



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

## הקדמה ורקע כללי

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

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

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

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

## מהם המאפיינים של יחידת המעבדה בדגש תעשייתי?

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

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

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

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

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

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

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

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

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

להלן דוגמאות לניסויים כאלה:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## חקר במעבדה

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



ייצור שוקולד - מקיף ג' באר שבע



ייצור נרות - אורט ערד



ייצור קרם ידיים - סדנת מורים תשס"ג



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

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

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

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

### חקר עיוני

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

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

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



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

### בניית התכנית

#### בחירת נושא מסגרת (נושא-על)

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

דוגמאות לנושאי מסגרת שהוצעו על ידי מורים שונים במהלך השנים:

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



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

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

דוגמאות לפעילויות חקר עיוני:

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

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

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

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

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

### בחירת ההרכב ורצף הפעילויות לשילוב במהלך תכנית הלימודים\*

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

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

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

\* מסגרת התוכנית בהתאם לעקרונות תוכנית הלימודים החדשה בכימיה.

### מודלים שונים להפעלת התכנית

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

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

### דוגמאות לתכניות

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

[http://www.mkm-haifa.co.il/schools/ironig/chemistry/maizam1112\\_hp0.htm](http://www.mkm-haifa.co.il/schools/ironig/chemistry/maizam1112_hp0.htm))

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

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

### דוגמאות לניסויים בנושאים שונים

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

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

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

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

## פעילויות נוספות



תערוכת תלקיטים ומוצרים בערב הורים-תלמידים באשל הנשיא.

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

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

על הערכת התוכנית, תגובות התלמידים והמורים, אומרי הדרכה והצעות לשיפור נשא התעשייה על פי הסימבוס האדש בכימיה במאמר נוסף שיתפרסם בגיליון הבא.



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

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



המרכז הארצי למורי הכימיה

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