בסופר נובה - כולם תורמים והופכים את החלל לבית חרושת חללי ליסודות. בנוסף ספקטרום מהחלל יכול ללמד אותנו רבות על האלקטרונים המקיפים את הגרעינים שהכוכבים יוצרים. מרגע שאטומים מתחילים להתחבר יחד ליצירת מולקולות, מתחזקת האפשרות (או הסבירות) ללמוד על תהליכים ביוכימיים ובאמצעותם על האבולוציה הכימית הפרה-ביוטית.

כיוון נוסף הוא חיפוש חיים גם על כוכבים אחרים שבהם קיימת אפשרות ליצירת חומצות אמיניות, חלבונים וחומצות גרעין. בחלל מתרחשים תהליכים כימיים רבים. תהליכים אלה יכולים לעורר עניין רב בקרב תלמידים ולהוסיף גיוון ועניין בשיעורי הכימיה.

### מקורות

Mark Michalovic, "News from Online: The Chemistry of Beyond", journal of chemical education, vol. 80 No 10, 2003, pp. 1119-1122

<http://fusedweb.ppppl.gov/CPEP/Chart.html>

<http://www.astrocentral.co.uk/stardust.html>

<http://spaceflightnow.com/news/n0108/30heavy/>

<http://jersey.uoregon.edu/~djohnson/astro/prindex.html>

<http://www.dartmouth.edu/~news/releases/1999/jan99/nova.html>

<http://www.accessexcellence.org/RC/miller.html>

<http://astrobiology.arc.nasa.gov/>

<http://www.astrochem.org/>

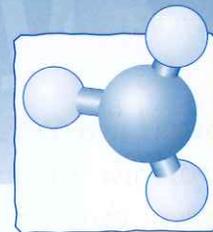
בשנת 1951, בלי שהיה מודע לעבודתו של אופארין, הגיע הרולד יורי (Harold Urey) לאותה מסקנה אודות האטמוספירה. מתוך ידיעותיו הוא שיער שניתן ליצור את אבני הבניין של החיים בתנאים אלה.

### ומה בחלל?

עד עתה התייחסנו להיווצרות מולקולות פשוטות כמו מים, מתאן ואמוניה. מולקולות אלה נמצאות בחלל הבין כוכבי. היום המדענים לומדים יותר על הסביבה הבין כוכבית ומוצאים שמתרחשים שם תהליכים אורגניים רבים המעוררים עניין רב. נוכחות של חומרים אורגניים מורכבים בחלל הובילה את החוקרים לתהות, אם החומרים האורגניים בחלל היו בעלי תפקיד רק באבולוציה הפרה ביוטית. כהערת ביניים נוכל להיזכר שהאפשרות שחומרים אורגניים מורכבים יכלו להיווצר לפני האבולוציה של החיים,

עמדה במרכז ויכוח הנוגע למטאוריט מאדים, שמכיל פחמימנים פוליציקליים ארומטיים. המדענים עדיין אינם מסכימים ביניהם אם סימן זה מעיד על כך שפעם היו חיים על המאדים.

על פני כדור הארץ החוקרים מנסים לחקות את הסביבה הבין כוכבית בחלל כדי לחקור כימיה אורגנית באטמוספירה השוררת בחלל. בניסויים אלה התגלו ב-1980 מולקולות הכדור רגל (buckminsterfullerene's) על ידי רוברט קרל (Robert F. Curl), סר הרלוד קרוטו (Sir Harold Kroto) וריצ'רד סמולי (Richard E. Smalley). הם זיהו קווים ספקטראליים שהגיעו מהחלל ולא היו מוכרים להם משום מולקולה אחרת מוכרת על פני כדור הארץ. אחרי חיפושים וניסויים רבים וממושכים



עובד מתוך הרצאתו של פרופ' יואל ברנשטיין\*, שהרצה בכנס הארצי למורי הכימיה, תשס"ד, שהתקיים במכון ויצמן למדע.

למנוע מכל אדם זולתו להשתמש בהמצאה שלא כדין, הבלעדיות ניתנת לממציא תמורת התחייבותו ללמד את החברה, איך להשתמש בהמצאה. הפטנט הוא רכושו של בעליו שיכול לעשות בו עסקאות קניין כמו: מכירה, הורשה, העברת תגמולים וכו'. תוקף הפטנט הוא ל-17 שנים מהיום שבו נרשם אצל רשם הפטנטים. בתום תקופה זו ההמצאה הופכת לנחלת הכלל, וכל אדם רשאי להשתמש בה.

הפטנט חייב למלא אחר הדרישות הבאות:

- להיות התקדמות המצאתית - להוות חידוש משמעותי.
- לא להיות מובן מאליו.
- לעסוק בתחום המדע והטכנולוגיה, להיות מועיל ובר יישום. הפטנטים כוללים תרופות אבל לא שיטות אבחון וטיפול רפואיות.
- הבקשה לפטנט חייבת לכלול את הידע הקודם להמצאה, את ההמצאה, ואם מדובר בחומר מסוים - פירוט מלא של דרך הפקתו.

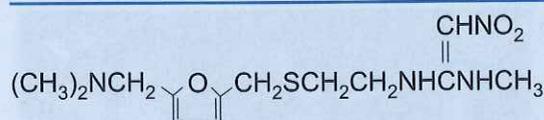
השתלשלות האירועים והדיונים בבית המשפט סביב הפטנטים של תרופת ה-Ranitidine hydrochloride: בשנות ה-70 פותחה התרופה נגד מחלת האולקוס על ידי חברת תרופות שנקראת Glaxo. בשנת 1978 נרשם פטנט על התרופה רניטידין שמספרו 658 (פטנט א'). ב-15 באפריל 1980 גילו אנשי החברה באופן אקראי

כימיה בבית משפט מעורר אסוציאציות כדוגמת זיהוי, סמים, סיבים, חומרי נפץ וכדומה. בכתבה זו נציג נקודת מבט נוספת של כימיה בבית משפט, והפעם הדיון בבית המשפט מתנהל סביב תקפותו של פטנט לתרופה Ranitidine hydrochloride שבשמה המסחרי נקראת Zantac.

### Zantac - Ranitidine hydrochloride

הינה תרופה שנועדה לטיפול ולמניעה של כיבים בקיבה ובתריסריון.

התרופה חוסמת קישור של היסטמין לרצפטורים מסוג H<sub>2</sub>. קישור זה מגרה הפרשה של חומצה לקיבה. כתוצאה מחסימת הרצפטורים והפחתה בכמות החומצה המופרשת יש הקלה בכאבים וכן ריפוי של רירית הקיבה.



Ranitidine - רנטידין

כדי להדגים את תפקידו של מומחה בהכרעה על תקפותו של פטנט, נבהיר מהו פטנט? פטנט הוא חוזה חברתי, שידוע כבר מימי הביניים. במקור היה החוזה קשור במכירת טבק, אך היום הוא מוגדר כזכות בלעדיות. פטנט הוא זכות בלעדית הניתנת לממציא כדי

\* פרופ' יואל ברנשטיין הוא מדען בתחום הקריסטלוגרפיה באוניברסיטת בן גוריון ושימש עד מומחה במשפטים על הפטנטים של תרופת ה-Zantac - Ranitidine hydrochloride

פולימורף חדש של Ranitidine hydrochloride וקראו לו צורה 2 (Form 2). היות וזו המצאה חדשה הם רשמו פטנט גם עבור צורה 2. הפטנט התקבל בשנת 1985 ומספרו 431 (פטנט ב').

פולימורפיזם: צורות גבישיות שונות של אותו חומר, המאופיינות בסידור מרחבי שונה במצב המוצק. הצורות הפולימורפיות נבדלות זו מזו בתכונותיהן. לדוגמה: גרפיט ויהלום הן שתי צורות פולימורפיות של פחמן, וכידוע המבנה והתכונות של שני חומרים אלה שונים.

פולימורפים עשויים להיות שונים זה מזה בי: טמפרטורת היתוך, קשיות, תכונות אופטיות, צבע, ספקטרום IR, יציבות תרמית, יכולת סינון וייבוש, פעילות ביולוגית ועוד.

מדובר בחומר כימי זהה, מדוע קיבלו פטנט? לחומר שהתקבל יש מבנה אחר בעל תכונות חדשות ההופכות אותו קל לסינון ולייבוש. כאשר מדובר בכמויות מסחריות, תכונות אלו חשובות ומשמעותיות. חשוב לציין כי צורה 1 וצורה 2 הן בעלות פעילות ביולוגית זהה.

תוקפו של פטנט א' עשוי היה לפוג ב- 1995, ואילו תוקפו של פטנט ב' עשוי היה לפוג ב- 2002.

חברות שונות ניסו להפיק את התרופה לקראת המועד שבו יפוג תוקפו של פטנט א'.

בין השנים 1990-1991 ניסו החברות Genpharm ו-Novopharm לייצר את התרופה בצורה 1, לפי ההוראות המופיעות בפטנט, וקיבלו את צורה 2 למרות שפעלו לפי הפרוצדורה המובילה לצורה 1? כי יש זרעים של צורה 2 שיוצרים מרכזי גיבוש, ולכן התגבשה צורה 2.

היות וכך ביקשו חברות אלה אישור להפיק את צורה 2, כי הם פעלו בדיוק לפי ההוראות של פטנט א', שאמרו

לפוג תוקפו בשנת 1995. נוסף על כך טענו שפטנט ב' אינו בר תוקף, שכן התרופה בפטנט ב' אינהירנטית לתרופה בפטנט א', וטענו שחברת Glaxo מעולם לא ייצרה בדיוק את התרופה כפי שנרשמה בפטנט הראשון.

נציגי חברת Glaxo תבעו את החברות Genpharm ו-Novopharm כדי להגן על פטנט ב' שיוצר את צורה 2. הם טענו שניסויי Novopharm היו מזהומים עם זרעים של חברת Glaxo ושצורה 1 אינה מובילה בהכרח לצורה 2.

נעשתה כאן חקירה מקיפה ע"י הכימאים ששימשו עדים מומחים במשפט. בחקירה עיינו במחברות הסינטזה של צורה 1 משנת 1976 והשוו אותה לנרשם בפטנט א'. כמו כן פרופסור Jack Baldwin מאוקספורד סינטז את התרופה על פי הפרוצדורה הרשומה בפטנט א' וקיבל אותה 3 פעמים. במשפט זה הצליחה חברת Glaxo להוכיח שפטנט 2 הוא בר תוקף. בספטמבר 1993 היה פסק דין שלפיו פטנט 2 הוא בר תוקף; כתוצאה ממשפט זה לא יכלה Novopharm לייצר את התרופה בשנת 1995, כי היא בעצם לא הצליחה לסנטז את צורה 1 אלא את צורה 2 שתוקף הפטנט שלה אמור היה לפוג ב- 2002.



צילום: רונלד ג'ונסון/ג'ונסון

כתוצאה ממשפט זה יצאו לשוק בשנת 1997 מספר חברות גנריות עם התרופה לפי פטנט א' שפג תוקפו. מותר לציין כי המכירות והרווחים של חברת Glaxo ירדו מאוד.

### תפקיד הכימאי כעד מומחה במשפט זה:

- זיהוי וגילוי הפולימורפים השונים.
  - פיתוח שיטות אנליטיות לאיפיון וזיהוי הפולימורפים, לדוגמה: ספקטרוסקופיית IR, קריסטלוגרפיית קרני X.
  - התייחסות לתופעה של "היעלמות" פולימורף מסוים.
  - הבנת תפקידם של "זרעים" בהתגבשות של חומר.
  - קביעת יציבות יחסית של הפולימורפים השונים.
  - קביעת דרגת ניקיון של פולימורף מסוים.
- הדיון בתקפותו של הפטנט לתרופה נגד כיב קיבה, Ranitidin hydrochloride מהווה דוגמה לתרומתו של הכימאי להכרעת השופט בסוגיה זו. כימאים משמשים כעדים מומחים בבית המשפט במגוון רחב של משפטים: זיהוי חומרים, זיופים, חוזק חומרים, פטנטים ועוד.



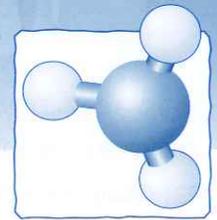
תם ולא נשלם...

בינתיים התנהלו דיונים נוספים סביב הפטנטים של התרופה. אנשי Novopharm החליטו לייצר את צורה 1, כי לא נותרה בידם ברירה.

נציגי Glaxo טענו שהמוצר של Novopharm יכול תערובת של שתי הצורות גם יחד, ולא רק חומר טהור של צורה 1. אנשי Novopharm טענו שהם יכולים לייצר את צורה 1 של התרופה בדרגת ניקיון של 99% והוכיחו זאת בעזרת ספקטרוסקופיית IR. כמו כן הם סיפקו בדיקה קריסטלוגרפית על ידי קרני X והוכיחו שהמוצר שלהם אינו מכיל כלל את צורה 2.

השופט הכריע בסוגיה ואמר שהמוצר של חברת Novopharm אינו כולל את צורה 2, וגם אם כן, אין נוכחותו משפרת את תכונות החומר, על כן במשפט זה זכתה חברת Novopharm.

*"Patents should be looked over But should NOT be overlooked"*



# בחינות הבגרות כמקדם נושאי למידה

(הערכותיו של מעריך בחינות הבגרות)

יוסף ליבנה

יש להתייחס לעובדה שמדובר בצבר. לפיכך, השוואה בין חוזק הקשר היוני או חוזק הקשר המתכתי לבין קשר קוולנטי תוך מולקולרי הינה מטעה ומבלבלת. ניתן לומר עליה שהיא השוואה בין מין לשאינו מינו.

נתונים מסוג אנתלפיית אטומיזציה ואנתלפיית סריג מייצגים לא את האנרגיה הדרושה לפירוק הקשר בין זוג חלקיקים אלא את סך כל האנרגיה הדרושה לפירוק הצבר/הסריג לחלקיקים בודדים\*.

## כוחות בין-מולקולריים

כוחות אלה גם הם כוחות של הצבר, וניתן לאמוד את עצמתם על פי האנרגיה הדרושה לפירוק הצבר למולקולות בודדות. בחומרים המולקולריים שבהם ניכרת התופעה של קישור מימני, לא קיים כוח יחיד האחראי ליציבות הצבר בין זוגות של מולקולות. תופעת הדימריזציה הקיימת בין מולקולות של חומצה אצטית היא תופעה אופיינית למצב הצבירה הגזי. במצב הנוזלי יש כמעט לכל אחת מן המולקולות קשרים מימניים עם יותר ממולקולה אחת סמוכה. אלמלא כן, לא היה נוצר צבר.

זאת ועוד, במצב נוזלי מולקולה נתונה אינה נשארת קשורה בכוח בין-מולקולרי למולקולה ספציפית אחרת לאורך זמן. מתרחשים שיחלופים, והתנגשויות בלתי פוסקים המביאים לשינויים מתמידים במערך הקשרים הבין-מולקולריים. זאת הסיבה שלנוזלים אנטרופיה מולרית גבוהה משל המוצקים.

## "ייחודם" של קשרי המימן

קיימים שני סוגים של חומרים מולקולריים: כאלה הבנויים ממולקולות בעלות דו-קוטב קבוע וכאלה הבנויים ממולקולות שאינן בעלות דו-קוטב קבוע. לא

בעת קריאת מחברות בחינת הבגרות השנה, שנת תשס"ג, גיליתי שיש לתלמידים קשיים רבים במיוחד בסוגיות הנוגעות לנושא "מבנה וקישור". מצאתי בלבול רב בקרב התלמידים ביחס למשמעותם של מושגים וחוסר "מדעיות" באופן ההנמקה. הקשיים בלטו, למשל, בתשובות לשאלה 2 בשאלון 918651 (3 יח"ל) ובשאלה 7 בשאלון 37203 (השלמה מ-3 ל-5 יח"ל).

מזה שנים אנו ערים לקשיי ההתנסחות של תלמידינו במבחנים בכלל ובמיוחד בנושא "מבנה וקישור". במגמה להקל עליהם "הכשרנו" בבדיקת הבחינות דרכי הנמקה שאינן עולות תמיד בקנה אחד עם התורה המדעית המדויקת. כאשר מלוות הנמקות כאלה בחשיבה פשטנית וניסוח עילג, אנו נאלצים לעתים לקבל תשובות בלתי מתקבלות על הדעת.

בעמודים הבאים אתייחס לבעייתיות באופן הוראת נושא הקשרים הבין-מולקולריים בבתי הספר היום ואציע מצע ראשוני לדיון בשיפור דרכי ההוראה של נושא לימוד זה.

## חוזק הקשרים הקוולנטיים

ניתן לקבוע את הכוח הקושר שני אטומים בקשר קוולנטי דו-אטומי על פי תדירות הבליעה הדרושה לפירוק אותו קשר. ערכים אלה ידועים ומופיעים בטבלאות נתונים ממקורות שונים. כאשר מתייחסים למולקולות גדולות יותר (בנות יותר משני אטומים), המערכת מורכבת יותר. במקרים אלו ערכי חוזק הקשר נקבעים על פי מדידות וחישובים תרמודינמיים. בכל מקרה הערכים מתייחסים אך ורק למולקולות מבודדות במצב גזי.

## חוזק הקשרים בחומרים לא מולקולריים

עבור חומרים שבאופן רגיל נמצאים במצב מוצק או נוזל, כאשר דנים בחוזק הקשר המחזיק את האטומים יחד,

\* ניתן למדוד ולחשב חוזק קשר יוני (בין שני יונים), אך הדבר כרוך באמצעים טכנולוגיים מורכבים. כמו כן יש להתחשב במבנה בתא היחידה.



**קשר מימני\*** הוא כוח משיכה בין אטום H מקוטב במולקולה אחת לזוג אלקטרונים בלתי קושרים על אטום שכן (במולקולה אחרת או באותה מולקולה) מסוג O, N או F מקוטב, למשל. אטום המימן עשוי להיות קשור לאטום שונה מ- NOF (לאטום Cl, למשל) ועדיין ליצור קשר מימני עם מולקולה שכנה. הכוונה בקביעה זו היא שבדרך כלל רבה יותר האנרגיה הדרושה לאידוי חומרים שמקיימים קשרי מימן ביניהם מאשר לאידוי חומרים בעלי מולקולות דומות בגודלן אך ללא קשרי מימן ביניהן.

### מדדים לעצמת הכוחות הבין-מולקולריים ( $T_b^\circ, \Delta H_b^\circ$ )

המדד האמתי לעצמת הכוחות הבין-מולקולריים הוא אנתלפיית האידוי של נוזל ( $\Delta H_b^\circ$ ) כפי שנמדדת בטמפרטורת הרתיחה שלו ( $T_b^\circ$ ). ההנחה כאן היא שתהליך האידוי גורם לניתוק מוחלט של הכוחות הבין-מולקולריים.

מגוון רחב של חומרים, לאו דווקא מולקולריים, דומים בשינוי שחל במבנה הצבר שלהם במעבר נוזל ← גז. כתוצאה מכך יש לחומרים רבים ערכי אנטרופיית אידוי ( $\Delta S_b^\circ$ ) דומים למדי.

נקודת הרתיחה היא הטמפרטורה שבה שורר שיווי משקל בין הנוזל לבין אדי, טמפרטורה שעבורה  $\Delta G_b^\circ = 0$ , ובהתאם לכך:  $T_b^\circ = \frac{\Delta H_b^\circ}{\Delta S_b^\circ}$ . אם קיימים לחומרים שונים ערכים דומים של  $\Delta S_b^\circ$ , קשר זה יוצר יחס ישר לכאורה בין  $T_b^\circ$  לבין  $\Delta H_b^\circ$ .

"היחס הישר" (לכאורה) מוצג במקורות רבים על ידי תרשים ובו מופיעים חומרים רבים בעלי ערכים דומים של  $\Delta S_b^\circ$  ("קרובים לקו") לצד חומרים חריגים ("רחוקים מהקו"). תרשימים כאלה שימשו גם בסיס לשאלות בגרות בעבר (מ"ט/8, נ"ו/1).

קשה להבין את מקורם של כוחות התאחיזה בצבר המורכב מחומרים קוטביים: דו-קוטב קבוע מושך דו-קוטב שכן בכוח חשמלי.

החומרים הלא קוטביים מציגים תופעה בלתי צפויה של כוחות תאחיזה העשויים להיות חזקים מאוד, כמו למשל בשעווה או בפולימרים סינתטיים. הכוחות הללו הם תולדה של היווצרות דו-קוטב זמני מושרה על ידי דו-קוטב זמני שכן. מי שפיתח תיאוריה מתמטית לתיאור הכוחות הללו היה פ. לונדון, והשם המדעי לכוחות אלה הוא "כוחות פיזור ע"ש לונדון" ( $^{1,10}$  London Dispersion Interaction). כוחות לונדון פועלים אפילו בין אטומים כדוריים של גזים אצילים. עצמתם גוברת ככל שגוברת השפעת הכוח המושרה של המולקולות השכנות על הענן האלקטרוני של החלקיקים. השפעה זו תלויה במספר האלקטרונים שבענן האלקטרוני ובשטח הפנים שלו. בכיתה נהוג לפשט את הדיון ולומר שקיימת תלות של עצמת הכוחות במסה המולרית של החלקיקים. אבל אין תלות כזאת באמת. נהוג זה מביא תלמידים רבים להסביר באופן שגוי את כוחות התאחיזה הקיימים בפולימרים על פי המסה המולרית של קבוצות הצד שלהם. תפקידנו כמורים למצוא כיצד ניתן ללמד את הנושא כך שיהיה מובן מהצד האחד, בלי להוביל להפשטת-יתר מהצד השני.

לכלל הכוחות הבין-מולקולריים צריך לקרוא "כוחות נון-דר-ולס" לכבודו של המדען ההולנדי שפיתח תיקון מתמטי למשוואת הגזים האידיאליים. התיקון מתחשב בהנחה שבין מולקולות, אפילו במצב גזי, קיימים כוחות משיכה כלשהם. המושג "כוחות ו.ד.ו." כולל יותר מהמושג "כוחות לונדון" בכך שהוא כולל גם את הכוחות הקיימים בין מולקולות בעלות קוטביות קבועה ( $CH_3F$  ו- FCl, לדוגמה).

\* מדענים מגדירים קשר מימני באופן מדויק יותר בצורה הבאה: קשר מימני הנו התכונה של אלקטרונים משותפים לאטום מימן (שקשור בצד האחד לאטום כבד) ולאטום כבד X: H---Y. אלקטרונים אלה יהיו בדרך כלל אלקטרונים לא קושרים של חנקן, חמצן או פלואור.



להלן נתונים עבור ארבעה נוזלים בעלי מולקולות איזואלקטרוניות (בכולן 10 אלקטרונים):<sup>9</sup>

מקום דיאלקטרי	$\Delta H_b^\circ$ (KJ/mol)	$\Delta S_b^\circ$ (J/mol·K)	$T_b^\circ$ (K)	
1.8	40.5*	109	373	H <sub>2</sub> O
1.98	7.5	25.7	293	HF
1.46	27.8	116	240	NH <sub>3</sub>
0	8.2	73.2	112	CH <sub>4</sub>

ההידרידים הללו ערוכים בסדר יורד של נקודת רתיחה. האם יש לסדר הזה משמעות כלשהי? התשובה החד-משמעית היא שלילית.

יש למים ייחוד: מולקולות המים מאופיינות בשני קטבים חיוביים (המימנים) ובשני קטבים שליליים (זוגות האלקטרונים הלא קושרים של חמצן) היוצרים ביניהם היערכות טרהדרלית. כתוצאה מכך נוצרים במוצק צברים בעלי מבנה דמוי-יהלום<sup>4</sup> שבהם כל מולקולה קשורה לארבע שכנותיה, הקשורות בעצמן לארבע אחרות וכו'.

בעת היתוך הקרח מסתננות מולקולות מים בודדות לתוך החללים הקיימים ב-"סריג" דמוי-יהלום, ו"תוספת" המולקולות מורידה את הנפח המולרי ומעלה את הצפיפות של מים ביוצרה תופעת "האנומליה של המים".

בהשוואה בין המים לאמוניה כל הנתונים מצביעים על כך שמולקולות המים קוטביות יותר ו-"דביקות" יותר. בעת האידיה האנטרופיה של שני הנוזלים גדלה במידה כמעט שווה (+6%), אבל לצורך אידיה המים דרושה הרבה יותר אנרגיה (+64%). מכאן גם הפער העצום בין טמפרטורות הרתיחה שלהן.



"קשה" יותר לאדות מתאן מאשר HF: לאידיה המתאן דרושה יותר אנרגיה (+7%). טמפרטורת הרתיחה הגבוהה יותר של HF נובעת מהערך הנמוך כל כך של  $\Delta S_b^\circ$

צריך להדגיש ש-"היחס הישר" איננו חוק פיזיקלי הקושר שני גדלים, כי מדובר בערכים של  $T_b^\circ$  ו- $\Delta H_b^\circ$  האופייניים לחומרים שונים. "התרשים" איננו גרף דוגמת תרשימי אלינגהם אלא אמצעי גרפי המסכם הכללה המקיפה מקרים רבים: לחומרים רבים יש אנטרופיית אידיה השווה ל-90 J/mol·K לערך (בספר הנתונים של נופילד<sup>2</sup> "השיפוע" שווה ל-78 J/mol·K).

ניתן להשתמש בטמפרטורת הרתיחה כמדד לעצמת הכוחות הבין-מולקולריים בנוזל רק אם יש לנו ידיעה שאנטרופיית האידיה של הנוזל היא "נורמלית". במובן זה הנוזלים שבהם פועלים קשרי מימן הם "א-נורמליים". במצב הנוזלי של חומרים אלה שורר סדר רב יחסית לעומת חומרים מולקולריים אחרים. כתוצאה מכך המעבר למצב שבו כל מולקולה מבודדת מהאחרות מלווה בשינוי גדול במיוחד, היינו:  $\Delta S_b^\circ > 90 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$ .

להלן נתונים עבור שני נוזלים בעלי טמפרטורת רתיחה דומות<sup>3</sup>:

$\Delta H_b^\circ$ (KJ/mol)	$\Delta S_b^\circ$ (J/mol·K)	$T_b^\circ$ (k)	
40.5*	109	373	H <sub>2</sub> O
32.1	91.8	350	CCl <sub>4</sub>

\* אנתלפיית האידיה מושפעת מטמפרטורה: עבור מים ב-273K הערך הוא 43.8 ואילו ב-373K הערך הוא 40.5.

כוחות התאחיזה בין מולקולות המים חזקים מאלה השוררים בין מולקולות ה-CCl<sub>4</sub>. זאת למרות שכוחות ון דר ולס חזקים בהרבה בין מולקולות ה-CCl<sub>4</sub> הודות לענבים האלקטרוניים העצומים שלהן.

בין מולקולות המים במצב נוזלי קיים יותר סדר לטווח הבינוני מאשר בין מולקולות ה-CCl<sub>4(l)</sub>, לכן העלייה באנטרופיה עקב אידיה גדולה יותר במים (+19%).

העובדה שטמפרטורת האידיה של שני הנוזלים קרובה זו לזו נובעת במקרה מהדמיון ביחס  $\frac{\Delta H_b^\circ}{\Delta S_b^\circ}$ . אילו היינו משווים רק בין טמפרטורות הרתיחה של שני הנוזלים, היינו עלולים לקבוע שיש לשני הנוזלים כוחות בין-מולקולריים שווים (כמעט) בעצמתם.

פי צפיפות אדים זו המסה המולרית היא כ- 70 גר/מול, לכאורה, פי 3.5 מהמסה המולרית של הנוסחה HF.

בחישוב תיאורטי<sup>8</sup> נמצא שבאדים של HF קיימים בעיקר טראמרים טבעתיים מעורבים במולקולות בודדות. ממצא זה גם תואם את החישוב על פי צפיפות האדים: המסה המולרית המחושבת גדולה פי 3.5 מהמסה המולרית של הנוסחה HF. אחרים טוענים<sup>1</sup> שבמצב הגזי אין "מונומרים" בנמצא כלל, עדות לעצמתם האדירה של קשרי המימן של HF.

בספר שהיה מקובל בארה"ב לפני 30 שנה(!)<sup>9</sup> מופיע ההסבר הבא: מולקולות מים יוצרות צברים דמויי-יהלום. אין זה מצבם של HF ואמוניה. מולקולות אלה יוצרות שרשראות או טבעות שבהן כל מולקולה קשורה בקשרי מימן לשתי שכנות<sup>9</sup>. צברי המולקולות של אמוניה "מצופים" בעודף המטען החיובי של אטומי המימן שאינם משתתפים בקישור מימני, וכך נוצרת דחייה חשמלית בין הצברים. התוצאה: נדיפות גבוהה לאמוניה יחסית למים.

צברי מולקולות ב-HF נוזלי דומים לאלה של אמוניה אך שונים בכך שהם "מצופים" הפעם במטען השלילי של זוגות האלקטרונים הלא-קושרים והלא-מנוצלים של ה-F. כמו באמוניה, המטען החשמלי מונע התלכדות הצברים ויצירה של מערך קשרי מימן דמוי-יהלום דומה לזה של המים.

"קשה" יותר לאדות מים מאשר HF: דרושה הרבה יותר אנרגיה (פי 4.4). תוך כדי אידוי אנטרופיית המים גדלה פי 4. את כל זה לא ניתן ללמוד מהשוואה פשוטה של טמפרטורות רתיחה.

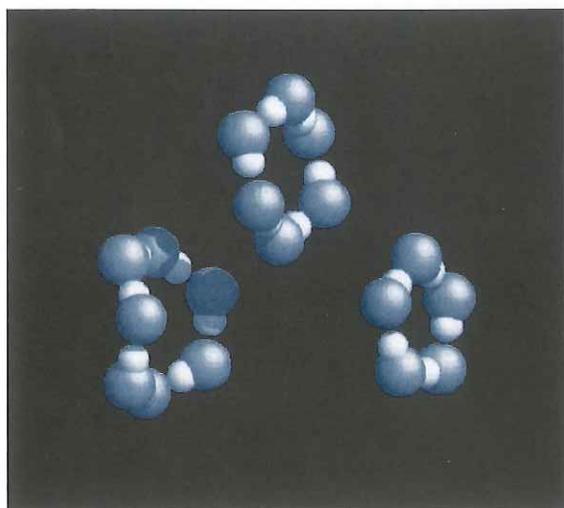
האם המסקנה מכך היא שקשרי המימן במים חזקים יותר מאשר ב-HF?

לדעתם של מומחים התשובה היא שלילית: ל-HF קשרי המימן החזקים ביותר מבין הידרידים אלה.

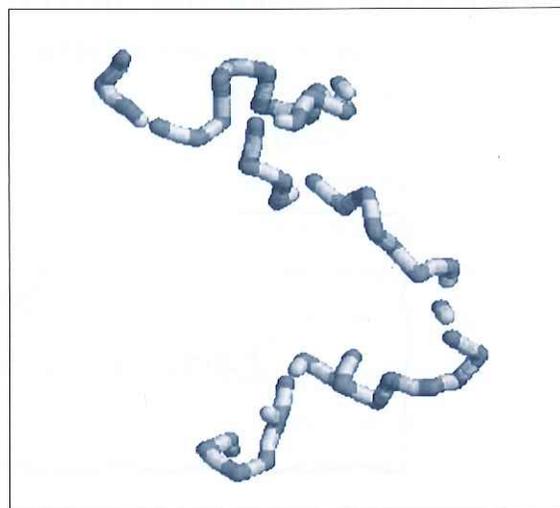
על פי הקבוע הדיאלקטרי של HF ובהתאם לקוטביות הקשרים שאטום F יוצר, קשרי המימן ב-HF הם החזקים ביותר.<sup>5</sup>

ההסבר לאנטרופיית האידוי הנמוכה של HF הוא, בדומה לתרכובות אחרות שבהן קיימים קשרי מימן חזקים במיוחד (דוגמת חומצה אצטית), שבעת אידוי ה-HF ניתקים רק חלק מקשרי המימן שבין מולקולות ה-HF. כלומר, ניתן למצוא בין חלקיקי האדים של HF "מולקולות פולימריות" בעלות הנוסחה (HF)<sub>n</sub> במבנים שרשרתיים ואפילו טבעתיים<sup>5,7,9,12</sup>. ראה איור 1 ו-2 בהתאמה.

כתוצאה מכך צפיפות האדים של מימן פלואורי בטמפרטורת הרתיחה שלו גבוהה פי 2.4<sup>6</sup> מזו של האוויר ולא כ-70% ממנה (20/29), כפי שניתן היה לצפות לפי המסה של מול מולקולות בודדות של HF. על



איור 2 - HF<sub>(g)</sub> במבנים טבעתיים



איור 1 - HF<sub>(g)</sub> במבנים שרשרתיים

1. Intermolecular Forces, Leon L. Combs  
(<http://stern.kennesaw.edu/interfor/in01024.htm>)
2. Nuffield Chemistry – Book of Data (1968), p. 109.
3. Handbook of Physics and Chemistry, Chemical Rubber Company.
4. Ab-initio Simulations of Hydrogen Fluoride, E. Schwegler, G. Galli, F. Gygi, F. Ree  
(<http://www-pat.llnl.gov/Research/qsg/research/fup/hf/>).
5. Dynamical Properties of H-Bonded Liquids (Ph.D. Thesis in Physics) G. Garberoglio  
([http://garmi.science.unitn.it/~gio/PhD\\_thesis/tesi.html](http://garmi.science.unitn.it/~gio/PhD_thesis/tesi.html))
6. INEOS Fluor Fluorinated Feedstocks (<http://www.ineosfluor.com/feedstock/physprop.htm>)
7. Analytical three-body interaction potentials and hydrogen bond dynamics of hydrogen fluoride aggregates (HF)<sub>n</sub>, n >= 3, M. Quack, J. Stohner, M. Suhm.  
(<http://www-suhm.uni-pc.gwdg.de/research.htm>)
8. Vapor-liquid equilibria and heat effects of hydrogen fluoride from molecular simulation, D. Visco, D. Kofke.  
([http://content.aip.org/JCPSA6/v109/i10/4015\\_1.html](http://content.aip.org/JCPSA6/v109/i10/4015_1.html))
9. Chemical Systems, Chemical bond Approach Project (McGraw-Hill, 1964), Chap. 8, 18.
10. General Chemistry, D.A. McQuarrie (WH Freeman, 1984), p. 353.
11. כימיה - מדע ניסויי, מכון ויצמן (1967), ע' 645-646.
12. כימיה כללית (כרך א'), ז. נצר (1965), ע' 260-261.
13. הכימיה - אתגר, ר. בן-צבי, י. זילברשטיין, מכון ויצמן (1985), ע. 303.

רוב ההסבר הזה היה קיים פעם בספרי הלימוד המקובלים בישראל<sup>11,12</sup>. הייתה קיימת גם מודעות לקושי שהנוזל HF מציג; בספר הלימוד אשר שימש את רוב המורים בשני העשורים האחרונים<sup>13</sup> מופיעה השאלה הבאה: מהו המספר המרבי התיאורטי של קשרי מימן סביב מולקולה אחת של: NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, HF, CH<sub>4</sub>? האם נקודות הרתיחה של ארבעת ההידרידים תואמות לתשובתך?

על שאלה זו, כמו על שאלה 2 בשאלון 918651 השנה, ניתן לומר "שאלה טובה". אולם לא ברור מה עלינו לקבל כתשובה מספקת ברמה של 3 יח"ל וכיצד התלמידים אמורים להגיע לתשובה זו.

כמסקנה מהדברים שהבאתי במאמר זה אני מציע לפתח דיון מחודש בין המורים על הנושא "כוחות בין-מולקולריים" ובעקבותיו להחליט להשתית את ההוראה בתחום זה על יסודות עיוניים איתנים יותר, כאלה שיאפשרו מתן הסברים מדעיים מקובלים ללא צורך ב-"עיגול פינות". שאבתי רקע מדעי משני מקורות שבהישג ידי: מן האינטרנט ומספרי הלימוד הישנים הקיימים בבית.

כמות החומר הקיים בנושא עצומה, ואין עבודה זו אלא ניסיון לסכם חלק זעיר ממנו.

מחקר הוא מחחק מלא,  
אבל לא כמו לואיס אלא כמו פרידל'

# הוראה והערכה בעזרת מאמר לא מוכר

פנינה שפירא\*



תוכנית לימודים

יומיות. בהוראה זו רכשו התלמידים תוכני דעת ומידע. בחינות הבגרות החיצוניות הותאמו לדרך ההוראה וגם כיוונו אותה.

פרויקט "בגרות 2000" בא לענות על המחאה המובעת כלפי מהימנותן ותקפותן של בחינות הבגרות הארציות החיצוניות. בפרויקט הוחלט לאמץ גישות הוראה והערכה חלופיות המתמקדות במיומנויות חשיבה ברמה גבוהה ובפיתוח היצירתיות של התלמידים.

הפרויקט בוצע ב-22 תיכונים ברחבי הארץ, בתחומי דעת

שונים. הפרויקט והמחקר

בתחום לימודי כימיה

נערך על תלמידי כימיה

בתיכון "הראשונים"

בהרצליה. כאחת מדרכי

ההוראה המומלצות,

עודדה התכנית עיסוק

במאמרים מדעיים

ולמידת חקר עצמאית על

כל גווניה. המחשבה היא

שהיכולת לאסוף מידע, להבין ולעבד אותו והיכולת להציג אותו בצורה מושכלת היא מטרה דידקטית מהמעלה הראשונה.

השינוי לא חל בדרך ההוראה בלבד אלא גם בהערכה. כדי לבדוק את מיומנויות החשיבה והלמידה של תלמידים אלו, נבנו כלי הערכה חדשניים ומתאימים לדרכי ההוראה. אחד הכלים מבוסס על קריאת מאמר מדעי.

ממצאי המחקר מורים באופן חד משמעי כי שיטות ההוראה וההערכה שיושמו בפרויקט הצליחו לפתח בקרב הלומדים מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה בהשוואה לתלמידים שלמדו בשיטה המסורתית. מהעולה מממצאי

מערכת החינוך צריכה להכשיר בוגרים אוריינים, בעלי יכולת לצעוד בעולם פוסט מודרני. בתקופה שבה כמות הידע הולכת ומצטברת בקצב מהיר, וידע קודם מתיישן ואף מתבטל, הגישה שלפיה יש לצייד את התלמידים במידע שיזדקקו לו בעתיד, אינה תקפה עוד. ויש צורך בשינוי הכישרים שיש להקנות ללומדים.

אוריינות כימית היא מרכיב באוריינות המדעית של האדם. הוראת הכימיה צריכה להציג את הכימיה בפני הלומדים

כחלק מהמדעים

הניסויים ולהביא

בפניהם את הרעיונות

המרכזיים שבהם

עוסקת הכימיה, את

מקומה של הכימיה בין

תחומי דעת אחרים,

את תרומתה בהסברת

תופעות בטבע ובחיי

היומיום ואת השפעתה

על איכות החיים ועל התרבות האנושית.

המידע מגיע אל הלומדים ממקורות מגוונים. אחת הדרכים היא קריאת מאמרים בדרך מושכלת. קריאה מושכלת מאפשרת לתלמידים לבחון את מקור המידע ואת תוכנו. מהקריאה לומדים התלמידים להסיק מסקנות ולשאול שאלות היוצרות צורך בחיפוש מידע חדש. קריאה המלווה בהערכה מתאימה של החומר הנקרא מפתחת מיומנויות חשיבה ברמות שונות.

במהלך השנים למדו תלמידים את נושאי הלימוד השונים באמצעות הסברים של המורה ופתרון בעיות, ואלה, ברובן, לא קישרו את החומר למציאות ולתופעות היום

**החל משנת תשס"ד תיכלל שאלה על מאמר מדעי לא מוכר כחלק משאלות הבחירה ברמת שלוש יחידות לימוד. השאלון החדש יכיל עיבוד של מאמר מדעי הזן בתופעה הקשורה לכימיה. התלמידים ידרשו ליישם ידע קודם, כמו גם מיומנויות חשיבה, כדי לפתור את הבעיות שיוצגו להם.**

\* פנינה שפירא, תיכון "אחד העם" פתח-תקווה, מדריכה ארצית לתקשוב ואחראית על אתר המפמ"ר



המחקר הוחלט בפיקוח על הוראת הכימיה, ובתמיכת ועדת המקצוע, לשלב בתכנית הלימודים הוראה והערכה בעזרת קריאת מאמר לא מוכר והתייחסות אליו.

החל משנת תשס"ד תיכלל שאלה על מאמר מדעי לא מוכר כחלק משאלות הבחירה ברמת שלוש יחידות לימוד. השאלון החדש יכיל עיבוד של מאמר מדעי המדווח על תופעה הקשורה לכימיה. התלמידים יידרשו ליישם ידע קודם, כמו גם מיומנויות חשיבה, כדי לפתור את הבעיות שיוצגו להם.

ליישום התכנית פיתחו המדריכים, בהנחיית גורמים מומחים, מאמרים שימשו כדוגמאות (טיטות ראשוניות). המדריכים בחרו מאמרים שנושאים מתקשר לחיי היומיום, כדי שהתלמידים יכירו את הקשר בין הנלמד בכיתה למציאות היומיומית. לאחר בחירת הקטע והתאמתו לקריטריונים שנקבעו, חוברו לקטע שאלות ברמות שונות ונכתבו תשובות לשאלות.

במקביל - פותחה טבלה המגדירה את המיומנויות הנדרשות מהתלמידים בקריאת קטע ובמתן תשובות לשאלות הנלוות. לכל קטע מצורפת טבלת מיומנויות

כללית, תוך מתן התייחסות למיומנויות הנבדקות בקטע הנבחר.

עיבוד המאמרים נעשה בחלקו בהשתלמות שהייתה בשלומי. בהשתלמות זו השתתפו מדריכים, מורים פעילים במחוזותיהם, מורים מובילים ובעלי תפקידים. העיבוד המשיך במפגשי המדריכים, ופעילות רבה מאוד התקיימה ב"דיבור" בדואר אלקטרוני.

ההנחיות לכתיבת המאמרים, והמאמרים המכילים שאלות, תשובות וניתוח, מתפרסמים באתר המפמ"ר המהווה חלק בלתי נפרד מסביבת העבודה שלנו בשנתיים האחרונות.

<http://www.education.gov.il/mivzak/chemistry/index.html>

הפרסום נמצא בקטגוריה "תכניות לימודים" במדור "מאמרים לא מוכרים". בשלב זה מתפרסמים עשרה מאמרים, ובקרוב יפורסמו מאמרים נוספים.

מתחילת השנה ניתנות השתלמויות במחוזות השונים להכרת הקריטריונים, להטמעת הנושא ולהכנת מאגר מאמרים.

## הנחיות לכתיבת מאמר

פיתוח ועיבוד מאמר לא מוכר כשאלה לבחינת הבגרות 3 י"ל (עובד ע"י מדריכים)

### מאפיינים למאמר לא מוכר

- מעורר עניין ורלוונטי לתלמידים - כתוב בצורה "סיפורית" מושכת וזורמת. מתקשר לחיי יום ולידע הכללי של התלמידים.
- מותאם לרמת התלמידים - השפה מדעית וברורה, המושגים פשוטים וברורים, אינו עמוס בפרטים טכניים.
- נושא רב תחומי - משלב בנושא תחומים רלוונטיים: מדעיים, ביולוגיים, פיזיקליים, חברתיים, תעשייתיים, סביבתיים.
- ממוקד בנושא - מכיל מוקד מדעי כימי ואינו מתרחב למגוון רב של תחומים שהקשר ביניהם אינו ברור.

- מכיל מידע כמותי - המידע מעובד או ניתן לעיבוד בגרף או בטבלה. ניתן לחישוב כמותי.

### מיומנויות ורמות חשיבה הנבדקות בשאלות על מאמר לא מוכר

- ידע והבנה - נבדקים בשאלה זיהוי נושא מרכזי, משפט מפתח או מילים מרכזיות. התשובה לשאלה משולבת בקטע, לא בהכרח בצורה גלויה.
- יישום ידע כימי - נבדק בשאלה המתייחסת לחומרים ולתופעות המופיעים במאמר ואשר התשובה לשאלה דורשת יישום ידע כימי שנלמד בכיתה.
- ייצוג ידע מדעי בשפת הכימאים.

- הצגת נתונים ועיבודם - נבדקים בשאלה שעוסקת בתרגום ייצוג מילולי לייצוג גרפי, לטבלה ולהיפך. או חישוב כמותי המבוסס על נתונים במאמר.
- הערכה - מענה לשאלה דורש שיפוט, הסקת מסקנות והכללה.

- ניסוח שאלות העולות מקריאת המאמר וניסוח השערה כתשובה לשאלה.

### מאפייני המאמר הנבחר כשאלה בבחינת הבגרות:

- אורכו כחצי עמוד (150 מילים בקירוב).
- תוכנו יותאם לרמה ולנושאים של הבחינה בהיקף של 3-4 יח"ל.
- יכיל 4-5 סעיפי שאלות (בדומה לשאלה בבחינת הבגרות).

### הכנת מחוון למטלה

המחוון יכול את התשובות לשאלות ואת חלוקת הנקודות בין סעיפי השאלות.

### טבלה דו-ממדית

מומלץ לצרף טבלה דו-ממדית לכל מאמר.

באמצעות הטבלה הדו-ממדית ניתן לקבוע את המיומנויות הנבדקות במאמר לא מוכר. זאת על מנת לאפשר למורה לתכנן בצורה הטובה ביותר את הקטעים הלא מוכרים שבהם יעסקו תלמידיו.

המיומנויות	שאלה מס'	1	2	3	4
הבנת טקסט מדעי					
זיהוי מושגים ו/או רעיונות מרכזיים המופיעים בטקסט					
הבנת מושגים					
יישום ידע מדעי שנלמד בכיתה					
ייצוג ידע מדעי בשפת הכימאים					
פענוח ו/או ארגון מידע מנתונים המוצגים בצורות ייצוג שונות: מילולי/מספרי/ טבלה/גרף					
הבחנה בין עובדות להשערות					
הבחנה בין סיבה לתוצאה					
הסקת מסקנות מניסויים					
הסקת מסקנות מנתונים					
שיפוט או הערכה					
שאלת שאלות					
העלאת השערות					

## משימה בחלל



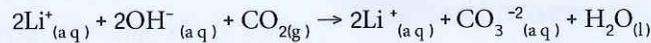
אסטרונואוטים הנמצאים במשימות בחלל, פולטים בנשימתם פחמן דו חמצני לאוויר בחללית, במעבורת החלל או בתחנת החלל.

עלייה בריכוז הפחמן הדו חמצני באוויר עלולה לגרום לעלייה בקצב הנשימה ובקצב פעימות הלב, לאיבוד שמיעה, לדיכאון, לכאבי ראש, להרגשת סחרור, לבחילה ואף לאיבוד ההכרה.

לכן יש לדאוג לניטור רמת הפחמן הדו חמצני באוויר החללית או מעבורת החלל ולסילוק עודפי הפחמן הדו חמצני מן האוויר.

ישנן מספר שיטות אפשריות לסילוק הפחמן הדו חמצני:

1. הפחמן הדו חמצני יכול להגיב עם תמיסת מי סיד, תמיסה רוויה של  $\text{Ca(OH)}_2$ , אך שיטה זו אינה יעילה.
2. הפחמן הדו חמצני יכול להגיב עם תמיסה מרוכזת של ליתיום הידרוקסיד. בשיטה זו השתמשו, בין השאר, בחללית "אפולו 13". התגובה המתרחשת:



3. הפחמן הדו חמצני יכול להגיב עם אמין המחובר לשרף מוצק. הפחמן הדו חמצני נקשר לאמין, וכשהאמין רווי בו, היחידה נחשפת לחלל. מכיוון שבחלל שורר תת לחץ, הפחמן הדו חמצני משתחרר מן השרף, והאמין פנוי לקליטה מחודשת של פחמן דו חמצני.

מקור: <http://www.marsacademy.com/lifes6.htm>

## שאלות:

1. מהו סוג התגובה המתרחשת בשיטה השנייה?
2. ציינו שני יתרונות של השיטה השלישית על פני שתי השיטות הקודמות.
3. לפניכם טבלה המציגה את מסיסותם של מספר מלחים במים בטמפרטורת החדר:

המוס	גר' מומס שניתן להמיס ב- 100 גר' מים
$\text{Ca(OH)}_2$	0.1
$\text{LiOH}$	12.8
$\text{NaCl}$	37
$\text{Pb(NO}_3)_2$	62
$\text{CaCl}_2$	90

על סמך הנתונים בטבלה, הסבירו מדוע השיטה הראשונה אינה יעילה.

4. מניחים כי כל אסטרונואוט פולט 1 ק"ג של פחמן דו חמצני ביממה. כמה ק"ג של ליתיום הידרוקסיד יש לשים בחללית כדי לקלוט את הפחמן הדו חמצני הנפלט בנשימתם של שני אסטרונואוטים במשימה בחלל שנמשכת **שבעה ימים**? פרטו את חישוביכם.

5. כדי לבדוק אם מכלי הליתיום ההידרוקסיד אכן עובדים, נוגעים בהם ומוודאים שחל שינוי בטמפרטורה. הסבירו מדוע המתקן משנה את הטמפרטורה שלו בזמן פעולתו.

## תשובות:

היחס בין הליתיום ההידרוכסידי לפחמן הדו חמצני הוא 2 ל-1 לפי ניסוח התגובה, לכן:

$$n_{\text{LiOH}} = 318.2 \cdot 2 = 636.4 \text{ mole}$$

$$m_{\text{LiOH}} = 636.4 \cdot 24 = 15273.6 \text{ gr} = 15.3 \text{ kg}$$

5. התהליך הוא אנדותרמי או אקסותרמי, לכן המכל מתחמם או מתקרר בהתאם.

1. זו תגובת חומצה - בסיס.

2. יתרונות השיטה השלישית: א. היא מאפשרת לשחרר את הפחמן הדו חמצני לחלל במקום שיצטרב כפסולת בתוך החללית. ב. למחזר את האמין לצורך תגובה נוספת, דבר החוסך העמסת החללית בכמות גדולה של מגיב.

3. השיטה הראשונה אינה יעילה כי ריכוז הסידן ההידרוכסידי נמוך אפילו בתמיסה רוויה עקב מסיסותו הנמוכה. ולכן יש צורך להשתמש בנפח תמיסה גדול, שאינו מתאים לשטחה המצומצם יחסית של החללית ולמשקלה.

4. שני אסטרונוטים פולטים במשך 7 ימים  $14 = 1 \cdot 7 \cdot 2$  ק"ג.

$$n_{\text{CO}_2} = 14000 / 44 = 318.2 \text{ mole}$$

## הצעה לשאלות נוספות:

1. איזו שאלה נוספת, שהתשובה עליה אינה מצויה בטקסט, הייתם שואלים לאחר קריאת המאמר?

2. על פי נתוני טבלת המסיסות, חשבו את הריכוז המולרי של התמיסה הרוויה של סידן הידרוכסידי.

3. מה הבעיה המתוארת בקטע?

## טבלת מיומנויות מותאמת למאמר

5	4	3	2	1	שאלה מס'	המיומנויות
			+		הבנת טקסט מדעי	
			+		זיהוי מושגים ו/או רעיונות מרכזיים המופיעים בטקסט	
+	+	+	+	+	הבנת מושגים	
+	+	+		+	יישום ידע מדעי שנלמד בכיתה	
				+	ייצוג ידע מדעי בשפת הכימאים	
		+			פענוח ו/או ארגון מידע מנתונים המוצגים בצורות ייצוג שונות: מילולי/מספרי/ טבלה/גרף	
					הבחנה בין עובדות להשערות	
+		+			הבחנה בין סיבה לתוצאה	
	+	+	+		הסקת מסקנות מניסויים	
					הסקת מסקנות מנתונים	
		+	+		שיפוט או הערכה	
					שאלת שאלות	
					העלאת השערות	





מעבדה

# יחידת מעבדה - לאן? לניסויים הממוזערים, כמובן!

רבקה גיא, זהבה ליבנה, מרדכי ליבנה ורחל פרסקי\*

## מבוא

"שיעורי הכימיה חייבים להיות מלווים בביצוע ניסויים במעבדה. הוועדה ממליצה כי התלמידים יעבדו במעבדה לפחות שליש מן הזמן המוקדש ללימודי הכימיה". כך קבעה ועדת המקצוע ב-1986. בפועל, כולנו יודעים ששיעורי המעבדה הלכו והצטמצמו עד למצב שבו קובעת ועדת המקצוע הנוכחית (2003): "כידוע, בשנים האחרונות בתי ספר תיכוניים רבים הפסיקו כליל את השימוש במעבדה במסגרת לימודי הכימיה לבגרות. לכן רואה הוועדה לנכון להמליץ בכל פה בפני בתי הספר ובפני משרד החינוך "להחזיר עטרה ליושנה".

בשנים שחלפו בין שתי ההמלצות הנ"ל של שתי הוועדות (1986-2003) החלה להתפתח בעולם מעבדת ההוראה ה"ממוזערת", המוגדרת על ידי רבים כ"התפתחות המשמעותית ביותר בתחום הוראת הכימיה במאה השנים האחרונות". פיתוח ניסויים ממוזערים החל בו זמנית בכמה קולגים בארה"ב ובמקביל במדינות נוספות ברחבי העולם. בתחילה פותחו ניסויים לסטודנטים לתואר ראשון בכימיה ולמדעים אחרים, אך מהר מאוד הוחל גם בפיתוח ניסויים לגילאי תיכון וחיטבת הביניים.

אנו, באוניברסיטת בר-אילן, עוסקים במזעור מעבדות בכימיה אורגנית ובכימיה כללית לסטודנטים לתואר ראשון החל מ-1990. ב-1995 התחלנו לעניין את המל"מ באימוץ פרויקט דומה לבית הספר התיכון, אך רק כעבור שלוש שנים קיבלנו את אישורו ואת מימונו לכך. בשנים 1999-2002 פותחו על ידינו (ליבנה, ליבנה, פרסקי) כ-50 ניסויים ממוזערים בכימיה לתלמידי תיכון ולתלמידי חט"ב שפורסמו בחוברת מעבדה

לתלמיד וחוברת למורה. בגיליון מס. 1 של "על-כימיה" (ספטמבר 2001) פרסמנו מאמר ראשון על המעבדה הממוזערת ובו תיארו בפירוט את הרקע ואת הסיבות ל"עלייתה על המפה" של המעבדה הממוזערת וכן את היתרונות הרבים הטמונים במעבר אליה בכל רמות ההוראה.

אין בכוונתנו לחזור כאן על מה שנכתב במאמר ההוא, אלא לתאר את ההתפתחויות בנושא מאז. כמו כן נציג בהמשך דוגמאות לשני ניסויים ממוזערים שניתן לבחור כחלק מהיחידה החמישית לבגרות (יחידת המעבדה). בניסויים אלה, כמו בניסויים האחרים שפיתחנו, יכולים כל המורים להשתמש הן כניסויי בסיס מאשרים (עושים במעבדה את מה שנלמד בשיעור) והן כניסויי חקר ברמות שונות: חקר בסיסי (רמה I) וחקר ברמה גבוהה (רמה II).

## חוברת המעבדה והמדריך למורה

הניסויים בחוברת התלמיד בנויים בצורה מובנית. קודם כול ניתן לתלמידים מבוא קצר שאותו עליהם לקרוא לפני הניסוי ולענות על שאלות הכנה בעקבות כך. אחר כך ישנו החלק הניסויי, ובסוף - התוצאות, התוצאות, המסקנות ובמקרים מסוימים גם החישובים. לכל ניסוי מצורפות גם שאלות סיכום. כל ניסוי הוא גם בסיס להרחבה, שיכולה לבוא הן ביוזמת המורה והן מצד התלמידים.

במדריך למורה מובאת אינפורמציה רבה נוספת שכוללת: הרחבות למבוא, הערות על השתלבות הניסוי בסילבוס, תשובות לכל ה"שאלות לתלמידים", שיטות הכנה של ריאגנטים והערות כלליות נוספות.

\* ד"ר רבקה גיא תיכון מקיף "השרון" ע"ש רוטברג רמת השרון, המחלקה להוראת המדעים בי"ס לחינוך אוניברסיטת תל אביב  
rgai1@internet-zahav.net

זהבה ליבנה, בי"ס תיכון יבנה, חולון

ד"ר מרדכי ליבנה, בי"ס אמית גוש-דן, המחלקה לכימיה אוניברסיטת בר-אילן, livnehm@mail.biu.ac.il

ד"ר רחל פרסקי, בי"ס אוהל שם, רמת-גן

דלית אביגד, בבית ברל בהנחיית רבקה גיא ובמכון דוידסון בהנחיית דבורה קצביץ'. כמו כן העברנו סדנה במעבדות ממוזערות בקיץ האחרון בכנס ה- ChemEd הדו-שנתי שהתקיים באוניברסיטת Auburn שבמדינת אלבמה בארה"ב. באופן כללי התגובות של מי שנחשפו למעבדה הממוזערת הן נלהבות.

אינדיקציה נוספת לכך היא העובדה שבשנה האחרונה התקבלו אצלנו הזמנות לציוד ממוזער מכ- 15 בתי ספר. אנו משוכנעים שאם תינתן למורים בחירה חופשית של הניסויים שברצונם לבצע עם תלמידיהם ביחידה החמישית, רבים מהם יבחרו בניסויים הממוזערים. וגם מי שאינם בוחרים בניסויים שלנו - ראוי שיתנו את דעתם לדרכי המזעור של הניסויים שבחרו. זהו צו השעה והתקופה.

### כיצד ניתן לשלב את המעבדות הממוזערות בתכנית הלימודים בכימיה?

בימים אלה (פברואר 2004) מתגבשות הדרישות והמיומנויות שהתלמידים צריכים לעמוד בהן ביחידת המעבדה החמישית. למרות שהמסמך טרם גובש סופית, ברור כבר עתה שמהתלמידים יידרשו **ניסויי חקר** בשלוש הרמות האלה:

א. רמת בסיס (I)

ברמה זאת עובדים התלמידים על פי הנחיות ברורות, תוך הבנה של כל הפעילויות והתצפיות בניסוי, הן ברמה הניסויית והן ברמה העיונית. הניסויים הממוזערים שפותחו על ידינו ודאי מתאימים לרמת הבסיס. כאשר המורים בוחרים ניסוי ממוזער מתוך המאגר, התלמידים מכינים את המעבדה בקריאה מוקדמת, פותרים שאלות הכנה (ייתכן בוחן מקדים) ומבצעים את הניסוי. תוך כדי ביצוע הניסוי נרשמות תצפיות, נשאלות שאלות, נכתב דו"ח מסכם והתלמידים עונים על שאלות סיכום.

ב. רמה גבוהה (II)

כאן ישנה דרישה מהתלמידים לתכנן ניסוי בעצמם ולבצעם בהתאם לתצפית, למשימה או לניסוי מקדים. אנו סבורים שדרישה זאת כלשונה הינה מוקצנת ואיננה

החלק הנוסף למורה נכתב בחוברת בגוון שונה משחור (בתקליטור הוא כחול), וכך כוללת בפועל חוברת המורה גם את כל חוברת המעבדה לתלמיד.

סביר להניח שאין מורים שיכולים לבצע עם תלמידיהם את כל הניסויים - 50 ומעלה במספר - שנמצאים בחוברת המעבדה. יתרה מזו לכל המורים עדיפויות אישיות באשר לנושאים שאותם הם רוצים להעביר כניסוי מעבדה ולחקר שבו הם מעוניינים. לפיכך **לא מומלץ** שהתלמידים ירכשו את חוברת המעבדה. ניתן לצלם להם את הניסויים הרלוונטיים או לציידם בתקליטור.

### כיצד ניתן להשיג את החוברות ואת הציוד הממוזער הדרוש לביצוע הניסויים?

חוברות המעבדה לתלמיד ולמורה הודפסו במהדורה מוגבלת ולכן אינן מוצעות למכירה. לעומת זאת ניתן ומומלץ שכל המורים המעוניינים בכך ישיגו לעצמם תקליטור עם התוכן המלא של החוברות (לתלמיד ולמורה). הפרוצדורה לכך היא פשוטה, ובפועל ישלח ללא תשלום תקליטור כזה לכל המורים שיפנו למרכזי ליבנה טלפונית או בדוא"ל הנתון.

באשר לציוד הדרוש, חשוב לציין שמדובר בפריטים זולים מאוד שאת חלקם קל להשיג באופן עצמאי. לחילופין ניתן לרכוש את כל הציוד הדרוש לביצוע הניסויים דרך המחלקה לכימיה באוניברסיטת בר-אילן, באמצעות ד"ר מרדכי ליבנה.

### השתלמויות והפצה

תוך כדי פיתוח הניסויים, ואף לאחר סיום הפרויקט, העברנו ובכוונתנו להמשיך ולהעביר השתלמויות למורים בנושא. ההשתלמויות נערכות בשיטת "נסה זאת בעצמך", ובפגישה של 3 שעות ניתן לבצע 3-4 ניסויים ממוזערים ולדון בהם. באופן כזה נחשפים משתתפי הסדנה למגוון רחב של ניסויים בנושאים שונים ולמגוון מערכות ניסוי ממוזערות.

בשנת הלימודים תשס"ג קיימנו 4 השתלמויות מקיפות: בבאר-שבע, בהנחיית נעמי חרמוני, בנצרת בהנחיית



כאמור, הניסויים הממוזערים מתאימים (לעתים דרושות מודיפיקציות) לדרישות בשתי הרמות האחרונות.

### הערכה

הערכת התלמידים על חצי יחידת המעבדה או על היחידה השלמה היא מתמשכת וחלופית. בשלב זה עדיין לא התגבשה סטנדרטיזציה של אופן ההערכה, וככל שזו מסובכת יותר, רתיעת המורים משיעורי המעבדה גדולה יותר. בינתיים אנו מציעים בזה את שיטת ההערכה הבאה (שנעשה בה שימוש באישור המפמ"רית)\*:

להלן שתי דוגמאות לניסויים ממוזערים שאושרו על ידי המפמ"רית (בחוברת למורה ישנן גם כל התשובות לשאלות שלא הובאו כאן מקוצר מקום):

מוצגת אפילו לסטודנטים לתואר ראשון באוניברסיטאות. גם כאן המורה אמור לבחור את הפעילות המקדימה מתוך מאגר ניסויים כלל ארצי, וחוברת הניסויים שפרסמנו נותנת מגוון רחב מאוד של פעילויות בכל הנושאים הכלולים בתכנית הלימודים. שתי דוגמאות לשני ניסויים כאלה שאושרו על ידי המפמ"רית כניסויי חקר ברמה גבוהה, מובאים בהמשך. החקר שאנו מציעים בניסויים אלה הוא **חקר גילוי**, להבדיל מהחקר הפתוח (כימיה בגישה חוקרת).

ג. רמה מחקרית גבוהה (III)

זוהי רמה של מיני-מחקר, שאינה קשורה במישרין לגישת חקר כזו או אחרת.

המרכיב	קריטריונים להערכה התלמיד
הכנה לפני הניסוי - 20%	יודע אילו בדיקות ומדידות עליו לבצע (בחינה בכתב או בע"פ).
	בקי בחומר התיאורטי של הניסוי (השיב נכון על שאלות ההכנה ועמד בבחינה בכתב ו/או בע"פ).
הכנה לפני הניסוי - 30%	מתארגן לקראת ביצוע הניסוי מבחינת ציוד.
	מבצע את הניסוי על פי ההנחיות.
	שולט בשיטות העבודה (מבצע נכון את המדידות והבדיקות).
	נוטל חלק פעיל בעבודה המעשית ו/או מפגין עניין והבנה בעבודת בן הזוג.
	מקפיד על דיוק, סדר ונקיון במהלך העבודה.
הבנה - 30%	רושם תצפיות בצורה מסודרת.
	בקי במה שקורה בניסוי ברגע נתון (תצפית אקטיבית).
	יודע ומבין את מטרת השלבים השונים.
	יודע ומבין את תוצאות הניסוי (השיב נכון על השאלות המסכמות ועומד בבחינה).
	מבין את הקשר בין הניסוי ותוצאותיו לחומר הנלמד בשיעורי הכימיה בכיתה (בחינה).

\* הטופס פונה לשני המינים.

## ניסוי מס. 1:

### קביעת נפח מולרי של גז

הניסוי בוצע כחלק מניסויי היחידה החמישית על ידי זהבה ליבנה, בי"ס יבנה, חולון.

**זמן הניסוי:** 10 עד 30 דקות.

הערות כלליות והתאמה לחומר הלימוד

המטרה המוצהרת של הניסוי היא קביעת הנפח המולרי של גז מימן. אבל יש בניסוי גם אספקטים נוספים שכל המורים יכולים להדגיש על פי רצונם כגון:

1. הריאקטיביות השונה של מתכות בתגובתן עם חומצה.

2. תגובה כימית שבה המגיבים והתוצרים הם חומרים בשלושת מצבי הצבירה.

3. סטוכיומטריה של משוואות כימיות.

4. הפרמטרים המאפיינים גזים: לחץ, נפח, טמפרטורה.

5. משוואת המצב:  $PV = nRT$

הניסוי הוא פשוט, קצר ונחמד ובדרך כלל מניב תוצאות טובות מאוד **מבחינת סדר הגודל**. התוצאות נעות על פי רוב בין 23-27 ליטר. מכיוון שהניסוי קצר מאוד, ניתן לתת לכל התלמידים לחזור עליו מספר פעמים ולקבוע ערך ממוצע. במהלך כל הניסוי ואחריו המורים והתלמידים מעלים שאלות. באופן כזה מתרחשת למידת חקר מטא-קוגניטיבית יעילה ביותר.

### מטרת הניסוי

לקבוע את הנפח המולרי של גז מימן בתנאי החדר.

### מבוא

**בניסוי זה** קובעים את הנפח המולרי של גז מימן בתנאי החדר (וממילא של כל גז אחר, על פי השערת אבוגדרו).

מתכות מסוימות מגיבות עם חומצה ומשחררות גז מימן. אחת המתכות הפעילות ביותר בתגובה עם חומצת מלח, HCl, היא מגנזיום, Mg. התגובה מתוארת בניסוח הבא:



הניסוי מתבצע באופן כזה שגז המימן המשתחרר מתגובת מסה נתונה של מגנזיום נשאר כלוא בתוך מזרק של 10 או 5 מ"ל, וכך ניתן למדוד את נפחו. בעזרת חישובים פשוטים ועוקבים ניתן לקבוע את הנפח המולרי.

### שאלות הכנה

❖ מהי השערת אבוגדרו?

### חומרים וציוד

❖ מזרק 5 או 10 מ"ל עם סימוני נפחים, שהפתח הצר שלו חתוך.

❖ סרט מגנזיום נקי במשקל ידוע ומשויף בנייר זכוכית.

❖ כ- 10 מ"ל 1M HCl בתוך קופסת סרט צילום, כולל המכסה.

❖ פינצטה.

❖ סרגל (הערה בהמשך).

### בטיחות

1. זהירות: מימן הינו גז דליק ונפיץ.

2. HCl היא חומצה חזקה ו"מעשנת", הגורמת לכוויות בעור ומסוכנת לנשימה. עבדו אתה בזהירות.



## מהלך הניסוי

1) גזרו מן הסרט הארוך (בעל מסה נתונה) חתיכת מגנזיום באורך של כ- 3-4 מ"מ (או כמות כפולה למזרק 10 מ"ל). חשבו את המסה. ייתכן שזו תינתן לכם מראש. אם יש מאזניים אנליטיות בביה"ס, מה טוב. אם אין, שוקלים מראש סרט ארוך של מגנזיום ומחשבים את המסה ליחידת אורך (בניח 1 מ"מ). כעת נותנים לתלמידים לגזור אורך ספציפי שמסתו מחושבת על פי הסטנדרד. משתמשים במזרק 5 מ"ל. אין להשתמש ביותר מ- 4 מ"ג מגנזיום. אם משתמשים במזרק 10 מ"ל, ניתן להשתמש בכמות כפולה של מגנזיום. מ- 1 מ"ג מגנזיום מקבלים כ- 1 מ"ל גז מימן.

2) שאבו לתוך המזרק בדיוק 5 מ"ל של החומצה. דאגו לכך שלא תהיינה בועות אוויר במזרק, ואם ישנן כאלה רוקנו את המזרק ושאבו שוב. קראו את הנפח ורשמו את ערכו.

3) החזיקו את המזרק מעל קופסת סרט הצילום, כשהיא פתוחה.

4) בעזרת הפינצטה הכניסו את חתיכת המגנזיום שלכם לתוך המזרק (אם צריך, ניתן לקפל). מתחילה תגובה והנוזל שבתוך המזרק נדחף החוצה **לתוך קופסת סרט הצילום**.

5) לאחר שכל המגנזיום הגיב, הורידו בעזרת הבוכנה את שאריות הנוזל לקופסת סרט הצילום וקראו את נפח המימן שנוצר. ניתן לקרוא את הנפח גם בתום התגובה, ואפשר לקרוא פעמיים: בתום התגובה ולאחר הורדת החומצה.

6) חזרו על הניסוי עם חתיכה שנייה של מגנזיום.

## תצפיות ותוצאות

- ✦ רשמו את תצפיותיכם מרגע הכנסת המגנזיום אל המזרק ועד לסיום התגובה.
- ✦ מהי מסת המגנזיום שבה השתמשתם?

✦ בכמה מולי מגנזיום השתמשתם?

✦ כמה מולי מימן התקבלו בתגובה? הסבירו!

✦ מהו הנפח המולרי של גז מימן בתנאי התגובה (תנאי החדר) כפי שמתקבל מתוצאות הניסוי? הראו חישוביכם.

✦ על סמך התשובה לשאלה הקודמת, חשבו את הנפח המולרי של מימן בתנאי תקן. הראו חישוביכם.

## שאלות סיכום

✦ מדוע החומצה אינה נשפכת מן המזרק לאחר פעולת השאיבה שבסעיף 2?

✦ מדוע המגנזיום עולה אל פני השטח של החומצה?

✦ מדוע מרגע שהמגנזיום מגיב, נשפכת החומצה בחזרה אל קופסת הפילם?

✦ מהו לחץ המימן במזרק בתום התגובה?

✦ האם הגז בתוך המזרק בתום התגובה מורכב רק ממימן?

✦ כיצד ניתן להוכיח שהגז שמתקבל בתגובה הוא גז מימן?

✦ השוו את תוצאות הניסוי שלכם לערך שמופיע בספרות עבור הנפח המולרי של מימן. ציינו סיבות אפשריות להבדל בין הערכים.



## ניסוי מס. 2: תאים אלקטרוכימיים

הניסוי בוצע כחלק מניסויי היחידה החמישית על ידי ד"ר רבקה גיא בתיכון מקיף "השרון" ע"ש רוטברג, רמת השרון. בשיעור פתיחה לנושא וכחזרה על נושא חמצון-חיזור מכיתה יא', צפו התלמידים בכיתה בהדגמה של טבילת מוטות נחושת ואבץ בתמיסת HCl. כמו כן הודגמה היווצרות של גז מימן ליד מוט הנחושת המחובר למוט אבץ. הדיון בכיתה התייחס למשמעות היישומית של מעבר האלקטרונים בין מוטות המתכות. כעבודת בית ניתן חלק א' של המעבדה כחקר אירוע.

### חלק א': חקר אירוע

מטוס תובלה שהוביל ציוד וסחורה נחת נחיתה חרום באי בודד. הניצולים רצו להפעיל את מכשירי הקשר כדי לדווח על האסון ועל מיקומם באוקיינוס, אולם הם לא מצאו שום סוללה במצב תקין. למזלם הטוב הם מצאו במטען המטוס לוחות של נחושת ואבץ.

### שאלות הכנה

1. יעצו לניצולים כיצד ניתן להשתמש בלוחות המתכות כדי לבנות מתקן שיוכל לייצר אנרגיה חשמלית באי הבודד שבו הם נמצאים.
2. בתוך איזו תמיסה תייעצו לניצולים לטבול את המוטות?
3. שרטטו את המתקן ותנו פירוט מלא שלו כך שתוכלו לבנות בכיתה את המתקן ולבדוק את המתח שניתן להפיק ממנו.
4. לאחר חיפוש נוסף במטען המטוס התגלו בקבוקים המכילים תמיסות של מלחי נחושת וחומצה חנקתית,  $\text{HNO}_3$ .
4. איזו מהמתכות תוכל להגיב עם החומצה? פרטו.
5. מה תהיה התגובה? נסחו את התגובה.
6. תכננו תא אלקטרוכימי והיעזרו בתמיסות שנמצאו במטען המטוס ובתגובות שניתן לבצע איתן.
7. פרטו ושרטטו את מבנה התא שתכנתם כך שתוכלו לבנות לפי התכנון את התא בכיתה.

- ❖ מה יקרה לדעתכם בתגובה דומה לזאת שעשיתם, אם במקום מגנזיום משתמשים באותו מספר מולים של אלומיניום, Al? של נחושת, Cu? של אבץ, Zn?
- ❖ מה היה קורה לו השתמשתם בכמות מגנזיום הגדולה פי 10 מזו שהשתמשתם בה והקטנה פי 10 מזו שהשתמשם בה?
- ❖ האם ריכוז החומצה ששואבים בשלב 1 לתוך המזרק זהה לריכוז החומצה שנדחית חזרה למזרק על ידי גז המימן?

### שאלות חקר אשר יכולות להוביל להמשך הניסוי (רובן נשאלו על ידי התלמידות):

- ❖ מה יקרה בתגובה דומה לזאת שעשיתם, אם במקום במגנזיום משתמשים באותו מספר מולים של Al? של נחושת, Cu? של אבץ, Zn?
- ❖ איזה נפח גז נקבל אם נכפיל את מסת המגנזיום?
- ❖ מה יקרה אם נחליף את החומצה ל-  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?
- ❖ מה יקרה אם לאחר הכנסת המגנזיום למזרק נסגור את הפתח מלמטה?
- ❖ האם ניתן לתכנן ניסוי דומה לקביעת הנפח המולרי של חמצן או של גז אחר? האם התוצאה תהיה אחרת?

בהמשך לשאלות אלה מבקשים מן התלמידים לשער השערות ולבדוק חלק מהן במערכות דומות למערכת שבה בוצע ניסוי טרום החקר הנוכחי. לדוגמה, ניתן לבדוק את הקשר בין כמות המגנזיום לנפח המימן המשתחרר או את הקשר בין סוג המתכת לכמות המימן שמשחררת וכיו"ב.



השערותיהם התייחסו לשינוי צורת המוטות, שינוי מסתם, שינוי ריכוז התמיסות והוספת תאים במקביל.

לאחר הדיון בנו התלמידים את התאים שאותם תכננו על פי המפורט בחלק ג'.

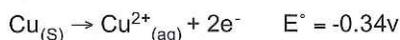
בשלב הבא התבקשו התלמידים לתכנן תאים אלקטרוכימיים שיאפשרו להם לבנות טבלה של פוטנציאל חמצון תקני עבור מתכות שונות.

### חלק ד: השוואת פוטנציאל חמצון של מתכות שונות

#### מטרת הניסוי

להכין טבלת פוטנציאלי חמצון תיקניים על פי ניסוי של חצאי תאים ממתכות שונות.

נתון פוטנציאל החימצון:



1. לפניכם המתכות אבץ, נחושת, מגנזיום וכסף ותמיסות מתאימות שלהן. תכננו בעזרתן תאים אלקטרוכימיים ליצירת טבלה של ערכי פוטנציאל החמצון עבור חצאי התאים שבדקתם בניסוי.

#### מהלך הניסוי

בנו את התאים שתכננתם בבית.

#### שאלות

1. נסחו את התהליכים בחצאי התאים שבניתם.
  2. נסחו את התהליכים המלאים של התאים שבניתם.
  3. שרטטו כל אחד מהתאים ורשמו את סכמת התא.
  4. ערכו טבלה של ערכי פוטנציאל החמצון עבור תגובות האלקטרודה שבניתם.
  5. השוו את הערכים שקיבלתם עם ערכי פוטנציאל החיזור בחוברת נתונים וחשבו את אחוז השגיאה עבור כל אחד מהנתונים.
- שרטטו ורשמו סכימות תא עבור כל התאים הנוספים שניתן לבנות עבורם את פוטנציאל החמצון בעזרת ארבע המתכות שמצאתם. חשבו את מתח התאים התקניים על פי חוברת הנתונים.

8. רשמו את התגובות המתרחשות בתא ליד האנודה וליד הקתודה.

### חלק ב: הפקת אנרגיה חשמלית מתגובות כימיות

#### מטרת הניסוי

לבנות תאים אלקטרוכימיים מסוגים שונים ולמדוד את המתח המתקבל.

#### שאלות

1. לשם חזרה הגדירו את המושגים: חמצון, חיזור, מחמצן, מחזר, חצי תא, אלקטרודה, גשר מלח.
2. בנו את התאים שתכננתם בבית המבוססים על המתכות נחושת Cu ואבץ Zn ומדדו את מתח התאים השונים.

#### חלק ג: ניסוי חקר

אם המתח שהתקבל מהתא שבניתם לעזרת הניצולים אינו מספיק להפעלת מכשיר הקשר, (3V), העלו השערות לשאלה, כיצד ניתן לקבל מתח שיספיק להפעלת המכשיר.

#### מטרת הניסוי: חקירת התנאים המשפיעים על שינוי

#### מתח תאים.

#### שאלות החקר

1. האם וכיצד תלוי מתח תא במבנה האלקטרודה?
  2. האם וכיצד תלוי מתח תא בריכוז התמיסה?
  3. נסחו השערות המתייחסות לשתי השאלות.
  4. מהו המשתנה התלוי בכל אחת משאלות החקר?
  5. מהו המשתנה הבלתי תלוי בכל אחת משאלות החקר.
  6. תכננו ניסוי לכל השערה שיוכל לאמת או לסתור את השערתכם.
- הדיון בכיתה בחן את הצעות התלמידים לתאים שתיכננו ולהשערותיהם בדבר הדרכים להגדלת המתח המתקבל.

**חלק ה. השפעת ריכוזי התמיסות על מתח התא (מתוך התקליטור "מעבדות ממוזערות")**

1. בנו תא אלקטרוכימי באותו אופן שבו בניתם בחלק הקודם, אלא שלשתי הכוסות הוסיפו תמיסת  $\text{Cu}^{2+}$  1M, ושתי האלקטרודות הן מנחושת.
2. מדדו את המתח בתא זה.
3. עתה הוציאו בעזרת טפי את תמיסת ה- $\text{Cu}^{2+}$  מכוס אחת והוסיפו במקומה תמיסת  $\text{Cu}^{2+}$  0.01M. "חברו" בעזרת "גשר המלח" (נייר רטוב) את הכוס הנ"ל לכוס הסמוכה שבה תמיסת  $\text{Cu}^{2+}$  1M.
4. עכשיו יצרתם תא המורכב משני חצאי תא הזחים בהרכבם אבל שונים בריכוזם. חברו את שתי האלקטרודות אל הוולטמטר וקראו את המתח בתא. השוו עם התוצאה המחושבת על פי משוואת נרנסט.

**תצפיות תוצאות**

השפעת ריכוזי התמיסות על מתח התא

✦ רשמו בצורה סכמטית את התא שיצרתם. מהו פוטנציאל התא? השוו לערך המחושב.

**חלק ו: השוואת כושר חיזור של מתכות שונות (מתוך התקליטור "מעבדות ממוזערות")**

מהלבורנטית תקבלו מתכות שונות, למשל: מגנזיום, פחמן, אבץ, נחושת, ברזל, אלומיניום וכו'. בנו תא שבו משתמשים בזיעה שבידיכם כגשר מלח:

1. הכינו את הוולטמטר וחברו אליו את החוטים.
2. החזיקו בכל יד בין האגודל לאצבע מתכת כלשהי.
3. חברו את התנינים לכל אחת מהמתכות.
4. קראו את הפוטנציאל המתקבל מהתא שיצרתם. אם הפוטנציאל שלילי, החליפו בין המתכות.
5. דרגו את המתכות לפי כושר החיזור והשוו לנתונים שבטבלת פוטנציאלי החיזור הסטנדרטיים

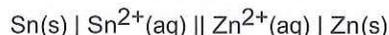
**חלק ז: השוואת כושר חיזור של מתכות שונות**

✦ רשמו את ערכי המתח שקיבלתם בכל מקרה בטבלה הבאה על פי זוגות המתכות. סדרו את המתכות שבהן השתמשתם בסדר עולה של כושר החיזור שלהן.

Sn	Fe	Zn	Al	Cu	Mg	C	
						0	C
					0		Mg
				0			Cu
			0				Al
		0					Zn
	0						Fe
0							Sn

## שאלות סיכום

1. במה שונים התאים האלקטרוכימיים שבניתם בחלקים השונים של הניסויים מאי-1?
2. כיצד ניתן לבדוק את פוטנציאלי החיזור הסטנדרטיים של יסודות שאינם מתכות?
3. נתון התא האלקטרוכימי הסטנדרטי הבא:



- א. רשמו ניסוח לתגובות המתרחשות בחצאי התאים ובתא כולו.
- ב. חשבו את הפוטנציאל הסטנדרטי  $E^\circ$  של התא. היעזרו בטבלת פוטנציאלי חיזור סטנדרטיים.

ג. האם התא רשום בצורה נכונה? היעזרו בערכי הפוטנציאלים הסטנדרטיים; אם לא - רשמו בצורה נכונה.

ד. חשבו את פוטנציאל התא ב-  $25^\circ\text{C}$ , כאשר ריכוזי היונים שבשני חצאיו הם:

א)  $[\text{Zn}^{2+}] = 1\text{M}$ ,  $[\text{Sn}^{2+}] = 0.1\text{M}$ .

ב)  $[\text{Zn}^{2+}] = 1\text{M}$ ,  $[\text{Sn}^{2+}] = 0.005\text{M}$ .

הערכה:

על פי טבלת ההערכה שהוצגה קודם לכן. נוסף על כך, הוערכו חקר האירוע וניסוי החקר, על פי כלי להערכת דו"ח ניסוי חקר וביצוע ניסויים שפורסמו במעבדות חקר של מכון ויצמן.

\* המילה "מדלי" באה מ"אדלג".

\* אדלג פירושו אהבין.

\* אהבין פירושו אראל הקשרים.

\* אראל הקשרים כסול הקשרים שמאם מורכב מהבנה פירוש אראל דברים שפלין אינה יכולה אראל.

\* אפליים זקוקים מיכשור מסויים על מנת אראל דברים: משקפיים, משקפת מיקרוסקופ וכו', אך מיכשור כזה אינו יכול אסייך בדאינג רלין!

\* כדו אראל כפי שמדענים רואים יש צורך ב"אדלג" - ב"אדלג ממקדג-מחשבה!"

\* מדענים לדואים רואים מה שכואל רואים, אך חושבים מה שאף אחד לא חשב.

H.A. Bent

# ממורים בכיתה - למובילים בהוראת הכימיה

מרים כרמי\*



## מבוא

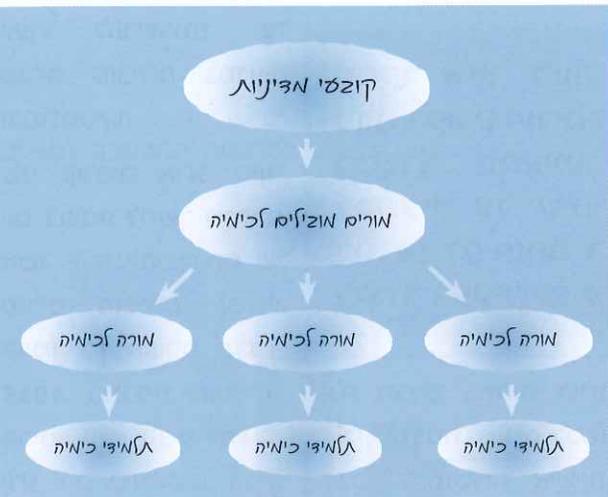
תכנית ארוכת טווח להכשרתם של מורים מובילים בכימיה התקיימה במחלקה להוראת המדעים מכון ויצמן למדע. התכנית לוותה במחקר אשר נערך במהלך חמש שנים ובחן את תהליכי השינוי שעברו המורים במהלך ההכשרה ואחריה. במאמר זה יוצגו מטרות וכלי המחקר, חלק מממצאי המחקר, ונדון במסקנותיו.

## רקע למחקר

תחום הוראת המדעים עובר בעשור האחרון רפורמה בארצות רבות בעולם מבחינת התכנים הנלמדים, דרכי ההוראה, דרכי ההערכה והמיומנויות הנדרשות מהתלמידים (NRC, 1996). נקודת המפנה בתחום זה חלה בישראל עם פרסומו של דו"ח ועדת הררי "מחר 98" בשנת 1992, אשר כלל המלצות לחידושים ושיפורים בתחום תכניות הלימודים במתמטיקה ובהוראת המדעים.

דגש מיוחד ניתן ברפורמות האחרונות למקומו של מורה המדעים, בעקבות ההכרה כי אין די בתכניות לימוד חדשות וכי יש לשים דגש על תהליך התפתחותו של המורה המלמד (Ganiel, 1995; Fetters & Czerniak, Fish & Shawberry, 2002). תהליך התפתחותו של מורה המדעים הוא תהליך לימוד ארוך ומתמשך לאורך שלבי הקריירה השונים. תהליך זה הוא הכרחי על מנת לאפשר למורה להתמודד עם החידושים והתמורות החלים בידע המדעי ובידע בתחום הוראת המדעים (Loucks-Horsley, S., Bybee, R. W., & Wild, L. C., 1996).

בפני מורי הכימיה בארץ עומדים אתגרים רבים. במקביל להוראת העקרונות והמושגים המהווים את תחום הדעת,



על מורי הכימיה להציג בפני התלמידים את הרב-ממדיות של תחום דעת זה. הווה אומר הדגשת הרלבנטיות של הכימיה לחיי היום יום, הצגת הפן הניסויי שלה והצגתה כתחום דעת מתפתח, בעל יישומים רבים בתחומי דעת אחרים. בנוסף לכל זה על מורי הכימיה להתמודד עם אוכלוסייה מגוונת של תלמידים בעלת תפיסות חלופיות וקשיי המשגה שונים. על רקע אתגרים אלו החדרת שינויים, הן בשיטות ההוראה והן בשיטות ההערכה, יצרה צורך במנהיגות אשר תוכל להוביל את המהלך ולקדם את ההוראה בשטח.

בשנים האחרונות רבו הקולות בקרב אנשי חינוך אשר קראו לפיתוחה של מנהיגות מורים בשטח, וכך התפתח המושג של מורים מובילים - Teacher Leaders (Fullan, 1991; Smylie, 1997). מורים מובילים הם מורים מנהיגים המסוגלים ליזום ולהוביל שינויים, לקדם מורים ולהוות "ראש חץ" להטמעת חידושים בשטח.

\* מאמר זה הוא חלק מעבודת הדוקטוראט של דר' מרים כרמי, אותו סיימה במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות. היום מרים הינה בתר-דוקטורנטית במחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, טכניון, חיפה

שנים לאחר תום הכשרתם. איסוף הנתונים התבסס על שימוש בכלים איכותניים בשילוב כלים כמותיים. הכלים האיכותניים כללו ריאיונות חוזרים עם מדגם מהמשתתפים במהלך התקופה, תצפיות רבות במהלך התכנית ולאחריה וניתוח תשובות לשאלונים פתוחים.

הכלים הכמותיים שבהם נעשה שימוש כללו שאלונים סגורים שונים אשר ניתנו למורים ולתלמידים במהלך המחקר, וניתן לעבדם באופן כמותי תוך שימוש בשיטות סטטיסטיות.

- במסגרת מאמר זה אתייחס לשתי שאלות בלבד:
1. האם וכיצד התפתחה תפיסת המורים לגבי תפקידם כמורים מובילים?
  2. האם וכיצד יישמו המורים את כישורי המנהיגות אשר רכשו?

### ממצאי המחקר

#### שינוי התפיסה של המורים לגבי הפיכתם למורים מובילים

תהליך השינוי של תפיסות המורים בנושא הפיכתם למורים מובילים היה ארוך ואיטי. למרות שקבוצת המורים אופיינה בפתיחות וברצון להתפתחות, באו לידי ביטוי במהלך השנה הראשונה סימני שאלה רבים, התלבטויות ותחושת ערפול בקרב חלק גדול מהמורים, לגבי מטרות התכנית ומשמעות המושג "מורה מוביל בכימיה". רק במהלך השנה השנייה החלו להתפתח תפיסה אישית וחזון אישי בדבר תפקידו ומשימותיו של מורה מוביל. תכניות ומטרות ברורות תפסו את מקומם של היסוסים ותהיות, ומורים התבטאו בביטחון עצמי רב יותר על הרעיונות ועל העשייה שאותה הם רוצים לתכנן ולקדם. מורים סיימו את התכנית בתחושת מחויבות גדולה וברצון ליישם את התכנים ואת הרעיונות בשטח. להמחשת הדברים, להלן כמה ציטוטים מתוך ריאיונות חוזרים עם אחת ממשתתפות התכנית.

מתוך הנחה כי ניתן לפתח כישורי מנהיגות ועל בסיס מודלים שונים לפיתוח כישורי מנהיגות, (O'Hair, M.J., (1997); Loucks-Horsley, S., Hewson. P.W. Love. N., Stiles K.E., 1998), פותחו וקוימו במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן מספר קורסים אשר יועדו להכשרתם של מורים מובילים במדעים ובמתמטיקה.

שני קורסים ארוכי טווח, יום בשבוע למשך שנתיים, אשר יועדו להכשרתם של מורים מובילים בכימיה קוימו בין השנים 1995-

1998. התכנית המקיפה כללה תכנים בתחום הידע הכימי, הידע הכימי-פדגוגי וכישורי מנהיגות. מורים רכשו ידע רב בתחומים הנ"ל ונחשפו להתנסויות אישיות שונות כגון סדנת מנהיגות, סדנת כישורי הנחיה, ליבון בעיות בקבוצה ו"עבודת שדה", שבה הם יישמו והובילו פרויקטים בית ספריים שונים.

### המחקר

מחקר אשר נערך במקביל לתכנית ההכשרה של מורים מובילים בכימיה, בחן את תהליכי השינוי אשר עברו המורים המשתתפים. אוכלוסיית המורים מנתה 19 מורים לכימיה בעלי ותק ממוצע של 15 שנות הוראה; 31 מהם שימשו כרכזי כימיה בבית ספרם.

שלוש שאלות-על נשאלו במהלך המחקר:

- כיצד השתנו **תפיסות המורים** לגבי הוראת הכימיה, תפקידי המורים בבית הספר ותפקידם כמורים מובילים בכימיה?
  - כיצד השתנו **פעילויות המורים** בכיתה, בבית הספר ובמסגרות שונות מחוץ לבית הספר?
  - מהי תרומתה של **התכנית** להכשרתם של מורים מובילים בעיני המורים המשתתפים?
- המעקב אחר המורים המשתתפים נערך במהלך השתתפותם בתהליך ההכשרה (שנתיים) וכן שלוש

לשאלה: האם את מורה מובילה?

"אני לא רואה עצמי מורה מובילה. בעיקר מורה בכיתה.

אולי מנחה מס' מצומצם של מורים."

(1997, אמצע השנה הראשונה של התכנית).

"כעת אני מבינה שיש לי תפקיד ואחריות להנחות ולהוביל

מורים" (1998, בסיום שנה שנייה בתכנית).

"האם אני מורה מובילה? כן, אני חושבת שכן. יש לי

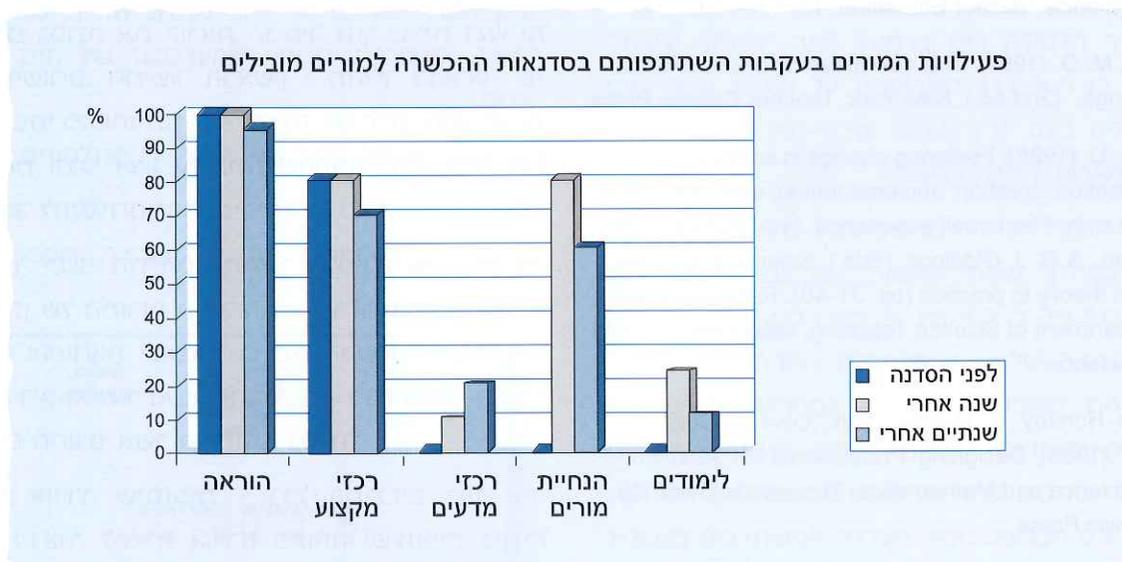
חשיבה שונה ואני יודעת מה אני רוצה. מסתכלים עלי

ומצפים ממני." (1999, שנה לאחר התכנית, בתפקיד של

מורה מובילה במרכז מורים אזורי).

## פעילויות המורים

מביצועם של מספר סקרים אשר בחנו את פעילויות המורים בעקבות השתתפותם בסדנאות ההכשרה למורים מובילים, התקבלה התמונה המתוארת בגרף הבא:



להשתלמויות מורים במחלקות להוראת מדעים.

על פי הנתונים בגרף אנו לומדים כי:

יישום כישורי מנהיגות בשטח לאחר סיום התכנית בוצע מעקב על מדגם של שבע מורות מתוך בוגרי הקורס, אשר פעלו במרכזים אזוריים שונים כמורות מובילות והעבירו סדנאות למורי כימיה אחרים. על סמך ניתוח הריאיונות שקוימו עם המורות וכן ניתוח התצפיות בפעולותיהן ובעשייתן, ניתן להציג מספר מאפיינים עיקריים של מנהיגות כפי שיושמו בשטח.

**הצגת חזון** - המורות המובילות שאפו להשפיע על דרכי הוראתם של המורים שאותם הן הדריכו באופן אישי תוך

כל המשתתפים בתכניות ההכשרה ממשיכים לעסוק בהוראה (מלבד שתי מורות אשר פרשו).

אחוז המורים אשר שימשו כרכזי מקצוע ירד, אולם חלק מהמורים הפכו להיות רכזי מדעים בבית ספרם.

כחמישית מהמורים המשתתפים המשיכו בלימודים לתארים אקדמיים מתקדמים.

השינוי המרשים ביותר ניכר אצל מורים רבים מקרב המשתתפים (80%) שהחלו לעסוק בפעילויות הקשורות בהנחיית מורים. פעילויות אלו התייחסו לתפקידי הדרכה, הנחיה במרכזי מורים אזוריים ופעילות הקשורה

חשוב כי בעת הפיתוח והביצוע של השתלמויות וסדנאות למורים יילקחו בחשבון המרכיבים אשר זוהו כמאפיינים של דגם הובלה מוצלח על מנת להבטיח סדנה מוצלחת ככל האפשר.

## מקורות

- Fetters, K. M., Czerniak, M. C., Fish, L., & Shawberry, J. (2002). Confronting, challenging and changing teachers' beliefs: Implications for a local systemic change professional development program. *Journal of Science Teacher Education*, 13, 101-130.
- Fullan, M. G. (1991). *The new meaning of educational change*. (2nd ed.), New York: Teacher College Press
- Ganiel, U. (1995). Fostering change in science education: creation, implementation, evaluation, and research; The Israeli experience. In A. Hofstein., B. Eylon., & G. J. Giddings, (Eds.), *Science education: from theory to practice* (pp. 31-40). Rehovot, Israel: Department of Science Teaching, Weizmann Institute of Science.
- Loucks-Horsley, S., Hewson, P.W., Love, N., Stiles K.E., (1998). *Designing Professional for Teachers of Science and Mathematics*. Thousands Oaks, Ca. Corwin Press.
- Loucks-Horsley, S., Bybee, R. W., & Wild, L. C. (1996). The role of community colleges in the professional development of science teachers. *Journal of College Science Teaching*, 26, 130-134.
- National Science Educational Standarts NRC (1996). National Research Council. National Academy Press, Washington D. C.
- O'Hair, M.J., (1997) *Teacher Leadership: In what ways? For what purpose?* *Action in Teacher Education* 19 (3).
- Smylie M. A., (1997). *Research on teacher leadership: Assessing the state of the art*. In: Biddle, B.J., Good, T.L., Goodson, I., (eds.) *International handbook of teachers and teaching*, 521-592. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

הצגת ה"אני מאמין" שלהן כמורות לכימיה. ברוח זו התבטאה אחת מהמורות אשר שימשה מדריכה בסדנה למורים במרכז אזורי:

"ההצלחה תימדד בכך שמורים באמת יישמו בבית ספרם את הדברים שאנחנו עושים בסדנה".

**מומחיות** - המורות המובילות ראו עצמן מומחיות בתחומים שונים ודאגו להשלים את הידע החסר ולהתמחות על מנת לתת מענה לכל שאלה. לדוגמה, התמחות בנושא בחירה שקודם שלא הוכר.

**הדרכה בשני מישורים** - המורות המובילות הציגו בפני המורים בסדנה את הוראת הכימיה תוך שימת דגש על שני מישורים. המישור הראשון - תהליך ההוראה של נושא כימי כלשהו תוך כדי הצגת הסברים, מתן טיפים, אנלוגיות ודרכי ייצוג על מנת שהחומר יהיה ברור ככל האפשר לתלמידים.

המישור השני התייחס לתהליך הלמידה של התלמיד. תרומתן של המורות המובילות - בעלות הוותק, הניסיון, הכלים והמודעות לנושא - בהבנת הקשיים הצפויים של התלמידים בלימוד נושא חדש הייתה רבה מאוד, במיוחד למורים חדשים אשר השתתפו בסדנה.

**יצירת אווירה שיתופית** - בכל המרכזים באה לידי ביטוי הדאגה ליצירת אווירה פתוחה ושיתופית בין כל המשתתפים תוך מתן תשומת לב לצורכי המורים המשתלמים. הדבר אפשר דיון וליבון בעיות מקצועיות תוך כדי לימוד וקידום.

## מסקנות

ניתן לסכם ולומר כי תכנית הכשרה מתאימה וארוכת טווח יכולה להשפיע על שינוי התפיסות של המורים, לתרום לפיתוחם המקצועי והאישי ולהביא לשינוי הפעילויות של מורים לכימיה. הכשרת קבוצה מנהיגה של מורים לכימיה, אשר חבריה נמצאים כיום בעמדות מובילות, הביאה לקידום המקצועי של מורי כימיה נוספים ורבים, לפיתוח חומרי למידה ולשינוי פני הכנסים ומי העיון.

# "הדיאלוג היצירתי" ברמות חפר

אורלי הובר\*



פעילויות

זה, מחדדים התלמידים את ההבנה שלהם ומחזקים את כושר הביטוי שלהם.

בסופו של התהליך, נבחנים התלמידים על-ידי בוחן חיצוני, באישור המפמ"רית. הבחינה וההערכה הן על העבודה העיונית, על התוצר ועל הידע שרכש כל אחד ואחד מהתלמידים במהלך הלמידה.

הציון הסופי מורכב מכל האלמנטים האלה, מהערכת המורה, מהערכת הבוחן ומהערכתם של התלמידים עצמם.

דוגמאות לעבודות חקר שנעשו על-ידי התלמידים:

בתחום הפולימרים הסינטטיים חקרו תלמידי הקבוצה את הנושא פולימרים מוליכים, בעזרת דוקטורנטית

רמות חפר הוא בית-ספר תיכון ניסויי. בבית-הספר פותחה דרך למידה בכימיה, המבוססת על דרכי הוראה והערכה חלופיות. השיטה פותחה בעזרת אגף הניסויים ובעזרת המפ"מרת, ד"ר ניצה ברנע והמדריכה הארצית, אוטיליה רזנברג. דרך זו ממירה את בחינת הבגרות הרגילה בכימיה בדרך היבחנות אחרת, התואמת את שיטת הלמידה.

את דרך הלמידה כינו ברמות חפר "דיאלוג יצירתי" וכשמה כן היא, דרך המבוססת על דיאלוג שמקיימים התלמידים בינם לבין עצמם, ובינם לבין מורים, מומחי תוכן ומקורות למידה רבים.

תלמידי מגמת הכימיה נבחנים בבחינות הבגרות באופן שונה. במהלך שנות הלימוד, הם נבחנים בבחינות המאושרות על-ידי הפיקוח, ובנוסף הם עוסקים במחקר עצמי. קבוצה של כ-3 תלמידים בוחרת שאלת חקר וביחד הם מחפשים מקורות בספריות ובאינטרנט, מראיינים מומחים בתחום התוכן הנחקר, מסיקים מסקנות וכותבים עבודה עיונית המסכמת את המחקר. לעיתים הם מבצעים ניסויי מעבדה המשתלבים בעבודת המחקר.

בנוסף לעבודת החקר, על התלמידים להמציא תוצר, המשקף את התובנות שלהם מהלמידה ומהידע שרכשו. התוצר יכול להיות מכל תחום: הצגה, מצגת, קטע מוסיקלי, ניסוי, מיצב, סרט ועוד. כך, בדרך יצירתית ניתן להציג את מסקנות המחקר. הכנת התוצר מעודדת דרכי ביטוי שונות, מחזקת את מגוון הכישורים של התלמידים ומגבירה את ההבנה.

ברמות חפר לא מסתפקים בעבודה עיונית ובתוצר. בשיטת "הדיאלוג היצירתי" מחייבים את התלמידים ללמד את חבריהם את מה שהם למדו ולהציג בפני עמיתים ובפני הורים את העבודה ואת התוצר. באופן

\* אורלי הובר, בית חינוך ניסויי קהילתי, רמות חפר.

המקצוע: כימיה/פולימרים

בייס רמות-חפר חטיבה עליונה קיבוץ מעבורת

פולימרים מוליכים: הפוליאיילין והטכנולוגיה הנרקמת סביבו

מנחה: אורלי הובר

מגישים: ניר גינצלר, שי אסל, גל אידן

תאריך: 17.04.02

שער של עבודה לדוגמה

קרובות, הופכים התלמידים למומחים בתחומי הידע שנחקרו. בשיטה המתוארת לעיל, רוכשים התלמידים מגוון רחב של מיומנויות על, שיישומן חוצה את גבולות תחומי הדעת המסורתיים, כגון:

- טיפוח עצמאות מחשבתית וביטחון עצמי
- פיתוח חשיבה גמישה והסתגלות לשינויים פנימיים וחיצוניים
- פיתוח יצירתיות
- שיפור הכרת היכולת האישית, דרכי למידה ופתרון בעיות מועדפים
- מיומנויות עבודה בצוות
- ניסוח עמדות, הבעתן, הצגתן והגנה עליהן
- יכולת מיקוד בשאלת חקר
- איסוף מידע
- הפיכת מידע לרלוונטי בעבור התלמיד

לשיטה זו יש השפעה ניכרת על תלמידי המגמה. באמצעותה, הם נחשפים ללמידה חווייתית ויצירתית ולנושאי לימוד שונים. כמו כן, רוכשים הלומדים כלים רבים נוספים, שסייעו להם בחייהם בעתיד.

הורי התלמידים שותפים בעשייה הבית-ספרית; הם מלווים את ילדיהם בתהליך הלמידה ומוזמנים לצפות בהצגת התוצרים.

מהטכניון. שאלתם הייתה: ממה נובעת ההולכה בפולימר הסינטטי, פוליאנילן, וכיצד ניתן לשלב את הידע המדעי בטכנולוגיה מתקדמת, העושה שימוש בהתקנים פולטי אור?

בנושא תרכובות הפחמן נעשתה עבודה אשר בדקה את הקשר בין עישון פסיבי לבין התפתחות מחלות נשימה אצל ילדים עד גיל 6. תלמידות הקבוצה חקרו את הניקוטין בהיבט הכימי (מבנה, תכונות ומאפיינים) ובהיבט הביולוגי (חדירת הניקוטין לגוף והשפעותיו). בעזרת מומחית לתחום זה, הן סקרו מחקרים שנעשו בעולם ואף ערכו מחקר סטטיסטי בבית-הספר. לסיכום, המרכיבים של הלמידה באמצעות "דיאלוג יצירתי" מבוססים על:

- עיבוד הידע על-ידי עבודת חקר קבוצתית
- הצגת הידע בדרכים יצירתיות
- הצגת הידע בפני סוגי קהל שונים
- שיקוף, הערכה ומשוב

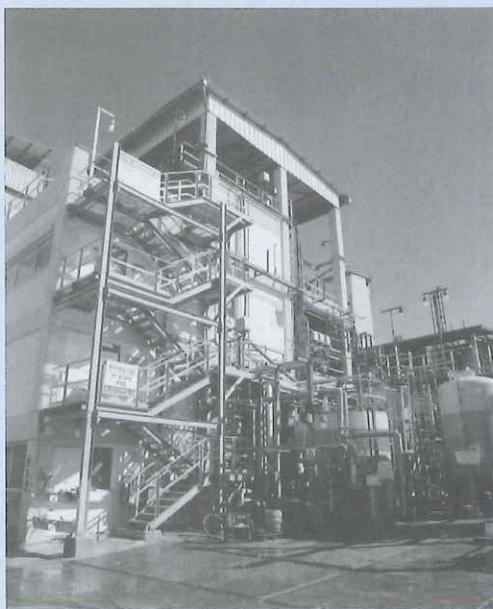
תלמידי המגמה שלמדו בדרך זו מעידים שהם זוכרים את החומר שחקרו ותחושתם היא שכך מתאפשר להם למצוא את הרלוונטיות של החומר לחייהם. הם לומדים להכיר את כישרונותיהם השונים ולהביאם לידי ביטוי. לתהליך ישנה השפעה גם על מערכת היחסים בין תלמידי הקבוצה לביני כמורה. במהלך העבודה ליווית את התלמידים כמנחה וכשותפה ללמידה. לעיתים

*Remember!*  
*Good Teachers Care Dare and Share*



הייתה העשרה בצורות שונות: סדנה, הרצאה או סיור. יש בעבודתי חומרים שעשויים לעזור בגיוון ההוראה בכימיה.

בבסיס הלימודים עמד הרצון שבוגרי הכיתה יהיו בעלי השכלה רחבה בתחום הטכנולוגיה והמדע, כדי להקל עליהם את ההשתלבות בעולם שבו הידע המדעי והטכנולוגי משתנה במהירות ודורש מיומנות של למידה עצמאית. מורי הכיתה שילבו פעילות לפי נושאי הלימוד בכיתה. ביולוגיה ופיזיקה בהתאם לנושאים שנלמדו, סוציולוגיה לגיבווי הצד החברתי, ואפילו באנגלית שולבו מאמרים בתחום המדע והטכנולוגיה. הנושאים עסקו במוצרים פשוטים שרובם מוכרים לתלמידים.



בשלוש השנים האחרונות התברכתי בכיתה מדעית-טכנולוגית.

ככיתה היו 32 תלמידים שהתקבלו לכיתה על פי שיחה אישית שבדקה נכונות לעבודה וכן על פי הציונים במדעים, מתמטיקה ואנגלית. חינכתי את הכיתה מ-י ועד יב, לימדתי כימיה והדרכתי צוותים של תלמידים בביצוע פרויקטים בתחום המדע, הטכנולוגיה והחברה.

ברצוני לשתף אתכם בעבודה שלי כי ראיתי בה ברכה. הייתי עם התלמידים במשך שעות רבות בכל שבוע, ונוצרה מערכת יחסים שלא היתה לי בכל שנות העבודה שלי. התלמידים יצרו מערכת חברות טובה ביניהם ואהבו את בית הספר, עבדו יפה והצליחו מאוד בבחינות הבגרות.

השילוב של מדע, טכנולוגיה וחברה יוצר שלמות תוכן. בכיתה י הם למדו לעבוד בצוותים (דבר שהיה קשה מאוד בהתחלה) ובחרו בנושא לפרויקט קטן. הם למדו כיצד לבחור נושא לעבודה, כיצד לעבוד עם מקורות מידע ולנתח מאמרים. כיצד לארגן חומר, ליזום ולהיות יצירתיים. חלק מהלימודים היו לפי בחירת התלמידים. כל קבוצה שהכינה פרויקט העשירה את כל הכיתה בנושא. לדוגמה, אחת הקבוצות עבדה על עיתון לנוער, וכל הכיתה שמעה הרצאה על התפתחות הדפוס מפי בעל בית דפוס, ויצאנו לסיור בבית דפוס של מעריב. בעקבות פרויקט על צמחי מרפא, שמענו הרצאה על צמחי מרפא בארץ וכך הלאה. היו גם העשרות כלליות כמו הרצאה של דוברת מכון התקנים, סדנה בנושא יזמות של מט"י, סדנה בנושא עבודה באינטרנט, עריכת מצגות והעברתן לפני קהל ועוד. בכל שבוע

\* דורה גדעוני, מהנדסת כימיה, רכזה מגמה מדעית טכנולוגית בתיכון "אילון", חולון

שם הפעילות	היבטים מדעיים כימיים (כולל המושגים)	היבטים טכנולוגיים	היבטים חברתיים	הערות
חטיפי תירס תפיחה ופיצוץ גרעיני תירס כתוצאה מאידוי המים.	מצבי צבירה חוק שימור המסה זיהוי המים מערכת פתוחה לעומת מערכת סגורה גודל של מולקולות	מכלים, בחישה, אקסטרודר, אריזה בקרת איכות, שיווק ועוד.	בית חרושת "אסם" לבמבה: הרצאות של טכנולוג מזון ומבקרת איכות. המפעל עובד בתקנים מחמירים.	גיבוש כיתתי אכילה של הרבה פופקורן ובמבה (תלמידים אוהבים מאד שילוב של למידה ואכילה).
גז בישול	מצבי צבירה תהליך זיקוק פחמימנים שריפה תגובה אקסותרמית מתכת מול קשר בין לחץ, נפח וטמפרטורה בגז	הרכבו במעבדה מערכת זיקוק עם קירור מים. מכלי גז זיקוק נפט.	כיצד משווק גז לבתים ומה השימושים בו? בישול. אמצעי בטיחות.	אפשר לשלב ביקור במרכז הדרכה של "פז-גז".
בית חולים "וולפסון" - רנטגן וגיבוס	הידראט חומרים יוניים תגובה אקסותרמית מבנה האטום חומרים רדיואקטיביים	תהליך הגיבוס צילומי רנטגן שלד ושברים	קשר של בית החולים עם הקהילה רפואה מונעת.	
בית חולים "זולפסון" - מערכות גז מכונת נשימה	מצבי צבירה זיקוק הרכב האוויר תגובת שריפה מערכת הנשימה	סיוור במערכת זרימת הגזים בבית החולים. טכנולוגיה של מכונת הנשמה	התמודדות עם מצבי לחץ בביקור בבית חולים. קשר בין רפואה לחברה. מניעת מחלות לעומת ריפוי	
פחית שתייה	מתכת, מסג מצבי צבירה	תהליך ייצור פחיות שתייה פחיות פלדה ופחיות אלומיניום	שתייה של משקאות תוססים, קוקה קולה	
פלסטיק	פולימרים, מצב פלסטי	הזרקה אקסטרודר	אקולוגיה וקדמה	ביקור במפעל לנפוח פוליאתילן
אקולוגיה	מחזור מבנה וקישור	מתקנים	עתיד האנושות אתיקה מדעית	
טקסטיל	פולימרים חומרים טבעיים: כותנה, צמר, משי. חומרים סינתטיים: פוליאסטר, ניילון. מבנה וקישור	אריגה סריגה אשפרה צביעה ודפוס.	מפעל "אופיס טקסטיל" באזור לצביעת בדים ואשפרה מפעל "נילית" במגדל העמק	

להלן כמה הרחבות לדוגמה:

### חטיפי תירס - תפיחה ופיצוץ גרעיני תירס

**שלב א -** ניסוי במעבדה של פיצוח גרעיני תירס - פופקורן (לפי הצעה של דליה עובדיהו).

איך יכולים גרעיני הפופקורן להפוך לתרגיל מחשבתי? החשבתם פעם איך גרעינים כתומים וקשים ללעיסה הופכים אחרי חימום למעדן פריך ולבן? בונים מודל המסביר את התופעה על-פי השלבים הבאים:

1. ראשית עורכים תצפיות. התצפיות הן על תהליך קבלת הפופקורן (במכשיר מיוחד לפופקורן, במיקרוגל, בסיר משומן, על האש...).

2. אוספים את הידע מכל המקרים הבודדים ועושים הכללה של התופעות.

3. על סמך הכללות אלו מוצאים את החוקים המסבירים את כל התופעות.

4. מנסחים היפותזה.

5. על סמך ההיפותזה מנבאים תופעות.

6. בוחנים את התופעות על-ידי תכנון ניסוי שיבחן את ההיפותזה.

7. מבצעים ניסוי לבדיקת ההיפותזה.

8. אם תוצאות הניסוי אינן מתאימות להיפותזה, מחפשים היפותזה חדשה. אם הן מתאימות להיפותזה בונים מודל המסביר את התופעה.

התצפיות במהלך קבלת הפופקורן :

- הגודל משתנה (גדל).
- נשמעים רעשים בזמן התהליך.
- התהליך מהיר ופתאומי.
- חלק מהגרעינים אינם מתבקעים.
- יש ריח אופייני.
- הצורה משתנה.
- הטעם משתפר עם הוספת מלח וחמאה.
- מצטברות טיפות נוזל על המכסה (מתייחסים במקרה

זה להכנת פופקורן בסיר רגיל ולא במכשירים המיוחדים).

• הצבע משתנה.

• הקליפה החליפה מקום ועכשיו נמצאת בתוך הגרעין התפוח.

• החומר הפך מקשה לרך.

ממצאים נוספים:

• דרוש חום.

• הגרעינים מקבלים אנרגיה קינטית.

• לעתים יש צורך בשימוש בשמן.

• משקל סגולי התחלתי גבוה.

• משקל סגולי סופי נמוך.



קעת בונים מודל המסביר את התופעות שנצפו. אם כל התנאים מתאימים, ייתכן שהגענו למודל הנכון. רצוי לנסות לחפש עובדות המפריכות מודל זה.

### שלב ב - עבודה עם מקורות מידע

המשכנו בעזרת חומר מהאינטרנט על פופקורן, וזו הייתה הזדמנות ללמוד כיצד לקרוא ולנתח מאמרים. התלמידים הכינו עבודות על תפיחה של גרעיני תירס והפיגו יצירתיות.

### שלב ג - סיור במפעל "אסם" לייצור במבה בחולון

ערכנו סיור במפעל "אסם" בחולון (ידידותי ביותר, התלמידים מקבלים מתנות - כובעים ומדבקות).

טכנולוג המזון של המפעל הסביר לתלמידים במפורט על חומרי הגלם, על תהליך הייצור ועל תקנים בתחום המזון. כמו כן הוא הפנה את תשומת לב התלמידים לנקודות שונות בתהליך הייצור.

לאחר הסיור התכנסנו לסיכום הסיור.



## גז בישול - מכל גפ"ם (גז פחמימני מעובה)

**שלב א** - ניסוי מעבדה של הכרת מכל גז הבישול (היוזמה לעבודה נעשתה במכון ויצמן במחלקה להוראת מדעים בפרויקט מטמו"ן).

לפניכם מכל קטן של גז בישול. בצעו את הפעולות האלה:



1. קראו בעיון את ההוראות הרשומות על המכל. רשמו במילים שלכם מהי תכולת המכל.

2. טלטלו בעדינות את המכל והקשיבו לקול תנועת החומר שבו:

א. באיזה מצב צבירה נמצא החומר במכל?

ב. מדוע נשמר החומר במצב צבירה זה?

3. שקלו את המכל ובדקו מה רשום לגבי משקל החומר שבתוכו כשהמכל מלא.

ממה נובעים ההבדלים בין שני המספרים?

4. שימו לב לחומר שממנו עשוי המכל. ממה לפי דעתכם עשוי המכל ומדוע?

5. בהדלקת הגז חשוב קודם להדליק גפרור ורק אחר כך לפתוח את ברז הגז. הסבירו מדוע.

בהתייחס לגז בישול בבית, בצעו פעולות אלה:

6. רשמו אילו מתקנים בביתכם מופעלים על ידי גז בישול?

7. כיצד מגיע גז הבישול למתקנים אלה?

8. כיצד מספקים את גז הבישול לבתיכם?

דונו עם חבריכם לגבי סעיפים 6-8. אם יש הבדל בין התשובות - ממה הוא נובע?

## שלב ב - הרחבה טכנולוגית

בשלב זה דנו בהיבטים טכנולוגיים הקשורים לשימושים בגז, לדוגמה: חימום מים לרחצה, מערכת להסקה ביתית, הפעלת מייבש כביסה. כמו כן התייחסנו לדרכי השינוע של הגז: צנרת תת קרקעית ממקור הגז לצרכן או אספקה של נוזל.

לצורך אחסנה והובלה מעבים את גז הבישול לנוזל. במכל הסגור נמצא הנוזל המעובה ומעליו גז.

כדי לשנות את מצב הצבירה ממצב גזי למצב נוזלי, יש צורך לשנות את תנאי הטמפרטורה או את הלחץ של הגז. מבחינה טכנית וכלכלית פשוט יותר לשנות את תנאי הלחץ, ולכן נעשית אחסנת גז הבישול והובלתו בכלים סגורים תחת לחץ. הגז שיוצא מהמכל עובר דרך וסת לחץ ומסופק לצרכן בלחץ החדר.

הלחץ במכל יכול להגיע לפי 5 מהלחץ החיצוני, ולכן המכלים חייבים להיות עמידים ללחץ זה.

מכל קילוגרם של נוזל של גז בישול, גפ"מ, מתקבלים 425 ליטר גז בתנאי החדר. הגז מתפשט לנפח הגדול פי 270 מנפח הנוזל. 1 סמ"ק של נוזל הופך ל-270 סמ"ק של גז.

**שלב ג** - היכרות עם התכונות הכימיות והפיזיקליות של הגז:

גז הבישול הוא תערובת של פחמימנים, בעיקר פרופאן



אלה תכונותיו:

- מצב הצבירה של התערובת הוא גז בתנאים רגילים (טמפרטורת החדר ולחץ אטמוספרי).
- טמפרטורת רתיחה  $-16^{\circ}C$  בלחץ החדר.
- חסר צבע וחסר ריח (מוסיפים לו חומר המקנה לו

זהות לחלוטין, והפלא ופלא - שתי פחיות אינן שוקלות כפול מפחית אחת!

חקר הפחית כולל את הפעולות האלה:

1. אילו משקאות נוהגים לאחסן בפחית?
2. נוהגים לשווק משקאות בבקבוקים או בפחיות.
  - א. מה היתרונות בשימוש בפחיות לאחסון משקאות?
  - ב. מה החסרונות בשימוש בפחיות לאחסון משקאות?
  - ג. באילו מצבים עדיף להשתמש בפחיות לאחסון משקאות?
3. מדדו בכל אחת מהפחיות:
  - א. גובה הפחית.
  - ב. קוטר בסיס הפחית.
  - ג. משקל הפחית הריקה.
4. מלאו את הפחית במים והעבירו את המים למשורה.
  - א. מה נפח המים שמילאו את הפחית?
  - ב. מה נפח האחסון של הפחית כפי שרשום עליה?
  - ג. מדוע שונה נפח המים שהיו בפחית מנפח האחסון שרשום עליה?
5. התבוננו בבסיס תחתון, בבסיס עליון ובמעטפת של הפחית. כמו כן היעזרו במגנט. תארו את המבנה של כל חלקי הפחית, ציינו מאיזה חומר כל חלק בנוי.
6. נסו לשנות את צורת לוחות האלומיניום או הנחושת על ידי הפעלת לחץ (ריקוע).
7. בעזרת מסמר שרטו את חלקי הפחית: החלק העליון, המעטפת והבסיס התחתון. הניחו את הפחית במים למשך יממה. מה קרה לפחית בחלק השרוט?
8. **הדגמת מורה.** לפחית ריקה מכניסים כ- 50 מיליליטר מים ומניחים אותה על פלטה חשמלית חמה. כשהמים בפחית רותחים למשך זקה, בעזרת מלקחיים או חזים בפחית והופכים אותה במהירות לתוך מכל גדול המכיל מים קרים. תארו מה קרה לפחית והסבירו את התופעה.

ריח חריף ודוחה המאפשר גילוי של דליפות קטנות יחסית).

- כל מרכיבי גז הבישול כבדים מהאוויר ובדליפה יצטברו במקומות נמוכים.
- דליק.

פרטים לגבי תגובת השרפה של גז בישול:

השימוש הנפוץ ביותר של גפ"מ הוא שרפה להפקת אנרגיה. כדי למנוע היווצרות של גזים רעילים, יש לדאוג לכמות מספקת של חמצן מהאוויר. האוויר מכיל כ- 20% חמצן. החומרים שנוצרים בשרפה הם אדים של מים ושל פחמן דו חמצני ( $CO_2$ ). כשיש מחסור בחמצן עלול להיווצר פחמן חד חמצני (CO) שהוא גז רעיל מאוד. כדי לשרוף בשלמות 1 קילוגרם של גז בישול דרושים לפחות 12000 ליטר של אוויר (נפח חדר ממוצע הוא 36000 ליטר).

אפשר לשלב ביקור במרכז הדרכה של פז-גז.

## מתכת - פחית השתייה

**שלב א - ניסוי על פחיות שתייה (היוזמה לעבודה נעשתה במכון ויצמן במחלקה להוראת מדעים בפרויקט מטמו"ן).**



חומרים וכלים: פחית שתייה קלה, פחית בירה, מאזניים, סרגל, מגנט, משורה, מים, לוח נחושת, נייר אלומיניום.

בתחילת הניסוי שוקלים פחית פלדה ואחר כך פחית אלומיניום בלי לידע על סוג המתכת, הפחיות נראות

## ייצור פחיות משקה (לפי הייצור במפעל "קניאל" - צפונית לרעננה)



### חומר הגלם:

- פלדה בעובי 0.23 מילימטר מצופה משני הצדדים בבדיל. הפלדה היא מסג של ברזל ופחמן - הפחמן מוסיף לפלדה חוזק וקושי.
- בדיל אינו עובר שיתוך ומשמש כחומר סיכה בתהליך המתיחה.
- אלומיניום.

### תהליך העבודה:

- א. חיתוך דסקיות
- ב. כבישה

הכבישה היא תהליך של לחיצה ודחיסה הגורמת למתיחה ורידוד של המתכת. גוף מתכת בקוטר זהה לקוטר הפנימי של הפחית נלחץ בכוח על מעגל הפלדה, והפלדה זורמת סביבו. לאחר הכבישה עובי המעטפת בפחית הפלדה הוא 0.09 מילימטר והתחתית נשארת בעובי המקורי. המעטפת יכולה להיות דקה כי יש עליה עומס קטן יותר מאשר על התחתית.

התחתית קעורה כי כך היא עמידה יותר ללחץ. דוגמה לעמידות בלחץ בגלל צורה קעורה אפשר לבדוק בהפעלת לחץ על ביצה. אם לוחצים על ביצה באזורים הקעורים, הביצה לא נשברת.

הסבר תוצאות הניסוי: אדי המים דחפו את האוויר מהפחית. כשפחית המלאה באדי מים מוכנסת למים קרים, הקירור הפתאומי גורם לאדי המים שבתוך הפחית להידחס, ואז נוצרת ריקנות בפחית. מחוץ לפחית שורר לחץ אטמוספרי שלוחץ על הדפנות. הלחץ החיצוני גדול מהלחץ הפנימי ואין המתכת עומדת בלחץ זה. בגלל שבפחית שרר לחץ נמוך מהלחץ החיצוני, נכנסו לפחית מים, אך קצב כניסת המים היה איטי מדי ולכן הפחית נמעה.

9. לתוך מכל מלא מים הכניסו פחית משקה קולה דיאטטי. שימו לב מה קורה לפחית.

חזרו על הניסוי עם פחית משקה קולה רגיל. שימו לב מה קורה.

במה שונה התנהגות הפחית שמכילה משקה רגיל מהתנהגות הפחית עם המשקה הדיאטטי? הסבירו את התופעה.

10. הציעו דרך למחזור פחיות וציינו אלו מטרות יש למחזור.

### שלב ב - דיון כתתי

1. יתרונות וחסרונות לשימוש בפחיות לאחסון שתייה.
2. הצעות לייצור ומחזור.

**שלב ג** - הרצאת המורה בשילוב הדגמות - תיאור דרך ייצור הפחית לפי מפעל "קניאל".

### תכונות הפחית:

- מוצר אופנתי.
- זולה.
- ניתנת למחזור.
- אטומה - לא רואים את התכולה.
- לא שבירה - נוחה לשימוש בחוף הים ובאירועים המוניים.
- נוחה לאחסון - אפשר לארוז הרבה פחיות באריזה דחוסה.
- בעלת שטח מעטפת רחב ואחיד - נוח לפרסום על האריזה.

ג. חיתוך

לאחר המתחה השוליים של הכלי אינם אחידים ולכן חותכים אותם בגובה אחיד.

ד. ציפוי והדפסה

צפוי פנימי - צפוי אקרילי בהתזה, יבוש וצפוי נוסף. (מקדם בטחון לצפוי טוב).

מטרות הצפוי הפנימי: 1. להגנת המתכת מפני המשקה. 2. להגנת המשקה מפני המתכת.

ציפוי חיצוני - ציפוי בסיסי לבן של צבע פלסטי .

צביעה בהדפסה

ציפוי תלת שכבתי ומיוחד לתחתית לעמידות בשחיקה במצב שבו הפחית נוסעת בסרט נע למילוי במשקה.

מטרות הציפוי החיצוני: 1. הגנה על הקופסה מפני תנאי הסביבה; שלא תחליד בגלל הלחות ושלא תיפגם מפגיעות מכניות. 2. עיצוב ועיטור.

ה. עיבוד צוואר הפחית

עיבוד מיוחד, כדי שאפשר יהיה לסגור היטב לאחר המילוי במשקה.

הצרת המבנה לקבלת מכסה שקוטרו קטן מקוטר הפחית.

ו. ייצור המכסה

המכסה עשוי אלומיניום מצופה: ציפוי מיוחד לצד הפנימי של הפחית וציפוי שונה לחלק החיצוני של הפחית. המכסה עשוי אלומיניום כי היא מתכת רכה המאפשרת פתיחה קלה. על המכסה מורכב פטנט אלומיניום לפתיחה קלה.

אלה שלבי הייצור של המכסה:

● חיתוך וכבישה.

● ערגול (כיפוף שוליים).

● מזריקים להיקף חומר אטימה (גומי סינתטי) שיצמיד את הקופסה למכסה.

● כבישה של הפותחנים ושדוכם למכסה.

ממלאים את הפחית במשקה חם שעובר פסטור ב- 59 מעלות צלסיוס.

ז. סגירת הפחית

נעשית סגירה כפולה בכבישה.

מקררים את הפחיות ואורזים אותן לשיווק.

**שלב ד** - חיפוש מידע באינטרנט על דרכי מחזור פחיות בעולם.

**שלב ה** - הרחבה

כיצד ניתן לייעל את הפחית? עבודות חקר של תלמידים. ייצור פחיות עם מנגנון קירור עצמי.

עבודות נוספות לגבי פחיות שתיה:

● בארה"ב מיוצרות פחיות המשקה מאלומיניום, באירופה 60% מהפחיות מיוצרות מפלדה ו- 40% מאלומיניום. הפלדה קשיחה וכבדה יותר ומעניקה יציבות רבה לפחית בזמן המילוי, ואילו האלומיניום קל. מכיוון ששתי המתכות מתאימות, השיקול העיקרי הוא מחיר חומר הגלם ומשקל התוצר הסופי.

● לחץ: הלחץ בתוך הפחית גבוה מהלחץ החיצוני, כדי למנוע מעיכה של הפחית.

● משקאות מוגזים - מכילים פחמן דו חמצני שאינו נמס בקלות במים ולכן ממלא את חלל הפחית ויוצר לחץ פנימי .

● מיצים - מכניסים לפחית חנקן נוזלי שמתאדה ויוצר לחץ פנימי בפחית. החנקן מחליף את האוויר, כדי שלא יהיה בפחית חמצן שעלול להגיב עם מרכיבי המיץ.

● מחזור - שאריות המתכת ומוצרים פגומים נדחסים ומשווקים למפעלי הפלדה כך גם מונעים זיהום סביבתי מהשאריות וגם מקבלים תשלום. מכיוון שאלומיניום היא מתכת יקרה, יש תמריץ רב יותר למחזור. פלדה קל למחזור כי ניתן לאספה באתר הפסולת על ידי מגנטים. פחית פלדה מתכלה במשך מספר שנים באתרי הפסולת.



הקבוצה זכתה במקום השני בתחרות בתחום עבודות בטכנולוגיה מוכללת שנערכה במכון דוידסון.

בהתאם לנושא העבודה ביקרנו במועצה לישראל יפה וקיימנו יום סדנאות בנושא האקולוגיה.

שמענו הרצאה בכיתה על מחזור וסילוק פסולת מטעם המשרד לאיכות הסביבה.

כמו כן שמענו הרצאה על תכנון משחקים מפי נציגת "חברת קודקוד".

מכיוון שבכיתה בוצעו 15 פרויקטים בנושאים שונים כמו קוסמטיקה, חיסכון במים, שיפור אריזות מזון, משחקים על מצעים למיטות ילדים ועוד, הרי שהערך המוסף של העבודות תרם לתלמידי הכיתה, והם רכשו כישורי עבודה וידע בתחומי דעת שונים.

● פחית שתייה לבירה שווקה לראשונה בשנת 1935 במבנה של קופסת שימורים. בשנת 1958 נכנסה לשיווק בשוק השתייה האמריקאי.

בכיתה י"א ובכיתה י"ב המשכנו בהעשרה, אולם התמקדנו בתחומי הדעת שהתאימו לנושאי הפרויקטים המורחבים, שאותם בחרו התלמידים וביצעו בקבוצות.

אחת הקבוצות בנתה משחק חברתי בתחום איכות הסביבה. המשחק הוא משחק לוח עם פעלולים אלקטרוניים, כרטיסי טריוויה וגינות פרחים, והמנצח במשחק מקבל בקבוק פלאים שאת תכולתו הוא שופך לנהר מזוהם (תמיסה בסיסית עם פנול פתלאין). כך מי הנהר נעשים שקופים (כמובן -מי הפלאים, חומציים).

## פרס על שם דר' ורה מנדלר ז"ל למורה מצטיין לכימיה מבית ספר תיכון

בשנה שעברה ייסדה משפחת מנדלר פרס למורה מצטיין בכימיה על שמה של אימנו דר' ורה מנדלר ז"ל. באמצעות הפרס ברצוננו להנציח את זכרה של ורה, שהייתה שנים רבות מורה לכימיה בבתי ספר תיכוניים בארץ וחוקרת במחלקה להוראת מדעים שבמכון ויצמן למדע, ותרמה רבות להתפתחות מקצוע הכימיה בקרב מורים ותלמידים כאחד.

בשנה האחרונה נבחרה גב' דבורה קצביץ', מבית הספר התיכון האזורי בגדרה וחוקרת במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע לקבל את הפרס בפעם הראשונה.

אנו פונים לציבור המורים ואנשי החינוך להמליץ על מועמדים מתאימים לפרס לשנה הבאה. מועמדים חייבים להיות מורים פעילים לכימיה בבית ספר תיכוני (לפחות בחצי משרה בחטיבה העליונה).

הגשת מועמדות לפרס על שם ורה מנדלר ז"ל תכלול:

1. קורות חיים מפורטים בדגש על תרומת המועמד לקידום מקצוע הכימיה.
2. שני מכתבי המלצה לפחות, של עמיתים למקצוע או מנהל בית הספר או כל אדם אחר העוסק בהוראת הכימיה, והמפרטים את יכולותיו של המועמד והישגיו בהוראת מקצוע הכימיה.
3. כל מסמך נוסף שיכול להעיד על מצוינות ותרומה ייחודית בהוראת מקצוע הכימיה.
4. מספר ממליצים נוספים (וכתובתם) שניתן לפנות אליהם.

המלצות למועמדים לפרס יש להעביר לפרופ' דני מנדלר, המחלקה לכימיה אי-אורגנית ואנליטית, האוניברסיטה העברית ירושלים 91904 (דוא"ל: [mandler@vms.huji.ac.il](mailto:mandler@vms.huji.ac.il))

המועד האחרון להגשת מועמדים הוא ט"ז חשוון תשס"ה, 31.10.2004.

חלוקת הפרס תעשה ביום העיון השנתי למורי הכימיה שיתקיים בחנוכה שנת תשס"ה.

# מעט מן הדבש על קצה התפוח

## שיעור כימיה לקראת ראש השנה

רונית אגוזי\*



פעילויות

1. מה מקור המנהג לאכול תפוח בדבש בערב ראש השנה? חפשו במקורות היהודיים.
2. הבאנו לכיתה מספר דוגמאות של צנצנות דבש. נלמד לקרוא את הכתוב על הצנצנות ולהבין מהו הרכב החומר.
3. השוו את הצבע ואת הטעם של הדוגמאות השונות. מהי לדעתכם הסיבה לשוני?
4. חפשו מקורות היסטוריים של שימוש בדבש, ולאילו מטרות השתמשו בו?
5. הדבש הוכתר בתואר "הממתיק הטבעי". מה לדעתכם הסיבה לכך?
6. לפניכם הרכב דבש. אילו מבין המרכיבים אתם מכירים? האם ידועים לכם שימושים נוספים בחומרים אלו? ציינו היכן. אילו מושגים חדשים לכם? חפשו עוד שימושים.

### סימון תזונתי ל 100 גר' דבש לפי בדיקת מכון התקנים הישראלי

אנרגיה (קלוריות)	חלבונים (בגרמים)	פחמימות (בגרמים)	שומנים (בגרמים)	נתרן (במיליגרם)	סידן (במיליגרם)	זרחן (במיליגרם)	ברזל (במיליגרם)	אשלגן (במיליגרם)
330	0	83-79	0	1.8	4.9	3.5	2.4	20.5

7. האם הדבש מתמוסס במים? האם תוכלו לקבוע אם משקלו הסגולי של דבש קטן מ- 1 גרם לסמ"ק או גדול מזה? מהו משקל סגולי?
8. לפני חיתוך התפוח, שפשפו את קליפתו עד שתבריק. טפטפו מים על התפוח: האם המים נדבקים לקליפה? כלומר, האם התפוח נרטב או נשאר יבש? אם לא - מדוע? ואם כן - מדוע? הביאו דוגמאות לחומרים אחרים המתנהגים כמו התפוח. אילו חומרים מתנהגים אחרת?
9. טעם: האם יש טעם לקליפה של התפוח כאשר מלקקים אותה מבחוץ? האם יש טעם לבשר התפוח אם מלקקים אותו? האם יש טעם לדבש אם מלקקים אותו?
10. בחרנו בסוגים שונים של תפוחים, השוו בין צבעי הקליפות. מהו צבע בכלל? האם צבע הוא חומר?
11. מה תפקיד הקליפה? לאיזה חלק בגוף האדם ניתן להשוות אותה?
12. מה קורה לתפוח חתוך כאשר משאירים אותו זמן מה בחוץ?



\* רונית אגוזי, תיכון "אליאנס", מדריכה במחוז תל-אביב

## דבש על הרשת

להלן מספר אתרים שבמרכזם עומד סיפור הדבש. להלן פירוט קצר על חידושי של כל אתר בנושא הדבש.

1. <http://www.honey.co.il/savta.htm>

תרופות עממיות או מה שנקרא בשפת העם "תרופות סבתא" היו בשימוש מאז ומתמיד. בדרך כלל אלו היו מרקחות טבעיות שעברו מפה לאוזן, מאם לבת. מזכיר את "מרק העוף" שמכונה עד היום "אנטיביוטיקה פולנית", את כוס התה המסורתית או את הקולה ללא הגזים המומלצת בפי כול נגד בעיות מעיים.

באתר זה תמצאו מגוון סיפורים, מתכונים, פעילות תרופתית ועוד.

ב. <http://www.honey.co.il/honey.htm>

קצת סיפורים על הדבש. מהי תכולתו ומהי חשיבותו. טקסט קצר מאוד, מעניין ומחדש.

ג. <http://www.matar.ac.il/zmanim/honey.asp>

רוצים לדעת יותר? היכנסו לאתר זה ותגלו שדבורת הדבש היא בין החיות המדהימות ביותר הקיימות בטבע. הדבורים חיות בכורות המכילות עד רבע מיליון דבורים, ועובדות יחדיו בהרמוניה מאורגנת להפליא. ישנם שלושה סוגי דבורים בכורת: המלכה, הפועלות והזכרים. עוד פרטים רבים ומפתיעים מופיעים באתר זה.

ד. [http://www.education.gov.il/preschool/gan\\_bareshet/nachon/hayadata.htm](http://www.education.gov.il/preschool/gan_bareshet/nachon/hayadata.htm)

כמה עובדות מפתיעות על הדבורה והדבש. אולי גם אתכם זה מעניין.

ה. [http://www.snunit.k12.il/heb\\_journals/mada/262072.html](http://www.snunit.k12.il/heb_journals/mada/262072.html)

מאמר מקיף על התפתחות השימוש בדבש כתוצר ובדבורה כבעל-חיים לשירות האדם. המאמר כולל מקורות היסטוריים ותנכיים וחוקר את מיקום הדבש והדבורה בחיינו מימים קדומים ועד היום. כולל מובאות ואיורים.

כמו כן מתמקד המאמר במזון מלכות ובשימושי, במרכיבים השונים של הדבש, בשימושיהם ועוד.

ו. <http://www.yadmor.org.il/h-art/h-art10.html>

הדבורה יודעת לייצר דבש אבל לא רק דבש אלא גם...דוג.

מהו דוג ומהם תפקידיו? על כך תוכלו ללמוד בהרחבה באתר זה.

ז. [www.nhb.org/foodtech](http://www.nhb.org/foodtech)

מאמר מסכם לדוברי אנגלית לעיונכם ולהנאתכם

## הערות, תשובות חלקיות ועצות למורה:

תלמידים יכולים לענות על שאלות 3, 5-12 בשיעור, על שאר השאלות הם עונים בבית לאחר גלישה באתרי האינטרנט.

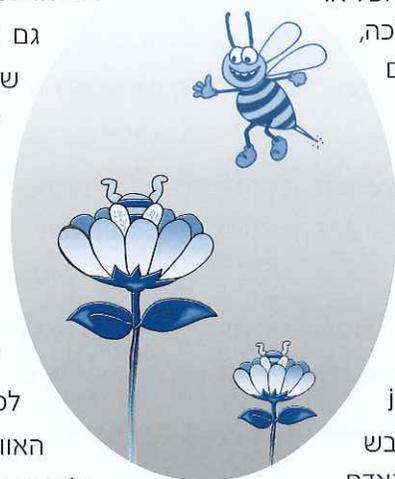
1. בראש השנה נהוג לאכול מאכלים שמסמלים תקוות לשנה הבאה. תפוח הוא פרי העץ. הקב"ה, התורה וישראל נמשלו לתפוח. הדבש המתוק ימתיק את השנה החדשה.

2. להקפיד להביא 100% דבש טהור. על המדפים יש גם מוצרים ש"מתחזים" לדבש. אפשר לקנות צנצנות קטנות, בצבעים שונים, ממכורות שונות ומצמחים שונים. עם השאריות מכינים עוגה במעבדת החקר.

3. לבדוק מאילו פרחים מצצו הדבורים את הצוף. בארץ, רוב הדבש הוא של פרחי הדלים, אך ניתן למצוא גם דבש אקליפטוס. מגדלי הדבש טוענים שקשה לדעת בוודאות באילו פרחים "ביקרו" הדבורים. לכן מופיע לפעמים על האריזה שם כללי יותר: "דבש מפרחי בר". לא כך המצב בחו"ל.

תלמידים טוענים "מאיפה אנחנו צריכים לדעת?" וזה בדיוק הזמן להסביר להם מהי השערה ואיך מגיעים לפתרונות. הם זורקים תשובה לחלל האוויר: "בטח יש שם חלקיקים שונים" ולאחר שאישרתי את ההשערה, הם היו מאד מרוצים שהבינו את השיטה המדעית.

4. תרופות עממיות, או מה שנקרא בשפת העם "תרופות סבתא". הדבש הוא מזון טבעי עתיר אנרגיה. משתפי האולימפיאדה שנערכה ביוון העתיקה נהגו לאכול דבש כדרך שגרה, כדי להגדיל את כוחם ואת מרצם.



להעברת אותות עצביים ולהתכווציות שרירים. מקורות: חלב ומוצריו. סרדינים, ירקות עם עלים ירוקים כהים, קטניות מיובשות, אגוזים, מי שתייה קשים.

יוני פוספט: מרכיבים חיוניים ברקמות ובעצמות בעלי-חיים. חשובים לחילוף חומרים - למשל בשרירים יוני פוספט נמצאים ב- ATP.

7. הזדמנות מצוינת ללמד מהו משקל סגולי. רוב התלמידים לא ידעו.

8-9. מדוע אין טעם לקליפה? מה יש בפה? האם רוק = מים? להביא את התלמידים למושג ש"משהו" נמצא בבשר התפוח או בדבש, וה"משהו" מתמוסס ברוק ומפעיל את עצבי הטעם.

10. אפשר להביא את התלמידים להשערה שזה האוויר, ולהציע ניסויים פשוטים שבמהלכם שמים חתיכות זהות של תפוח בסביבה ללא אוויר: מתחת למים, בכלי מלא גז בישול, בריק (בעזרת מזרק).

5. הדבש הטבעי מכיל פרוקטוז, גלוקוז, סוכרוז, מלטוז, ורב-סוכרים שונים. וכן מינרלים כמו יוני מנגן, יוני סידן, יוני ברזל, יוני נתרן ועוד. בכפית דבש כ- 25-30 קלוריות! דבש מתוק פי שלושה מסוכר, אך הערך הקלורי שלו נמוך ב- 25 אחוז מזה של הסוכר.

6. יוני אשלגן + יוני נתרן: אחראים על מאזן המים בגוף, על הובלת אותות עצביים ועל התכווציות שרירים, שומרים על קצב לב תקין. מקורות: ירקות עם עלים ירוקים, תפוזים, אשכוליות, תפוחי אדמה, בננות, בשר רזה, קטניות וחלב.

יוני ברזל: מרכיבים חיוניים של הפיגמנט נושא החמצן בדם - ההמוגלובין, מרכיב באנזימים רבים, מעורבים בקליטת החמצן על-ידי התאים וקבלת אנרגיה מהסוכר. מקורות: כבד, ירקות עם עלים ירוקים, ביצים, עוף, דגים, פירות יבשים, אגוזים וקטניות מיובשים.

יוני סידן: מהווים 90% מהחומר הקשה בעצמות ובשיניים. חשובים לבניית השלד, לקרישת דם,

מפאזאג'ו לא שאמה הארך החכם באדם:  
"אכל בני דבש כי טוב"

(משלי כ"ג 13)

נדברי אומד בקראן  
"דבש הוא מרפא אכל מחואה האלף והקראן הוא מרפא אכל  
מחואה הנפש . . ."



לכבוד היום המקוון שנערך בבית הספר התיכון "מור מטרו-ווסט" ברעננה ביוני 2002, הוקם אתר בעברית בנושא כימיה ואבני חן. האתר כולל סיפור רקע, מידע על אבני חן, משימות יצירתיות וביבליוגרפיה. כתיבת האתר אורגנה על-ידי בתיה ווסטלר, בהדרכתה של יפה בן-דרור ובשיתוף עם נציגי המקצועות הבאים: מדעי החברה - ציונה שביר, גיאוגרפיה - שושי זינגר וכימיה - עדי פאבלוקס.

**אבני חן הן דוגמה ליופי של הטבע. פענוח הרכב האבנים ושיטות הזיהוי שלהן, מתן פרשנות מדעית לתכונות שלהן: הקשיות, הצבע והברק, הבנת התנאים שבהם הן נוצרות ופיתוח שיטות מעבדתיות ומסחריות לייצורן - כל אלה הם דוגמאות ליופי של מדעי הטבע. "כי טובה חכמה מפנינים" (משלי ח', י"א)**

### מדוע אבני חן ?

אבני חן הן דוגמה ליופי של הטבע. פענוח הרכב האבנים ושיטות הזיהוי שלהן, מתן פרשנות מדעית לתכונות שלהן: הקשיות, הצבע והברק, הבנת התנאים שבהם הן נוצרות ופיתוח שיטות מעבדתיות ומסחריות לייצורן - כל אלה הם דוגמאות ליופי של מדעי הטבע. "כי טובה חכמה מפנינים" (משלי ח', י"א)

הנושא מתאים באופן מיוחד להוראה חווייתית ומעוררת מוטיבציה של לימודי הכימיה בכיתה י'.

### מבוא

הכימיה קשורה לחיי היום יום, היא רלוונטית ומרתקת, וניתן להמחיש זאת בדרכים רבות. בהוראת חומרים יוניים, ובהוראת חומרים אטומריים בכיתה י', אנו מראים שחלק מהחומרים היוניים מתמוססים במים, וחלק לא, ושכל החומרים האטומריים אינם מסיסים במים. ניתן לקשור בין התכונות האלו לבין שימושים שונים, וכדאי לדון בתנאים הנוספים שנדרשים לכל שימוש:



\* עדי פאבלוקס, תיכון "מור-מטרוווסט", מדריכה במחוז מרכז צפוני

## מדוע לא רק אבני חן?

מבחינה מדעית, כדאי להראות את התמונה השלמה: רק חלק מהחומרים היוניים ורק חלק מהחומרים האטומריים משמשים כאבני חן וכדאי להראות שגם לחומרים יוניים, שאינם אבני חן, ישנם שימושים אחרים, רבים ומגוונים. אני מקווה שבקרוב נוכל לבשר על הרחבת האתר להפעלות ולניסויי גילוי, הקשורים לשימושים אלו.

## הצעה להפעלה בנושא אבני חן:

1. נציג בפני התלמידים דוגמאות לאבני חן באחת מהדרכים הבאות:

א. נראה להם אבני חן חצי יקרות שביט-הספר רכש: קווארץ, אמטיסט, רוז קווארץ, אגאט, קלציט, (והיהלום שבטבעת הנישואים של המורה...)



ב. נראה תמונות של אבני-חן מהאתר:

[www.morshuv.raanana.k12.il](http://www.morshuv.raanana.k12.il)

← תוכניות לימודים ← יום מקוון ← כימיה ←  
כימיה ← מידע על אבני חן ← אבני חן מא' עד ת' ← לוחצים על שם האבן



קוורץ קריסטל - קוורץ שקוף

(לדוגמה: אגאט ורואים את התמונה הצבעונית של האבן היפה, לוחצים back ועוברים לאבן הבאה...)

א: באותו אתר: ← תוכניות לימודים ← כימיה: קוראים יחד את סיפור הרקע על טאי ממינמר שיוצא למסע סביב העולם, גובר על איתני הטבע, נפגש עם תרבויות שונות, ומחפש לספיר, הנסיכה האהובה, עשר אבני חן. בכל פעם שמופיעה אבן חן בסיפור (הקצר) לוחצים על שמה, מקבלים טבלה של אבני חן ולוחצים שוב על שם האבן כדי לראות את התמונה שלה.

2. מבקשים מהתלמידים (בזוגות או בקבוצות קטנות) לרשום שאלות מגוונות בקשר לאבני חן. לאחר מכן, כל זוג יציג למליאה שאלה אחת. נרשום על הלוח את כל השאלות. התלמידים יכולים לשאול שאלות כגון:

- כיצד נוצרות אבני חן?
- איפה נוצרות אבני חן ובאילו ארצות יש אבני חן?
- מהו ההרכב הכימי של אבנים שונות?
- האם ניתן לייצר אבני חן מלאכותיות? אם כן, כיצד?
- איזו אבן נחשבת ליקרה בעולם?
- ממה נובע הברק של חלק מאבני החן?
- מהי האבן הכי קשה בעולם? כיצד ניתן ללטש אותה?
- כיצד ניתן להבחין בין אבני החן השונות? כיצד ניתן לזהות אותן?
- האם ניתן לזהות אבני חן על-פי הצבע שלהן?
- האם באמת יש לאבני חן אנרגיות וסגולות מרפאות?
- כדאי לשאול: כדי שחומר ישמש כאבן חן, אילו תכונות נדרשות לו?
- קשיות, עמידות בפני מים, חלק מהחומרים היוניים ורוב החומרים האטומריים עונים על דרישות אלה. כדאי שהאבן תהיה גם בעלת יופי: צבע ו/או ברק.

עיונית אחת, להמשיך לחקור בשאלה בבית, להגיש עבודה יצירתית אחת ולהציגה.

### דוגמאות לשאלות:

1. בחיפושיו אחר האבן ספיר, היו סוחרים שהציעו לטאי אבן צהובה, והיו סוחרים שהציעו לו אבן כחולה. טאי מבקש שתקראו את פריט המידע **במה תלוי הצבע של אבני החן**, ותבדקו בעבורו אם ייתכן שיש גם אבני ספיר צהובות וגם כחולות, ואם כן, כיצד נוצרים באותם מינרלים צבעים שונים?

2. קראו מידע על **אבני החושן** והכינו פלקט של אבני החושן.

**הערה:** ההתמצאות והשיטוט באתר אינם מסובכים, אך מניסיון, מומלץ למורה להתאמן לפני השיעור ... ומאוד מומלץ לעזור לתלמידים להתמצא באתר בזמן השיעור כדי שיצליחו להמשיך את המשימה בבית...

אשמח לקבל משוב על הפעילות כמו גם הצעות נוספות להפעלה, ואשמח לענות על שאלות.

3. התלמידים מחפשים תשובות לשאלותיהם באחת או בשתיים מהדרכים הבאות:

א. צפייה בסרט הווידאו "אבנים מופלאות תיבת אוצרות של יופי מהמם", נשיונל ג'יאוגרפיק, בתרגום עברי, כ- 45 דקות. (ניתן לרכוש בחנויות להשכרת סרטי וידאו). זהו סרט נהדר המתאר מסע בכל רחבי העולם ומדגים כיצד נוצרות אבני החן, כיצד כורים אותן, כיצד מייצרים פנינים מלאכותיות, וכיצד שתי נשים מייצרות אבני אודם מלאכותיות, בסרט מראים גם את בורסת היהלומים ברמת-גן ועוד...

ב. כדאי להיכנס עם התלמידים למשימה באתר האינטרנט האמור:

[www.morshuv.raanana.k12.il](http://www.morshuv.raanana.k12.il) ← תוכניות לימודים ← יום מקוון ← כימיה ← כימיה ← המשימה.

במשימה תמצאו שאלות מגוונות והצעות להפעלות יצירתיות עם קישורים למקורות מידע באתר. מומלץ לבקש מכל קבוצה לבחור שאלה



ג'אד



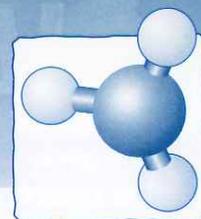
אמטיס



קוורץ

"פחדל נבנה מלובדג כלס שביג נבנה מלובניס,  
אבל לרינה של לובדג לדיין אינה מדל,  
כלס שלרינה לובניס אינה ביג"

א. פונקארה

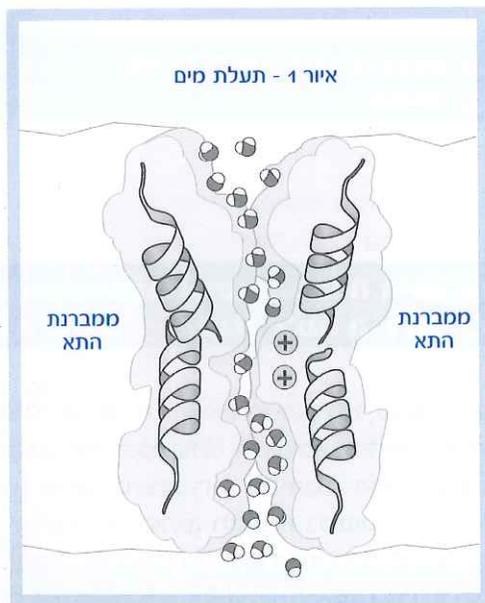


הזוכים בפרס נובל לכימיה לשנת 2003 הם החוקרים האמריקאים **פיטר אגרה** (Peter Agre) ו**רודריק מקינון** (Roderick Mackinnon). השניים זכו בפרס על מחקרם שעסק בהעברה של יונים ומים דרך תעלות טרנס-ממברנליות של התאים בגוף האדם.

בהודעה שפרסמה האקדמיה השבדית למדע, הנמצאת בשטוקהולם ואחראית על חלוקת הפרסים, נכתב: "פרס נובל לכימיה השנה מוענק לשני מדענים שתגליותיהם לימדו את המדע כיצד מועברים יונים ומים אל תוך ומתוך תאים בגוף האדם ... תגליותיהם הסבירו תהליכים יסודיים ומהותיים... כיצד לדוגמה, מצליחות הכליות בגוף האדם לסנן את המים מחומרי פסולת מזיקים וכיצד פועלת מערכת העצבים בגופנו".

## תעלות מים

מעבר מים דרך ממברנת התא חשוב מאוד לתפקוד התא, אך המעבר דרך ממברנה הידרופובית לא היה מובן מאליו. ברור היה שיש למים מעברים דרך הממברנה אך הם לא זוהו. בשנת 1990 גילה פיטר אגרה את תעלות המים. הוא גילה שהתעלות הן חלבון ממברנלי שנקרא אקוופורין - aquaporin. בשנת 2000 הציג אגרה את המבנה התלת מימדי של החלבון. המבנה מסביר את תפקוד תעלת המים, ואת העובדה שהתעלה סלקטיבית למים ואינה מעבירה יונים. תנועת המים בתעלה הצרה מתבצעת בהשפעת השדה החשמלי שקיים בתוך התעלה, שדה אשר מונע מעבר יוני הידרוניום -  $H_3O^+_{(aq)}$ , ראה איור 1.



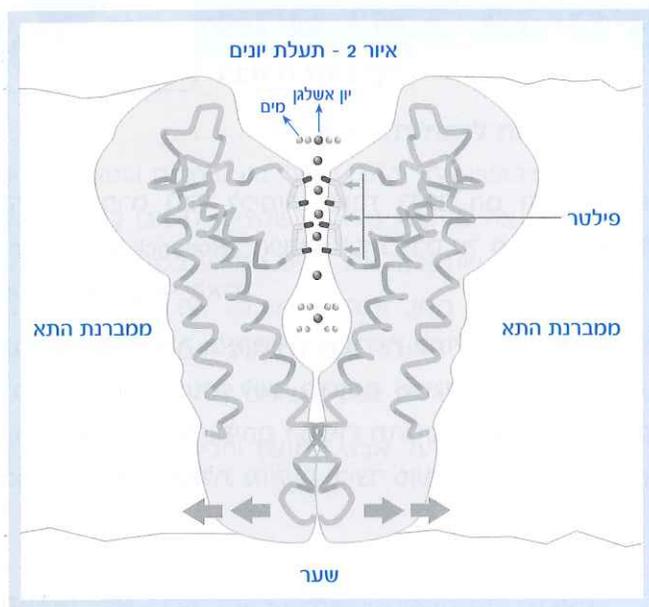
לפני שמקינן מיפה את תעלת האשלגן, אטום אחר אטום, לא היה לקהילה המדעית מענה לשאלה, כיצד ייתכן שתעלות אשלגן מעבירות יוני אשלגן אך לא יוני נתרן למרות שהאחרונים קטנים יותר?

תעלת יוני האשלגן בנוייה משני חלקים עיקריים: פילטר ושער. הפילטר אחראי לסלקטיביות של התעלה, והשער נפתח או נסגר בהתאם לסיגנלים שהתא קולט (ראה איור 2).

## תעלות יונים

מעבר יונים בתעלות יוניות הוא הבסיס למעבר האות העצבי במערכת העצבים, לפעילות השרירים בכלל והלב בפרט. הרעיון בדבר קיומן של התעלות היה ידוע כבר לפני למעלה מחמישים שנה, אך המנגנון והמבנה המסבירים את הסלקטיביות של התעלות, הוצגו ע"י רודריק מקינון רק בשנת 1998.

\* דבורה קצביץ, תיכון אזורי גדרה, מדריכת מחוז מרכז דרומי.



הזכויות על איורים 1 ו-2 שמורות לאתר הנ"ל.

כאשר יוני האשלגן הממויימים מתקרבים לפילטר, הם נמשכים אל אטומי חמצן המהווים חלק מהחלבון הטרנס ממברנלי, ונכנסים לתעלה ללא מולקולות מים. מייד לאחר המעבר בפילטר יוני האשלגן נמשכים שוב למולקולות מים. קיימת התאמה מרחבית במעבר יוני האשלגן ממולקולות המים לאטומי החמצן בחלבון. התאמה זו אינה קיימת לגבי יוני הנתרן, לכן יוני הנתרן אינם עוברים בתעלה.

הפרעות בתיפקוד התעלות היוניות גורמות למחלות קשות במערכת העצבים, השרירים והלב, לכן פיענוח המבנה יאפשר לחוקרים פרמאקולוגיים למצוא תרופות שישפרו את תיפקוד התעלות.

### מקורות

<http://www.nobel.se/chemistry/laureates/2003>



## פרס הצטיינות מטעם החברה הישראלית לכימיה למורה המצטיין לשנת תשס"ד הוענק למורה רותי לפלר

רותי החלה את דרכה בהוראת הכימיה לפני שנים רבות בבית הספר התיכון ע"ש שאול טשרניחובסקי בנתניה. משם, עברה רותי ללמד בבית ספר תיכון עירוני ה' בחיפה ומילאה בהצלחה תפקידים מקצועיים מרכזיים בבית הספר. במקביל לעבודתה הנמרצת במערכת החינוך טיפחה רותי את הבנת הכימיה בקרב אחיות הלומדות בבית הספר לאחיות במרכז הרפואי רמב"ם והנחתה מורים עולים בדרכי הוראה חדשניות בכימיה במסגרת עבודתה במכללת אורנים.

כרכזת לימודי הכימיה בבית ספרה ומדריכה מחוזית תרמה רותי רבות לקידום ופיתוח מקצועי של מורי הכימיה במחוז חיפה. אהבתה הגדולה לכימיה, ידיעותיה הנרחבות והדרך המקצועית בה היא מלמדת תוך יישום שיטות הוראה חדשניות ומגוונות, מהווים מודל עבור מורים עמיתים בתחילת דרכם בהוראה מחד גיסא, ומניע מוטיבציוני ללמידת הכימיה עבור תלמידים רבים מאיך. סבלנותה הרבה, יחסה החם והרצון העז לתרום, לסייע ולקדם את עמיתיה ותלמידיה ראויים להערכה. כחברה בוועדת מקצוע השפיעה רותי בעשייה ובהובלת שינוי תוכנית הלימודים בכימיה ברמה הארצית. בבית ספרה, עירוני ה' בחיפה, פעלה רותי לפיתוח המעבדה לכימיה ורכישת מחשבים ותוכנות לימוד מתאימות, שלבה והובילה פרויקטים ניסיוניים שונים של המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים בטכניון. כמו כן, עודדה רותי את תלמידיה להשתתף בפעילויות עשייה ייחודיות בכימיה והצגת תוצרי הלמידה בתערוכות מכובדות.

לאור ייחודיותה כמורה ותרומתה הרבה לקידום הוראת הכימיה בישראל, החליטה ועדת הפרס מטעם החברה הישראלית לכימיה להעניק לגברת רותי לפלר את פרס המורה המצטיינת לכימיה לשנת תשס"ד.

על החתום: פרופ' יהודית דורי, טכניון - מכון טכנולוגי לישראל, יו"ר ועדת הפרס



## פרס המורה המצטיין על שם דר' ורה מנדלר ז"ל לשנת תשס"ד הפרס הוענק לגב' דבורה קצביץ

דבורה קצביץ היא מורה ותיקה לכימיה, מדריכה אזורית למורים לכימיה ודמות מובילה בהוראת הכימיה בישראל. כישוריה בתחום הוראת הכימיה וההדרכה באים לידי ביטוי בעבודה מסודרת, מאורגנת, תוך הפעלת חשיבה ביקורתית, איכותית ויצירתית. בעבודתה כמורה וכמדריכה היא מובילה באימוץ תוכניות לימודים חדשות ודרכי הוראה חדשניות. היא מהראשונים שהפעילו שיטות הוראה מרחוק באמצעות מחשב בבית סיפרה וכן מהמורים הראשונים שהצטרפו ותרמו לשיפור ופיתוח תכנית מעבודות החקר. ניסיונה העשיר בהוראת הכימיה ובהדרכת מורים מסייע רבות לקידום הוראת הכימיה ולהקניית תחושת גאווה לכל העוסקים במקצוע זה.

דבורה משלבת את שתי המיומנויות: הכרת השדה ושליטה במיומנויות ההדרכה בהצלחה לתועלת התחום של הוראת הכימיה. מסירותה לתלמידים ולמורים הפכה לשם דבר, והיא זוכה להערכה רבה מכל הסובבים אותה. על פועלה לאורך השנים בתחום הוראת הכימיה ומסירותה יוצאת הדופן לתלמידים ולמורים כאחד, החלטנו להעניק לה את פרס המורה המצטיין לשנת תשס"ד על שם דר' ורה מנדלר.

על החתום:

פרופ' דני מנדלר

גב' אילנה זוהר

דר' רחל ממלוק-נעמן

דר' ניצה ברנע



## פרס הצטיינות מטעם החברה הישראלית לכימיה לעבודת גמר/חקר בכימיה הוענק לתלמידה לירון צור מבית הספר "ליאו בק" חיפה

נושא עבודת החקר "השפעת הטמפרטורה על קצב החמצון ביינות".

לירון בחרה בנושא בעל היבט יישומי, בנתה מערך מחקר מקיף ומעמיק הכולל שאלות מחקר מעניינות, ניסחה השערות מחקר באופן בהיר וענייני, בססה את השערות המחקר על ידע מדעי רלוונטי ונימקה אותם בצורה מעמיקה. הניסוי בדק את ההשערות שהועלו והוצגו שלבי הניסוי בצורה מפורטת, ברורה ולוגית. תוצאות הניסוי הוצגו באופן מדעי וברור. לירון ניתחה בחשיבה מדעית ובחוכמה את תוצאות הניסוי תוך התבססות על ידע מדעי רלוונטי והגיע למסקנות מעניינות המתאימות לתוצאות הניסוי ומתקשרות לשאלות המחקר שהוצגו. כמו כן, לירון ערכה סקר ספרותי מקיף ומפורט המנוסח בצורה מדעית וממוקד בנושא.

בנוסף לכל אלו צוינה לירון לשבח על ידי מורתה גב' דניאלה ליבמן על שקידתה בעבודת המחקר, על הצטיינותה בלימודי הכימיה במשך כל שנות הלימוד, אהבתה למקצוע ומעל הכל על נכונותה לעזור ובקידום חבריה לכיתה בלימודי הכימיה.



## פרס הצטיינות בנושא ה"מיזם התעשייתי" שנתרם על ידי משפחת פלד לזכר בנם איטן שנהרג באסון פסטיבל ערד ב-18.7.95

השנה פוצל הפרס לשנים: שתי תלמידות האחת מהצפון והשניה מאזור הדרום.

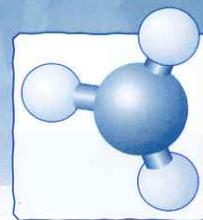
**יעל פלאט** מתיכון עירוני ג' חיפה, בהנחיית המורה **רותי שטנגר**

**טל מויאל** מתיכון אשל הנשיא בנגב בהנחיית המורה **מיה ויניק**

לימודי התעשייה הכימית במסגרת תוכנית המיזם התעשייתי, שהיא תוכנית המלווה בהערכה חלופית, מקשרת את הלימוד התיאורטי של הכימיה עם ההיבטים היישומיים בכלל והיישומים בתעשייה בפרט. במסגרת התוכנית התלמיד מכן פורטפוליו הכולל מגוון פעילויות חקר במעבדה וכמו כן גם חקר עיוני המלווה במקורות מידע ברשת.

לחיבור זה עם התעשייה הכימית יש חשיבות רבה, במיוחד באזורים בהם מתרכזת התעשייה הכימית בארץ. תלמידי הכימיה יכולים להוות את העתודה לעמדות המפתח בתעשייה בעתיד.

שתי התלמידות התבלטו והצטיינו בהשקעתן בפרוייקטים השונים וברמה גבוהה של עבודתן.



# כימיה בקרנבל

דבורה קצביץ

פלטפורמות ענק ייצגו גם הן, היבטים שונים של מדע וטכנולוגיה, כמו: קצב החיים שהוצג על-ידי תנועה מתואמת של רקדנים; סיפור דר' פרנקנשטיין והמפלצת שלו; עבודתם של האלכימאים.

האוניברסיטה הפדרלית למדע וטכנולוגיה בריאו-דה-ז'נרו Casa da Ciência נתנה ייעוץ מדעי לביה"ס לסמבה.



נשיא האוניברסיטה טען "חשוב מאוד לקרב את המדע אל התרבות הפופולרית" והוסיף "בדרך זו אנחנו מגיעים לאוכלוסיות שלא נחשפות למדע... ומציגים בפניהם את הרעיון שמדע, אומנות ותרבות הם חלק בלתי נפרד מחיי יום-יום של כל פרט בחברה."

בביקורי השנה בקרנבל בריו-דה-ז'נרו זכיתי להפתעה נהדרת. מעבר לתלבושות המרהיבות, הצבעים, המוסיקה, הסמבה, והאווירה, הרגשתי גאווה יחידה כאשר אחד הנושאים המוצגים בקרנבל היה תגליות חשובות במדע וטכנולוגיה.

בית הספר לסמבה Unidos da Tijuca אשר זכה במקום השני בקרנבל, בחר בתצוגה

שהתמקדה בגילויים המדעיים החשובים ביותר. תצוגה שמטרתה להראות כיצד המדע והטכנולוגיה הובילו להישגים אדירים, שבעבר נחשבו כבלתי אפשריים. 4000 הרקדנים של בית הספר לבשו תחפושות ותלבושות אשר הדגישו את מבנה האטום, מולקולות, הסליל הכפול של ה-DNA, אנרגיה אטומית, הכבשה דולי, אווירונים, צוללות, רכבי חלל, רובוטים ועוד.

...אל בקצב הסמבה,  
באלו ננסה אפליביר  
אלאמדיים שאנו אלמסר:  
כימיה היא חלק מהרבה  
פאדא וחלק בלתי נפרד  
מחיי יום - יום של כולנו.



תמונה למעלה: פלטפורמת האלכימאים  
תמונה מימין: רקדנים מחופשים למולקולות