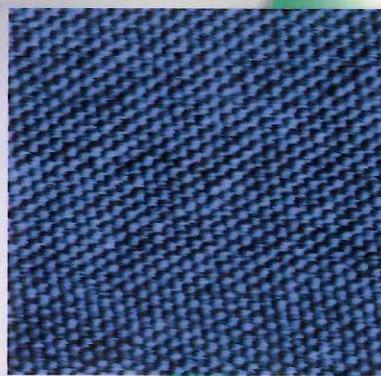


על-כימיה

עיתון למורי הכימיה

תשרי התשס"ב • ספטמבר 2001



המרכז הארצי למורי הכימיה
המחלקה להוראת המדעים
מכון ויצמן למדע,
רחובות



המרכז ההשראלי להוראת המדעים
האוניברסיטה העברית,
ירושלים



תמונת השער:

שכבה חד מולקולרית של אוקטאדקאן תיול $C_{18}H_{37}SH$, ספוח על זהב.

באדיבות פרופ' דניאל מנדלר

על-כימיה

עיתון למורי הכימיה
תשרי התשס"ב • ספטמבר 2001

המרכז הארצי למורי הכימיה
המחלקה להוראת המדעים
מכון ויצמן למדע,
רחובות



המרכז הישראלי להוראת המדעים
האוניברסיטה העברית,
ירושלים



עורכות אחראיות: דפנה מנדלר, דר' מירי קסנר
עורכות משנה: דליה עובדיהו, שרה שני
עריכה לשונית: מיכל בן יעקב
גרסת אינטרנט: רבקה אפרת

מערכת: פרופ' אבי הופשטיין-יו"ר
דר' צחי מילגרם
דר' ניצה ברנע - מפמ"ר כימיה
דר' רחל ממלוק-נעמן

מלב"ד: גב' שושנה בן שהם

כתובת המערכת : המרכז להוראת המדעים
האוניברסיטה העברית, גבעת רם, ירושלים 91904
טלפון: 02-6585365, פקס: 02-6585708

כתובות אתרי האינטרנט לגרסה האלקטרונית:

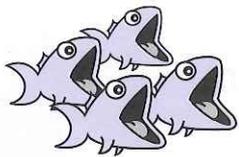
<http://stwi.weizmann.ac.il/G-Chem/center.html>

<http://sites.huji.ac.il/science/alchemy.html>

יצא לאור - על ידי המרכז הארצי למורי הכימיה במכון ויצמן למדע בשיתוף עם המרכז
הישראלי להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית, ירושלים

תוכן

3	דבר המערכת.....
4	דבר המפמ"ר.....
6	תפקידן של תיאוריות שגויות.....
14	ביקל-48: "הקסם הכפול".....
20	ההיבטים הבריאותיים של ממתקים מלאכותיים - פרופ' רפי איקן.....
24	פרויקט מזעור המעבדות לכימיה - זהבה ליבנה, ד"ר מרדכי ליבנה וד"ר פרסקי רחל.....
29	ניסוי מס' 1: אלקטרוליזה של מים.....
31	ניסוי מס' 2: פעפוע (דיפוזיה) של הגזים כלור ואמוניה.....
32	מה הקשר בין מלח בישול לאלקטרוליזה ולרחצה בבריכה?.....
39	גיוון שיטות ההוראה וההערכה - דעים עזיז.....
47	עבודה בטוחה במעבדות כימיות - אביהו מולר.....
52	נא להכיר.....
55	אתר אינטרנט לשירותך.....
56	אתר אינטרנט בנושאי התעשייה הכימית והכימיה בחיי היומיום - ד"ר מירי קסנר ושרה שני.....
59	מה הקשר בין כימיה להיי-טק? - ד"ר מירי קסנר, מרסל פרייליך וד"ר תרצה דה-וריס.....
68	סיור לימודי באינטל קריית-גת - מרסל פרייליך.....
70	שלוש הנשים היחידות זוכות פרס נובל לכימיה - ד"ר אושרית נבון.....
72	מולקולות בחזית.....
74	פרסים לעבודת גמר מצטיינות בנושא תעשייה כימית - שרה שני.....
76	על המדף.....



הגברת חוזרת בשינוי אדרת.

סיפרנו לכם על שינויים צפויים בעיתון, והנה הם כאן. החל מגיליון זה, העיתון יוצא לאור בחסות המרכז הארצי למורי הכימיה במכון ויצמן למדע, בשיתוף פעולה בין המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע לבין המרכז להוראת המדעים באוניברסיטה העברית בירושלים. עורכות עמיתות של העיתון הן דפנה מנדלר וד"ר מירי קסנר, עורכות משנה של העיתון הן דליה עובדיה ושרה שני. העיתון החדש נקרא "על-כימיה, עיתון למורי הכימיה", והוא יכלול מעתה גם את העיתון "קשר לתעשייה הכימית", שהוצא לאור על ידי המרכז לקשר בין התעשייה הכימית למערכת החינוך. העיתון ייצא פעמיים בשנה ויישלח בחינם (שני עותקים) לכל בתי הספר התיכוניים. כמו כן, יועלה העיתון על הרשת באתר האינטרנט של המרכז הארצי למורי הכימיה.

מורים המבקשים לרכוש את העיתון (במחיר עלות) באופן פרטי יפנו אל שושי, המחלקה להוראת מדעים בירושלים, טל. 02-6584454.

בכוחות משותפים נשתדל להמשיך ולדאוג לעיתון מעניין ומועיל, שיתרום להעשרת הידע ולהרחבת הדעת של מורי הכימיה ויציע פעילויות וחומרי למידה לשימוש בהוראת הכימיה. גם בתלבושת החדשה, אנו מבקשות את שיתוף הפעולה שלכם. אנא, שלחו אלינו מאמרים מפרי עטכם, עבודות מקוריות שלכם ושל תלמידים, דפי עבודה, ניסויים "מדליקים" וכל דבר אחר שעשוי להתאים ולעורר עניין אצל מורים ותלמידים אחרים. גם גמול יהיה בצד מאמצי הכתיבה שלכם. מאמר באורך שישה עמודים לפחות, עשוי להעניק תוספת של נקודת גמול למשכורת.

בואו נשמור כולנו על הקשר ועל הכימיה.

לחיות יקריוס

הוצאא העיתון לאור גאווה בגקצוב הניגן על יוני ח'י. החשק הגקצוב גאוי בהצ'אג
 בשטא: האק העיתון ח'ח'א אג י'עונו? האק החויוס לחוציוס? האק (עשה ש'ח'ש בווחי
 החופ'י' ב? וכ?'

אש כק אק ח'גקש'ק אש'ח א'י'ח אג אווג ע'ג'כ. אצויק ז'ה חצו'ל' א'ע'תון ש'א'ון
 ח'ווח. א'נו ס'וניק ב'ק'ש'ה, אק אק ח'ע'וניק'ק ש'ה'ע'תון י'ח'ש'ק אצ'א א'א'י, א'א ג'ג'צ'ו, ח'א'ו
 אג הש'א'ון וש'ח'ו'הו ח'י'ב א'ח'ש'ה ח'י'י.
 זכ'רו, ע'ג'וב הע'תון ג'אוי זכ' !

ג'ו'ה



ברכות לחברי המערכת על השקת העיתון החדש: על כימיה

כקוראת נלהבת של העיתון בצורתו הקודמת, אני משוכנעת שהעיתון החדש יתרום לציבור המורים ויעשיר אותו ברעיונות חדשניים, ויהווה גם במה למורים להצגת פעילויות מעניינות.

בימים אלו, לקראת תחילת שנת הלימודים תשס"ב, אנחנו מסכמים את השנה החולפת ומשתדלים להיערך ככל האפשר לקראת השנה הבאה עלינו לטובה. כולנו מרגישים שיש ירידה מסוימת בכוחה של הכימיה ובמספר התלמידים שאנחנו מצליחים למשוך אלינו. יש לכך סיבות מספר, ורובן אינן קשורות ישירות אלינו.

כולנו מושפעים ממדיניות המשרד, אשר מייחס, בצדק, חשיבות רבה לנושא הערכים, ובייחוד לזיקה למורשת ולתרבות היהודית ישראלית. התרבות האנושית מושתתת על שני יסודות: האיכות והכמות, או הרוח והחומר. חשיבות רבה יש לשילוב בין הרוח - ערכים, מוסר ואתיקה ובין החומר - חקירה ומדידה של האירועים המתרחשים ביקום.

לצערי, עדיין לא מודגשת חשיבות נושא ה"חומר" והמדעים כמרכיב עיקרי ומרכזי בחינוך. לגבי לימודי המדעים, לא נשמעו הצהרות ברורות על היקף הנושאים הנלמדים, ויש במערכת מצב של אי בהירות. יש הרגשה, שעדיין לא הכירו בערכם ובחשיבותם של המדעים, ומתגבר החשש שבעתיד יחסרו לנו אנשי מדע וחוקרים בתחומים אלו. חובת לימוד המדעים, שהייתה אחת ממסקנות ועדת הררי, אינה מיושמת כיום, ואנחנו צריכים להיאבק על מספר שעות לימוד מינימלי להוראת המדעים.

כיום, נראה שמקצועות חדשים, נוחים וכלכליים יותר למנהלי בתי הספר, הם המבוקשים יותר. מקצועות אלו מושכים, הן מבחינת רמת הקושי והן מבחינת ההשקעה הנדרשת מהתלמיד, ודוחקים מעט את המקצועות המדעיים. מקצוע הכימיה, הכולל מעבדות, לבורנטים וכימיקאלים, עולה לבית הספר כסף רב. לכן, במקרים רבים, אין מעודדים את התלמידים לבחור בכימיה כמקצוע הרחבה. אני תקווה, שהיחלשות זו היא זמנית בלבד, וכי ההתפתחויות הצפויות לנו יגרמו לכך שתהיה שיבה אל המדעים והכרה בחשיבותם ובתרומתם הרבה.

אני מודעת לכך, שהמאבקים בבית הספר על פתיחת קבוצות לימוד אינם קלים. ובכל זאת, המציאות בשטח מראה על שיעור הצלחה גבוה מאוד בקרב התלמידים הבוחרים בכימיה ובמדעים אחרים בבחינות הבגרות. תלמידים אלו נהנים מהלימוד לאורך שלוש השנים, ומפתחים מיומנויות חשיבה ולמידה מעבר ללימוד הנושאים עצמם. במקרה של קשיים עם בית הספר, אני מוכנה להטות שכם, להיפגש עם ההנהלה, להדגיש את חשיבות הכימיה ולנסות למצוא דרכים להפעלת המקצוע, וכמובן לשימור משרתו של המורה.

ועדת המקצוע שוקדת בימים אלו על עדכון הסילבוס והכנסת השינויים המתבקשים. במקביל, נושא המעבדה החוקרת תופס תאוצה, והוא מהווה יחידה אחת מתוך 5 יחידות הלימוד. מספר הלומדים יחידה זו נמצא בעלייה מתמדת, והמשתתפים מדווחים על התלהבות בקרב מורים ותלמידים כאחד. חלופות נוספות למעבדה, מעבדה ממוחשבת ומעבדה ממוזערת, מפותחות במקביל בטכניון ובר אילן, וייחשפו בפניכם במהלך שנת הלימודים הקרובה. בנוסף, בכוונתנו לאפשר, כבר מהשנה הבאה, הרחבה ל - 5 יחידות לימוד גם לתלמידים הלומדים כימיה לביולוגים.

בתקופה זו, עלינו להשתדל לשמור ולטפח את הקיים, לאתגר את תלמידנו בנושאים מעודכנים, לשלב דרכי הוראה חדשניות ולעודד פעילויות חקר על ידי התלמידים עצמם.

אני מודעת לרצינות ולפעלתנות של מורי הכימיה, המתקיימת במרכזים אזוריים, במרכז הארצי ובמפגשים עם המדריכות המחוזיות. מתקיימת גם פעילותה הברוכה של אגודת המורים לכימיה. העובדה שמורים שומרים על קשר, מחליפים רעיונות וחומרי למידה ומתמידים בהשתתפות בהשתלמויות ובפעילויות במשך שנים, מצביעה על כך, שהמורים אינם קופאים על שמריהם. מורי הכימיה תורמים ונתרמים בכל הפעילויות הללו, ובכך מעלים את רמת ההוראה בכיתותיהם.

ברצוני לברך את כל ציבור מורי הכימיה על העבודה הרצינית והמאומצת; יישר כוח, והמשיכו בדרך זו, ובברכת שנת לימודים טובה, מוצלחת ופורייה

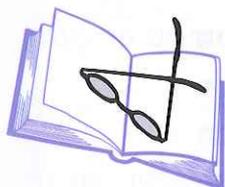
ניצה ברנע

לכל מורי הכימיה

בשנת הלימודים תשס"ב יתקיים כנס ארצי של מורי הכימיה, בחסות המרכז הארצי לכימיה. הכנס יתקיים ביום ד', כ"ז בכסלו (ג' חנוכה), 12.12.01, באולם אבנר, מכון ויצמן למדע, רחובות. במסגרת הכנס יינתנו הרצאות מדעיות וכן יקוימו מושבים מקבילים של סדנאות והרצאות עמיתים. מורים המעוניינים להציג בכנס "יוזמות מן השטח" מתבקשים להעלות את רעיונותיהם ולפנות בכתב לכתובת ה- e-mail: ntami@wisemail.weizmann.ac.il או במכתב אל: תמי לוי נחום, המחלקה להוראת המדעים, קבוצת הכימיה, מכון ויצמן למדע, רחובות. בקרוב יישלח לכל מורי הכימיה "קול קורא", המפרט את דרישות ההצגה בכנס וכן את סוג הפעילויות והנושאים שיוצגו במושבים.

אנו מודים על שיתוף הפעולה!

בפרכה, הועדה המארגנת



שיעורי היסטוריה להוראת השיטה המדעית: תפקידן של תיאוריות שגויות

מעובד לפי:

Carmen J. Giunta, *Journal of Chemical Education*, Vol 78 No.5 May 2001, pp 623-627

השימוש בהיסטוריה של המדע להוראת השיטה המדעית

תולדות המדע רצופות סיפורים שמהווים דוגמה ומופת לאופן שבו עובד המדע. סיפורים אלה חביבים על המורים, ואפשר ללמד באמצעותם, למשל, את "השיטה המדעית". לצד מעלותיה של גישה זו, יש לה גם מגרעות. להלן נציג שתי מלכודות

אפשריות ונדגים כיצד אפשר להימנע מהן.

אחת המלכודות היא "פולחן גיבורים". ההיסטוריונים והפילוסופים של המדע מקדישים למדענים מצליחים תשומת לב רבה יותר מאשר למדענים בינוניים, להתפתחויות חשובות יותר מאשר למחקרים שהגיעו למבוי סתום. בדומה, גם השימוש הפדגוגי בחומר היסטורי נוטה להתמקד בהצלחות בלבד. מציגים בפני התלמידים את קבוצת המדענים המחוננים יותר מן המדען הממוצע, ואת התגליות שחשיבותן עולה לאין ערוך על מה שמדען ממוצע עשוי לפגוש במהלך עבודתו. תמונת המדע הנוצרת אצל התלמיד היא מסולפת - כאילו מדענים לעולם אינם טועים, ותגליות מוצלחות הן עניין של מזל ושכל ולא של שנות עבודה רצופות תהיות וכישלונות.

גם מושג "השיטה המדעית" הוא בעייתי. מעצם השם משתמע כאילו יש שיטה אחת, ורק אחת. עשוי להיווצר גם הרושם, שהעבודה המדעית היא תהליך אלגוריתמי, מכני, אוטומטי כמעט. נעלם, בין היתר, התפקיד החשוב של היצירתיות, הדמיון הפורה והביקורתיות. אמנם המושג "השיטה המדעית" עדיין שימושי לתיאור השתלשלות התהליכים "תצפית, השערה, ניסוי" שכרוכים לעתים קרובות בהתפתחויות מדעיות, אך גם המילה "השתלשלות" מטעה. מילה זו מרמזת על התפתחות מסודרת, ולא, למשל, על האפשרות שקבוצת חוקרים אחת תגלה תופעה וקבוצה אחרת, אפילו מתחום מחקר אחר, תעלה השערות ותבצע ניסויים לבחינת התופעה. המדע אינו מצעד מסודר בדרך סלולה. גם רגשות, תחרות ומריבות מלווים מחקרים מדעיים. אם מדען מפריך תיאוריה מקובלת שנבנתה על-ידי מדען אחר, יש סיכוי

גם בארץ נכתבה תוכנית במסגרת לימודי מוס"ב (מדע וטכנולוגיה בחברה), המדע כישות מתפתחת מאת ד"ר רחל ממלוק, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע. כמו כן, נכתבת יחידת לימוד ששמה כימיה במנהרת הזמן, במסגרת התוכנית החדשה לכיתה י', בהוצאת המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע.

טוב שהאחרון לא ימהר לאמץ את התיאוריה החדשה, ויגן על זו שלו במה שנקרא "עימות מדעי", שלא תמיד נערך בצורה תרבותית ומכובדת. חקר ודיון בצעדים מוטעים או בשגיאות מדעיות עשוי להיות חינוכי ומועיל, ואף להמחיש באופן אמיתי ומדויק יותר את "השיטה המדעית" ותוצאותיה.

להלן נכנה בשם "טעות", או "שגיאה", קביעות שבימינו הוכרו, בשיטות אובייקטיביות, כמוטעות, אך בזמן אולי לא היה אפשר להימנע מהן. דוגמאות כאלה מוכיחות לתלמידים, שבשיטה המדעית אין מגיעים לאמת באופן אוטומטי, ושגם תלמיד מתחיל יכול כיום לחשוף את השגיאות בתיאוריות שנחשבו בזמן לאשיות המדע. בדרך כלל מתעוררת, בשלב זה, אצל התלמידים השאלה המתבקשת: "האם מודל האטום, כפי שאנו לומדים אותו היום, הוא המודל האמיתי?" ומותר לנו להודות, שאולי יימצא בעתיד מודל טוב יותר (ולא ליפול בפח שמציבים התלמידים: "אז למה אנחנו לומדים אותו אם לא הכל בטוח?").

תיאוריות שגויות

הטעויות הניכרות ביותר בתולדות המדע הן תיאוריות שהיו מקובלות מאוד בעבר, ושכיום אין כל ספק שהן שגויות. דוגמה מצוינת היא תיאוריית הפלוגיסטון. היסטוריונים ומורים מרבים להשתמש בתורת הפלוגיסטון כרקע לניסויים ולהסברים שהחליפו תורה זו. אפשר להשתמש בה כמבוא לניסויים ולהסברים שתמכו בה - למשל, ניסויי של פריסטלי. מהלך הניסויים חשוב לעתים לא פחות מאשר תיאור הניסויים שהפריכו את התיאוריה. בעיה פדגוגית עלולה להיווצר בסוג מקובל של שיעורים, שבו חלק מהתלמידים מקבלים תפקיד להגן על התיאוריה השגויה. לעתים קשה לגרום לתלמידים חסרי ניסיון בכימיה "לא לזכור, לא לדעת ולא להפנים" דווקא את התיאוריה השגויה, שאותה התאמצו כל כך להצדיק בפני הכיתה.

סיפורים היסטוריים עוזרים לנו להראות לתלמידים, שכאשר צצה תיאוריה טובה יותר, היא מחליפה באופן אוטומטי את התיאוריה הקיימת. תיאוריית הפלוגיסטון היא דוגמה מצוינת לכך. פריסטלי דבק בתיאוריה זו עד סוף חייו, גם אחרי שאנסואן לבואזיה פרסם שורה של ניסויים שסתרו לחלוטין את תיאוריית הפלוגיסטון.

מדוע אם כן, למרות הראיות והטענות שכנגד, דבק פריסטלי בתיאוריה זו עד סוף ימיו? לא מפני שהיה פחות אובייקטיבי, או פחות פתוח לרעיונות חדשים מלבואזיה. בסוף המאה ה-18 כתב פריסטלי ללבואזיה: "שום אדם אינו חייב להכפיף את שיפוטו לשום בר סמכא, מכובד ככל שיהיה". גם המלגלים שכינוהו "ד"ר פלוגיסטון", לא הזיזו את הכומר, השייך לזרם היוניטרי, מדעותיו העצמאיות. אמונתו הדתית התנגשה עם הדעות שהיו מקובלות אז

על הכנסייה האנגליקנית. במאמר שפרסם, בו הוא משווה בין סוקרטס לישו, מדגיש פריסטלי את תהליך ההשחתה של הנצרות ואת הפגיעה בחופש הדת.

האדה שרחש למהפכות, באמריקה ואחר כך בצרפת, לא חיבבה אותו על שכניו, שביום הבסטיליה, בשנת 1791, אף טרחו להרוס את ביתו שבברמינגהם. פריסטלי עקר מאנגליה לארצות הברית. גם בביתו החדש בפנסילבניה המשיך להחזיק בתיאוריית הפלוגיסטון.

את דבקו בתיאוריה הצדיק ביחסו משקל שונה לראיות השונות, וכך הגיע למסקנות משלו. לדוגמה, הניסוי המכריע של מתנגדי הפלוגיסטון היה חימום כספית באוויר, שנתן תחילה תחמוצת (תחמוצת מתכת נקראה אז קלקס, calx), ובהימום נוסף נתן בחזרה את הכספית. הם טענו, שעצם העובדה שקלקס שוקל יותר מהמתכת, ושניתן לקבל את המתכת בחזרה מהקלקס בלי להוסיף מגיב אחר, נובעת מכך שהכספית היא חומר פשוט, והקלקס הוא תרכובת שלה עם אחד ממרכיבי האוויר. פריסטלי לעומתם, הדגיש את העובדה, שכדי לקבל את המתכת מקלקס של מתכות רבות אחרות, צריך להוסיף עוד מגיב (כגון מימן, פחם, ברזל). מכאן, שהמתכת היא תרכובת של קלקס ומרכיב נוסף - הפלוגיסטון, שמקורו מהמגיב האחר. אחד הנימוקים של מתנגדי הפלוגיסטון היה, שאי אפשר לשקול אותו. פריסטלי ענה, שיש עוד מרכיבים, כמו אור וחום, הנחשבים כחומר ואינם ניתנים למדידה. פריסטלי הציע פרשנויות פלוגיסטוניות לניסויים, שלדעת מתנגדי הפלוגיסטון, הוכיחו דווקא את התיאוריה שלהם (כולל סינתזה ואנליזה של מים). הוא הציג ניסויים אחדים, שלא ניתן להסביר את תוצאותיהם (וכללו, מן הסתם, תגובות לוואי ו/או אי ניקיונות, שאליהם לא התייחס כלל) באמצעות התיאוריה האנטי פלוגיסטונית. דבקו של פריסטלי בתיאוריית הפלוגיסטון מוכיחה, שגם מדען חכם, חושב ובעל "ראש פתוח", עלול לטעות כמו כולנו.

גם ההסברים והמסקנות של לבואזיה על תהליכי שריפה, שהתקבלו מניסויים שנערכו בסוף שנות ה-70 של המאה ה-17, לא היו חפים מטעויות. במאמר שפורסם לראשונה בשנת 1780, לבואזיה דוחה את תיאוריית הפלוגיסטון, אך לא את הנוזל החמקמק "חומר האש". הוא מציג אותו כחומר בעל תכונות ביניים, בין אלה שיוחסו לפלוגיסטון לבין אלה שיוחסו אחר כך לקלוריק:

"חומר האש או האור, הוא נוזל חמקמק ביותר, אלסטי מאוד, שאופף את כל חלקי הפלנטה שאנו מאכלסים, שחודר לגופים שעשויים ממנו, למי יותר ולמי פחות בקלות, ושבמצבו החופשי הוא נוטה להיות בשיווי משקל בכל דבר עם חומר האש או האור. לצירוף זה חבים נוזלים אוויריים את האלסטיות שלהם, את הקלות הספציפית שלהם, את נדירותם ואת כל התכונות האחרות שעושות אותם כמו נוזל האש".

עד שכתב לבואזיה את ספרו 'Traite elementaire de chimie', הוא כבר נתן ל"חומר האש" את השם קלוריק. גם את האור וגם את הקלוריק הוא כלל זמנית בטבלה של החומרים הפשוטים. הרעיון, שהקלוריק הוא נוזל חומרי של חום, החזיק מעמד עמוק אל תוך המאה ה-19. מדעני התקופה האמינו, שמעטפת הקלוריק של מולקולות הגז מונעת מהן להתמזג. מודל זה היה אחד המכשולים שהפריעו להתקבלותה של השערת אבוגדרו בדבר קיומן של מולקולות דו-אטומיות של גזים.

אם מחפשים, אפשר לגלות תופעות חדשות

טעות אחרת של לבואזיה יכולה להמחיש את אחת האסטרטגיות המקובלות בחקר מדעי ואת המלכודת שבה היא עלולה ליפול. מאמר שפרסם לבואזיה על טבעם המורכב של המים, כולל תיאור ברור של ניסויים, שבהם מים התקבלו בתגובה בין מימן לחמצן והתפרקו במעבר דרך צינור ברזל לוהט. בהמשך הוא מציין, שפירוק מים מתרחש גם בתמיסה של מתכות בחומצה וכן בתהליך תסיסה כוהלית.

בספרו 'Traite elementaire de chimie' חוזר בו לבואזיה מהמסקנה, שתסיסה מפרקת מים: "אז הנחתי שמים קיימים בתוך הסוכר, מוכנים לפירוק, ואילו כעת אני משוכנע שהסוכר רק מכיל את היסודות המרכיבים את המים".

הוא המשיך להאמין שהמסת מתכת בחומצה מפרקת מים: "בדרך דומה ניתן לקבל גז מימן על ידי המסה של ברזל או אבץ בתמיסה של חומצה גופרתית מהולה. שתי מתכות אלה מפרקות מים בקושי ובאיטיות, אך עושות זאת בקלות ובמהירות בנוכחות חומצה גופרתית". קל להבין את שיקוליו, שכן הוא כבר גילה שמתכות חמות מפרקות מים ומתקבל מימן, וגם בתהליך הזה התקבל מימן.

זוהי דוגמה טובה למהלך מחשבתו של מדען. מרגע שרעיון חדש קנה לו ביסוס (אפילו אם רק במוחו של החוקר, ולא בקהילייה המדעית), טבעי יהיה לחפש לו הוכחות וחיזוקים. לבואזיה מצא תהליך אחד לפירוק מים, וחיפש תהליכים נוספים שבהם המים יכולים להתפרק.

אסטרטגיה זו יכולה להניב פירות רבים, כמו בארבע הדוגמאות הבאות, שכולן מסוף המאה ה-19:

- הנרי בקרל חיפש אחרי משהו דומה לקרניים, שזה עתה גילה וילהלם רנטגן (קרני x). ניסויים אלה הובילו אותו לגלות את הרדיואקטיביות.
- מרי קירי חיפשה את התופעה החדשה בחומרים נוספים, מלבד מלחי אורניום. היא מצאה עוד יסוד מוכר הפולט קרינה זו, וגילתה עוד שני יסודות רדיואקטיביים חדשים.

- כשנדע לוויילאם רמזי על קיומם של שני יסודות אדישים (ארגון והליום), הוא החל לחפש ומצא שלושה נוספים.
- לאחר אפיון קרני הקתודה כקרן אור המורכבת מחלקיקים שליליים (אלקטרונים), חיפש תומסון עוד דוגמאות לחלקיקים כאלה. בתוך שנתיים הוא זיהה ואפיון את קרני β כדוגמה נוספת לזרם של אלקטרונים.

מה ניתן ללמוד מדוגמאות אלה? חיפוש אחר דוגמאות נוספות לתופעות חדשות הוא אסטרטגיה יעילה, משום שהוא עשוי גם להוביל לגילוי תופעות חדשות ושונות. מובן, שקיים גם סיכון באסטרטגיה זו, משום שלעתים רוצים כל כך למצוא משהו, עד שמוצאים אותו בין אם הוא קיים ובין אם לאו. דוגמה לכך היא האפיזודה של מציאת קרני N, שתוארה והוגדרה כ"מדע פתולוגי". אפילו לבואזיה לא היה נקי מנטייה זו.

שגויה בפרטים, אך עדיין יעילה ומועילה: התיאוריה האטומית של דלטון

אפילו תיאוריות או הסברים המקובלים כיום, הם לעתים רחוקות יציר עבודתו של מדען אחד בלבד. כשמסתכלים על תיאוריה מוצלחת, רצוי להתחיל מההצעה הראשונית, לעבור על שלבי ההתפתחות, לבחון את הטעויות שנעשו וכיצד תיקנו אותן. לעתים, כדי למצוא את הטעויות, יש לחפש בספרות המקורית. כשמציגים בספרי הלימוד התפתחויות היסטוריות חשובות בבניית תיאוריות, רק לעתים רחוקות מזכירים את הטעויות. לעתים אף משמיטים מהקטעים המצוטטים את המשפטים והפסקאות הכוללים שגיאות.

מורי הכימיה עשויים לגלות, שאפילו מהשגיאות אפשר להפיק תועלת חינוכית. התיאוריה האטומית של ג'ון דלטון היא דוגמה טובה לכך. דלטון ידוע בשל שפע הרעיונות החדשים והחשובים שפיתח. התיאוריה שלו על תרכובות דומה מאוד לזו המקובלת בימינו: אטומים של יסודות שונים נקשרים יחד. חוק היחסים הקבועים וחוק המנות הכפולות נבעו מן התיאוריה האטומית שלו. התיאוריה של דלטון היוותה שיפור ניכר על פניו של דלטון (החומר הרציף), בכך שהתמקדה בתכונות של אטומים ואפשרה גם חקר אמפירי, מציאת המסות היחסיות שלהם. בעקבות התיאוריה של דלטון, התאפשר לאחר מכן, למצוא את המסות היחסיות של אטומים ושל תרכובות.

אך גם בתיאוריה מוצלחת זו היו כמה טעויות. דלטון האמין, שאטומים של אותו היסוד זהים לחלוטין. בתחילת המאה ה-20 הוכח קיומם של איזוטופים, והנחת היסוד הזו של דלטון התגלה כשגויה. דלטון האמין שאטומים אינם ניתנים לחלוקה. גם הנחה זו נמצאה שגויה, ואנו יודעים שאטומים ניתנים לחלוקה לאלקטרונים וגרעין. הגרעין אף הוא ניתן לחלוקה, ונראה שכך גם מרכיביו.

דלטון התבסס על הנחות שרירותיות, והציע נוסחאות למולקולות של יסודות ושל תרכובות. חוסר הדיוק של השיטות האנליטיות באותה תקופה גרם קושי בזיהוי הטעויות. לדוגמה, דלטון הציג נתונים על מים, אמוניה וחנקן חמצני (אוויר חנקתי, כהגדרתו) שלהם ייחס את הנוסחאות HO , NH - NO בהתאמה. מנתונים אלה ניתן לחלץ את המסות היחסיות של חנקן וחמצן בשתי דרכים: ישירות מאנליזה של SO , או על ידי השוואת המסות של SO - HO המתקבלות מאנליזה של מים ואמוניה. בשיטות האנליטיות של היום, היו מתקבלות כמובן, בשתי צורות החישוב תוצאות שונות לחלוטין, אך בתנאים של אותה תקופה, אי ההתאמה בין התוצאות הייתה קרובה מאוד לשגיאה הניסויית.

גם השערות נכונות נדחו: השערת אבוגדרו

זמן קצר לאחר שדלטון פרסם את התיאוריות שלו, הציע אמדיאו אבוגדרו תיקונים לרבות מהנוסחאות. במאמר שפרסם, הוא מסביר את חשיבות המעקב אחר ספרות מדעית בכימיה. התוצאות שאליהן הוא הגיע, מתבססות על עבודתם של דלטון ושל גיי-לוסק. גיי-לוסק מצא, שגזים מרכיבים ביניהם ביחסי נפח פשוטים וקבועים. דלטון מצא, שאטומים מרכיבים ביניהם ביחסים פשוטים וקבועים. גיי-לוסק לא קישר בין תצפיותיו ובין התיאוריה האטומית. דלטון מצדו, יצא מגדרו כדי לדחות את התוצאות של גיי-לוסק, אף שיכלו לחזק את התיאוריה שלו.

לעומת זאת, אבוגדרו ראה את הקשר ואת השילוב של שתי התופעות. הוא הגיע למסקנה המתבקשת, הידועה בשם "חוק אבוגדרו": בנפחים שווים של גזים, אפילו שונים, נמצא אותו מספר של מולקולות. ממודל המתאר שבהתחברות אטום אחד של מימן לאטום אחד של חמצן מתקבלת מולקולה אחת של מים, ניתן היה לצפות שמנפח אחד של מימן ונפח אחד של חמצן יתקבל נפח אחד של מים. אולם, התצפית הניסויית הראתה, ששני נפחים של מימן מתחברים עם נפח אחד של חמצן ומתקבלים שני נפחים של מים. כדי להסביר תצפית זו, העלה אבוגדרו השערה נוספת: מימן וחמצן קיימים כמולקולות דו-אטומיות. היום אנו יודעים שאבוגדרו צדק, אלא שהקהילייה המדעית של אז דחתה את השערותיו (הנכונות).

זוהי דוגמה מצוינת, המראה כיצד תחרות בין מדענים עשויה לדחות תיאוריות נכונות. מתנגדיו של אבוגדרו טענו, שלהשערה על קיום של מולקולות דו-אטומיות לא הייתה הוכחה ישירה והוא הגיע אליה בדרך עקיפה. למעשה הייתה להם תיאוריה נגדית: האטומים בפאזה הגזית עטופים בשכבת קלוריק, המונעת מהאטומים מלהתחבר.

הרעיון, שאטומים של אותו היסוד מתקבצים לזוגות ולא ממשיכים להתקבץ לקבוצות גדולות יותר, לא נראה להם הגיוני. תיאוריית הקשר של ברצליוס (Berzelius), הייתה עוד "הוכחה"

שתיאוריית אבוגדרו שגויה. על פי תיאוריה זו, כוחות אלקטרוסטטיים הם הדבק שמחזיק אטומים בתרכובות. אי לכך, רק אטומים הטעונים מטענים מנוגדים יימשכו זה לזה וייצרו קשר. אטומים זהים אינם יכולים ליצור קשר, אלא צריכים לדחות זה את זה בשל מטעניהם זהים. לכן, לא ייתכנו מולקולות דו-אטומיות של יסוד.

רק אחרי כ-50 שנה התקבלה השערת אבוגדרו על ידי הקהיליה המדעית, וזאת הודות לקניזרו, שהציג והסביר אותה בצורה מנומקת ומסודרת. קניזרו ציין את היתרונות שבקביעת מסות אטומיות ומולקולריות, והוסיף הוכחות שתמכו בצורה נחרצת בהשערת אבוגדרו. קניזרו ציין במפורש, שרעיונותיו של ברצליוס היוו מחסום לקבלה של השערת אבוגדרו.

אבחנות מעורפלות: ניולנדס וסיווג היסודות

הדוגמה האחרונה אינה מייצגת עבודה שהייתה רבת השפעה למרות שגיאותריה. גם לא כזו שנדחתה אף שהייתה נכונה. כשם שהייתה אז, מעורפלת ולא ברורה, כך גם נשארה היום. אפשר להעזיז ולכתוב, שהרבה מהמחקרים המתפרסמים יכולים להיכלל בקטגוריה זו. אבחנות מעורפלות ולא ברורות יכולות להיות אבחנות נכונות, חשובות או מועילות, אך יכולות גם לכלול טעויות, חוסר התאמה או חסרונות אחרים. בדרך כלל, הקהילה המדעית אינה מתייחסת אליהן ברצינות.

הרעיונות של ג'. א. ר. ניולנדס, כימאי אנגלי מהמאה ה-19, ששם לב למחזוריות הכימית עוד לפני מנדלייב, משמשים דוגמה לאבחנה מעורפלת. באמצע שנות ה-60 של המאה ה-19, פרסם ניולנדס כמה רשימות קצרות על מיון יסודות, ושיבץ אותם בכמה משפחות. היסודות שהשתייכו לאותה הקבוצה היו דומים בתכונות הכימיות, והמסות האטומיות שלהם עלו בשיטתיות. בכמה מהקבוצות היו רווחים, שניולנדס ניבא כי יתמלאו על ידי יסודות שטרם התגלו. אחד מהיסודות שאותם ניבא היה גרמניום. במקרה זה הוא צדק, בכל השאר הוא טעה.

שנתיים מאוחר יותר, רשם ניולנדס את כל היסודות שהיו ידועים עד אז לפי מסה אטומית עולה. הוא שם לב, שתכונות כימיות חוזרות על עצמן כל שבעה יסודות (או כפולות של שבע) והציע את "חוק האוקטבות". על אף שניולנדס החליף את השיטה למיון יסודות לפי משפחות מבודדות בשיטה טובה יותר (שהייתה מעין מערכה מחזורית), הוא זכה לביקורת קשה בגלל חוסר היכולת לנבא את קיומם של יסודות חדשים. מה עוד, שבינתיים התגלו יסודות חדשים שלא נמצא להם מקום לפי השיטה החדשה. למרות הייחודיות של שיטת הניבוי שלו ושל חוק האוקטבות, הם לא התקבלו ולא הצליחו להשפיע על המדע. זאת בניגוד לשיטת מנדלייב שבא אחריו.

היו כמה וכמה שגיאות במקרה של ניולנדס. ראשית, חלק מהניבויים שלו לא התממשו. בנוסף, היו חסרונות רציניים בחוק האוקטבות. למרות שהצליח להציג באופן ברור את המחזוריות בתכונות הכימיות, הוא לא הצליח לנבא יסודות חסרים, דבר שמנדלייב הצליח לעשות כבר בטבלה הראשונה שלו. אך גם אצל מנדלייב נתגלו חסרונות, שכן גם הוא לא הצליח תמיד לנבא יסודות חדשים, או שהכניס אותם למקומות שגויים. הבעיה בעבודתו של ניולנדס הייתה, ששיטתו לא הייתה ברורה מספיק לציבור המדענים, ואף אלה שהאמינו כי "יש בה משהו", חיכו למנדלייב שיפשט ויסדר אותה טוב יותר.

סיכום

עידן התקשורת של ימינו חושף את הציבור, יותר מבעבר, להתרחשויות טכנולוגיות ומדעיות. בניגוד לדיווח שוטף על טעויות בתחום הטכנולוגי (פליטה של חומר כימי קטלני, תאונות גרעיניות...) רק לעתים רחוקות מדווחים בחדשות, או אפילו בתכניות מדע, על טעויות בתחום המדעי. כתוצאה מכך, רק לעתים רחוקות, נגלים לעיני הציבור הנתיבים השגויים שבהם פוסעים לא אחת המדענים. כאשר מפתחים רעיון בשלבים, בדרך כלל מביאים בפני הציבור רק את השלב הסופי, והוא נחשב כפריצת דרך במדע. הרעיונות שקדמו לו פשוט נשכחים. אך יש לזכור, שתוצאות מוטעות עשויות לסייע לאנשים אחרים להגיע למסקנות הנכונות.

התייחסות לצעדים מוטעים של מדענים גדולים מוכיחה שהם אנושיים, שאינם עובדים או חושבים כאוטומטים, ושהשיטה מדעית אינה תהליך אוטומטי או מכני. בהוראת מדע רצוי להביא סיפורי טעויות יחד עם סיפורי תגליות. סיפורי השגיאות, בפרט אם מעורבים בהם מדענים גדולים, מראים את הפנים האמיתיים של המדע. סיפורי הטעויות לפעמים משעשעים, מעניינים ומגוונים את הנושא הנלמד.

קראנו ואהבנו:

המדע נבנה מעובדות, כשם שבית נבנה מלבנים.
אבל עריפה של עובדות עדיין אינה מדע,
כשם שערמת לבנים אינה בית.

אנרי פואנקרה

במדע, חידוש נזקף לזכותו של מי ששכנע
את העולם באמיתותו, ולא לזכותו
של מי שהגה אותו.

פראנסיס דארווין

ניקל - 48: "הקסם הכפול"

מעובד לפי: Geoffrey W. Rayner- Canham, *Education in Chemistry*, March 2001, pp46-48

ב דרך כלל, נוטים הכימאים למקד את התעניינותם באטום באלקטרונים, ולהשאיר את מסתרי הגרעין לפיזיקאים. כדי לענות על שאלות מסוימות, כגון "מדוע ליסודות מסוימים יש רק איזוטופ אחד ולאחרים איזוטופים רבים?" או "מדוע מספר היסודות היציבים הוא סופי?" אין מנוס אלא ל"הציץ" אל תוך הגרעין

ולהבין את המתרחש בו. השנה, עם גילויו של איזוטופ מיוחד של ניקל, פונים גם הכימאים לחפש תשובות במודל רמות האנרגיה של הגרעין.

מחישוב היחס בין מספר הנויטרונים לבין מספר הפרוטונים בגרעינים נפוצים, הסתבר שהוא גדל עם העלייה במספר האטומי (טבלה 1). כדי להסביר זאת, יש להתייחס לשני הכוחות המנוגדים הקיימים בגרעין:

- כוח המשיכה בין הנוקליאונים (הפרוטונים והנויטרונים), הנקרא הכוח החזק (או הכוח הגרעיני)

- הדחייה החשמלית בין הפרוטונים, הנקראת הכוח האלקטרומגנטי (קולון). הכוח החזק הוא קצר טווח, הכוח האלקטרומגנטי הוא ארוך טווח.

כדי שהמשיכה בין החלקיקים תהיה גדולה מן הדחייה ביניהם, צריך שהכוח החזק יהיה גדול יותר מכוח הדחייה, וזאת ניתן לקבל רק על ידי הוספת נויטרונים. אם אין מספיק נויטרונים, כוח הדחייה בין הפרוטונים יגרום להתפרקות הגרעין. באיזוטופ החדש של הניקל, ^{48}Ni , נמצא כי היחס בין מספר הנויטרונים למספר הפרוטונים הוא רק 0.7. זהו יחס קטן בהרבה מהתחום הרגיל, שנע בין 1.1-1.3, השכיח באטומים עם מספר מסה דומה. כיצד אפשר להסביר זאת?

שני מודלים הוצעו כדי להסביר את התנהגות הגרעין: מודל הטיפה ומודל רמות האנרגיה. מודל הטיפה יעיל לחקר ביקוע גרעיני. אם מדמים את הגרעין לטיפת מים, פיצול הטיפה לשתי טיפות קטנות יותר, מתאים לביקוע הגרעין לשני חלקים.

יחס פרוטונים / נויטרונים	מס' נויטרונים	מס' פרוטונים	היסוד
1.0	2	2	הליום
1.0	6	6	פחמן
1.2	20	18	ארגון
1.2	30	26	ברזל
1.4	74	53	יוד
1.5	126	82	עופרת
1.6	146	92	אורניום

טבלה 1. יחס נויטרונים לפרוטונים בכמה איזוטופים נפוצים

מודל זה אינו מסביר מדוע איזוטופים מסוימים קיימים בטבע ואחרים לא. מודל רמות האנרגיה מסביר סוגייה זו, ומכאן חשיבותו. מודל זה, שהוצע בנפרד על ידי מריה גופרט מייר והנס ג'נסן (במסגרת בסוף המאמר), מייחס לנוקלאונים בגרעין רמות אנרגיה עם מספרים קוונטיים, בדומה לרמות האנרגיה והמספרים הקוונטיים של האלקטרונים באטום. על פי מודל זה, גם הפרוטונים והנויטרונים ממלאים רמות אנרגיה קוונטיות ומצייתים לכללי פאולי, על פיהם לא ייתכנו שני פרוטונים או שני נויטרונים המאופיינים על ידי אותם ארבעה מספרים קוונטיים.

בדומה לאלקטרונים, גם לנוקליאונים יש ספין של $1/2$. צימוד הספינים חשוב יותר בגרעינים מאשר באלקטרונים, ושכיחים יותר הגרעינים בעלי מספר זוגי של פרוטונים ו/או נויטרונים. מתוך 273 גרעינים יציבים, ב-164 יש מספר זוגי של פרוטונים ושל נויטרונים. רק בארבעה יש מספר אי-זוגי גם של פרוטונים וגם של נויטרונים, ואילו בשאר יש שילוב של זוגי ואי-זוגי. ספקטרוסקופיה של תהודה מגנטית גרעינית (תמ"ג) אפשר לבצע רק כשיש נוקלאונים לא מזווגים, ולכן שיטה זו יעילה בעבור פחות מ-40% מהגרעינים היציבים.

במערכת השמש, יסודות בעלי מספר זוגי של פרוטונים שכיחים פי עשרה מיסודות בעלי מספר אי-זוגי, ולכן מספר האיזוטופים היציבים גדול יותר. ליסודות בעלי מספר אי-זוגי של פרוטונים יש, בדרך כלל, איזוטופ אחד, או לכל היותר שניים. לדוגמה, לצזיום (55 פרוטונים) יש איזוטופ יציב אחד, ולבריום (56 פרוטונים) יש שבעה איזוטופים.

אף שזיווג ספינים חשוב מאוד, המספרים הקוונטיים האחרים ממלאים את התפקיד המרכזי בקביעת האנרגיה של רמת היסוד והרמות המעוררות של הגרעינים.

בדומה לאלקטרונים, לכל נוקליאון יש 4 מספרים קוונטיים:

1. מספר קוונטי ראשי, n - קובע את רמת האנרגיה של הנוקליאון. מספר זה, כמו באלקטרונים, יכול לקבל את הערכים 1, 2, 3, 4 וכו', עד אינסוף.
2. מספר קוונטי של תנע זוויתי, l - באלקטרונים ערכיו נעים בין 0 ל- $n-1$ לאפס. יש סדר קבוע של מיליו תת-רמות. למשל, תת-רמה $4s$ מתמלאת לפני $3p$. הערך של התנע הזוויתי בנוקליאונים אינו מוגבל, והם יכולים לאכלס רמות $1p, 1d$ וכו'. גם רמות הנוקלאונים מתמלאות לפי הסדר:

..... $1j, 4s, 3d, 2g, 1i, 3p, 2f, 1h, 3s, 2d, 1g, 2p, 1f, 2s, 1d, 1p, 1s$



3. מספר קוונטי מגנטי - יכול לקבל ערכים מ- l עד $+l$ וכך יש תת-רמה אחת s , שלוש p , חמש d , שבע f , תשע g , אחד עשרה h , שלוש עשרה i וחמש עשרה j .
4. מספר קוונטי של הספין - לכל תת-רמה יכולים להיכנס עד שני נוקלאונים, בעלי ספין הפוך.

מודל רמות האנרגיה של הגרעין, כפי שפותח על יד מריה גופרט מייר, מסביר את היציבות המיוחדת של גרעינים בעלי מספרי פרוטונים ונויטרונים מסוימים. הסתבר, כי כמו בסידור האלקטרונים, גם לגבי הגרעין קיימות סדרות של מספרים האחראיות ליציבות הגרעין. מריה גופרט מייר קראה בשם "מספרי קסם" למספרי הנוקלאונים הנחוצים למילוי הרמות בגרעין. "מספר הקסם הכפול" הוא מספר שבו מתמלאות גם רמות הפרוטונים וגם רמות הנויטרונים.

הרמה המלאה הראשונה, הן בפרוטונים והן בנויטרונים ($1s^2$) היא בהליום - 4. אטום זה הוא השני בשכיחותו ביקום. גרעיניו, חלקיקי α , נפלטים בדרך כלל בתגובות של דעיכה רדיואקטיבית. בגרעין הליום - 4, שבו גם רמת הפרוטונים וגם רמת הנויטרונים מלאות, מתקיים "מספר הקסם הכפול". גרעין חמצן - 16, שבו מתמלאת הרמה השנייה, $1s^2 1p^6$, גם של הפרוטונים וגם של הנויטרונים, הוא הגרעין השני בעל "מספר קסם כפול".

הרמה השלישית (אחריה יש קפיצה גדולה ברמת האנרגיה) ממלאת את $1s^2 1p^6 1d^{10} 2s^2$, כלומר 20 נוקלאונים.

"מספרי הקסם" הבאים הם 28, 50, 82, 126, 184. פיזיקאים טוענים, שלגבי נויטרונים, גם 114 הוא "מספר קסם".

על פי מודל רמות האנרגיה ניתן להסביר תצפיות רבות:

- לגרעינים עם "מספר קסם" של פרוטונים יש איזוטופים רבים (אטומים בעלי מספר פרוטונים שווה, מספר נויטרונים שונה). לסידן (20 פרוטונים), למשל, יש שישה איזוטופים יציבים; לשכניו, אשלגן וסקנדיום, יש רק איזוטופ יציב אחד.

- לגרעינים בעלי "מספר קסם" של נויטרונים יש איזוטונים רבים (אטומים בעלי מספר שווה של נויטרונים, אך מספר שונה של פרוטונים). לדוגמה, לאיזוטופים הנפוצים ביותר של טיטניום, ונדיום וכרום יש 28 נויטרונים.
- כל שרשרת הדעיכה הרדיואקטיבית של היסודות הכבדים מסתיימת בעופרת (82 פרוטונים).
- הגרעינים היציבים הכבדים ביותר הם עופרת - 208 וביסמוט - 209 (126 נויטרונים).
- האיזוטופים מאריכי-החיים ביותר של פולוניום ואסטטין הם $At-211$ ו- $Po-210$ (126 נויטרונים).

למודל רמות האנרגיה יש חשיבות רבה לגבי סינתזה של איזוטופים כבדים. באחת השיטות לקבלתם, מפגיזים גרעינים כבדים בגרעינים קלים, מתוך תקווה שיתרחש ביניהם תהליך היתוך ויתקבל גרעין כבד יותר. הצורך בין גרעין כבד, בו היחס המספרי בין הנויטרונים לפרוטונים גבוה יותר, לבין גרעין קל, בו היחס הוא בין 1.0 ל - 1.2, נידון מראש לכישלון בשל מחסור בנויטרונים.

כאן באים "מספרי הקסם" לעזרת המדענים. 0.187% מגרעיני הסידן הם איזוטופ "הקסם הכפול", סידן-48 (20 פרוטונים ו - 28 נויטרונים). באיזוטופ זה, שהוא קל יחסית, היחס הוא 1.4, יחס גבוה במיוחד. מדענים בדובנה שברוסיה הפגזו פלוטוניום - 244 (94 פרוטונים) בגרעיני סידן - 48, וקיבלו לראשונה את האטומים של היסוד 114 ("מספר קסם"). לאיזוטופ זה, עם 175 נויטרונים, יש זמן מחצית חיים של 30 שניות - זמן ארוך להפליא בשביל יסוד עם מספר פרוטונים גבוה כל כך. מפליאה עוד יותר העובדה, שיחס הנויטרונים לפרוטונים הוא רק 1.4, הרבה פחות מהדרוש ליציבות של גרעינים גדולים שכאלה. אם יצליחו לקבל איזוטופ עשיר יותר בנויטרונים, הוא יהיה, כנראה, בעל זמן מחצית חיים ארוך במיוחד.

פיזיקאי הגרעין חולמים לסנתז גרעין נוסף עם מספרי "קסם כפול", נוסף על החמישה שכבר ידועים: הליום - 4 (2p, 2n), חמצן - 16 (8p, 8n), סידן - 40 (20p, 20n), סידן - 48 (20p, 28n) ועופרת - 208 (82p, 50n). ידועים גם האיזוטופים הרדיואקטיביים ניקל - 56 (28p, 28n) ובדיל-132 (28p, 50n). בשנת 1993 סונתז הליום - 10 (2p, 8n), ושנה לאחר מכן בדיל - 100 (50p, 50n). יחס הנויטרונים לפרוטונים בבדיל - 100 הוא 1.0, נמוך בהרבה מהממוצע של 1.4 עבור האיזוטופים האחרים, אך זמן מחצית החיים שלו הוא כמה שניות, זמן ארוך במיוחד, יחסית לאלפיות השניה שציפו לקבל. בשנת 1995 הצליחו לסנתז איזוטופ יציב במיוחד של ניקל - 78 (28p, 50n).

המתחרים העיקריים על הכנת יסודות כבדים חדשים הם מדענים מברקלי (ארצות הברית), דובנה (רוסיה), ודרמשטדט (גרמניה). בניסוי משותף לגרמנים, לצרפתים ולפולנים, שבוצע במאיץ החלקיקים בדרמשטדט, הופגזו מטרות עופרת ובריליום ביוני אורניום - 238. התקבלו

למעלה מ-100 גרעינים, ביניהם גם האיזוטופ ניקל - 78, בעל "הקסם הכפול". 10 שנים ניסו, ללא הצלחה, לקבל גם ניקל-48. הם קיבלו אותו לבסוף בשנת 1999, במאיץ החלקיקים בקאין שבצרפת, שם הקרן הנשלחת היתה באנרגיה נמוכה יותר, אך עוצמתה גדולה יותר. החוקרים הפגיוזו מטרה של ניקל טבעי, בעיקר 58 ו-60, בקרן של ניקל-58, ולשמחתם האדירה, התקבלו שניים, ואולי אף ארבעה אטומים של ניקל-48. מאמציהם הממושכים נשאו פרי.

קיומם של איזוטופים אלה, בעלי זמן מחצית חיים ארוך יחסית, למרות יחס ניטרונים לפרוטונים נמוך יחסית, אפשר להסביר רק בעזרת מודל רמות האנרגיה בגרעינים. ידועים כיום שלושה איזוטופים של ניקל עם מספרי קסם כפולים: ניקל - 48 (28p, 20n), ניקל - 56 (28p, 28n) וניקל - 78 (28p, 50n). הסינתזה של ניקל - 48 והעמדתו מול סידן - 48 (20p, 28n) מאפשרת למדענים להשוות בין רמות האנרגיה של הנוקלאונים בשני האיזוטופים, וללמוד יותר על רמות האנרגיה בגרעין. קבלת ניקל - 48 היה עוד ניצחון לתיאוריה האלגנטית של רמות האנרגיה בגרעין האטום.

מריה גופרט מייר (Maria Goeppert-Mayer) 1906 - 1972

בשנת 1963 קיבלו הנס ג'נסן ומריה גופרט מייר פרס נובל לפיזיקה, על פיתוח מודל רמות האנרגיה הגרעיניות. מריה נולדה כבת יחידה להוריה בשלזיה העליונה, אז גרמניה והיום חלק מפולין. כשהייתה בת ארבע, עברה המשפחה לגטינגן, עיר אוניברסיטאית מפורסמת. במסגרת לימודיה עסקה בחקר האטום והגרעין. את תואר הדוקטור קבלה על עבודה במכניקת הקוונטים. שנה לפני תום לימודיה, שכר חדר בבית משפחתה ג'וזף מייר, סטודנט מאוניברסיטת ברקלי שבא ללמוד שנה בגטינגן. בין הצעירים התפתח רומן, והשניים התחתנו במהלך אותה שנה.

לאחר סיום לימודיה, עבר הזוג לבולטימור, מרילנד. שם מונתה לפרופסור חבר בכימיה באוניברסיטת ג'ונס הופקינס. מייר פוטר מג'ונס הופקינס בשנת 1939, מסיבות אקדמיות לכאורה. מאוחר יותר התברר, שההנהלה חיפשה סיבות לטיהור הקמפוסים מקומוניסטים, מיהודים, מקתולים, מנשים ומזרים. היא קיבלה משרת מרצה לכימיה באוניברסיטת קולומביה, לאחר שראש המכון לפיזיקה הבהיר לה שאינה רצויה במחלקתו. בשנת 1941 קיבלה

גופרט מייר משרת הוראה חלקית בניו יורק. שנה לאחר מכן צורפה לקבוצה סודית, שעסקה בהפרדת איזוטופים ופיתחה את הפצצה האטומית. סוף סוף הייתה למריה גופרט מעבדה משלה. לרוע המזל, המתח של המאמץ המלחמתי גם לה לעשן בשרשרת ולשתות לשכרה.

בסוף מלחמת העולם השנייה עברה כל הקבוצה לאוניברסיטת שיקגו, שם קיבלה משרה אך לא משכורת. מאוחר יותר הציע לה אחד מתלמידיה, בוב זקס, חצי משרה בשכר, במעבדה הלאומית אורגון, שם חקרה את מקור היסודות הכימיים. כחלק מהמחקר, היא בחנה את שכיחות היסודות ביקום וגילתה, שככל שהמספר האטומי עולה, שכיחות היסודות יורדת. ואולם, היא שמה לב, שאיזוטופים מסוימים שכיחים יותר מהמצופה. כך גילתה את "מספרי הקסם" ופיתחה את מודל מבנה הרמות בגרעין. בנפרד, הגיע גם הנס ג'נסן מאוניברסיטת היידלברג שבגרמניה לאותה המסקנה. לאחר פרסום עבודותיהם הנפרדות, הם החלו לשתף פעולה ופרסמו יחד מאמר על התיאוריה של מבנה רמות הגרעין. בשנת 1959, עבר הזוג מייר לאוניברסיטה של קליפורניה בלה הויה, ורק אז, בגיל 53, קיבלה גופרט-מייר משרת פרופסור בשכר מלא. לרוע המזל, בהגיעה לקליפורניה חלה הרעה במצבה הבריאותי, היא קיבלה שבץ ופיתחה בעיות לב, שגרמו למותה בשנת 1972, בסך דייגו.

מטרות נבחרות לעבודת מעבדה בלימודי מדע למורי המדעים בכלל והכימיה בפרט

**לקדם את ההתפתחות האינטלקטואלית של התלמיד
לשפר ולהגביר את התפיסה של מושגים מדעיים
להביא את התלמידים לכדי הבנת המדע והשיטות המדעיות
לפתח מיומנויות של פתרון בעיות
לפתח מיומנויות לביצוע חקר מדעי
לפתח מיומנויות של ניתוח נתונים
לפתח מיומנויות תקשורת
לפתח מיומנויות של עבודה בקבוצה ושיתוף פעולה
לשפר את היחס למדעים
להביא את התלמיד למצב שבו יבין את סביבתו ולפתח אצלו
גישה חיובית כלפי הרעיון לנסות ולהשפיע עליה.**

לפי:

V. Lunetta, a. hofstein, G. Giddings, "Evaluating Laboratory Activities", *The Science Teacher*, 48:1, January 1981, pp.22

ההיבטים הבריאותיים של ממתקים מלאכותיים



פרופ' רפאל איקן

המחלקה לכימיה אורגנית, האוניברסיטה העברית, ירושלים



ה ערגה לטעם המתוק אופיינית לבני אדם. אפילו התינוק מגיב בחיור קל של הנאה לטעם המתוק.

כבר בשבטים הקדומים היו מודעים לעובדה שטעם מתוק מעיד על מזון אכיל. לרוע המזל, צריכת יתר של סוכר מקושרת למחלות כרוניות כמו השמנה, סוכרת ומחלות לב. בטבלה הבאה מובאת עוצמת המתיקות של מבחר ממתקים טבעיים ומלאכותיים. (יחסית לגלוקוזה שנקבעה כ-100).

עוצמת המתיקות	ממתיק
16	לקטוזה
32	מלטוזה
40	קסילוזה
54	סוביטול
100	גלוקוזה
173	סוכרוזה
3000-8000	ציקלמט
5000	אמוניום גליצריזין
10,000	גרינגין דהידרוכלקון
10,000-20,000	אספרטם
30,000	סטיביוסד
20,000-70,000	סכרין
300,000	מונילין
400,000	1-N פרופוקסי-2-אמינוניטרובנזן
	מתיל אסטר של אספרטיל פניציל
3,300,000	חומצה אמינית מלונית

ממתקים לפי סדר עולה של עוצמת המתיקות

חולי סוכרת ואנשים שרוצים להפחית ממשקלם, נוהגים לצרוך ממתקים מלאכותיים, בעלי ערכים קלוריים נמוכים, פוטנציאל קריוגני* נמוך ואפקט נמוך על הפרשת אינסולין וחומרים המשפיעים על התיאבון.

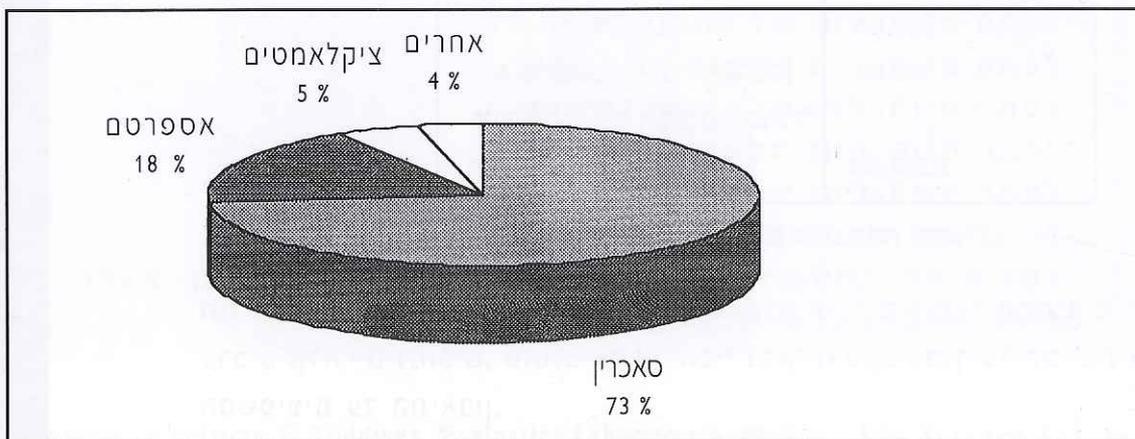
* קריוגני - לא משפיע על גרעין התא

על האספרטם ובעיותיו

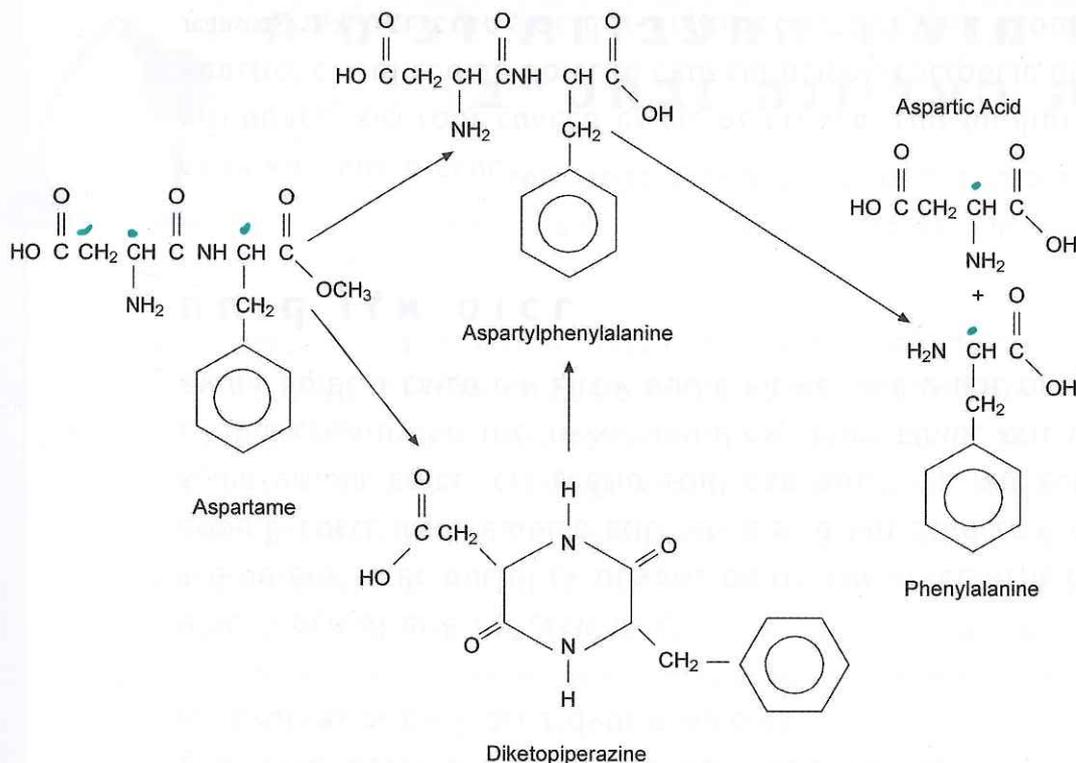
לאחרונה התבשרנו, כי צריכת יתר של הממתיק אספרטם עלולה לפגוע בזיכרון. אספרטם קנה לעצמו שם של ממתיק האחראי לכ- 75 סוגים שונים של תסמינים, ובהם כאבי ראש, סחרחורת, כאבי בטן, שלשול, הקאות, בעיות שינה וראייה, שינויים בקצב הלב, תסמינים נוספים פסיכולוגיים, ואף אפילפסיה. כל אלה כלולים בתלונות שנתקבלו במנהל המזון והתרופות האמריקני (FDA) במרוצת הזמן.

בשנת 1989, למשל, קיבלה ה-FDA 4600 תלונות על השפעות בריאותיות שליליות של אספרטם. יש לציין, שחלק מהתופעות האלה תלויות בצריכה היומית של האספרטם, ומקורה של זו בעיקר במשקאות הדיאט למיניהם. שלטונות הבריאות האמריקניים מטילים מדי פעם "חרם" על ממתקים מלאכותיים, כפי שנעשה לגבי סכרין וציקלמט. הדבר נעשה על סמך תוצאות ניסויים שמגלות השפעות שליליות על בריאותם של בעלי חיים. לאנשים הלוקים במחלה התורשתית פנילקטונוריה (PKU) אסור להשתמש בממתיק זה, ואיסור זה אכן רשום על בקבוקים המכילים אספרטם (כמו קולה ומשקאות תוססים אחרים).

אספרטם מתפרק לאט בטמפרטורת החדר, אך מהר למדי בטמפרטורות גבוהות, ולכן אינו מתאים לאפייה. במזון ובמשקאות בעלי pH חומצי, אחסון לזמן ממושך וחשיפה לחום, גורמים להידרוליזה של הקשר האסטרי שבמולקולת אספרטם ולהיווצרות דיפפטיד, אספרטיל פנילאלנין ומאתנול. מנגנון נוסף בהגרעת (degradation) אספרטם הוא אלימינציה של מאתנול. בתהליך הציקליזציה של אספרטם, ויצירת דיקטופיפראזין העשוי לעבור הידרוליזה לחומצה אספרטית ופנילאלנין. כל המוצרים האלה אינם מתוקים, ואכן, מיני מזון ומשקה הממותקים באספרטם עשויים לאבד ממתקותם באחסון ממושך. למרות הבעייתיות של האספרטם, זהו ממתיק מלאכותי נצרך מאד בעולם, כפי שאפשר לראות בתרשים:



תרשים 1. צריכה עולמית של ממתקים מלאכותיים



תרשים 2. מעגל התגובות של אספרטם

על הסוכרת ובעיותיה

סוכרת היא מצב כרוני, שממנו סובלים כ- 50 מיליון איש בעולם. היא מתבטאת ברמה גבוהה מדי של גלוקוזה בדם. במצב תקין, הורמון האינסולין המופרש מבלוטת הלבלב מווסת את רמת הגלוקוזה. כאשר כמות האינסולין קטנה, או כשהגוף אינו מגיב אליו באופן תקין, השרירים והכבד אינם מסוגלים להשתמש בגלוקוזה, רמתה בדם עולה מאוד, והיא מופרשת בשתן. כמות השתן גדלה, ובגוף נוצר יובש. כתוצאה מכך, השרירים מפרקים מאגרי שומנים וחלבונים לשם יצירת אנרגיה. חלה גם ירידה במשקל הגוף. כתוצאה מסיבוכים אפשריים, ייתכנו אף התקפי לב, פגיעה בפעילות הכליות ונזק לרשתית העין. לחולי סוכרת מומלץ לשמור על משקל גוף קבוע. ידוע, כי שמירת דיאטה אינה דבר קל, והיא קשה שבעתיים לאנשים הסובלים מסוכרת, אשר חייבים לנקוט זהירות יתר בהרגלי האכילה והשתייה שלהם. על כן, מומלץ להם להשתמש בממתיקים דלי קלוריות.

השימוש בממתיק טבעי, כמו פרוקטוזה, אינו צורך אינסולין. סורביטול וקסילטול הנם סוכרים כוהליים אליפטיים המצויים בפירות ובירקות. היתרון בשימוש בממתיקים כאלה הוא בכך שהם נספגים פחות, ורמת הגלוקוזה בדם אינה עולה באופן משמעותי.

Neosugar היא תערובת של פרוקטו-אוליגוסכרידים, המצויים בצמחים כגון בצל ושורש אספרגוס. כן ניתן להפיקם מסוכרוזה באמצעות פרוקטוזילטרנספריזה פטרייתית. Neosugar אינו מתעכל ואינו נספג במערכת העיכול של בני אדם. רמת מתיקותו היא בשיעור של 40 עד 60 אחוז משל סוכרוזה.

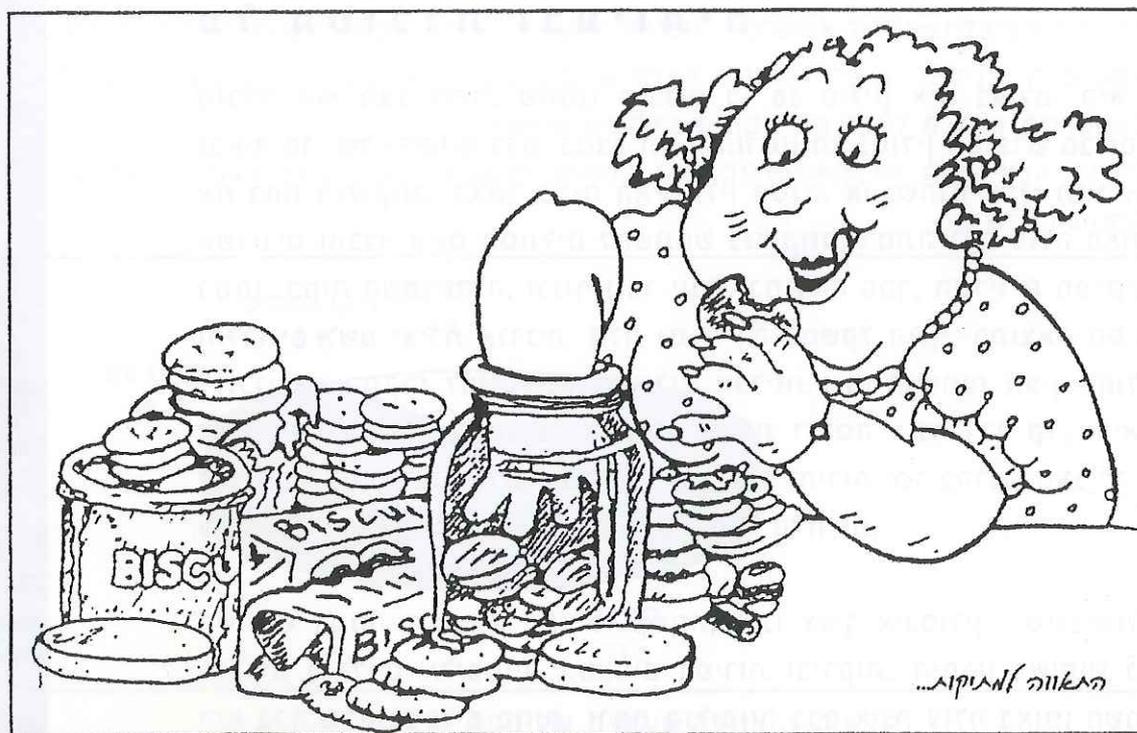
מתוק ולא סוכר

שאיפת החוקרים בעולם היא למצוא ממתיק אידיאלי, שיהיה חסר טעם לוואי, דל קלוריות, לא מזיק לבריאות, יציב וזול. מציאת ממתיק כזה חשובה במיוחד עבור חולי סוכרת, שנאסר עליהם השימוש בסוכר. כדי להקנות למזון טעם מתוק, ועם זאת למנוע את כניסתו של הממתיק למעגל חילוף החומרים בגוף, הגו חוקרים אמריקניים רעיון של בניית מולקולות ענק מתוקות, שעקב ממדיהן לא תתאפשר ספיגתן במעיים. כך יורגש טעם מתוק בפה, אך החומר יופרש מן הגוף בלי לעבור שינוי.

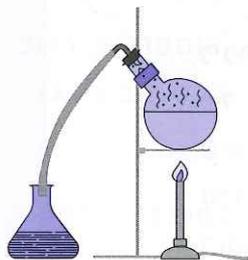
זהו מאמר שלישי מתוך סדרת מאמרים שהופיעו:

מאמר ראשון בסדרה זו ראה ידיעון 83, 2000, עמודים 23-26

מאמר שני בסדרה זו ראה ידיעון 84, 2001, עמודים 43-46



פרויקט מזעור המעבדות לכימיה בחטיבה העליונה ובחט"ב



זהבה ליבנה, ד"ר מרדכי ליבנה וד"ר פרסקי רחל
המחלקה לכימיה והמרכז להוראת המדעים, אוניברסיטת בר-אילן,

החל מהמאה ה-19, התבססו מעבדות ההוראה המסורתיות בכימיה (בעיקר בכימיה אורגנית) על עבודה עם כימיקלים בכמויות של מולטי גרמים. בתחילת שנות ה-80 של המאה ה-20, פותחה לראשונה גישה חדשנית להוראה במעבדה, כשהרעיון העומד מאחוריה הוא "מזעור". המעבדה הממוזערת נחשבת על ידי רבים מאנשי המקצוע כ"החידוש הגדול" ביותר בתחום הוראת המעבדות בכימיה מאז ומעולם. במעבדה הממוזערת עובדים עם כמויות חומרים הקטנות פי 100 - 1000 בהשוואה לכמויות שבהן השתמשו ועדיין משתמשים במעבדה המסורתית. מדובר בעשרות עד מאות מיליגרמים במעבדה הממוזערת בהשוואה לגרמים בודדים ועד עשרות גרמים במעבדה המסורתית. לצורך ביצוע ניסויים בכמויות כה זעירות, פותחו במקביל לניסויים גם מערכות כלים מתאימות. באוניברסיטאות ובמכללות רבות בעולם מתקבלת גישה זו בהתלהבות.

רקע: מעבדות ההוראה בכימיה

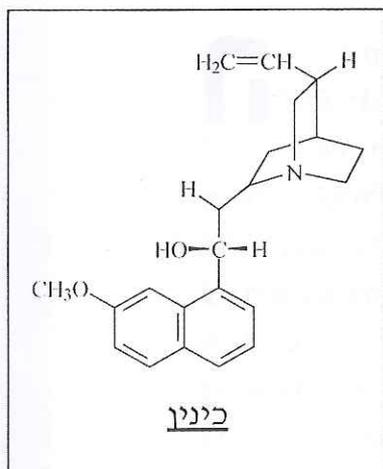
העבודה המעשית במעבדה מהווה מרכיב מרכזי בתכנית הלימודים האקדמית לסטודנטים לכימיה. המעבדה היא למעשה "סטאז'" של הסטודנט, שבו הוא רוכש מיומנות בטכניקות ושיטות עבודה. כמו כן, מומחשים במעבדה באמצעות הניסוי, עקרונות וחוקים שנלמדים בקורסים התיאורטיים הניתנים במקביל.

בטבלה הבאה מובאות הכמויות של חומרי המוצא לשתי תגובות קלאסיות בכימיה אורגנית, כפי שנכתב בספרי מעבדה פופולריים משנים שונות.

השנה	הכנת אצטאניליד מאנילין (כמות חומר מוצא (גרם))	חימצון בנזאלדהיד (כמות חומר מוצא (גרם))
1902	46.2	50.0
1915	25.0	25.0
1933	25.0	10.0
1941	20.0	16.0
1980	10.0	10.0

ניכרת אמנם ירידה בכמות חומרי המוצא במהלך השנים, אך עדיין הכמויות הן בסדר גודל של עשרות גרמים. הסיבה העיקרית לעבודה בכמויות כאלה נבעה מאופי העבודה. בעבר, שיטות הזיהוי של חומרים אורגניים התבססו, בשלב ראשון, על פרוק כימי של מולקולות לפרגמנטים, מולקולות קטנות יותר, או על יצירת נגזרות כימיות של החומר. בשלב שני, הושו התכונות הפיזיקליות של הפרגמנטים או של הנגזרות שהתקבלו, עם תכונות פיזיקליות של חומרים ידועים. אחר כך, כמו ב"פזל", נקבעה נוסחת המבנה של החומר המבוקש. כך,

במשך עשרות שנים, נדרשו בדרך כלל לקביעת נוסחה של חומר כמויות עצומות של חומרים. הסיפור הבא ממחיש זאת היטב.



בשנת 1630 גילו הספרדים שהגיעו לדרום אמריקה, שתמצית עלים של עץ הצינקונה, הגדל בהרי האנדים בפרו, עוזרת לרפא חולים ממחלת המלריה. רק בשנת 1820 בודד החומר הפעיל בתמצית, שנקרא בשם כינין. השלב הבא במחקר היה לקבוע את נוסחת המבנה של כינין, ולמשימה זו נרתמו טובי הכימאים בעולם (בעיקר גרמנים). למעלה משני דורות עברו ונדרשו כמויות עצומות של כינין עד שפוענח המבנה בשנת 1908. בהמשך, ניסו הכימאים להכין

כינין סינתטי במעבדה, ובשנת 1944 הצליחו בכך האמריקאים וודוורד (חתן פרס נובל) ופון-דרינג.

בשנות הששים של המאה ה-20 התפתח מאד השימוש בספקטרוסקופיה ונבנו מכשירי זיהוי בעלי עוצמה אדירה (בעיקר בתחום התהודה המגנטית הגרעינית, NMR). כתוצאה מכך, שיטות הזיהוי נעשו מהירות הרבה יותר ונדרשו לשם כך כמויות קטנות בהרבה של חומרים. בימינו, דרושים לכימאי אורגני רק מיליגרמים בודדים של חומר וכמה שעות של עבודה לכל היותר, כדי לקבוע את נוסחת המבנה של חומר בלתי ידוע בדרגת מורכבות הדומה לזו של הכינין.

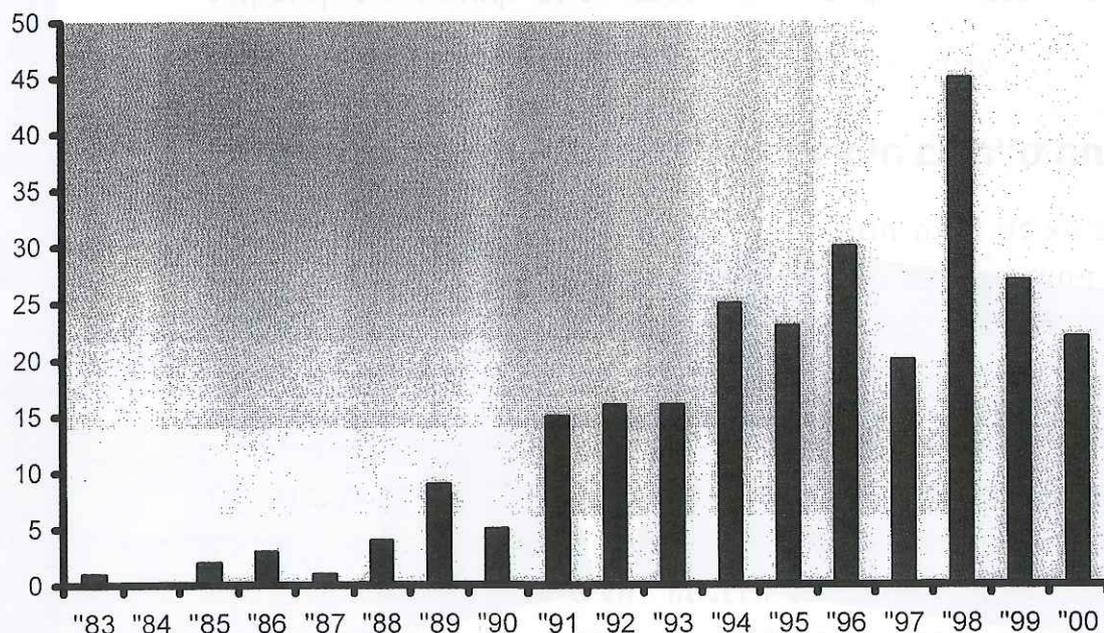
פיתוח מכשור אנליטי והשימוש במאזנים אנליטיים דיגיטליים, הביאו כמה מן העוסקים בהוראת הכימיה (במעבדה) להרהר מחדש בנושא הניסויים. כתוצאה מכך פותחה שיטת המזעור.

גישה זו פותחה במקביל במקומות שונים בעולם ולא במקרה החלו בניסויים דווקא בכימיה אורגנית. נכתבו ספרי מעבדה חדשים ופותחו מערכות כלים ממוזערות המתאימות לניסויים. במשך 10 השנים האחרונות, מתנהלות באופן שוטף במכללת Merrimack, (המכון הלאומי האמריקאי למזעור מעבדות), סדנאות למעבדה ממוזערות, בהן משתתפים כימאים ומורים לכימיה מארה"ב ומחוצה לה.

גישת המזעור מתפתחת היטב גם בסין, הולנד, שבדיה, אוסטריה, מכסיקו, אוסטרליה, דרום-אפריקה, מצרים, בריטניה ועוד. בסוף שנת 2001 יתקיים בהונג-קונג הכנס הבינלאומי הראשון שיוקדש כולו לנושא המעבדה הממוזערת.

בישראל מתקיימים, בשלב זה (למיטב ידיעתנו), קורסים העושים שימוש במעבדה ממוזערת רק באוניברסיטת בר-אילן. הקורסים ניתנים כרגע בכימיה אורגנית בלבד, אך בכוונתנו למזער בשנים הקרובות גם קורסי מעבדה נוספים בכימיה כללית ואנאורגנית ובביוכימיה.

על הפופולריות של המעבדה הממוזערת תעיד גם העובדה, שבירחון החשוב להוראת הכימיה, *Journal of chemical education*, מוקדשת בקביעות פינה מיוחדת למעבדה הממוזערת. כמות הפרסומים בנושא גדלה בהדרגה החל משנות השמונים, וכיום היא התייצבה על כמה עשרות מאמרים בשנה, כמתואר בתרשים הבא.



מספר המאמרים ב- *J. Chem. Ed.* העוסקים במעבדה הממוזערת בשנים 1983-2000

את הסיבות לפופולריות הרבה שבה זוכה המעבדה הממוזערת ניתן להבין היטב לאור היתרונות הרבים שהיא מציעה.

יתרונות העיקריים של המעבדה הממוזערת:

1. **רמת בטיחות גבוהה:** בשל הכמויות הקטנות של הכימיקלים בהם משתמשים, מצטמצם מאד הסיכון לשריפות, פיצוצים, ומגע עם כימיקלים רעילים.
2. **חיסכון רב בעלות הכימיקלים, עלות הציוד ועלות אנרגיה:** על פי חישוב שעשה משרד האנרגיה האמריקני, ההשקעה הראשונית במעבדה הממוזערת מחזירה כבר בשנה הראשונה 86 סנט לכל דולר מושקע.

3. **קיצור משמעותי של זמן הניסוי:** במעבדה הממוזערת מתקצרים זמני הניסוי בפקטור של 1.5-10. עובדה זאת מאפשרת למורה ה"קצר בזמן", לשבץ ניסויים רבים יותר במהלך ההוראה שלו.
4. **ניצול יעיל יותר של כיתות המעבדה, וחדרי (ארוכות) האחסון של הכימיקלים והציוד.**
5. **ירידה דרסטית בכמות הפסולת המצטברת ובשברי כלים.**
6. **חינוך לעבודה מדויקת, חינוך לחיסכון, לבטיחות ולמודעות גדולה לנושאים של איכות סביבה.**

מבחינה דידיקטית הוכח, (בעולם וגם באוניברסיטת בר-אילן), שהעבודה במעבדה הממוזערת אינה פוגעת במטרות החינוכיות ובהישגי התלמיד. ההפך הוא הנכון. במעבדת הממוזערת ניתן בדרך כלל להתמקד בניסוי עצמו וללא התעסקות יתר בבניית מערכות גדולות, דבר התורם לשיפור ההישגים הדידיקטים ולהפנמת החומר.

שילוב המעבדה הממוזערת בלימודי הכימיה בביה"ס התיכון ובחט"ב.

חלק ממטרות המעבדות בביה"ס התיכון העיוני, שונות מאלה של אוניברסיטאות ומכללות. רוב תלמידי התיכון אינם מיעדים לעצמם את הכימיה כמקצוע לעתיד, ולפיכך ברור שאין לביצוע המעבדות שום תפקיד ספציפי של הכשרה טכנית. מטרת המעבדה בביה"ס היא לאפשר לתלמיד התנסות אישית בנושאים התיאורטיים שלמד בכיתה ועל ידי כך להמחיש, להבין ולהפנים את החומר המופשט טוב יותר.

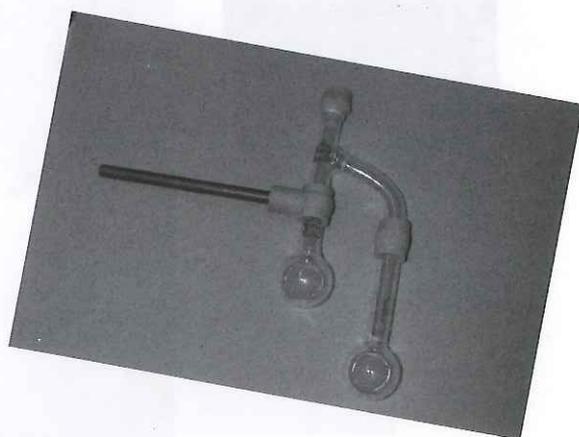
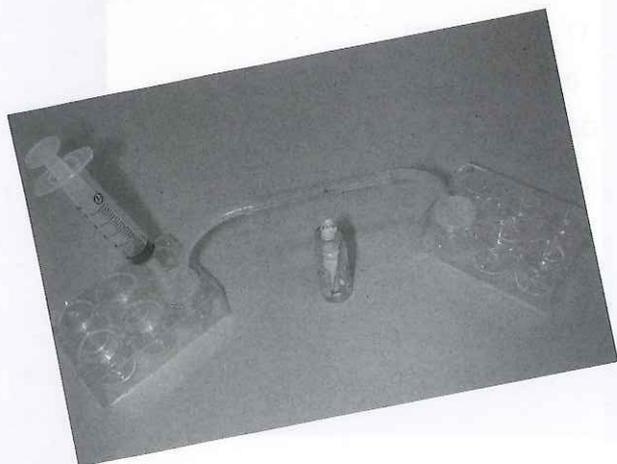
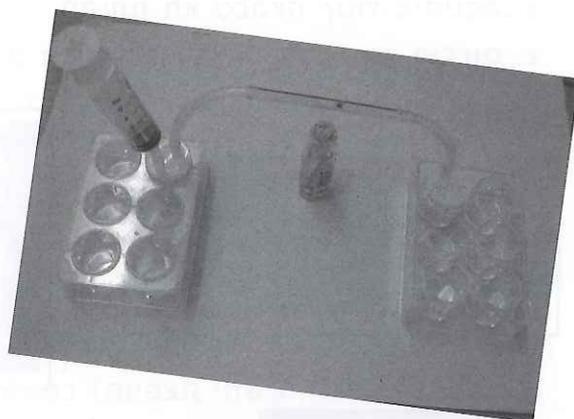
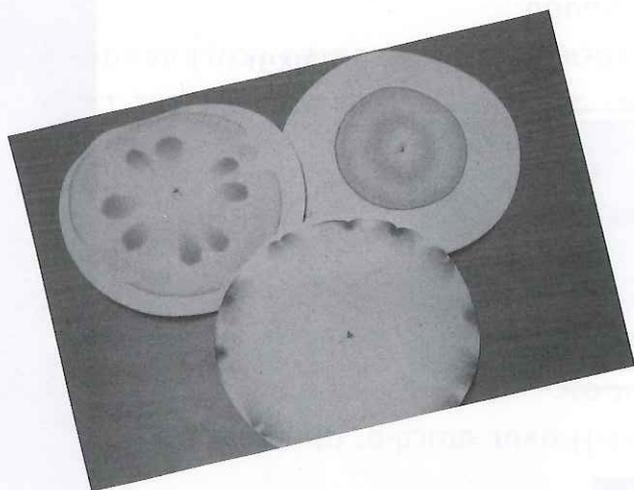
לפי תוכנית הלימודים בכימיה לחטיבה העליונה (תשמ"ז), שהוכנה ע"י ועדת המקצוע לכימיה, קיימת המלצה ששליש מסה"כ השעות המוקצבות ללימודי הכימיה יתקיים במעבדה. בדרך כלל אין זה כך ומצב שיעורי המעבדה בבתי הספר התיכוניים כיום אינו טוב. קיום שיעורי מעבדה נתון למעשה לרצונו הטוב של המורה, ומכיוון שאין בחינה במעבדה, מורים רבים ממעטים לקיים אותה. כמו כן, קשה למורים לקיים שיעורי מעבדה באופן סדיר בגלל חוסר זמן, בעיות מיקום, עלות כימיקלים וציוד, בעיות בטיחות ורשימות הולכות ותופחות של חומרים אסורים בשימוש. אמנם יש "תחליפי מעבדה" כגון סרטים, הדגמות ושימושי מחשב, אבל עם כל נחיצותם של אלה לגיוון ההוראה, נדרשת גם ההתנסות האישית עצמה, שאין לה תחליף. בפיקוח על הוראת הכימיה מבינים זאת היטב, ובחזונה של המפמ"רית ד"ר ניצה ברנע, יוצעו בעתיד (תשס"ג?) לבתי הספר שלוש "תוכניות מעבדה" כדלקמן:

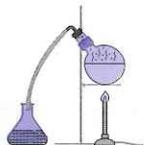
1. ניסויים ממוחשבים (יפותחו בטכניון).
2. ניסויי חקר (פותחו במכון וייצמן למדע).
3. ניסויים ממוזערים (יפותחו בבר-אילן).

עד סוף שנת 2002 אנו מתכוננים (במימון המל"מ) להפיק חוברת מעבדה (ומדריך מפורט למורה), בהם ירוכזו כמה עשרות ניסויים ממוזערים, המשתלבים בתוכניות הלימוד החדשות, שנכתבות בימים אלה על ידי צוותים ממכון ויצמן למדע והאוניברסיטה העברית בירושלים. במקביל לניסויים עצמם תפורסמה המלצות למערכות כלים מתאימות, תוך שימת דגש על עלויות נמוכות.

כדי להציג ביתר פרוט את גישת המעבדה הממוזערת בפני מורי הכימיה בישראל, התחלנו, במקביל לפיתוח הניסויים, להעביר הרצאות וסדנאות בנושא בכל הארץ. עד כה כבר הספקנו להיות בירושלים, בבאר שבע ובחיפה, והרושם שקבלנו מתגובות המורים למעבדה הממוזערת, הוא בדרך כלל חיובי מאד.

להלן מהלך העבודה של שני ניסויים ממוזערים (בעלות נמוכה) שניתן ליישם בקלות בבתי הספר:





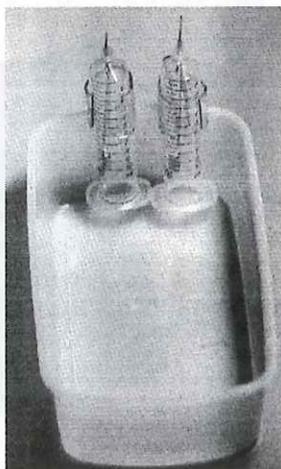
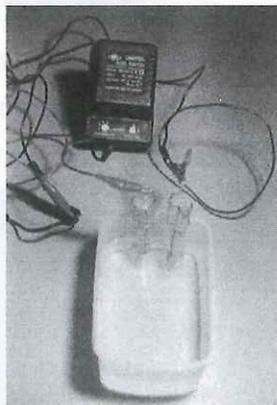
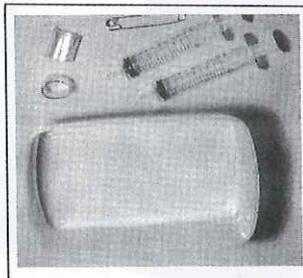
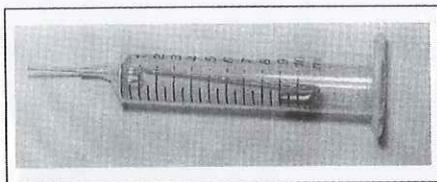
ניסוי מספר 1 - אלקטרוליזה של מים

שאלת התמקדות: מהם התוצרים המתקבלים באלקטרוליזה של מים?

ציוד וחומרים: (ראו תמונה)

- אמבט פלסטיק (בנפח של כ-300 מ"ל)
- 2 אלקטרודות שהוכנו ממזרקי פלסטיק (10 מ"ל) וסיכות בטחון.
- 2 מהדקים גדולים (paper clips)
- 2 צינוריות פלסטיק (המשמשות לניקוז מזגנים) חתוכות לאורכן (באורך של כ-2 ס"מ)
- ספק מתח (המספק מתח של 12 V)
- זוג תנינים
- מצית (סיגריות)
- כ-250 מ"ל תמיסת נתרן פחמתי (קרבונט) (Na_2CO_3 , 5-10 %)

תיאור מערכת הניסוי:



הכנת שתי האלקטרודות:

- לוקחים סיכת ביטחון, פותחים ומיישרים אותה.
- מוציאים את הבוכנה מהמזרק. מכניסים את סיכת הביטחון למזרק כך שחוד הסיכה יוצא מפתחו הצר (שם "מולבשת", בדרך כלל, המחט).

- דוחפים את סיכת הביטחון ככל האפשר לפתח המזרק, ומחזיקים אותה באצבע כך שלא תזוז. מחממים בזהירות עם המצית את קצה המזרק, עד שהפלסטיק ניתך מעט ומולחם סביב סיכת הביטחון. יש להקפיד להמשיך ולאחוז בסיכה עוד כ- 2 דקות, עד שהמזרק מתקרר.

- בעזרת קוטם (cutter), קוטמים את חוד הסיכה (משאירים כ- 2 ס"מ).
- מכינים אלקטרודה נוספת באותה השיטה.

מהלך העבודה:

1. מצמידים את צינוריות הפלסטיק לדופן האמבט מפנים, בעזרת המהדקים.
2. מכניסים לתוך האמבט את תמיסת הנתרן הפחמתי.
3. טובלים את "מזרק-אלקטרודה" בתמיסה וממלאים אותו כולו בתמיסת הנתרן הפחמתי. מכניסים את המזרק המלא, כשהפתח כלפי מטה, לתוך צינורית הפלסטיק שעל דופן האמבט (כמתואר בתמונה).
חוזרים על התהליך עם האלקטרודה השנייה.
4. מחברים תנין אחד היוצא מן הספק לאלקטרודה האחת, ואת התנין השני לאלקטרודה השנייה.
5. מחברים את המערכת לספק המתח (9V-12), ומתחילים באלקטרוליזה. רושמים את התצפיות (לפחות שתי תצפיות) במהלך הניסוי.
6. כאשר הנוזל נדחה לחלוטין (או כמעט לחלוטין) מאחד המזרקים, מנתקים את המזרק מן התנינים.
7. מוציאים את המזרק המכיל מימן מהאמבט מבלי להפוך אותו.
8. מקרבים מצית דולק למזרק שבו המימן. נשמע פיצוץ קל (לא מסוכן).
9. מוציאים את המזרק שבו החמצן ומכניסים קיסם עומם. רושמים תצפיות.

הערות: ניתן לקשור את הניסוי לנושאים נוספים כגון: חמצן-חיזור, תאים אלקטרוכימיים, תאי דלק, התנהגות גזים וכו'.



ניסוי 2 - פעפוע (דיפוזיה) של הגזים כלור ואמוניה

ציוד וחומרים:

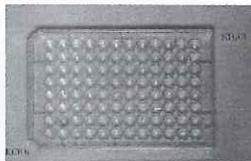
- צלוחית פלסטיק שבה 96 באריות טיפין קטנות (well plates) + מכסה
- $KClO_3$ מוצק - כמה מיליגרמים
- NH_4Cl מוצק - כמה מיליגרמים
- תמיסות HCl ו- $NaOH$ 16M - כמה טיפות
- תמיסת אינדיקטור (פנולפתלאין/ KI /עמילן); אופן ההכנה: מוסיפים 62 מ"ג עמילן ל-10 מ"ל מים חמים. מרתיחים ומעבירים לבקבוק מדידה של 25 מ"ל. לבקבוק המדידה מוסיפים 42 מ"ג KI ו-2-3 טיפות של תמיסת פנולפתלאין מרוכזת. משלימים עם מים לנפח כולל של 25 מ"ל.
- 2 טפי זכוכית

מהלך העבודה:

1. בעזרת החלק הרחב של טפי זכוכית, מוסיפים כמה גרגרי $KClO_3$ מוצק לבארית שבקצה האחד (שמאלי תחתון) של התבנית, וכמה גרגרי NH_4Cl מוצק לתבנית שבקצה הנגדי (ימני עליון).

אחרי 2 דקות

אחרי 1 דקה



2. מוסיפים טיפת תמיסת אינדיקטור לבאריות המסומנת ב-X בתרשים הנתון (אפשר לסדר את ההוספה בצורה אחרת). הערה: האינדיקטור מכיל פנול-פתלאין, ההופך אדום בבואו במגע עם אמוניה, ותמיסת יוד/עמילן, ההופכת כחולה במגע עם כלור.

אחרי 5 דקות

אחרי 4 דקות



3. מוסיפים (בו זמנית, ככל האפשר) טיפת HCl לבארית שבה ה- $KClO_3$, וטיפת תמיסת $NaOH$ לבארית שבה האמוניום כלוריד. סוגרים את המכסה. מודדים זמן.

4. מתבוננים בהתפתחות הצבעים בבאריות עם האינדיקטור במשך כ-10 דקות.

תוצאות: להלן 4 תמונות המתארות את התפתחות הצבעים בבאריות שבהן נמצא האינדיקטור. התמונות צולמו על פני כ-5 דקות, והן מוכיחות את תהליך הפעפוע.

הערות: ניסוי זה קשור בעקיפין גם לנושאים כמו חומצה-בסיס וחמצון-חיזור. כמו כן, כדאי לשים לב לתלות עוצמת הצבע במרחק ממקור היווצרות הגז, ולעובדה שגז האמוניה מהיר יותר בתנועתו (מסה מולרית קטנה יותר).



מה הקשר בין מלח בישול לאלקטרוליזה ולרחצה בבריכה?

הצעה לפעילויות בכיתה

הפעילויות פותחו על ידי ד"ר מירי קסנר, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

את הפעילויות הבאות ניתן לשלב בנושאים הבאים:

- יסודות: תכונות, דרכי הפקה ושימושים (הכלור כדוגמה)
- חומרים יוניים ותהליכי אלקטרוליזה בנתך/בתמיסות
- חיטוי מים; ביוצידיים; תכונות הכלור כביוצידי
- חמצון-חיזור; חומרים מחמצנים ומחזרים; תהליכי ייצור המבוססים על תהליכי חמצון-חיזור
- כימיה בחיי היומיום
- תעשייה כימית: תהליכים, מוצרים ושימושים.

אתרי אינטרנט קשורים:

מפעלי ים המלח

<http://www.dsw.co.il>

מפעלים אלקטרוכימיים בע"מ

<http://www.eil.co.il>

הכלור: אתר באנגלית - ארגון הכלור

<http://www.cl2.com/>

קראו את הכתבה: "תוסיף לי קצת מלח לבריכה", שהופיעה בגיליון אוגוסט-ספטמבר, 1997 של "ירוק, כחול לבן", דו-ירחון לאיכות חיים וסביבה.

- א. הכינו רשימת מושגים חשובים ובארו אותם.
- ב. רשמו שאלות שעולות אצלכם תוך כדי קריאת הכתבה.

תוסיף לי קצת מלח לבריכה

חיטוי בריכות השחייה הכרחי לשמירה על בריאות המתרחצים. במרבית המקרים משתמשים בכלור, שהוא חומר מסוכן לרוחצים ולסביבתם. כעת מגיע לארץ תחליף יעיל לא פחות, אבל בטוח וידידותי בהרבה לסביבה.

השתכשכות במימי בריכת השחייה, פרטית או ציבורית, מתקשרת עם פעילות של כיף ופינוק - אך גם עם ריח כלור, צריבה בעיניים ובגדים שהתבלה טרם זמנו. כלור מצוי בשלושה מצבי צבירה - גז, נחל ומוצק. הריכוז המותר של כלור בבריכה נע בין 0.8 ל-3 חלקים למיליון.

חיטוי מימי הבריכה בכלור נועד לחסל חיידקים, נגיפים וחד-תאיים גורמי מחלות, אשר עלולים להימצא במים. אך תחקיר שערך העיתון "ידיעות אחרונות" בקייץ שעבר, העלה מימצאים מדאיגים ביותר. לדברי העיתון, בריכות השחייה הפסטורליות הן, למעשה, חבית של חומר נפץ. בחדרי המכונות שלצד כל בריכה מאוחסנים בלונים גדולים של גז כלור - המוגדר כחומר מסוכן ביותר. כל תקלה בציוד או באחזקתו, עלולה לגרום הרעלה מיידית. ממסמכים של פיקוד העורף, המקיים מעקבים על דליפות כלור בארץ, עולה, כי עשרות ואולי מאות אנשים נפגעים מדי שנה מהרעלות כלור בבריכות השחייה. אחד המקרים שעלו לכותרות אירע לפני שנתיים במלון "פאלאס" באילת. נהג מיכלית, שהוביל כלור נוזלי לבריכת המלון, חיבר את צינורות המילוי למיכלים הממוקמים במרתף. עקב תקלה חדר כלור למיכל סמוך, שבו אוחסנה חומצת מלח. תגובה כימית בין החומצה לכלור גרמה להתפשטות ענני גז כלור, שחדרו למערכת מיזוג האוויר. התוצאה: 30 מאורחי המלון נפגעו משאיפת הגז ופוננו לבית-החולים.

בעקבות התאונות והכמעט תאונות, פירסם המשרד לאיכות הסביבה תקנות האוסרות לחלוטין על השימוש בגז כלור בבריכות, הנמצאות ברדיוס של 200 מטרים ממקום מיושב. לבריכות השחייה בבתי המלון הותר להשתמש אך ורק בכלור נוזלי, שאף הוא אינו בטוח לחלוטין.

הכלור מוגדר כחומר מסוכן לא רק עבור המתרחצים, אלא עבור ציבור רחב יותר הנמצא בקירבת מיתקן הכלודינציה, בלוני האיחסון הצמודים למיתקנים ונהגים בכבישים בהם נעות מכליות הכלור (משרד התחבורה הגביל את כניסתן למרכזי הערים לשעות מסוימות).

לפני כעשר שנים הונהגה בארצות-הברית, שיטה חדשה לחיטוי מי בריכות, פרטיות וציבוריות כאחד, בעלת יתרונות סביבתיים רבים. שיטה זו אף אושרה אשתקד על-ידי משרדי הבריאות ואיכות הסביבה לשימוש בישראל.

חברת מפל מציעה את שיטת החיטוי והטיהור הזאת, בעזרת מיתקן CLORMATIC, המוגדר כ"מיני מפעל" לכלודיזציה של המים. מדובר במערכת חכמה, המפיקה כלור מכמות קטנה של מלח המוסיף למי הבריכה. בתהליך חשמלי מיוחד ממחזרת המערכת את המלח לכלור, בכמות מספקת לטיהור מי הבריכה. הכלור הופך שוב למלח וחוזר חלילה.

וכך זה עובד, בשלבים: תחילה מוסיפים למימי הבריכה מלח בישול רגיל ביחס של 2500 חלקים למיליון (דרגת מליחות השווה לזו של כפית מלח בארבעה ליטרים מים, ודומה לזו של מי השתייה במקומות רבים בנגב).

בשלב השני מפעילים את ה"כלורמטיק", כשהמלח שבמים עובר דרך גוף המיתקן, הוא מומר לסודיום היפו-כלוריד, חומר המשמיד אורגניזמים לא רצויים במימי הבריכה, תוך שמירה על הרמה הסניטרית המיטבית של המים. המלח במים הוא כה עדין, עד כי אין כל תחושה של גירוי או צריבה בעיניים או בעור.

הסודיום היפו-כלוריד מחסל את הבקטריות והאצות, ואחר כך חוזר והופך למלח. הכל נעשה בשיטת 'המעגל הסגור', המנצלת שוב ושוב את המליחות הקיימת במי הבריכה.

מיתקן בקרה שומר על רמת המלח הנחוצה ועל חומציות סבירה של המים. תהליך זה מחטא ביעילות, כאמור, ללא פגיעה בעיניים, בעור ובבגד-הים וללא ריח כלור. יתרון נוסף של השיטה הוא במניעת סכנה לעובדי התחזוקה, ובהפחתת הצורך בשינוע ובאיחסון בלוני הכלור. אך, יש גם חיסרון: ההשקעה הראשונית בהתקנת המיתקן גבוהה יחסית, ומתאזנת עם הזמן, הודות לחיסכון בקניית בלוני כלור ובעלויות תחזוקה. עד היום הותקנו מערכות חיטוי על בסיס מלח בכ-250 בריכות שחייה פרטיות וב-30 בריכות ציבוריות, במוסדות ובמועדונים שונים.



ואני ידעתי שמלח
מוסיפים בבישול!

... עוד מעט נתחיל
לשתות מי מלח...

ג. ענו על השאלות הבאות:

1. מהי חשיבות החיטוי בבריכות השחייה?
2. הכלור משמש לחיטוי מים בכלל ולחיטוי מי-בריכות שחייה בפרט. רכזו את תכונותיו של הכלור ב"כרטיס". התבססו על התכונות וענו על השאלות הבאות:
 - מהן התכונות שעושות אותו מתאים לחיטוי מים?
 - מהן התכונות העושות אותו למסוכן?
 - מהן הסכנות הכרוכות בשימוש בכלור?
3. אילו אמצעים יש לנקוט כדי להתגבר על הסכנות הכרוכות בשימוש בכלור?
4. באיזו דרך פועל הכלור לחיטוי המים?
5. * מדוע יש, לדעתכם, בבריקה מכל עם מימן כלורי, HCl ?
6. * מהי התגובה העלולה להתרחש בעת "מפגש" בין מימן כלורי לכלור? האם תגובה זו מסוכנת?
7. מהי השיטה החדשה לחיטוי בריכות וכיצד היא פועלת?
נסחו את התהליכים המתרחשים.
8. מהם היתרונות של שיטה זו לחיטוי מים?
9. מהם החסרונות של שיטה זו לחיטוי מים?
10. בחנו את היתרונות והחסרונות ובחרו את השיטה שנראית לכם ביותר. נמקו.
11. האם קיימות שיטות נוספות לחיטוי מים?
12. נסו להעלות רעיונות לשיטות נוספות בעלות יתרונות ולאפיין אותן. הערה: גם אם אינכם מכירים חומרים או שיטות נוספות, נסו לחשוב על "השיטה האידיאלית" ולכתוב מה יהיו מאפייניה.
13. אילו שאלות נוספות עולות תוך כדי קריאת הכתבה?
14. אילו שימושים נוספים קיימים לכלור?

* שאלות לתלמידי י"א, י"ב

יותר טוב מסבון ומים

מאת נוח ברוש, מעריב, 29.10.2000

מחקרים חדשים שבוצעו בארה"ב וביפן מראים שיש צורה טובה יותר לשטוף פירות, ירקות ומצרכי מזון אחרים - ולא דווקא לעשות זאת במים וסבון.

אלקטרוליזה היא השיטה הטובה ביותר לשטיפת ירקות ופירות כדי להרחיק מהם מחוללים אפשריים של מחלות זיהומיות ■ המלחמה ב"מושבות חיידקים"

שמיים וארץ

סטיפה במים שעוברים אלקטרוליזה מבטיחה חיטוי טוב יותר של מוצרי המזון ועשויה להקטין את שיעור המחלות הזיהומיות המועברות באמצעות "מושבות חיידקים" בשכבה העליונה של פריטי המזון הנשטפים.

אלקטרוליזה היא תהליך שבו מועבר זרם חשמלי דרך נוזל. אפשר לבצע ניסוי פשוט בבית, כדי להדגים במה המדובר: מחדירים קצוות של חוטים מוליכי-חשמל לכוס מים, ואת הקצוות האחרים מחברים לקוטבי סוללה חשמלית. אם מוסיפים מלח ביסול למים - רואים בועות גז שמשתחררות ועולות אל פני המים. אלה הן בועות של הגז כלור - אחד משני היסודות המרכיבים את מולקולת המלח. גם במי ברז יש מלח ביסול - אמנם בכמות קטנה, אך די בה כדי לשחרר כלור בעת שמועבר זרם חשמלי דרך המים.

כאשר מבצעים אלקטרוליזה של המים, מעלים במידת-מה את כמות הכלור המומס שבמים. הכלור הוא גורם-חיטוי, כמו שיודעים כל השחיינים. משתמשים בכלור לעתים קרובות מאד לחיטוי מי הבריכות.

ניתן כיום להשיג מכשירים ביתיים המעלים את ריכוז הכלור החופשי שבמים, מבלי להוסיף להם כלור - והדבר נעשה רק באמצעות אלקטרוליזה. יחד עם הכלור מוסיפים למים אטומים אחרים - תוצאה של פירוק חשמלי של מולקולות שהיו מומסות במים. החוקרים גילו עתה שאטומים אלה אכן משפרים את כושר החיטוי של המים, ובכך יתרונה הגדול של שיטת האלקטרוליזה.

הניסיונות שהביאו למסקנה זאת בוצעו באוניברסיטת ג'ורג'יה בארה"ב ובאוניברסיטת קינקי, ביפן. החוקרים מדדו בהם את ריכוז החיידקים על פני ירקות שזה עתה נחתכו, וכן בבשר טרי ובביצים לאחר שנשטפו במים שעברו אלקטרוליזה.

השוואה עם אותם מוצרים ופריטי מזון שנשטפו בצורות גילות (מים וסבון בלבד), הראתה שריכוז החיידקים בפריטי המזון "שטופי האלקטרוליזה", היה נמוך בצורה משמעותית לעומת אלו שנשטפו רק במים וסבון רגילים. בניסוי שכלל עלי תרד, למשל, השיעור הגיע אפילו עד לפי מאתיים.

כמובן שלאחר השטיפה במים שעברו תהליך אלקטרוליזה יהיה צורך בשטיפה נוספת, במים רגילים - כדי להקטין את כמות הכלור שנדבקה למזון. אבל בצורה זו אפשר יהיה לצמצם במידה משמעותית את סוגי הזיהומים הנגרמים עקב חוסר ניקיון של מזון.



כדי להבטיח מזון נקי יותר, יש להשתמש במים שעברו אלקטרוליזה. מים וסבון בלבד לא מספקים חיטוי יעיל.

כתבה נוספת זו מתייחסת לשימוש נוסף בשיטה שהוזכרה לחיטוי מים.

- קראו את הכתבה, העלו שאלות רבות ככל האפשר ודונו בהן בקבוצות, ואחר כך בדיון כיתתי.

- האם, לדעתכם, יש לשיטה זו יתרונות לשימוש הנדון? אם כן, מהם? אם לא, נמקו מדוע.

ניסויים מומלצים

1. ניסוי מאשר - אלקטרוליזה של תמיסת נתרן כלורי במים
2. ניסוי חקר - השפעת סוג המלח וריכוזו על כושר החיטוי
3. ניסוי ממוזער - אלקטרוליזה בתמיסה מימית של נתרן כלורי, בדיקת תוצרים, בדיקת תהליך, דרכי הפרדה ועוד (ראו מאמר בעמ' 25)

גם ייצור כלור בתעשייה נעשה בשיטה אלקטרוליטית

בארץ מיוצר כלור בכמה מפעלים ובשיטות שונות:

- א. ייצור כלור במיתקן הכלור במפעלי ים המלח בסדום.
- ב. במפעל המגנזיום בסדום מתקבל כלור כתוצר לוואי של תהליך ייצור המגנזיום.
- ג. בתעשיות אלקטרו כימיות בע"מ (פרוטארום) מיוצר כלור כחומר גלם לייצור PVC.

השתמשו במקורות השונים העומדים לרשותכם ודונו בתהליכים המוזכרים לעיל תוך התייחסות לנושאים הבאים:

- עקרונות כימיים** (חומרי גלם, תהליך ייצור ושלביו הייצור, חומרי לוואי וחומרי עזר, תנאי התגובה, תרשים זרימה)
- היבטים אנרגטיים**
- היבטים טכנולוגיים** (חומרי מבנה וציוד)
- היבטים בטיחותיים**
- היבטים סביבתיים** (אקולוגיים)
- שיקולים כלכליים**

שאלות מסכמות:

1. במה נבדלים התהליכים השונים לייצור כלור?
2. במה דומים התהליכים השונים לייצור הכלור?
3. מהם היתרונות/חסרונות של כל אחד מהתהליכים לייצור כלור?
4. מהם השימושים השונים של הכלור בארץ ובעולם?

מקורות נוספים:

לא על הברום לבדו- מים המלח למוצרים בשירות האדם, מאת מירי קסנר, המחלקה להוראת מדעים, מכון ויצמן למדע.
מוצרים של התעשייה הכימית בישראל-לקט נתונים, מאת שרה שני, המחלקה להוראת מדעים, מכון ויצמן למדע.
מפעלים כימיים בישראל, חוברת הדרכה, מאת שרה שני, המחלקה להוראת מדעים, מכון ויצמן למדע.



גיוון שיטות ההוראה וההערכה

דעים עזיז

מורה לכימיה בבית הספר הפרנציסקאני והבפטיסטי - נצרת

ח דיניות משרד החינוך, כפי שהיא מתבטאת בתוכנית הרפורמה "ארגון הלימודים מחדש", מתאימה לתפיסה החינוכית העכשווית, המעודדת גיוון בשיטות ההוראה ובאופני ההערכה. גיוון שיטות ההוראה מקרב את התלמידים למקצוע הנלמד, ועל כן מגביר את עניינם בו וממריץ אותם להתעמק ולהשקיע. בכך הוא עוזר לפיתוח ולביסוס מיומנויות למידה וחקר. נוסף על כך (וחשוב מאוד), הוא עוזר לתלמיד להתבטא ולממש את יכולתו האמיתית בדרכים רבות ושונות.

להלן הצעות מספר לאופן כתיבת דוחות, שבהן אפשר להיעזר לגיוון דרכי הוראה והערכה. אפשר להשתמש בהצעות כפי שהן מופיעות במאמר, להוסיף ולשנות סעיפים מסויימים, או לבקש מהתלמידים להתייחס בדוח רק לחלק מהסעיפים המופיעים בהצעות, לפי הצורך ולפי שיקול דעתו של המורה.*

התלמידים יכולים להביא קטעים מעיתונים יומיים וממגזינים, שבהם נעשה ניתוח של סרט, לומדת מחשב, אתר אינטרנט, ספר, מפעל, פרויקט, ואפילו הצגת תאטרון. עליהם להתייחס לניתוח ולהביע את דעתם והתרשמותם.

אפשר שהדוח ייכתב על-ידי תלמיד יחיד, זוג או קבוצה, ואפילו על-ידי התלמיד וההורים. אם מעוניינים להשתמש בדוח למטרת הערכה, מומלץ להכין, בשיתוף עם התלמידים, מחוון המתייחס ומעריך את הניקוד של כל סעיף וסעיף בדוח.

הצעה לכתיבת דוח חם

דוח חם מתייחס לניסוי/סרט/לומדת מחשב/אתר אינטרנט/ספר שבו עוסקים בכיתה וכו'. בדוח החם יש התייחסות למטלות שנותן המורה/המנחה בתחילת השיעור/המפגש, הדוח מוגש למורה/מנחה בסוף המפגש. חשוב מאוד, שהמטלות וציפיות המורה מהדוח החם יהיו מותאמים ליכולת התלמיד ולזמן המוקצה לו לכתיבת הדוח במשך/בסוף הפגישה. הדוח החם יכול לכלול רק חלק מהנקודות הבאות, ניתן להוסיף עוד נקודות, המותאמות לתוכן הפגישה. חשוב לגוון בכל פעם.

* וכלנו נשמח אם תשתפו אותנו בשינויים ובשיפורים שלכם; כתבו אלינו.

נקודות מומלצות לדוח החם:

1. הנושא (של הניסוי/סרט/תוכנה/אתר/סיור/וכו').
2. המטרה/מטרות.
3. סיכום התוכן ואופי הפעילות.
4. תוצאות ומסקנות.
5. תשובות לשאלות על נושא הפעילות, המתייחסות למידע, להבנה, למסקנות, להשוואה וליישום.
6. מידת ההתאמה בין הפעילות לבין הנושא הנלמד ומידת השגת המטרות.
7. התרשמות ודעה אישית.

הצעות לכתיבת דוח חם לניסוי חקר*

1. רשמו את נושא/כותרת הניסוי.
2. הכינו את רשימת החומרים והכמויות הדרושות, מכשירים וכלים.
3. ארגנו בטבלה את התהליכים/שלבים שביצעתם בניסוי, רשמו במהלך הניסוי, ליד כל תהליך, את התצפיות והתוצאות.

תצפיות / תוצאות	התהליך/השלב

4. רשמו את השאלות שמעורר אצלכם הניסוי.
5. בחרו אחת (או יותר) מהשאלות ששאלת בסעיף 4, שאותה הייתם מעונינים לחקור. נסחו אותה כשאלת חקר.
6. כתבו השערה מתאימה לשאלת החקר.
7. תכננו ניסוי לחקירת שאלת החקר, שיאשש או יפריך את השערתכם. הכינו רשימה של החומרים, הכלים והמכשירים בכמויות ובמידות הדרושות. בקשו את אישור המורה והערותיו לפני ביצוע הניסוי שתכננתם!
8. אחרי ביצוע הניסוי שתכננתם, רשמו את תצפיותיכם ומסקנותיכם מהניסוי.

* שימוש בדוח חם נעשה במסגרת התכנית "כימיה בגישה חוקרת".

הצעה לכתיבת דוח ניסוי מאשר או ניסוי גילוי

פירוט	הצעה לחלוקת נקודות	הסעיף בדוח
הכותרת מתייחסת, בדרך כלל, לתוכן הניסוי. רשמים אותה בתחילת הדוח, בשורה הראשונה במרכז.	5%	כותרת הניסוי
חומר מהספרות שנקשר באופן ישיר לניסוי ועוזר בהבנה ובניתוח של תוצאות הניסוי. חשוב לרשום מקורות (ביבליוגרפיה).	20%	רקע תיאורטי/הקדמה
מטרת הניסוי היא התשובה לשאלה: למה אנו מבצעים את הניסוי? מהי התועלת שנפיק מביצוע הניסוי? המטרה צריכה להיות מתומצתת וברורה.	5%	המטרה/מטרות
שמות ונוסחאות החומרים בהם אנו משתמשים. יש לרשום כמויות.	5%	חומרים
שמות מדויקים של הכלים והמכשירים שמשמשים בהם בניסוי. אפשר להכין ציור סכמתי, או להוסיף תמונה של מבנה המכשיר, אם היא יכולה לעזור להבנת מהלך הניסוי.	5%	כלים ומכשירים
פירוט שלבי הניסוי לפי סדר ביצועם.	5%	מהלך הניסוי
רשמים את כל האירועים המתרחשים בעת ביצוע הניסוי, בהסתמך על החושים, ובייחוד חוש הריח, חוש הראייה, ולעתים גם חוש השמיעה. רק הוראות מפורשות של המורה מאפשרות להשתמש בחוש הטעם והמישוש. רשמים מצבי צבירה, צבעים, ריח וכל שינוי שרואים.	10%	תצפיות ותוצאות
מנתחים ומפרשים את השינויים שחלו במהלך הניסוי ואת תוצאותיו. מנסים להבין מה קרה בשתי רמות: רמת המאקרו (באמצעות החושים) ורמת המיקרו (באמצעות מודלים וניתוח).	15%	מסקנות
עונים על שאלות המורה (אם יש), המיועדות לבדוק אם הובנו תוצאות הניסוי ויישומיו. השאלות יכולות לכוון להרחבת הנושא על-ידי הפניה לקריאה בספרות.	20%	שאלות
התרשמות כללית, שבה מביע התלמיד את דעתו באשר לניסוי. מתייחס להנאה, למחשבות, לבעיות ורושם את הערותיו.	10%	התרשמות

הצעה לכתיבת דוח לומדת מחשב מדעית/לימודית

השימוש במחשב מהווה התקדמות חיונית וחשובה מאוד בתחום ההוראה, מה עוד שהוא משתלב היטב בצרכים המודרניים של החברה. בנוסף לכך, יש למחשב את הקסם שלו, והתלמיד מוכן לבלות זמן רב בחברתו, בשל מגוון התוכנות וצירוף הרבה אפקטים שמעוררים בו עניין.

תוכנות המחשב לוקחות בחשבון את השוני ביכולות הלמידה והחשיבה אצל תלמידים, ומאפשרות לתלמיד להתקדם לפי יכולתו. נדגיש, שהאפשרויות והיכולות המדהימות בשימוש במחשב תורמות, בדרך כלל, ללמידה מהנה ופורייה.

להלן הצעה לכתיבת דוח מקיף ומפורט על תוכנת המחשב (מדעית/לימודית). התייחסות לנקודות המוצעות יכולה לעזור בכתיבת דוח שנותן תמונה ברורה ומקיפה לתוכן התוכנה, וכן מאפשרת להשאיר את 'טביעת אצבעות' (מחשבות, הצעות, הערות, ביקורת, התרשמות ומשוב) ביחס לתוכנה.

נקודות לכתיבת דוח לומדת מחשב לימודית / מדעית

1. שם הלומדה, הכותרת שלה, דרישותיה ושם החברה המפיקה/המפיצה/המשווקת את תוכנה.
2. תוכן ותיאור הלומדה: רשמו בקיצור את הנושאים (מושגים, נקודות דיון וחקר) שהיא מתרכזת בהם.
3. נקודות חוזק: נושאים שהלומדה הצליחה בדיון בהם, בהסברתם ובהעלאתם לדיון.
4. נקודות חולשה: נושאים ותחומים שהלומדה לא הצליחה להציג כראוי, או שהייתה חייבת להציגם ולא עשתה זאת. הביעו דעתכם, מדוע לא הצליחה.
5. נושאים שהלומדה דנה בהם, וכעת הם ברורים לכם יותר.
6. קשיים ובעיות שהיו לכם בשימוש בלומדה. האם השימוש בלומדה פשוט או מסובך? פרטו.
7. האם הלומדה מתאימה לרמתכם וליכולתכם? האם היא מאפשרת עבודה ברמות קושי שונות? האם היא פתוחה או סגורה?
8. הביעו דעתכם על התמונות, הקול, הכתב, האנימציה וכו'.
9. שאלות ותשובות: ענו על שאלות נוספות שקיבלתם מהמורה (אם קיבלתם), הקשורות ישירות ללומדה איתה עבדתם.
10. כתבו הערכתכם על הלומדה במשפט אחד, וציינו לידה מספר כוכבים בין אחד (לא טוב) לחמישה (מצוין).

הצעה לכתיבת דוח אתר באינטרנט / חיפוש נושא באינטרנט

האינטרנט היא רשת תקשורת עולמית, שבאמצעותה אפשר לגלוש לאתרים מגוונים בתוכן ובצורה, ומאפשרת חשיפה עכשווית, רחבה ומקיפה למידע. היא מאפשרת להגיע, מכל מקום ובכל זמן, למספר אדיר של אתרים, שכוללים מידע מגוון בכל נושא שעולה על הדעת. אפשר להגיע למגזינים ולמאגרי מידע, לקבל תשובות מספקות לשאלות חשובות ובווערות דרך התקשרות עם קבוצות דיון של מומחים ומתעניינים בכל נושא אפשרי, לארגן קבוצות דיון עם אנשים מכל רחבי העולם באותו זמן, וכל זאת ללא נסיעות, אלא בישיבה בבית או בבית הספר.

השימוש במחשב בכלל וברשת האינטרנט בפרט מאפשר למידה עצמית, דבר העוזר ביישום תיאוריות חשובות בחינוך והוראה, שמדגישות את חשיבות הלמידה העצמית והצורך של כל תלמיד להסבר מיוחד (השונה מתלמיד לתלמיד). כמו כן, השימוש במחשב ובאינטרנט בהוראה/למידה, עוזר לתלמיד להיות פעיל וללמוד לפי יכולתו והתעניינותו. שימוש באינטרנט בתהליכי חקר ולמידה מקנה לתלמיד ומפתח אצלו מיומנויות ואסטרטגיות למידה וחקר מיוחדות.

ברור שיש גם חסרונות וסכנות בגלישה באינטרנט, וכדאי לדון בהן בכיתה. להלן הצעה לכתיבת דוח מקיף ומפורט לאתר/ים באינטרנט, או לתהליך חיפוש נושא/שאלה באינטרנט. התחשבות בנקודות המוצעות יכולה לעזור לך בכתיבת דוח שייתן תמונה ברורה ומקיפה, ותאפשר לך להשאיר 'טביעת אצבעותיך' (מחשבות, הצעות, הערות, ביקורת התרשמות ומשוב) ביחס לגלישה באינטרנט.

נקודות לכתיבת דוח לאתר/ים באינטרנט

1. שם האתר.
2. כתובת האתר.
3. תוכן האתר ומאפייניו. רשמו בקיצור מידע, נושאים, מושגים, בעיות שהאתר מתייחס אליהן ודן בהן.
4. נקודות חוזק באתר. דברים המאפיינים את האתר ומקנים לו את יוקרתו וחשיבותו.
5. הצביעו על חסרונות וקשיים מיוחדים באתר, שמקשים על הגלישה בו או על הבנת הנושאים הנידונים.
6. האם הנתונים והמידע שקיבלתם מאתר זה הם ברמה המבוקשת, או ברמה גבוהה/נמוכה יותר?

7. הביעו דעתכם על האפקטים החזותיים (קול, תמונה, גרפיקה וכו') המופיעים באתר.
8. כתבו התרשמותכם מהאתר באופן כללי.
9. רשמו הערכתכם לאתר במשפט, ולידו מספר כוכבים בין אחד (לא טוב) לחמישה (מצוין).

הערה: אם הדוח מתייחס לחיפוש באינטרנט על נושא מסוים, אפשר לכתוב דוח המתייחס לחיפוש ולרשום הערות ביחס לשלושה אתרים הקשורים לנושא, לפי הנקודות שהוזכרו למעלה.

הצעה לכתיבת דוח - סרט לימודי/מדעי

לסרטים המדעיים והלימודיים יש חשיבות מיוחדת בהעשרה וביסוס של תהליך הלמידה, בנוסף לכך שהם מגוונים את ההוראה ומרחיבים אופקים. בתנאים מסוימים, אין להם תחליף (לדוגמה, סרט המתאר מפעל במקום רחוק, ניסוי מסוכן, ניסוי שאי אפשר לבצע בתנאי בית הספר וכו').

להלן הצעה לכתיבת דוח מקיף ומפורט לסרט לימודי/מדעי. התחשבות בנקודות המוצעות יכולה לעזור לך בכתיבת דוח שייתן תמונה ברורה ומקיפה, ותאפשר לך להשאיר 'טביעת אצבעות' (מחשבות, הצעות, הערות, ביקורת התרשמות ומשוב) ביחס לסרט.

נקודות לכתיבת דוח סרט לימודי/מדעי

1. שם/נושא הסרט. שם המפיק/המשווק ושנת הפקה (אם הם נתונים).
2. תוכן הסרט: נושא/נושאים/בעיות/מחקרים/מושגים שהסרט דן בהם.
3. נקודות חוזק בסרט: איזה מהנושאים/תחומים/בעיות ומצבים שהעלה הסרט השרה עליכם השפעה חיובית מבחינת התועלת המדעית/מעשית.
4. נקודות חולשה בסרט: אילו תחומים/מצבים, לדעתכם לא הצליח הסרט להציג ברמה המתאימה? למה?
5. האם יש תחומים/מצבים שהסרט מתאר/מציג ובלעדיו קשה להגיע אליהם או להבינם? פרטו.
6. אילו דברים שהציג הסרט נעשו מובנים וברורים יותר?
7. האם הסרט ענה על שאלות שהטרידו אתכם לפני הצפייה בסרט /לא ידעתם את התשובות להם? פרטו את השאלות והתשובות.
8. האם הסרט העלה אצלכם שאלות ביחס לנושאים שבהם הוא דן? רשמו את השאלות.
9. שאלות ותשובות: ענו על השאלות שקיבלתם מהמורה (אם קיבלתם), המתייחסות לסרט שצפיתם בו.
10. כתבו את התרשמותכם מהסרט והעריכו אותו במשפט אחד. ציינו לידו מספר כוכבים בין אחד (גרוע) לחמישה (מצוין).

הצעה לכתיבת דוח סיור לימודי

הסיורים הלימודיים, על כל סוגיהם, הם תוכניות לימודים אטרקטיביות המתקיימות מחוץ לכותלי בית הספר. הם מהווים חוויה בפני עצמה, מחזקים את הקשר החברתי בין התלמידים וכן בינם לבין המורים והמלווים.

לסיורים הלימודיים מטרות, מאפיינים ויתרונות ברורים, בעיקר אם הם משתלבים בתהליך וברצף הלמידה. הסיור עשוי לחזק ולבסס נושא מסוים, מחשבה מדעית/ סביבתית /טכנולוגית /חברתית, או ערך חינוכי/ תרבותי/מדעי...

להלן הצעה לכתיבת דוח מקיף ומפורט לסיור לימודי. התחשבות בנקודות המוצעות יכולה לעזור לכתוב דוח שייתן תמונה ברורה ומקיפה לסיור, ותאפשר להשאיר 'טביעת אצבעות' (מחשבות, הצעות, הערות, ביקורת התרשמות ומשוב) ביחס לסיור.

נקודות לכתיבת דוח סיור לימודי

1. תאריך הסיור (היום/ימים, תאריכים, שעת נסיעה ושעת חזרה).
2. מטרת/מטרות הסיור.
3. תוכנית הסיור, כולל חלוקת זמנים.
4. פירוט מהלך הסיור, בהתייחסות למקומות שביקרתם בהם ולשלבי הסיור (מומלץ לצרף מפה המראה את המקומות שבהם ביקרתם).
5. ציינו את הדברים החשובים שראיתם/למדתם בסיור.
6. מהי התמונה שנטבעה הכי עמוק במחשבותיכם בסיור זה?
7. יתרונות וחסרונות הסיור. פרטו.
8. האם הסיור מילא את המטרה/ המטרות שלמענם התקיים? נמקו.
9. הצעות לשיפור הסיור.
10. כתבו הערכתכם לסיור במשפט ולידו רשמו מספר בין אחד (לא טוב) לעשר (מצוין).

הערה: מומלץ לצרף תמונות מחוויותיכם בסיור.

אפשרות שנייה: כתבו דוח עיתונאי, שנותן תמונה מקיפה וברורה של הסיור הלימודי שהשתתפתם בו. כתבו מנקודת ראותו של עיתונאי המסתכל בעין ביקורתית. אפשר להסתייע בנקודות המוזכרות למעלה, לפי הסדר הנראה לכם.

אתגר: אם הדוח העיתונאי שכתבתם נראה לך ברמה טובה, נסו לשלוח אותו לעיתון שיכול להתעניין בפרסומו.

הצעה לכתיבת דוח יומן למידה

רישום יומן למידה תומך בתהליך ההוראה/למידה, מחזק אותו, מעודד את הלומד לחשוב על מה שלמד ואיך למד, מפתח תהליך חשיבה ביקורתי, מסייע ללומד בהערכת הלמידה ובהערכה עצמית של מצבו. וזאת, בנוסף להידוק הקשר בין הלומד למורה בעניין ההבנה ושיפור תהליך הלמידה מכל הבחינות.

אפשר לרשום יומן למידה לכל מפגש/שיעור לימודי (הרצאה, סדנה, פעילות, סרט, ניסוי, סיור, וכו'), לכל נושא או כמה מפגשים לימודיים שיש להם נושא משותף.

להלן הצעה לכתיבת יומן לימודי.

נקודות לכתיבת יומן לימודי

יומן לימודי יכול לכלול:

1. כותרת/נושא המפגש/ים.
2. תאריך/ים.
3. תוכן היומן הלימודי, שיכול לכלול:
 4. מה למדתם? מהם עיקרי הדברים שלמדתם?
 5. מה חדש? דברים חדשים שלמדתם, התקדמות בידע האישי, איך מתקשר הידע החדש עם הידע שכבר היה לכם?
 6. האם נתקלתם בקשיים? באילו קשיים? אילו דברים אינם מובנים/ברורים? איך אפשר להתגבר על קשיים אלה? מה תעשו בנידון?
 7. האם יש קשר בין מה שלמדתם לבין המציאות? האם אפשר ליישם את מה שלמדתם באופן מעשי? איך?
 8. נושאים שהנכם מעונינים להתעמק בהם? שאלות שהייתם מעונינים לקבל עליהן תשובה?
 9. רשמו התרשמויותיכם. האם מה שלמדתם מעניין? מסקרן? משעמם? ...? איך אפשר לשפר?

נשמח מאד לקבל את הערותיכם, הצעות לשיפור ורעיונות נוספים



בשנים האחרונות מתחדשת הנטייה המבורכת להרבות בניסויי מעבדה בלימודי הכימיה. מצאנו לנכון לרענן את כללי הזהירות במעבדה.

עבודה בטוחה במעבדות כימיות

מעובד ומותאם לבתי ספר על פי מאמר של אביהו מולר
הכותב הוא הממונה על הבטיחות והגיהות בחברת תדיראן סוללות בע"מ

הקדמה

העבודה במעבדה כימית טומנת בחובה סכנות פוטנציאליות רבות. מעבדות כימיות קיימות במגוון תחומים: תעשייה, מכוני מחקר, חקלאות בתי ספר ועוד. על כל מעבדה כימית חלים חוקי הבטיחות והגיהות המחייבים במדינת ישראל. כמורים, אנו אחראים לשלום תלמידינו, ושומה עלינו להביא לידיעתם את הסכנות הכרוכות בעבודה במעבדות בית הספר ואת אמצעי הזהירות שיש לנקוט כדי להימנע מהן.

גורמי הסיכון במעבדות

- ניתן לחלק את סכנות העבודה במעבדה לשתי קבוצות:
- א. הסכנות השגרתיות הקיימות בכל מקום, כגון: פציעה מכלי חד, שבר זכוכית, נפילה, הרמה לא נכונה, התחשמלות ועוד.
 - ב. סכנות ייחודיות למעבדות בית ספר:
 - ציוד בעל פוטנציאל סיכון
 - חומרים מאכלים
 - חומרים דליקים, כגון ממסים אורגניים
 - חומרים נפיצים, בעיקר בתנאים מסוימים, כגון אצטילן, אתר ומימן
 - חומרים מחמצנים

מהן הסכנות השכיחות ביותר במעבדה, וכיצד נימנע מהן?

התפוצצות

התפוצצות עלולה להתרחש כתוצאה מנגיעה, משפשוף או מהתחממות, בעת עבודה עם תרכובות נפיצות או לא יציבות.

בדליפת גז דליק, כגון מימן או אצטילן, יש סכנת התפוצצות. כשעובדים עם חומרים אלה, יש לדאוג לאווור המעבדה ולאסור שימוש באש גלויה. יש להשתמש בחומרים מסוכנים בזיקוק תרכובות אורגניות מסוימות, כגון אתר אתילי, עשויים להיווצר פראוקסידים, שעלולים לגרום להתפוצצות. נקודת ההתלקחות של כוהל אתילי היא 13°C . כתישה של פרכלוראט, כגון KClO_4 , עלולה לגרום לפיצוץ. אדים של נוזלים דליקים המאוחסנים בכלי שאינו סגור הרמטית, עלולים לגרום להתפוצצות או לשריפה.

הגבה כימית ללא שליטה

תגובה כימית בין מרכיבים כימיים שונים, המלווה בפליטת חום, עלולה לצאת משליטה בתנאים מסוימים ולגרום להתזת נוזלים חמים או לפליטת אדים מסוכנים. מומלץ להוסיף את המרכיבים הנחוצים לכלי שבו מתבצעת התגובה הכימית לפי סדר וכמויות שנקבעו מראש. רק לאחר זמן קירור מתאים ניתן להוסיף עוד מנה. הוספת חומר אבקתי לנוזל הנמצא על סף רתיחה עלולה לגרום לפליטה פתאומית של אדים, תיתכן גלישת הנוזל והיווצרות לחץ בכלי. כדי למנוע תופעות אלה, יש להוסיף את האבקה לנוזל בכמויות קטנות.

איך לשפוך מים לחומצה?

כאשר מוהלים חומצות מרוכזות, חייבים להזרים את החומצה **לאט** לתוך המים, תוך בחישה מתמדת. הבחישה מפזרת את האנרגיה המשתחררת, וכך מונעת רתיחה מקומית של מים והיווצרות כמות גדולה של אדים שתגרום להתזת תמיסת החומצה. **אסור להוסיף מים לחומצה!**

סימון לא נכון על גבי אריזת החומר עלול לגרום לשימוש מוטעה בחומרים, שיגרום לתגובה כימית לא נשלטת בין חומרים שונים. יש להקפיד שעל כל אריזה תימצא מדבקה עם סימון ברור וקריא. לפני השימוש בחומר, יש לקרוא היטב את הכתוב על גבי התווית. לעולם אין להחזיר כימיקלים לכלי הקיבול שלהם, בגלל החשש מחדירת חומרים זרים, בין אם מסוכנים ובין אם סתם כאלה שיפגעו בניקיון החומר. העבודה עם החומצה HF מסוכנת ביותר, גם במנדף; אדי החומצה עלולים לפגוע בעצמות.

שריפה

חומרים דליקים וחומרים מחמצנים הנמצאים בשכנות עלולים לגרום להתלקחות. יש להקפיד שלא להשתמש בחומרים דליקים ובחומרים מחמצנים בעת ובעונה אחת. אם מכינים תערובות מחומרים כאלה, יש להכין רק כמויות קטנות ולהימנע מחימומן. שימוש במבער בקרבת נוזלים דליקים נדיפים עלול לגרום לשריפה. אם יש צורך לחמם, מומלץ להשתמש באמבט מים או שמן על גבי פלטת חימום השמלית.

מכשירים חשמליים היוצרים ניצוצות עלולים לגרום לשריפה. חובה להרחיק מכשירים חשמליים ממקומות שבהם משתמשים בנוזלים או בגזים דליקים. אם אין מסלקים את החום מהמערכת במהלך זיקוק של נוזל דליק, קיים חשש רציני שאדי הנוזל ייפלטו החוצה ויתלקחו. יש לדאוג להידוק טוב של צינורות המים המחוברים לצינור העיבוי. הרתחת נוזל דליק בתוך גולת תגובה מזכוכית אינה אחידה לפעמים, ומלווה בהתזה פתאומית של נוזל. כדי להסדיר קצב רתיחה מתון, יש להכניס לתוך הגולה כמה כדוריות זכוכית, אבני רתיחה או שברי חומר קרמי. אדי נוזל דליק מתפזרים במהירות ומהווים סיכון גבוה לפריצת שריפה.

הרעלה

כימיקלים רבים (במצבי צבירה שונים: גזים, נוזלים ומוצקים), אשר לחץ האדים שלהם גבוה יחסית, הם חומרים רעילים בשאיפה לגוף האדם. ניסויים בחומרים נדיפים ורעילים (או סתם מסריחים), יש לבצע בתוך מנדף. שטיפת כלי זכוכית מלוכלכים בממיסים אורגניים, כגון אצטון, אלכוהול, או ממיסים פחמימניים נדיפים, גורמת לפליטת אדים מזיקים. מומלץ, ככל האפשר, לנקות כלי זכוכית מלוכלכים במדיח כלים ייעודי למעבדות. למילוי פיפטה, יש להשתמש תמיד בפיפטור, כדי למנוע בליעת חומרים רעילים. אין לטעום שום חומר כימי הנמצא במעבדה. אין לאכול או לשתות במעבדה. אין להחזיק מזון או משקה במקרר המיועד לכימיקלים. אין לחמם מזון בתנור מעבדה. אין להריח חומר כימי על ידי קירוב האף אל הכלי - אלא על ידי נפנוף זהיר של כף היד מעל הכלי להפניית אדי החומר לעבר האף.

כוויות כימיות

כוויות כימיות נגרמות כתוצאה ממגע עם חומרים משתכים מסוימים, שיכולים להימצא במצב צבירה מוצק, נוזלי או גזי. חומרים שעלולים לגרום לכוויות כימיות הם: חומצות חזקות, בסיסים חזקים, מלחים מסוימים, הלוגנים, פנולים, ועוד שורה ארוכה של תרכובות כימיות. בזמן העברת הנוזלים מכלי לכלי, קיימת סכנה של התזה או שפיכה של חומר על התלמיד. יש לעבוד בזהירות רבה ובמידת הצורך, להשתמש בכפפות. עדשות מגע עלולות לספוח חומרים משתכים ולגרום נזק לעיניים. בכל ניסוי, יש להשתמש במשקפי מגן.

חימום ישיר של כלי זכוכית על להבה עלול לגרום להתבקעות הכלי ולהתזת החומר. יש להקפיד ולהניח רשת מתכת כחציצה בין כלי הזכוכית לבין הלהבה. חימום מבחנה המכילה

נוזל ייעשה מעל ללהבה לא חמה מדי, תוך כדי נענוע המבחנה מצד לצד, כדי להבטיח את אחידות הטמפרטורה לאורך המבחנה. בשעת חימום או ביצוע הגבה כימית, אין לכוון את המבחנה כלפי תלמיד אחר או כלפי המורה.

חובה להתקין בכל מעבדה מקלחות חירום המופעלות באמצעות שרשרת יד או דוושה. כמו כן, יש להתקין משטפת עיניים ייעודית. במקרה של התזת חומר על תלמיד, יש לשטוף מייד את המקום בהרבה מים, וכן את הבגד ו/או השולחן שבאו במגע עם החומר.

כוויות חום (תרמיות)

כוויות חום עלולות להיגרם על-ידי מים או שמן חמים או רותחים, מתכת חמה או להבה גלויה.

יש להקפיד שלא למלא אמבט בנוזלים חמים מעל לנדרש.

כלי זכוכית המכיל נוזל נדיף עלול להתבקע בהיטבלו באמבט חם. יש להקפיד לעבוד עם כלי זכוכית שלמים, ללא סדק, ועמידים להלם תרמי. הכלים ייטבלו באמבט החם בהדרגה. כוויות קור נגרמות ממגע בחומרים קריוגניים המשמשים לסמפרטורות נמוכות, כגון קרח יבש. חומרים כאלה יש לתפוס אך ורק במלקחיים. כדי לקרר כלי קיבול, יש לטבול אותו באיטיות באמבט הקר.

התחשמלות

יש לבדוק לעתים מזומנות את תקינות הכבלים והשקעים. פגם בבידוד חשמלי עלול לגרום לדליפת זרם אל מעטפת המכשיר. חובה לוודא שכל מעטפות מכשירי החשמל מוארקות היטב.

אין לגעת במכשיר חשמלי בידיים רטובות.

בגמר העבודה, יש לנתק כל מכשיר מרשת החשמל. הניתוק ייעשה על-ידי אחיזה בתקע והוצאתו מהשקע, ובשום פנים ואופן לא על-ידי משיכת הכבל החשמלי.

פציעות שונות

- צנטריפוגות המסתובבות במהירויות גבוהות, ואינן סגורות היטב, עלולות לגרום לפגיעה חמורה.
- כלי זכוכית שבורים, חיתוך של צינוריות זכוכית, ניקוב פקקים משעם או מגומי במנקב, החדרת צינור זכוכית בידיים חשופות לתוך צינור או פקק גומי, הכנסת פיטה בכוח לתוך פיפטור - כל אלה הן פעולות העלולות לגרום לפציעה.
- מומלץ להחליק את הקצוות החדים של כלי הזכוכית מעל ללהבה, למרוח מעט חומר סיכה סיליקוני על קצה הצינור ולהשחיל את הצינור בתנועה סיבובית, כאשר החלקים עטופים בבד.

- כלי זכוכית שבורים הנזרקים לפח האשפה עלולים לגרום לפציעת עובדי הניקיון של המעבדה. את כלי הזכוכית השבורים הניתנים לתיקון, וגם כאלה שאינם ניתנים לתיקון, יש לאסוף במתקנים ייעודיים.

כלל ראשון במעבדה - זהירות!





נ א ל ה כ י ר :

מקורות: חוברות שונות של Journal of Chemical Education
רק כאשר מבינים את הסיכונים, יודעים איך להישמר מפניהם.
נביא סיכום קצר על מספר חומרים המשמשים אותנו במעבדה. נלמד על הסכנות בעת השימוש בחומרים אלו, וכך נדע להיזהר מפניהן. על פי מידע זה אפשר להכין כרטיסיות של חומרים לשימוש במעבדה.

שימו לב!

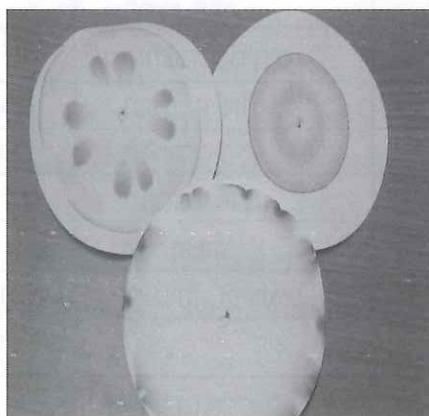
0 - כמעט או בכלל לא 1 - מועט 2 - בינוני 3 - גבוה 4 - חמור

שם החומר	פנול פתלאין
נוסחה	$C_{20}H_{14}O_4$
תכונות פיזיקליות לחץ אדים ($20^{\circ}C$)	צבעה של התמיסה: ורוד $8 < pH < 11$ חסרת צבע בשאר ה-pH 30 טור
רעילות	3
דליקות תלוי ביחס בין מים לאלכוהול*	1
מסוכן לעור ו/או עיניים	1
נספג דרך העור	1
מגיב עם.....	לא ידוע
הערות	*המסו את החומר באתנול ודללו בכמות שווה של מים

שם החומר	נתרן הידרוקסידי (נתר מאכל, סודה קאוסטית)
נוסחה	NaOH
תכונות פיזיקליות לחץ אדים (20°C) טמפ. היתוך טמפ. רתיחה	מוצק לבן ושמונוי, מגיב במים ואלכוהול זניח 318°C 1390°C
רעילות	3
דליקות	0
מסוכן לעור ו/או עיניים	4
חודר דרך העור	0
מגיב עם.....	חומצות, הלופתמימנים, Al, Zn, מתכות נוספות
הערות	עם חומצות חזקות מגיב במהירות, התגובה מאד אכסותרמית. תגובה מהירה עם הלופתמימנים עלולה לפלוט גזים רעילים, חלקם דליקים.

שם החומר	בורקס
נוסחה	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
תכונות פיזיקליות לחץ אדים (20°C) טמפ. היתוך טמפ. רתיחה	מוצק, אבקה לבנה דקה, חסרת ריח, מאוד מאבקת זניח 75°C 320°C
רעילות	3
דליקות	0
מסוכן לעור ו/או עיניים	3
חודר דרך העור	1
מגיב עם.....	*זירקוניום
הערות	*תגובה מהירה כאשר המתכת חמה או בצורת אבקה.

שם החומר	n-הכסאן
נוסחה	C_6H_{12}
תכונות פיזיקליות טמפ. היתוך טמפ. רתיחה	נוזל נדיף חסר צבע, בעל ריח כשריכוזו מעל 130ppm -95°C 69°C
רעילות	3
דליקות	3
מסוכן לעור ו/או עיניים	1
חודר דרך העור	0
מגיב עם.....	*חומרים מחמצנים
הערות	* עלולה לפרוץ אש





אתר אינטרנט לשרותך

המלצות לשימוש באינטרנט

דליה עובדיהו

מדור זה, אנו מביאים אתרי אינטרנט העשויים לעורר את עניינם של מורי הכימיה, תלמידי כימיה וחובבי הכימיה בכלל.

ב

הפעם אנו רוצים להסב את תשומת לבכם לאתר נפלא תוצרת כחול לבן, אותו הקים ועליו אחראי דר' יהושע סיון*.

יש בו פעילויות, שאלות, מעבדות בכל הנושאים הנלמדים בשלוש יחידות ובחלק מהנושאים הנלמדים בשתי היחידות.

במקום להכביר מילים ולבזבז זמן, כדאי לגלוש באתר: <http://mahal.zrc.ac.il/chim/>.
אם יש בעיה בקריאת העברית, בדרך כלל צריכים להיכנס ל: [Hebrew \(ISO- < Encoding < View: Visual\)](http://mahal.zrc.ac.il/chim/).

מדי פעם יש תקלות, ועל כך מתנצל יהושע בדף הראשי של האתר. אבל לא להתייאש, יהושע משתלט עליהן במהירות.

יש לציין, שיהושע לא עדכן את האתר זה קרוב לשנה בגלל עומס העבודה הבית ספרית. הוא מקווה לטפל בו במשך פגרת הקיץ, ותמיד שמח לקבל חומר להוסיף לו הערות ותיקונים. כך נראה דף השער היום:

מה"ל מכללת צפת

אנו מתנצלים על התקלות באתר

שאלות מורים	המערכת המחזורית	מתכונות 3 יח"ל	נסויים והדגמות
שאלות תלמידים	יונים ואלקטרוליזה	תרמודינמיקה	נתונים
דיווחים מהשטח	מחזוריות	ש.מ. חמצן חיזור	ציורים ואיורים
מבחנים	סטוכיומטריה	פולימרים	תרשימי זרימה
דפי עבודה	חמצן-חזור	תרכובות ברום	"כימי-ידה"
יצירתיות	חומצות ובסיסים	חיפה כימיקלים	בטיחות
תכונות חומרים	מבנה וקישור	סוכרים	מדע ותורה
שיטות הפרדה	תרמוכימיה	חדש חלבונים	חידות
המבנה החלקיקי	תרכובת פחמן	תאים אלכטרוכימיים	הומור
קולואידים	שווי משקל	כימיה יישומית	היסטוריה
מבנה האטום	קינטיקה ופיצוצים	אינטרקציה	
רדיואקטיביות		כימיה בחדשות	ספרות יפה

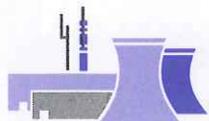
יהושע מוסר לנו שהוא בנה את האתר על פי הדגם של:

<http://dbhs.wvusd.k12.ca.us/ChemTeamIndex.html>

הוא גם מבקש לנצל הזדמנות זו להפנות את כל הקוראים לאתר הטוב ביותר לדעתו:

<http://www.chemistrycoach.com/home.html>

* מורה לכימיה בצפת. יו"ר האגודה של מורי הכימיה.



אתר האינטרנט בנושאי התעשייה הכימית והכימיה בחיי היומיום

מירי קסנר ושרה שני

ב מסגרת 'מרכז התעשייה' התחלנו בהקמת אתר אינטרנט אינטראקטיבי בנושאי התעשייה הכימית והכימיה בחיי היומיום. אתר זה יהיה חלק מאתר האינטרנט של קבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן למדע. כל מאגרי המידע, ההפעלות וחומרי הלמידה שיפותחו יהיו זמינים לשימוש שוטף של המורים והתלמידים.

המטרות העומדות בפנינו ומכוונות אותנו במהלך התכנון והבנייה של האתר הן:

א. הרחבה והעשרה של פרקי התעשייה הכימית בהקשרים של תעשיות מגוונות ומתוחכמות, תוך כדי הבלטת השלכותיהן על חיי היומיום והקניית אוריינות רחבה בתחום. לאור ההתפתחויות המדעיות והטכנולוגיות שחלו בשנים האחרונות בתעשייה הכימית בארץ ובעולם, ולאור חשיבותן ההולכת וגדלה של התעשיות הכימיות בכלל והתעשיות הכימיות המתוחכמות בפרט, חשוב ביותר לחשוף את התלמידים למגוון רחב של תעשיות בתחומים שונים של הכימיה. לתעשיות מתוחכמות אלו, שחלקן נחשבות ל"היי-טק" של הכימיה, חשיבות רבה בעולם העתידי, ויש ערך רב לכך, שתלמידי הכימיה יהיו מודעים לקשר של תעשיות אלו עם הכימיה ולימודי הכימיה.

ב. העשרה של תוכנית הלימודים בכימיה לכל אורכה, על-ידי שימוש בהיבטים תעשייתיים מגוונים, רלוונטיים ויישומיים להקניית אוריינות מדעית וטכנולוגית לאזרחי העתיד, להגברת העניין והמוטיבציה ללימוד נושאים אלו.

באתר יוצגו אפשרויות שונות לשילוב נושאי התעשייה בכל נושאי הלימוד בכימיה, תוך הדגשת הרלוונטיות של נושאי הלימוד ויישומם במציאות. בדרך זו נוכל להראות, כיצד עקרונות שנלמדו במהלך כל שנות לימודי הכימיה מיושמים בעולם התעשייה הכימית, ובמקביל נראה את תרומתה והשפעתה של התעשייה הכימית על החברה ועל חיי הפרט.

ג. המחשה לתלמידים, שבחיי היומיום נפגשים ללא הרף בתופעות, בתהליכים ובחומרים שונים הקשורים לנושאי הלימוד בכימיה, גם אם אינם מודעים לכך. חשוב מאוד לקשר את הכימיה על כל היבטיה לנושאים אלה.

אתר האינטרנט מוקם כדי "לתרגם" רעיונות אלו הלכה למעשה. החומרים הממוחשבים והאינטראקטיביים שיפותחו וייאספו יהיו מתוכננים כך, שבכל נושא המופיע בתוכנית הלימודים יהיו דוגמאות מתחומי התעשייה הכימית השונים. התלמיד יוכל להיחשף לנושאי התעשייה ברמות שונות של העמקה, החל מהיכרות כללית ועד לחקירה מעמיקה יותר על-ידי הפנייה לפעילויות ולמקורות מידע שונים. אתר זה, שיהווה למעשה גם מאגר מידע על התעשייה הכימית בארץ, יוכל לשמש מקור לעבודות גמר ופרויקטים של חקר.

פרויקט זה, שכרוך בהרבה מאוד עבודת פיתוח, אמור להיות דינמי ומתמשך. עליו לאפשר שילוב מתמיד של החידושים בתחומי התעשייה ויישומיה. כמו-כן, לכלול אסטרטגיות הוראה מגוונות העושות שימוש בטכנולוגיות חדישות של העולם הממוחשב. כדי להגשים מטרות אלו, נשמור על קשר רצוף עם המפעלים ומוסדות המחקר ונעדכן באופן שוטף את מאגר המידע, נרחיבו ונתאים את תכניו להוראה בכיתה. זו אמורה להיות מערכת מאתגרת, שמתחדשת, מתעדכנת ומועשרת ללא הרף מבחינת התכנים, ומחייבת פיתוח דרכי הוראה מגוונות שיתאימו להפעלה בשטח. שיתוף פעולה של המורים, ותרומתם להרחבת המאגר בחומרי למידה שפיתחו או יישמו בכיתות, הם חלק חשוב ביותר בהצלחת הפרויקט.

ומה יכלול האתר ?

- א. מאגרי מידע ממוינים על מוצרים ומפעלים מהתעשייה הכימית. כולל: כתובות, תהליכים, תרשימי זרימה של מתקנים, מפות ותמונות.
- ב. מאגר הפעלות לתלמיד, ממוין על-פי מפעלים, חומרים ונושאי הלימוד בבית הספר. מאגר זה יכלול:
 1. אוסף מאמרים וכתבות ממקורות מידע שונים.
 2. אוסף ניסויים.
 3. הפניות והצעות לצפייה מודרכת בסרטים.
 4. דפי עבודה שונים.
- ג. אוסף שאלות לתרגול ולמבחנים.
- ד. מצגות.
- ה. קישורים למאגרי מידע שונים, כגון: מפעלים, מכוני מחקר, מוזיאונים, עיתונים, משרדי ממשלה ועוד.
- ו. מאגר מידע על האנשים שמאחורי הכימיה: מדענים וחוקרים מפורסמים, חתני פרס נובל ועוד.
- ז. הצעות של נושאים לעבודות ולפרויקטים של תלמידים.
- ח. פורומים למורים ולתלמידים לדין בנושאים רלוונטיים מעולם התעשייה הכימית והשלכותיהם על חיי הפרט והחברה, תוך מתן אפשרות להפניית שאלות למומחים.
- ט. הודעות ופרסומים למורים.
- י. אפשרות למשלוח דואר אלקטרוני.

כל המורים מוזמנים לתרום, לשתף, להעיר ולספר על ההתנסות בכיתה.

אנו מעונינים מאוד להיעזר בכס, המורים, על-מנת להעשיר את האתר.

אם פיתחתם, או "אימצתם" איזושהי פעילות מוצלחת, נודה לכם מאד אם תשלחו אותה אלינו על דיסקט או ב- E-mail. נשמח לקבל מכם חומרי למידה ופעילויות שונות (כולל שאלות לתרגול ולמבחנים) אשר כתבתם ואספתם במשך השנים. הדברים יוצגו בשם שולחם, ואנו נציין בצורה ברורה את שם השולח ושם ביה"ס או הסדנה שם פותחו החומרים.

כתובת ה- E-mail: ntkesner@wisemail.weizmann.ac.il

כתובת למשלוח דואר:

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



ברצוננו להפנות אתכם לאתר האינטרנט של החברה הישראלית לכימיה שכתובתו:

<http://www.weizmann.ac.il/ICS>

באתר זה מתפרסם הביטאון של החברה הישראלית לכימיה ששמו 'כימיה בישראל' ובו מאמרים מעניינים בתחומים שונים.

בגיליון מס' 7, שהתפרסם באוגוסט 2001, יש מאמר בנושא שילוב נושאי התעשייה הכימית בתוכנית הלימודים בכימיה בבתי ספר על-יסודיים בישראל - עבר, הווה ועתיד.



מה הקשר בין כימיה להיי-טק?

או ...

הייתכן היי-טק בלי כימיה?

ד"ר מירי קסנר*, מרסל פרייליך וד"ר תרצה דה-וריס*****

*ד"ר מירי קסנר, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע וראש תחום כימיה במרכז מורים ב"ש
**מרסל פרייליך, מורה מנחה במרכז מורים באר שבע, מורה לכימיה ומרכזת מקצוע בבי"ס מעלה הבשור
***ד"ר תרצה דה-וריס, מורה לביולוגיה ולכימיה בבי"ס מקיף הבשור
תודה לורד הילל ממפעל אינטל קרית-גת על העזרה וההערות.

בוודאי שאלתם את עצמכם כיצד אפשר להראות כי הכימיה קשורה לתחומים טכנולוגיים מתקדמים המהווים חלק בלתי נפרד מחיי היומיום שלנו. בוודאי חיפשתם, לא אחת, דרך כיצד לגוון את ההוראה על ידי פעילות ייחודית שתיעשה בכיתה או בבית ותחשוף את התלמידים לעולמות הקסומים בהם עוסקת הכימיה, שהם מעבר לחומר השוטף הנלמד בכיתה. גם בתעשיות האלקטרוניקה והמחשבים מהווה הכימיה חלק חשוב ביותר. יתר על כן, חלק מתעשיות אלו הן למעשה תעשיות כימיות לכל דבר ומהוות מקור תעסוקה לכימאים ומהנדסי כימיה רבים. אמנם המוצרים של תעשייה זו מזוהים עם עולם המחשבים והאלקטרוניקה, אבל חלק גדול מתהליכי הייצור הם כימיה לכל דבר! המאמר הבא מציע פעילות כזו והוא כתוב בצורה שמאפשרת יישום מידי בכיתה. ניתן לחלק את הכיתה לקבוצות ולתת לכל קבוצה נושא אחר להתמחות. כל הפעילויות, כדפי עבודה מוכנים להפעלה בכיתה, יפורסמו בתחילת שנת 2002 באתר האינטרנט של המחלקה להוראת המדעים, במכון ויצמן למדע. מקור למידע יכולים לשמש אתרי האינטרנט של אינטל הישראלי והעולמי. פעילות זו יכולה להוות גם הכנה לסיור במפעל או פעילות סיכום לאחר הסיור. חשוב לציין כי מדי פעם נעשים שינויים באתרי האינטרנט ולכן על המורים לגלוש בהם ולהתעדכן לפני הפעילות בכיתה. בסוף המאמר מצורף שאלון שניתן לתת לתלמידים למשוב עצמי ולקבלת התרשמות כללית מהפעילות.

ה הטכנולוגיה המתקדמת משתלבת כמעט בכל תחום בחיינו. מחשב, טלפון נייד, מחשבון, מילונית, מצלמה, טלוויזיה, וידאו, מערכת סטריאו,

מכונת כביסה, מדיח כלים, מיקרוגל - מה המשותף להם?
האם, כשאנו משתמשים במחשב, אנו חושבים על הקשר שבין המחשב לכימיה?
האם, כשאנו מפעילים טלפון נייד, רדיו טייפ, טלוויזיה, תנור מיקרוגל, או מכונת כביסה, אנו מקשרים את המוצרים האלה לכימיה?
כל המכשירים הללו ואחרים, שבלעדיהם לא ניתן לדמיין את חיינו, לא היו יכולים לפעול ללא רכיב קטן אחד אך חשוב - שבב הסיליקון (בעברית-צורן). רכיב זה מהווה את ה"מוח",

שעליו מתבססים כל המוצרים הללו והשימושים הנעשים בהם. השבבים האלקטרוניים אחראיים על מערכות ההפעלה והתזמון של רשימה ארוכה זו של מוצרים שבהם אנו משתמשים. בלי השבבים האלקטרוניים, לא היה אפשר להפעיל מכשירים אלה, ועוד רבים אחרים המקיפים אותנו וחשובים לנו כל כך ... הכימיה היא הבסיס לתעשיית השבבים האלקטרוניים, ובלעדיה לא הייתה קיימת תעשיית המיקרו-אלקטרוניקה. אז מי אמר שהכימיה לא קשורה להיי-טק???

מהו שבב אלקטרוני? כיצד הוא בנוי וממה הוא מורכב? מה תפקידו? כיצד מייצרים אותו? - את כל אלה ננסה להציג בפעילות זו.

הכל מתחיל במערכה המחזורית

הקשר עם הכימיה מתחיל **במערכה המחזורית** ובהיכרות עם היסודות המוליכים למחצה. כדי להכיר את הצורן (סיליקון), אחד היסודות החשובים ביותר בתעשיית השבבים האלקטרוניים, תוכלו להשתמש ב-: המערכה המחזורית של רשת אורט, בכתובת:

<http://www.ort.org.il/elements/>

במערכות מחזוריות אחרות המכילות נתונים שונים על היסודות, למשל:

<http://www.webelements.com>

<http://chemlab.pc.maricopa.edu/periodic/periodic.html>

הפנייה למערכות מחזוריות נוספות באתר האינטרנט של קבוצת הכימיה במכון ויצמן למדע. מאמר בשם: מה השימוש בו-צורן (Si-Silicon) בנושא: יסודות ושימושיהם. מתוך ידעון כימיה טכנולוגיה וחברה מס' 51-52 תמוז תשנ"ג 1992. ניתן למצוא באתר סנונית, שכתובתו:

http://www1.snunit.k12.il/heb_journals/chimia/chima.html

הכינו סיכום שבו תתייחסו לנקודות הבאות בקשר ליסוד צורן:

מבנה

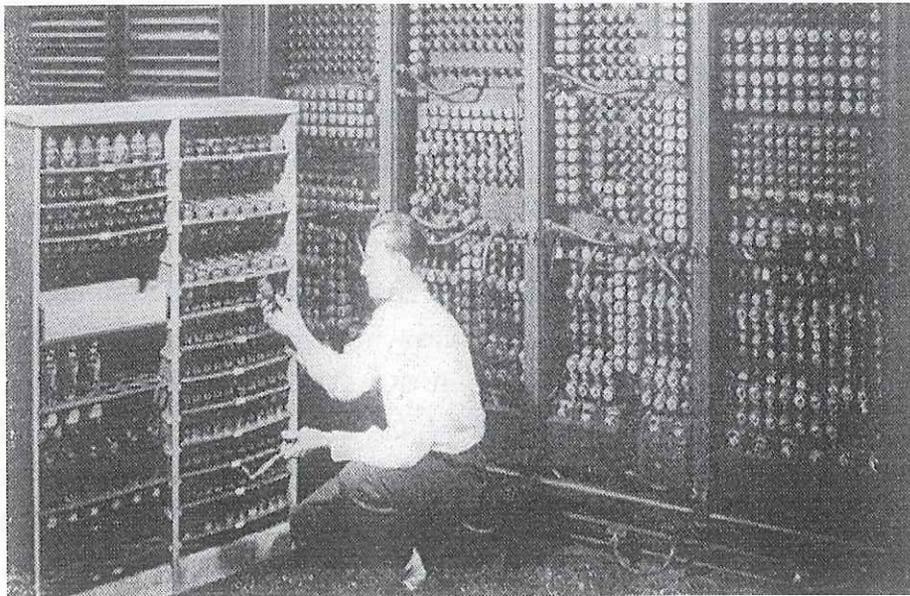
תכונות

שימושים

מצעור היא חילת המפתח

תעשיית השבבים האלקטרוניים היא תעשייה צעירה, שבקושי מלאו יובל שנים לקיומה. בזמן כה קצר, חלו בתעשייה זו התפתחויות מדהימות שהביאו לשינוי בכל אורחות חיינו. הטרימיסטור הראשון הומצא ב-1948 ועבר מאז שינויים רבים, הן בהרכב והן בגודל. אם פעם היו הטרימיסטורים בנויים משפופרות ריק בגודל של נורה (בערך 5 ס"מ), כיום ניתן לייצר טרימיסטורים שגודלם הוא 0.3 מיקרון (קוטר שערה הוא 100 מיקרון). הידעתם, שהמחשב הראשון שנבנה בארץ היה במכון ויצמן, ונקרא "הגולם"? מחשב זה, שהכיל 18,000 שפופרות, תפס אולם שלם, והיה מסוגל לבצע 5000 פעולות חיבור בשנייה. תוכלו ללמוד קצת על הגולם בכתובת הבאה:

<http://wis-wander.weizman.ac.il>



המחשב הראשון The Eniac, 1946

ENIAC

18,000 tubes
200 bytes RAM
5000 additions/sec
MTBF = minutes
30 Ton

Pentium IV Notebook

~520 Million transistors
64 Million bytes RAM
700 Million additions/sec
MTBF = years
3.5 Kg

היום, במחשב אישי פשוט שמשקלו 3.5 ק"ג, יש 520 מיליון טרנזיסטורים, והוא מסוגל לבצע 700 מיליון פעולות חיבור בשנייה! כל זה נובע משיפור הטכנולוגיות ומיכולת המזעור, שהקטינה את גודלם של הטרנזיסטורים בסדרי גודל רבים. תחום זה נקרא מיקרו-אלקטרוניקה. כיום ניתן להכניס לשטח של סמ"ר אחד 300 מיליון טרנזיסטורים; ה"מוח" הרבה יותר קטן, אך הרבה יותר "חכם".

אם ברצונכם ללמוד קצת על מזעור, ולהתרשם ממשמעות ההבדלים בסדרי גודל שונים, תוכלו להשתמש בלומדה Powers of Ten שנמצאת בכתובת:

<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/scienceopticsu/powersof10/index.html>

כיום יש שבבים בגודל של ציפורן אדם, שמכילים 500 מיליון טרנזיסטורים. מזעור היא מילת המפתח בתעשיית השבבים כיום.

האם אתם מכירים תחומים נוספים שבהם יש חשיבות למזעור? אם כן, ספרו עליהם.

לפני הכל!... או מבט כללי

אחת החברות החשובות בעולם לייצור שבבים היא חברת אינטל. לאינטל יש גם סניפים בארץ.

שוטטו קצת באתר האינטרנט של החברה, שכתובתו: <http://www.intel.com>, והיכנסו למדינות שונות ולמקומות שונים, ואולי גם תמצאו נתונים ומקומות שמעניינים אתכם. תוכלו ללמוד קצת על ההיסטוריה של אינטל אם תיכנסו למוזיאון אינטל, באתר האינטרנט של אינטל העולמי שכתובתו:

ברשימה שמצד שמאל יש הפניה למוזיאון אינטל: Intel Museum

בהונג-קונג מחכה לכם הפתעה בבית העתיד! ... ועוד.

נסו לסכם דברים מעניינים שראיתם ורשמו את מקומם באתר, כדי שתוכלו לחזור אליהם בהזדמנות אחרת. ערכו רשימה של שאלות שמסקרנות אתכם ונושאים שהייתם רוצים לדעת עליהם יותר.

- דברים מעניינים שראינו.

- שאלות המעניינות אותנו.

- נושאים שהיינו רוצים לדעת עליהם יותר.

ועכשיו, אנא ערכו כולכם ביקור קצר במפעל אינטל בקריית גת דרך אתר האינטרנט של החברה, שגם בו תמצאו הרבה הפתעות, ותוכלו ללמוד על נושאים רבים ומעניינים ולהכיר מושגים בסיסיים מעולם השבבים.

הכניסה לאתר אינטל קריית-גת באופן הבא:

<http://www.intel.com>

↓
Select a location

↓
Israel

↓
אינטלידע

↓
הכיתה הוירטואלית - כיצד הופכים חול לסייליקון?

↓
מחול לסייליקון - ממה עשויים מעבדים זעירים ?

What are microprocessors made of?

↓
- כיצד מייצרים מעבדים זעירים?

↓
Very clean rooms and Fabs? - חדרים ומעבדות ייצור נקיים ביותר?

נושאים קשורי

↓
כיצד פועלים מעבדים זעירים? (עברית) html

כיצד פועל טרוזיסטור? (עברית) html

כיצד מייצרים שבבים? (עברית) html

כיצד מייצרים שבבים?

אם ברצונכם ללמוד יותר על תהליכי הייצור של שבבים, היכנסו לכתובות:

<http://www.sematech.org/public/news/mfgproc/mfgproc.htm>

האם נתתם דעתכם על כך, שכל שלבי הייצור של השבבים האלקטרוניים מבוססים על תהליכים כימיים?

הכינו סיכום, וכתבו בו על הקשר בין ייצור שבבים ובין הכימיה.

התייחסו בסיכום ל:

- חומרים
- שיטות ייצור
- תנאי העבודה
- נושאים נוספים שמתקשרים לכימיה.

לא על הכימיה לבדה! אינטל - נושאים כלליים

...ועכשיו כמה נושאים כלליים יותר, שאינם עוסקים דווקא בכימיה, אבל עשויים לעניין אתכם ולקשור את הכימיה למציאות התעשייתית והחברתית החשובה לכולנו.

כניסה לאתר: <http://www.intel.com>

↓
Select a location

↓
Israel

ניתן להתחלק לקבוצות, כאשר כל קבוצה מטפלת בנושא שונה, ואחר כך מציגה אותו בפני הקבוצות האחרות. אם אתם מתכוננים לסיור במפעל, ונתקלים בשאלות שלא מצאתם להן תשובות, הכינו רשימה של שאלות שתוכלו להציג לנציגי המפעל עמם תיפגשו. גם אם לא יזדמן לכם לסייר במפעל, תוכלו לצפות בסרטונים (סיור בחדר הנקי וסיור בסביבת העבודה), כמו כן, תוכלו לשלוח רשימת שאלות למחלקת יחסי הציבור של המפעל, ונציגיה ישמחו לעזור לכם בהשגת המידע.

1. מיקום והתמצאות גיאוגרפית:

עיינו בעמוד הבית של "אינטל ישראל" וציינו היכן מצויים סניפי אינטל בישראל.

- היכן ממוקמים מרכזי הפיתוח?
- היכן ממוקמים מרכזי הייצור?
- עיינו במפה, ונסו למצוא את הסיבות למיקומם של מרכזי הפיתוח.
- מהם היתרונות והחסרונות של פיזור מרכזי הפיתוח?
- עיינו במפה, ונסו למנות את הסיבות להקמת מפעלי הייצור החדשים בקריית-גת דווקא, ולא בירושלים, ליד מפעל הייצור הראשון שהוקם בארץ.

2. מפעל הייצור בקריית-גת:

א. היכנסו ל "מפעל הייצור בקריית-גת" - "עמק הסיליקון הישראלי"-מדרום תיפתח הקדמה.

ב. עיינו בכתוב בסעיף זה וציינו:

מהו/מהם המוצר/ים העיקרי/ים המיוצר/ים באינטל קריית-גת? לקבלת מידע נוסף על המוצר ודרך ייצורו, עיינו גם באתר של מפעל הייצור בירושלים (חזרו למפה המציינת את סניפי אינטל בישראל).

ג. אם ברצונכם להרחיב את ידיעותיכם על המוצר/ים המיוצרים במרכז הייצור שבקריית-גת, ערכו רשימת מונחים בשורות הבאות:

מעבדים, טרנזיסטורים, טכנולוגיית מזעור. רמת ניקיון גבוהה.

בררו לעצמכם מושגים אלה על-ידי לחיצה על הכתוביות "תמיכה", "חיפוש", או "מוצרים", או על ידי חיפוש על פי מילות מפתח באינטרנט.

ד. נתונים סטטיסטיים על המפעל:

שטח המפעל:

עלות ההקמה:

היקף היצוא:

ה. דונו בסיבות להשתתפות מדינת ישראל במימון הקמתו של המפעל.

ו. מדוע, לדעתכם, נכתב בכותרת "מפעל הייצור בקריית-גת" - "עמק הסיליקון הישראלי"?

ז. הסבירו את המשפט: ישראלים רבים סבורים ש"אינטל" היא חברת היי-טק המייצרת תוכנה, אך למעשה היא מפעל כימי/אלקטרוני.

ח. היכנסו לאתר של מרכז הפיתוח בחיפה, ובררו לעצמכם את הקשר בין מרכז פיתוח למפעל ייצור.

3. שמירה על איכות הסביבה:

כמו בכל מפעל כימי, גם ב"אינטל" נוצרים בתהליך הייצור תוצרי לוואי, או חומרים הנחשבים ל"פסולת", וקיימת סכנה של זיהום מים, אוויר ורקע. היכנסו אל הפרק העוסק בשמירה על איכות הסביבה, קראו את הכתוב בו, והתייחסו לסעיפים הבאים:

א. סמנו את המונחים המוזכרים באתר שאותם תרצו לברר: בטיחות, גהות, איכות הסביבה...

ב. הכינו רשימת שאלות הנוגעות לנושאים: בטיחות ובריאות העובדים. ניטור ובקרה של פליטות תעשייתיות

טיפול בחומרי פסולת, בשפכים ובמזהמים
מיחזור וחיסכון במשאבים
אחריות המפעל לתקלות
מי מטפל בנושאים אלה ?

4. "מי עובד באינטל?"

- א. היכנסו למדורים "משתלם לעבוד באינטל" ו-"INTELAND".
- ב. הכינו רשימת שאלות המתייחסות לנושאי עבודה ותעסוקה באינטל.
לדוגמה: תחומי תעסוקה במפעל.
רמת ההשכלה הנדרשת לתחומים השונים.
הכשרה ואפשרויות קידום במפעל.
עבודת סטודנטים.
תנאי עבודה, שכר והטבות.

5. תרומה לקהילה

- א. היכנסו למדור "אינטל היא חלק מקהילת לכיש קריית-גת" וקראו את הכתוב בו.
ערכו רשימת מפעלים חינוכיים ותרבותיים שבהם מעורבת החברה, הן בקנה מידה ארצי והן בקהילת קריית גת.
- ב. בקרב המבקשים להתקבל לעבודה באינטל קריית-גת, ניתנת עדיפות לתושבי אזור הדרום.
כתבו דעתכם על הנושא וכיצד הוא תורם לפיתוח אזור הדרום.

6. אינטל - ארגון חובק עולם

- א. היכנסו למדורים "אינטל העולמית" ו-"INTELAN" ובררו לעצמכם פרטים לגבי השתייכותו של המפעל בקריית-גת לרשת עולמית.
- ב. מצאו את המושג "COPY EXACTLY" ורשמו לו הסבר בלשונכם.
- ג. ערכו רשימת מאפיינים משותפים לכל סניפי החברה בעולם.





סיור לימודי באינטל קריית גת

מרסל פרייליך

מרכזת מקצוע בבי"ס מעלה הבשור. מנחה בסדנת מורי הכימיה במרכז מורים בבאר שבע

הידעת, שההתקדמות המטאורית במחשבים לא הייתה מתרחשת אלמלא הכימיה? על מנת לעמוד על כך מקרוב, יצאנו לביקור באינטל קריית-גת. במסגרת סדנת מורי הכימיה במחוז דרום, הפועלת במרכז המורים בבאר שבע, החלטנו לבדוק מקרוב אם אמירה זו נכונה, וארגנו סיור לימודי במפעל אינטל שבקריית-גת. כהכנה לסיור שמענו שתי הרצאות בנושא מוליכים למחצה מפי ד"ר רוני שנק, מהמחלקה להנדסת חומרים באוניברסיטת בן גוריון בנגב. כמו כן, קדמה לסיור גלישה באתר האינטרנט הכללי של אינטל ובאתר של אינטל קריית גת. בסופו של תהליך ההכנה, סיכמנו מודל כללי לסיור לימודי, הדגשנו את חשיבותן של ההכנה לסיור וההדרכה הצמודה, וכן של סיכום הפעילות בכיתה.

הסיור החל בחדר ההדרכה של אינטל בקריית גת, לא לפני שבדקו את זהותנו באמצעות תעודת זהווי. אילן שמיר, הממונה על איכות הסביבה במפעל, סיפר על מפעלי אינטל בארץ בכלל, ועל אינטל קריית גת בפרט. הוא ציין, שהיקף היצוא באינטל קריית גת הוא 4 מיליון דולר ליום! כן, זו אינה טעות. זהו מחירן של פרוסות הסיליקון (צורן) עם השבבים שמכינים באינטל. כמו כן, הדגיש כי אינטל היא חברה כימית לכל דבר. התהליך מתחיל בפרוסת סיליקון נקייה (שאינה מיוצרת במפעל), שעליה מכינים את השבבים בתהליכים כימיים ותוך שימוש בטכנולוגיות מתקדמות.

בפרוסת סיליקון אחת שקוטרה כ- 20 סנטימטרים מרכיבים הרבה שבבים. כל שבב גודלו סמ"ר אחד, ועליו נמצאים כ- 30 מיליון טרנזיסטורים.

לאחר מכן שמענו הרצאה מפי מהנדסות הכימיה ורד הלל וגבי גרינברגר, אשר הסבירו באמצעות מצגת נאה, שכללה הסברים מילוליים ואיורים להמחשה, את שלבי תהליך הייצור של השבבים. ההרצאה כללה:

- פירוט של מבנה הטרנזיסטור ועקרון פעולתו;
- תיאור שלבי הייצור של פרוסות הסיליקון.

על כל פרוסת סיליקון יוצרים 20 שכבות. הפרוסה עוברת 600 תחנות, מתוכן 200 תחנות של בקרת איכות לאיתור תקלות. התהליך כולו אורך כחודשיים.

בתום ההרצאות, יצאנו לסיור במפעל. בעיקר התבוננו מבעד לקירות הזכוכית על אולמות הייצור, שהם "חדרים נקיים", סטריליים במיוחד ונקיים פי 10,000 מחדר ניתוח. ב"חדרים הנקיים" מייצרים את השבבים. אנשי הייצור לבושים בחליפות מיוחדות, והאוויר שהם נושפים (כן, נושפים) עובר סינון, שכן השבבים רגישים ביותר לגרגירי אבק, ולו הדקיקים ביותר

(גרגיר אבק שגודלו כ- 1 מיקרון מסוגל להרוס כ- 5 טרנזיסטורים בשבב ולפגוע בתפקודו). כאן מגינים על המוצר מפני העובדים העלולים לזהם אותו. הסיור בשטח היה ממש מרתק. פשוט מדהים להציץ מבעד לזכוכית, לראות את החדר הנקי, את הרצפה המיוחדת ואת האנשים שעובדים שם. זו הייתה בהחלט חוויה. לאחר הסיור, שמענו מפי אילן שמיר הסברים על איכות הסביבה. הוצגו בפנינו בעיות שעמן מתמודדים במפעל, וקיבלנו הסברים על הדרך שבה הם מטפלים בשפכים. אילן התייחס לבעיה שכל כך בוערת ומטרידה בימים אלה את כולנו, ועמה מתמודדים כרגע במפעל - בעיית השימוש בכמויות גדולות מאוד של מים.

בסיומו של הסיור עברנו דרך מרכז המבקרים, מקום נחמד ומעניין מאוד, הנמצא בכניסה למפעל. לדאבונו, מפאת קוצר הזמן, לא יכולנו לבלות בו מספיק זמן וליהנות ממנו. בביקור אחר שערכת במפעל, ראיתי שיש במרכז המבקרים תצוגה של הרבה מוצגים מעניינים, ובהחלט כדאי להקדיש לו זמן. המבקר מקבל חוברת ובה הסברים על המוצגים השונים: תיאור החדר הנקי, תלבושת מייצגת של העובדים בו, סרטי הסברה, מעבדים שונים לפלאפון, מצלמות דיגיטליות ועוד. כמו כן, מתואר תהליך הייצור, מלווה הסברים מילוליים ואיורים להמחשה. במרכז המבקרים אפשר לעשות פעילויות בצורה חופשית ולהתרשם מהנעשה באינטל קריית גת.

הסיור היה מרתק, מעניין ומלמד. חשוב לציין, שההכנה לסיור תרמה מאוד להבנת הנושא. לאחר הסיור הכנו דפי עבודה המיועדים להכנת התלמידים לסיור במפעל. על חלק מהשאלות ניתן לענות על סמך מידע המופיע באתר האינטרנט של המפעל. באינטל קריית גת עורכים סיורים לקבוצות תלמידים מאזור הדרום, עד 20 תלמידים בקבוצה. אינטל רואה חשיבות רבה בפעילות בקהילה, ואכן יוזמת ומקיימת פעילויות שונות ומגוונות.

המלצות

1. חובה כאמור, להכין את התלמידים לפני הסיור. הנושא חדש ומורכב, והתלמידים, בדרך כלל, אינם נחשפים אליו קודם לכן. כדאי להיעזר במרצה מתאים.
2. אין להיכנס לפירוט יתר של התהליכים הכימיים בשלבי הייצור של השבבים. זהו נושא קשה ומסובך, וחסר לתלמידים ידע על מנת שיוכלו להבין אותו לעומק.
3. המורה יכין פעילות הכנה לסיור בעזרת אתר האינטרנט של אינטל (ראה מאמר בעמ' 60).
4. חובה לתאם עם המארגנים את סדר היום ורמת ההסברים, שלא יהיו מסובכים מדי, אבל גם לא פופולריים מדי... והכי חשוב! - לציין את חשיבותה של הכימיה בתהליך ייצור השבבים (לשלב הסברים כימיים, אבל לא יותר מדי מפורטים).
5. מומלץ מאוד לסייר במרכז המבקרים. מרבית ההסברים שם מובנים לכול וממחישים את הנושא.



שלוש הנשים היחידות זוכות פרס נובל בכימיה

אשרית נבון

המחלקה להוראת מדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות

מזה מאה שנים, מוענק מדי שנה פרס הנובל, על שמו של אלפרד נובל, כימאי שבדי ממציא הדינמיט. בצוואתו, ייעד את כספו לחלוקת פרס עולמי זה, הניתן על עבודות התרומות לרווחת האנושות בתחומים כמו פיסיקה, ספרות, כלכלה, פיסיולוגיה, רפואה, וכימיה, ובשנים האחרונות מחולק גם פרס נובל לשלום. מאז 1901 ועד היום, זכו שלוש נשים בפרס זה על תרומתן למדע הכימיה.

Marie Sklodowska Curie - 1911

Irene Joliot-Curie - 1935

Dorothy Crowfoot Hodgkin - 1964

(1934-1867) Marie Sklodowska Curie

מארי קירי היא המדענית הראשונה שזכתה בפרס נובל בכימיה והיחידה עד היום שזכתה בשני פרסי נובל. ב-1903 זכתה בפרס נובל בפיסיקה יחד עם בעלה Henri Becquerel - Pierre Curie על עבודתם בנושא הרדיואקטיביות. ב-1911 הוענק לה פרס הנובל השני, בכימיה, על גילוי שני היסודות, פולוניום ורדיום. עבור המדענים וכלל הציבור, גילוי הרדיום היווה מפתח לשינוי בהבנת נושא החומר והאנרגיה. עבודתה השפיעה על התפתחות המדע הבסיסי ובנוסף על המחקר הרפואי והטיפול. כל אותה התקופה, מאופיינת בשינויים וגילויים בפיסיקה וכימיה. בחירת נושא העבודה הושפעה משני גילויים חשובים של מדענים אחרים. הראשון היה של המדען הגרמני Röntgen שגילה את קרני ה-X, וזכה על כך בפרס הנובל הראשון בפיסיקה ב-1901. הגילוי השני היה של המדען הצרפתי Henri Becquerel, שותפם לפרס, שמצא כי חומרים המכילים אורניום, אפילו הם מוחזקים בחשכה, פולטים קרינה. כל המשפחה תפקדה כצוות מחקר ובעלה היה שותפה לעבודה ולפרס הנובל. מארי קירי הייתה האישה הראשונה שלימדה באוניברסיטת סורבון בפריס.



(1956-1897) Curie-Irne Joliot

אירן קירי, בתה הבכורה של מארי קירי, השתתפה בצוות המשפחתי ועבדה במחיצת אמה שנים רבות. בזמן מלחמת העולם הראשונה, סייעה לאמה בקו החזית, בשיתוף פעולה עם רופאים בנושא השימוש בחומרים רדיואקטיביים לצרכים רפואיים. היא גדלה בתקופה מרגשת, בה נעשו



הגילויים החשובים בנושאי רדיואקטיביות וכל חייה התמסרה ללימוד נושא זה. איירין זכתה בפרס ב- 1935, יחד עם בעלה Frederic Joliot, על עבודתם בסינתזה של חומרים רדיואקטיביים. הזוג קירי שהתמחה בפיזיקה גרעינית, גילה כי ניתן להכין יסודות רדיואקטיבים מלאכותיים מיסודות יציבים. על ידי הפגזת רדיד אלומיניום ובורון בחלקיקי α , הצלחו לשנות את האלומיניום לזרחן רדיואקטיבי, ומהבורון קבלו איזוטופ רדיואקטיבי של חנקן. הייתה זו הפעם הראשונה בה הצליחו לייצר קרינה רדיואקטיבית מלאכותית. לאחר הזכייה בפרס, היא התמנתה לפרופסור באוניברסיטת פריס, כיהנה כחברה בקבינט הצרפתי, בנציבות האנרגיה האטומית הצרפתית וכראש המכון לרדיום. קיבלה הרבה פרסי כבוד בשל תרומתה למדעי הגרעין.

(1910-1994) Dorothy Crowfoot Hodgkin

זכתה בפרס ב- 1964, על קביעת המבניות של מולקולות ביולוגיות חשובות באמצעות קרני X. המבניות אותם פענחה הם של *colesteryl iodide*, פנצילין, ויטמין B12, קואנזים של ויטמין B12, והחלבון ההורמונלי אינסולין. הישגיה כללו לא רק את קביעת המבנית, אלה גם פיתוח שיטות אשר אפשרו קביעות מבניות מעין אלו. התעניינותה בכימיה וגבישים החלה עוד בצעירותה, והוריה עודדו אותה לפתח ולהרחיב תחום עניין זה. בזמן לימודיה במחלקה למינרולוגיה וקריסטלוגרפיה, היא השתמשה בקרני X, המדע הפיסיקלי אשר פותח תחילה ע"י W.L. Bragg, בכדי למצוא את הסידור המבני של האטומים במלחים ומינרלים פשוטים. היא גילתה כי מוצקים הבנויים מאטומים, מסודרים בתבנית אחידה החוזרת על עצמה. בהמשך עבודתה, צעדה צעד אחד קדימה והשתמשה בשיטה זו לבצוע אנליזה של מולקולות מסובכות יותר. בשנת 1964, הוענק לה פרס נובל בכימיה על המחקר המבני של ויטמין B-12. היא האישה השלישית (ובינתיים האחרונה) שזכתה בפרס נובל בכימיה. מחקרה תרם רבות להבנת מבנים ביולוגים, הן בעזרת אמונתה החזקה במחקר באמצעות דיפרקציה של קרני X בגבישים והן באמצעות תרומתה לחינוך מדענים צעירים, אשר הלכו בעקבותיה והמשיכו את עבודתה בתחום זה.



מקורות:

1. Wolke, R. L. (1988). Marie Curie's Doctoral Thesis: Prelude to a Nobel Price. *Journal of Chemical Education*, 65, 7, 561-573.
2. <http://almaz.com/nobel/women.html>
<http://curie.che.virginia.edu/scientist/hodgkin.html>



במדור זה נציץ על חומרים שמוזכרים בחדשות, או על מולקולות הקשורות לחיי היומיום שלנו

מולקולות בחזית

מעובד לפי: Simon Cotton, *Education in chemistry*, November 1999, pp147

מדוע אנו יושנים?

כי המוח אומר לנו לעשות כן.

לשם מה צריך לישון?

השינה דרושה למוח על מנת שיוכל להמשיך ולתפקד כהלכה. כאשר נמנעת שינה מבן אדם, הוא מאבד בהדרגה את כושר הריכוז, והתנהגותו משתנה. אחרי חמישה ימים של חוסר שינה, המוח מפסיק לתפקד באופן הגיוני. אבל, אל דאגה, שינה בריאה מחזירה את המוח לתפקודו הנכון.

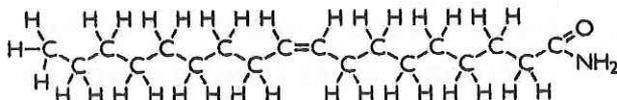
עדיין לא ידועה הסיבה לנחיצות השינה כדי לשמור על תפקוד המוח. יש מדענים הסבורים שהשינה מאפשרת לנוירונום לחדש את מלאי הטרנסמיטרים, כגון אצטיל כולין וסרוטונין - מולקולות החיוניות לתפקוד תקין של המוח.

מה גורם לנו לישון?

בתחילת המאה העשרים, חקר את הנושא המדען הצרפתי אנרי פיירון (Henri Pieron). במשך כמה ימים, מנע פיירון שינה מכלבים, ואז שאב מהמוח הגדול שלהם נוזל והזריק אותו למוחם של כלבים אחרים. אלה שקעו מיד בשנת ישרים. המדענים הניחו, שבזמן ערנות הגוף אוגר "מולקולות שינה". כשכמות המולקולות מגיעה לרמה מסוימת, החיה הולכת לישון. בזמן השינה, מולקולות אלה נהרסות.

האם ידועה זהות המולקולות?

בשנת 1994 חזרו על הניסוי, והפעם עם חתולים. מתוך הנוזל שנלקח ממוח החתולים מנועי-השינה, בודד החומר 10,9 ציס אוקטא-דצנו-אמיד, אשר הזרק לחתולים אחרים, ואלה נרדמו מיד וישנו שינה טבעית (להבדיל משינה בהשפעת חומרי הרדמה, סמים או כדורי שינה). חומר זה לא נמצא בנוזל מוח שנלקח מחתולים אשר לא נמנעה מהם השינה. יתר על כן, גם הזרקת חומר סינתטי שלחה את החיות לעולם החלומות.



cis-9,10-octadecenoamide

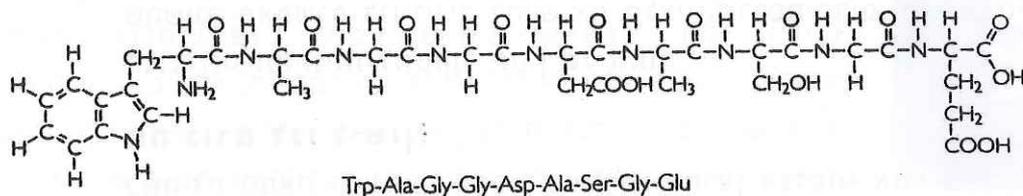
מה בין חומרים אלה ובין כדורי שינה, כמו ברביטורטים למיניהם?

המדענים קבעו למעלה מעשרה קריטריונים להגדרת חומרי שינה. למשל, החומר חייב להשרות שינה טבעית, ולא מצב של שינה "מסוממת". החומר חייב להימצא במוח, להיווצר בכמויות גדולות והולכות בזמן העירות, ולהיעלם במשך השינה.

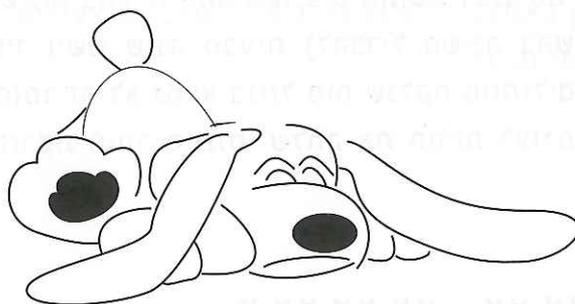
האם גם בגוף האדם פעילות מולקולות כאלו? המדענים מאמינים שיש במוח האדם כמה מרכזי שינה האחראים על צורות שינה שונות, כגון נמנום קל, שינה של תנועות עיניים מהירות, ועוד. אי לכך, נראה שכמה חומרים שונים פעילים בזמן השינה אצל בני האדם.

האם זהו חומרים נוספים?

מתוך דמו של ארנב ישן, בודדו את החלבון Trp-Ala-Gly-Gly-Asp-Ala-Ser-Gly-Glu. כאשר הזריקו חלבון זה למוח של ארנב אחר, החל זה לגלות סימני נמנום.



נמצאו עוד 2 חומרים אשר עונים על מרבית הקריטריונים:
Prostaglandin D2 ו-uridine אשר מגבירים את השינה.





פרסים לעבודות גמר מצטיינות בנושאי תעשייה כימית

שרה שני

כמדי שנה, גם השנה חולקו שני פרסים על עבודות גמר מצטיינות של תלמידי תיכון, בכנס של החברה הישראלית לכימיה שהתקיים בתחילת פברואר. הפרס לעבודת גמר מצטיינת בנושא התעשייה הכימית ניתן, זו השנה החמישית, על-ידי משפחת פלד, לזכרו של בנם איטן ז"ל, שנהרג בפסטיבל ערד ב-18.7.95. איטן ז"ל היה תלמיד מצטיין, השתתף בחוגי נוער שוחר מדע והתעניין גם במתמטיקה ובמחשבים. איטן היה רק בן 16 במותו. המשפחה החליטה להנציח את זכרו על-ידי הקמת קרן, שבאמצעותה יינתן מדי שנה פרס לעבודת גמר מצטיינת החוקרת נושא הקשור לתעשייה הכימית.

הפרס ניתן השנה לתלמיד גיא פיגנבלט, בוגר ביה"ס התיכון ע"ש שמעון בן-צבי בגבעתיים על עבודתו בנושא ייצור האליצין (Allicin) - החומר הפעיל בשום. העבודה נכתבה בהנחייתו של ד"ר אהרון רבינקוב, והמחקר בוצע במכון ויצמן למדע.

השום שימש במהלך השנים, כתרופה עממית לטיפול במחלות שונות. סגולות המרפא המרשימות של השום היו ידועות עוד מתקופות קדומות. כיום יש הוכחות לכך, שלשום יש תכונות אנטיביוטיות ושהוא מדכא התפתחות לא רק של חיידקים, אלא גם של פטריות ווירוסים. נוסף על כך, הוכח כי השום מפחית את רמת הכולסטרול בדם, מונע הסתיידות עורקים והתקפי לב, מדכא התפתחות של גידולים סרטניים ועוד. מובן, כי במעבדות מחקר רבות עוסקים כיום בחקר פעילות השום ובמציאת תחליפים מלאכותיים לשום הטבעי. כדורי שום המבוססים על החומר הפעיל אליצין נמכרים בכמויות גדולות והולכות - כ-2 מיליארד בשנה.

בעבודתו, טיפל גיא בפעילות הביולוגית של המרכיבים העיקריים בשום ובמציאת שיטות לניקוי ולבידוד של האנזים אלינאז (Allinase) מתוך שיני שום. אנזים זה הוא בעל תפקיד חשוב ביותר בייצור האליצין, המרכיב הכימי החשוב האחראי לפעילות הביולוגית של צמח השום.

כמו-כן, השתתף גיא באופן פעיל בפיתוח שיטה חדשה לאנליזה כמותית של האליצין, שיטה המתבססת על בדיקות באמצעות ספקטרופוטומטר. השיטה מאפשרת גם קביעה כמותית של האלינאז ומעקב אחרי הקינטיקה של תגובה אנזימית שבה משתתף האלינאז. בעבודתו זו, רכש גיא ידע רב בתחומים רבים של בידוד חלבונים, וכן ניסיון חשוב בהפעלת מערכות מכשור וטכניקות מיוחדות. בחוות הדעת שכתב המנחה נאמר: "תרומתו של גיא

פייגנבלט בעבודה זו היא משמעותית ומכרעת ... אני רואה בגיא חוקר צעיר ובעל פוטנציאל רב ולכן יהיה נכס יקר בכל קבוצת מחקר". העבודה פורסמה כמאמר מדעי בכתב העת *Analytical Biochemistry*, שבו יופיע גם שמו של גיא. חשוב לציין, שתחום מחקר זה מתפתח בקצב מהיר מאוד ומעורר התעניינות רבה, באשר הוא פותח אפשרויות רבות של יישום ושימוש רפואי עתידי.

הפרס השני ניתן מטעם החברה הישראלית לכימיה.

פרס זה ניתן ללבנת עטר, בוגרת ביה"ס התיכון המקיף ביהוד, על עבודת המחקר שביצעה בנושא של הפרדה, בידוד וזיהוי של חומרי נפץ בשיטות של כרומטוגרפיה ברובד דק (TLC). עבודה זו בוצעה במעבדות היחידה לזיהוי פלילי במטה הארצי של המשטרה, בהנחייתו של ד"ר שמואל ציטרין.

העבודה עוסקת במציאת שיטה לזיהוי טוב ומדויק של חומרי נפץ שונים ושל תוצרי הפיצוץ, וזאת על-מנת להקל על מציאה והעמדה לדין של המפגעים.

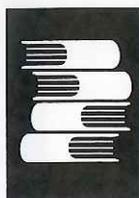
הבעיה בזיהוי חומרי נפץ נובעת מהעובדה, שכולם שייכים למשפחה אחת של חומרים, דבר המקשה על ההבחנה ביניהם. כמו כן, העובדה שבזירות שלאחר פיצוץ, מצויים אי-ניקיונות רבים, מקשה על בידוד וזיהוי של חומרי הנפץ.

היתרון במציאת שיטה כרומטוגרפית טובה הוא במהירות, בדיוק ובמחיר הזול, בהשוואה לשיטות זיהוי אחרות. משום כך הייתה שיטה זו למקובלת מאוד במעבדות משטרתיות.

לבנת חקרה את נושא הכרומטוגרפיה ברובד דק (TLC), ועזרה במציאת דרכים לשיפור משמעותי של השיטות הידועות. היא פיתחה שתי מערכות כרומטוגרפיות המפרידות את חומרי הנפץ בצורה טובה יותר מהשיטה שהייתה מקובלת, שתיהן מיושמות כיום במעבדה האנליטית של המז"פ ומאפשרות זיהוי טוב יותר של חומרי הנפץ.

ד"ר שמואל ציטרין, שהיה ראש המעבדה הכימית ביחידה לזיהוי פלילי והנחה את לבנת בעבודתה, יחד עם גב' שרה בר-אברמוביץ, שיבח אותה מאוד על תרומתה המשמעותית בעבודת מחקר זו.





מפתח להצלחה בבחינות בגרות

דליה עובדיהו

לאחרונה הגיע לידי הספר "הכימיה שבינינו", ספר הכנה לבחינות בגרות בכימיה (כולל בגרות 2001), שנכתב על ידי משה זמיר. הספר בהוצאת ספרי כנרת והמפיץ הוא רייכגולד 1-800-897-897.

הספר מכיל:

- 8 בחינות בגרות אחרונות ופתרונות מלאים.
- 8 בחינות מתכונת ברמה של בחינות בגרות.

לפני כל פרק מופיע סיכום תמציתי המתאים לתלמידים ומזכיר את הנקודות החשובות להכנה לבחינות.

נתתי לכמה מתלמידי לבחון את הספר. לדבריהם, הספר נוח וקריא מאוד, וההסברים בו ברורים. הם הדגישו במיוחד את הפתרון וההסברים של השאלות הרב-ברירתיות.

...ממליצה מאד על הספר וגם על ספר ההמשך... מתרשמת שזהו ספר מצוין שיהיה לעזר
רב למורים ותלמידים.

דבורה ברוט רחובות

המפיץ לקניה מרוכזת: רכגולד טל' 1-800-897-897

* *
*

גיליתי בחנויות צעצועים את "עץ הפלא". מכניסים עץ מנייר לתמיסה (שלא הצלחתי לברר מה טיבה), והעץ מצמיח סביבו גבישים צבעוניים. נחמד מאוד. מזכיר את הגן הכימי. מתאים להביא בפני תלמידים כדוגמה ליישום הידע שהם רוכשים בבית הספר. היבואן: שי, אהילי כוכב, טל: 02-6785636.

