



# מודל ארצי להערכת יחידת מעבדה לבגרות בכימיה - ניסוי ובקרה\*

אורית הרשקוביץ, צביה קברמן ויהודית דורי\*\*

רמת הסמל ורמת התהליך (Dori, Sasson, Kaberman & Herscovitz, 2004).

● **יחידת המעבדה בדגש תעשייתי** אשר פותחה במכון וייצמן<sup>1</sup> - היחידה מדגישה היבטים תעשייתיים ויישומיים אגב קישור עקרונות הכימיה לחיי היומיום. התכנית משלבת ניסויי מעבדה ברמות חקר שונות, מידענות וחקירה ברשת, הן כחלק בלתי נפרד מעבודת המעבדה והן כחלק מלימוד על מוצרים ושימושיהם.

לאור המגמה של עלייה במספר לומדי הכימיה הבוחרים ביחידת מעבדה בכימיה לבגרות, עלה הצורך לקבוע סטנדרטים ברורים להערכת תלמידים הלומדים יחידת מעבדה לבגרות, שיתאימו לגישות ההוראה החדשניות המיושמות ביחידות המעבדה מחד, והמקובלות בקרב הפיקוח על הוראת הכימיה במשרד החינוך, מאידך.

מטרתו של הפרויקט לפיתוח מודל ההערכה הייתה לקבוע סטנדרטים להערכה פנימית בית-ספרית בשילוב עם הערכה מבוקרת - באמצעות מורים עמיתים - או הערכה שזורה (Dori, 2003) - המשלבת תיקי עבודות עם מרכיב חיצוני של שאלת מיומנויות מבחינת הבגרות ביחידה החמישית.

## הלמידה במעבדה

ביחידות המעבדה לבגרות הנכללות בפרויקט זה, מיושמות שלוש גישות מתקדמות בהוראת מדעים: ניסויי חקר, חקר אירועים, והדמיה מולקולרית. בסיסן של גישות אלו הוא בתאוריה הקונסטרוקטיביסטית שלפיה

## הרקע לפיתוח המודל

על בסיס המגמה בארץ ובעולם לשלב ניסויי חקר כחלק מלימודי המדעים, הוחלט בוועדת המקצוע של הוראת הכימיה, בתיאום מלא עם הפיקוח, לשלב יחידת מעבדה כיחידת בחירה לבגרות בכימיה ובהמשך להפכה לחובה לכל לומדי הכימיה (במסגרת היחידה החמישית).

בהתאם למגמה זו פותחו בשנים האחרונות מספר תכניות המתאימות לשמש כיחידת מעבדה בכימיה.

התכניות המרכזיות המדגישות את גישת החקר הן אלה:

● **יחידת המעבדה "כימיה בגישה חוקרת"** אשר פותחה במכון וייצמן<sup>1</sup> - התכנית הנה דו-שנתית לכיתות י"א, י"ב, ובה מושם דגש על חשיבת חקר כבסיס להבנת תופעות ולניסויים בכימיה ברמות שונות, תוך בחינת חלופות, בחירת החלופה המתאימה ביותר כדי לענות על שאלת חקר מסוימת, דיווח עליה והסקת מסקנות (Hofstein, Navon, Kipnis & Mamluk-Naaman, 2005).

● **יחידת המעבדה הממוחשבת** "ניסויי חקר ממוחשבים והדמיה מולקולרית בכימיה" אשר פותחה בטכניון (הרשקוביץ, קברמן, ששון ודורי, 2003) - התכנית משלבת ניסויי חקר המבוצעים בצורה ממוחשבת (באמצעות חיישנים) עם מגוון מיומנויות חקר וניתוח מידע בצורות ייצוג שונות (גרפים, מודלים), הדמיה מולקולרית וניתוח אירוע. כל אלו משולבים בהבנה כימית מעמיקה, בארבע רמות הבנה: רמת התופעה (מאקרוסקופית), רמת החלקיקים (מיקרוסקופית),

\* פרויקט ההערכה בוצע בטכניון, במחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים במימון מל"מ - המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי ומשרד החינוך - האגף לתכניות לימודים.

\*\* ד"ר אורית הרשקוביץ, צביה קברמן ופרופ' יהודית דורי, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, טכניון, חיפה

1. פרטים באתר המרכז הארצי למורי הכימיה: <http://stwww.weizmann.ac.il/g-chem/center/bagrut-index.html>

בנוסף לניסויים בגישת החקר, משולבים ביחידת המעבדה הממוחשבת גם חקרי אירוע המאפשרים לערב את הלומדים בתהליך הלמידה, לפתח בהם מיומנויות חשיבה גבוהות ולהדגיש הבנה של תהליכים ויישומם בבעיות יום-יומיות (קברמן, ששון והרשקוביץ, 2004; Dori & Herscovitz, 2005). הדבר נעשה באמצעות אירועים אמיתיים הלקוחים מהמציאות היום-יומית הרלוונטית לתלמידים. במהלך התמודדותם של התלמידים עם האירוע, הם נדרשים ליישם ידע קודם שרכשו, לשאול שאלות ברמות חשיבה שונות, להביע דעתם בצורה ביקורתית ולהציע פתרונות אפשריים יחד עם הפעלת חשיבה ערכית ויצירתית (Dori & Herscovitz, 1999).

בהוראת מדעים בכלל ובהוראת כימיה בפרט, ישנה חשיבות מרובה לשילוב מודלים במטרה להסביר ברמה המולקולרית (הרמה המיקרוסקופית) תהליכים, תופעות ותכונות חומרים (שאותם ניתן לראות ברמה המאקרוסקופית). השימוש במודלים מקובל כאשר ביצועו של תהליך כימי או עבודה עם התופעה עצמה

הם מסובכים, כרוכים בעלויות גבוהות, בסיכון או באי נוחות. המודלים מפשטים תופעות מורכבות ומאפשרים ללמדן צעד אחר צעד תוך כדי פיתוח אוצר מילים שיקל על הדיון בתופעה. קיימים שני סוגי מודלים מולקולריים: מודלים קשיחים מפלסטיק ומודלים ממוחשבים (הדמיה מולקולרית ממוחשבת). יתרונה של ההדמיה הממוחשבת מתבטא בנוחיות ובפשטות שבהן ניתן לבנות מולקולות בכל גודל, במגוון סוגי האטומים השונים זה מזה בגודלם היחסי ובצבעם, במספר צורות הייצוג האפשריות ובדיוק רב של אורכי הקשרים והזוויות בין האטומים. מחקרים הראו כי שילוב הדמיה מולקולרית ממוחשבת בכימיה תורם לתלמידים הן בהיבט הקוגניטיבי של העמקת

ידע חייב להיבנות אצל הלומדים עצמם באמצעות תהליכים של חשיבה פעילה ולא באמצעות "העברת ידע" מהמורים לתלמידים.

לפעילות המעבדה יש תפקיד מרכזי בלימודי המדע בכלל ובכימיה בפרט. הפעילות במעבדה מאפשרת לתלמידים: (1) שימוש בכלים מודרניים ועדכניים לאיסוף נתונים (כגון: איסוף נתונים ממוחשב); (2) פיתוח מיומנויות של חשיבה היגיונית וארגון ידע; (3) ניסיון מעשי והזדמנות לעימות עם מושגים מוטעים; (4) הזדמנות לפיתוח ערכי תקשורת בהתאם לאופי הפעילות במעבדה (Lazarowitz & Tamir, 1994).

ביצוע של ניסויי מעבדה בגישת החקר מאפשר לתלמידים להציע שאלה מדעית, לתכנן ולבצע ניסוי שמטרתו לענות על שאלתו, לצפות בניסוי ולתעד את התצפיות, לנתח נתונים שנאספו בניסוי (Hofstein et al., 2005) ולאחר מכן להשתמש בתוצאות כדי להעלות שאלת חקר נוספת המתבססת על המסקנות של תהליכי החקר הראשון. גישה זו ללמידה מאפשרת לתלמידים לא רק להכיר

את שיטת העבודה המדעית, אלא גם לגלות בצורה עצמאית ופעילה הקשרים תאורטיים מעבר לאלו שלמדו בכיתה. כך יוכלו גם "ליצור" ידע חדש ולא רק לאשר ידע קודם, כפי שהיה מקובל במעבדות מאשרות. Hofstein & Lunetta (2004). מצאו כי מעבדות חקר המתוכננות ומבוצעות כהלכה, יכולות לקדם בקרב התלמידים למידה משמעותית, הבנת מושגים והבנת אופי המדע.

שילוב המחשב בעבודת המעבדה מקובל כיום הן במכוני מחקר והן ברפואה ובתעשייה. הוא מאפשר איסוף נתונים רציף במהלך הניסויים, ניתוח תוצאותיהם והצגתן בדרך מושכלת תוך כדי הסקת מסקנות מחד ושימוש במאגרי מידע ממוחשבים מאידך.



ההבנה בנושא הנלמד והן בהיבט האפקטיבי של עניין, סקרנות והנאה בלמידה (Dori & Barak, 2001; Barnea & Dori, 1999). ההדמיה המולקולרית משולבת אף היא כבחירה ביחידת המעבדה הממוחשבת.

### מודל ההערכה

מודל ההערכה אשר פותח בפרויקט זה יושם בשטח במהלך מספר שנים ועבר עדכונים שונים בעקבות המשוב שנאסף מהמורים ובהתאם לוועדת המקצוע אשר פרסמה במהלך יישום הפרויקט הנחיות כלליות להערכת התלמידים ביחידת המעבדה.

בבסיס המודל עומד השילוב של הערכת ידע והערכת מיומנויות בהתאם לגישות שעליהן מבוססות יחידות המעבדה: גישת החקר, גישת חקר אירועים והדמיה מולקולרית. מודל זה מבוסס על דרכי ההערכה שנוסבו בשטח הן ביחידת המעבדה "כימיה בגישה חוקרת" והן ביחידה "מעבדות חקר ממוחשבות בכימיה". בהתאם לניסיון שנצבר בשני פרויקטים אלו, גובש המודל הסופי להערכת יחידת המעבדה אשר כולל מרכיבים משותפים המקובלים בשתי הגישות וכן מרכיב ייחודי לכל אחת מיחידות המעבדה.

יחידת המעבדה מוערכת בגישה של הערכה חלופית. הערכה זו הנה הערכה מתמשכת של הלומדים במטרה לעקוב אחר התקדמותם של תהליכי הלמידה לאורך יחידת המעבדה. הדבר נעשה באמצעות פורטפוליו ודוחות שוטפים לאורך השנה. המרכיב השני בהערכה כולל שתי חלופות:

- האחת – מבחן מיומנויות ארצי. מבחן זה מהווה חלק מבחינת הבגרות בכתב (5 י"ל), מבוסס על חקר אירוע. האירוע קצר, רלוונטי לחיי היום-יום ולאחריו מספר שאלות הבודקות יישום ידע, מיומנויות חקר

ויוצג מידע בדרכים מגוונות, דבר המאפשר הערכה אישית של הלומדים, המבוקרת באמצעות סטנדרטים ארציים מתוקפים ומהימנים. בשלב הראשון בפרויקט נכתב המבחן ונבדק על-ידי צוות הפיתוח של מודל ההערכה, והנתונים הועברו לאישור הפיקוח על הוראת הכימיה. מבחן זה שימש אב-טיפוס לשאלת המיומנויות אשר נכתבה על-ידי צוות הוועדה לבחינות בגרות בכימיה בפיקוח מפמ"ר הכימיה במשרד החינוך, והיא שולבה לראשונה בבחינת הבגרות בסיום שנה"ל תשס"ה.

- האחרת – הערכה בית-ספרית עם בקרה המבוססת על שיתוף פעולה בין בתי-ספר באותו אזור. את הערכה מבצעים מורים עמיתים מבתי-ספר קרובים.

מטרת הבחינה בעל-פה היא לוודא שהתלמידים יודעים מה מכיל תיק העבודות שלהם. התלמידים צריכים לבחור שלושה ניסויים, שניים מתוכם הם חקר פתוח. הניסויים צריכים לעבור את אישור המורה ולהישלח למורה הבוחן. רוב השאלות הן בנושא מיומנויות וקישור



לידע בכימיה, והשיחה נמשכת כ-20 דקות.

### פעולות להטמעת מודל הערכה

הפעולות אשר נערכו במהלך הפרויקט ליישום ולהטמעת מודל ההערכה בקרב מורי הכימיה התבצעו בשלושת הממדים האלה:

1. **ממד שיתוף פעולה מקדים** – במטרה לגבש רשימת מיומנויות משותפות ומוסכמות לכל תכניות המעבדה לכימיה, נערך מפגש בין מפתחי התכניות השונות. במפגש זה סוכמו ארבע מיומנויות מרכזיות ומשותפות לכל התכניות: מיומנויות חקר, שאילת שאלות, שיפוט והערכה, מיומנויות גרפיות. כמו כן הודגש כי ישנה מיומנות ייחודית נוספת לכל אחת מהתכניות.

ובסופה (Post). השאלונים כללו אירוע מבוסס מוקד כימי ושאלות מלוות הכוללות מגוון מיומנויות חקר וחשיבה. תשובות התלמידים עברו ניתוח תוכן איכותני ועיבוד סטטיסטי. במחקר השתתפו תלמידי כימיה 5 יחידות לימוד בכיתות י"ב, הלומדים יחידת מעבדה.

במאמר זה אנו מתמקדות בשתי מיומנויות חשיבה מתוך מגוון המיומנויות שנבדקו<sup>3</sup>:

● **שאלת שאלות** – התלמידים מתבקשים לנסח שתי שאלות שמתעוררות בעקבות קריאת האירוע ושאינן עליהן תשובה באירוע.

בסטנדרטים הלאומיים של החינוך המדעי בארצות הברית

הומלץ כי במקום להעביר ידע, יש לעזור לתלמידים לפתח מיומנויות, כישורים, ערכים ועמדות אשר יקלו על הבנתם המדעית של העולם הסובב אותם. כיום ממליצים החוקרים לבסס את הוראת המדעים על חקירה של שאלות אותנטיות הנשאלות על ידי התלמידים



והמתבססות על ניסיונם. החוקר Dillon (1988) טען כי למרות שפעילויות המערבות שאלות נפוצות מאוד בהוראת המדעים, הרי שרוב הזמן המורים הם אלה ששואלים והם אלה שממוקמים במרכז הפעילות. חוקרים רבים וביניהם Dori & Herscovitz (1999) טוענים כי שאלות שאלות היא אחת הדרכים המומלצות להקניית כישורי חשיבה ברמה גבוהה. כאשר תלמידים שואלים שאלות, הם רוכשים כלים מטה-קוגניטיביים להערכת מקורות ולמעקב אחר היכולת שלהם עצמם להבין קטעים כתובים בזמן הקריאה.

2. **ממד יישום והדרכה** – לפי הספרות המחקרית, על מנת ליישם ולהטמיע חידושים בחינוך המדעי-טכנולוגי, יש צורך בתמיכה מתמשכת במורים. תמיכה זו צריכה להיות משולבת בפריסה הדרגתית של מורים ובתי-ספר המשתתפים ביישומו של החידוש הרצוי.

בתכניות המעבדה החוקרת והממוחשבת נעשתה התמיכה באמצעות עריכת סדנאות וימי עיון למורים אשר מתנסים או התנסו בהוראת יחידת המעבדה. בתכנית המעבדה הממוחשבת הושם גם דגש על הכרת הטכנולוגיות הדרושות למורים ולתלמידים במטרה לחשוף אותם למודל ההערכה וכן במטרה לשתפם ביישומו של פריסת המודל למורים אחרים. כמו כן התקיים קשר רציף עם המפמ"ר, עם המדריכות המחוזיות וכן עם המרכז הארצי למורי הכימיה וועדת המקצוע.

3. **ממד בקרה** – תהליך ההטמעה כלל ביקורים במדגם של בתי-ספר שבהם ישמו יחידות המעבדה

השונות, הועברו שאלוני משוב, הוכנו מבחני ידע ומיומנויות אשר הועברו במדגם של בתי ספר, וכן נערכו בדיקות מדגמיות של פורטפוליו של תלמידים בבתי-ספר שונים. כל זאת במטרה לבקר את יישום דרכי ההערכה ביחידות המעבדה ולבחון את התאמתן למודל שפותח והוסכם.

### תקציר ממצאי הערכת התלמידים

שאלוני ידע ומיומנויות<sup>2</sup> הועברו במחקר במהלך הפרויקט לפני שהתחילה הלמידה של יחידת המעבדה (Pre)

2. שניים משאלוני הידע והמיומנויות אשר שימשו למחקר במהלך הפרויקט – "אורחים" במיץ תפוחים ו-הכלו כל הקיצים – זיהום אוויר מעצים? – מופיעים באתר: <http://edu.technion.ac.il/Projects/CE/Practice/> (קברמן, 2003; Dori & Sasson, 2005)

3. במחקר המורחב נבדקו גם מיומנויות נוספות: Retention – שאלות המתבססות על ידע כימי קודם של התלמידים, שהם נדרשים ליישמו בשאלות הקשורות למידע באירוע; חקר – שאלות הקשורות במיומנויות חקר כגון: ניסוח שאלת חקר, קביעת משתנים וגורמים קבועים, ניסוח מסקנות; מיומנויות גרפיות – שאלות הקשורות בתיאור, בפירוש ובציור גרפים; Transfer – העברה – שאלות הקשורות ביכולת העברת ידע קודם של התלמידים בתחום מדעי.

● **מיומנויות קוגניטיביות ואפקטיביות הכרוכות בעבודה עם מודלים** - שאלות הקשורות בייצוגים שונים של מודלים מולקולריים.

שילוב מודלים בהוראת הכימיה מסייע לתלמידים להבין באופן מוחשי את התופעות ואת התהליכים המוסברים במהלך שיעורי הכימיה, תהליכים שקשה לראותם. חוקרים רבים ממליצים על שימוש במודלים בהוראה כדי לעזור ללומדים לדמיין תופעות ולפשט מושגים (Gabel & Sherwood, 1980). החוקרים טוענים כי המודלים הם מתווכים חזותיים בין העולם הדמיוני של התאוריה לבין העולם המוחשי (Gilbert, 1997).

מחקרים הראו כי שילוב הדמיה מולקולרית ממוחשבת בכימיה תורמת לתלמידים בהיבטים האלה: 1. בהיבט הקוגניטיבי של העמקת ההבנה של הנושא הנלמד ושל יכולת המעבר שלהם מייצוג דו ממדי של מולקולות לייצוג תלת ממדי; 2. בהיבט האפקטיבי של עניין, סקרנות והנאה בלמידה (Dori & Barak, 2001; Barnea & Dori, 1999; Wu, Krajcik and Soloway, 2001).

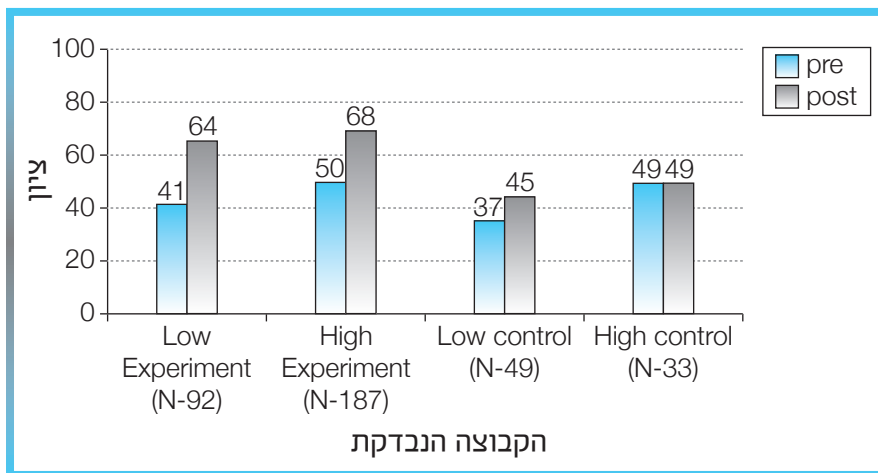
הגרפים 1-2 מציגים השוואה בין ההישגים של קבוצת הניסוי לבין ההישגים של קבוצת ההשוואה במיומנות של שאלת שאלות ושל שימוש במודלים בשנים תשס"ג

ותשס"ד. קבוצת הניסוי כללה תלמידים אשר למדו את יחידת המעבדה הממוחשבת. קבוצת ההשוואה כללה תלמידים הלומדים את אחת מתכניות המעבדה האחרות.

ההשוואה מוצגת על פי חלוקת כיתות הניסוי ועל פי ההשוואה לרמות אקדמיות - רמה נמוכה (Low) ורמה גבוהה (High). חלוקת התלמידים נקבעה לפי המבחן המקדים שהועבר בתחילת השנה וכלל ציון של כל המיומנויות<sup>3</sup>. בשתי קבוצות אלו השינוי במהלך השנה היה הבולט ביותר<sup>4</sup>.

תלמידי קבוצת הניסוי התנסו כחלק מיחידת המעבדה בניתוח חקרי אירוע. במסגרתם הם התבקשו תחילה לנסח שאלות המתעוררות בקרבם בעקבות קריאת האירוע, ושלא קיבלו עליהן מענה במהלך הקריאה.

מתוך גרף 1 ניתן לראות כי הישגי התלמידים השייכים לקבוצת הניסוי השתפרו באופן מובהק, הן ברמה האקדמית הנמוכה והן ברמה האקדמית הגבוהה. התלמידים בקבוצת ההשוואה שרמתי האקדמית נמוכה, שיפרו מעט את הישגיהם במיומנות זו, ואילו הישגי התלמידים ברמה האקדמית הגבוהה בקבוצת ההשוואה נותרו ללא שינוי. המחווון לניתוח השאלות



גרף 1 - קבוצות הניסוי וההשוואה - מיומנות שאלת שאלות - מיוזג שנות הניסוי תשס"ג ותשס"ד

4. ברצוננו לציין את מגבלת המחקר ההשוואתי עקב נכונות שונה של המורים והתלמידים בקבוצת ההשוואה לעומת קבוצת הניסוי. הדבר בא לידי ביטוי בקרב התלמידים ברמה אקדמית גבוהה שנכונותם להשיב על חלק מהשאלות הייתה נמוכה.

מולקולות. התלמידים בונים מולקולות בעצמם, ותוכנת ההדמיה מאפשרת להם לצפות במולקולות בעזרת סוגי מודלים שונים (קווי, כדור-מקל וממלא מרחב), לסובב אותן בזוויות שונות, למדוד את אורכי הקשרים וכן את הזוויות שבין האטומים במולקולה ולהסיק מסקנות בהתאם.

מתוך גרף 2 ניתן לראות כי תלמידי קבוצת הניסוי שיפרו את הישגיהם באופן ניכר ומובהק במיומנות המודלים. ניתן לראות כי תלמידים השייכים לרמה אקדמית נמוכה הראו שיפור משמעותי יותר במיומנות זו ביחס לתלמידי הרמה האקדמית הגבוהה, ובסוף התכנית הגיעו תלמידי הרמות השונות להישגים גבוהים ודומים. מגמה זו מצביעה על כך שהתכנית מסייעת לצמצום פערים בהישגי התלמידים השייכים לרמות אקדמיות שונות. בקבוצת ההשוואה ברמה האקדמית הנמוכה נמצא כי השיפור במיומנות המודלים קטן ובלתי מובהק, ואילו ברמה האקדמית הגבוהה לא נמצא שיפור במיומנות זו<sup>5</sup>.

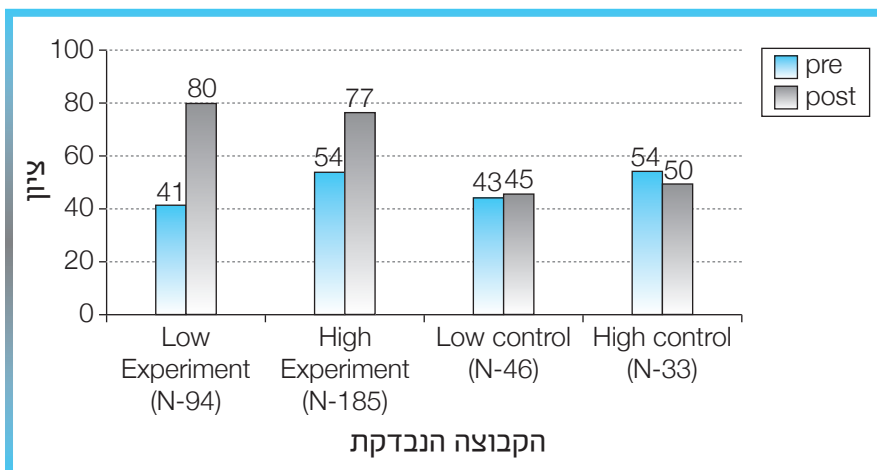
### סיכום הממצאים והמלצות

במהלך יישום תכניות המעבדה נערכו מפגשים רבים עם מדגם גדול של מורים המלמדים את יחידות המעבדה בכימיה. בתקופה זו סוכמו המיומנויות המשותפות של

כלל כמה קריטריונים וביניהם מספר רמות ההבנה בכימיה (מאקרו, מיקרו, סמל ותהליך) הנדרשות לשם מענה על השאלות הנשאלות על ידי התלמידים. המורים הונחו (במהלך השתלמות מורים) לעשות שימוש באסטרטגיות מטא-קוגניטיביות לשם ניסוח של שאלות מורכבות, שאותן הם הנחילו גם לתלמידיהם. מכאן ניתן להסביר את השיפור המובהק בהישגים של תלמידי קבוצת הניסוי.

חלק מתלמידי קבוצת ההשוואה עסקו במהלך לימודיהם בקריאת מאמרים מדעיים ובהעלאת שאלות, בדגש על שאלות חקר במעבדה לאחר תצפיות בתופעות כימיות שונות (Hofstein, Navon, Kipnis, Mamlok, Naaman, 2005). ייתכן כי דרך הוראה זו סייעה לתלמידי הרמה האקדמית הנמוכה לשפר את הישגיהם במיומנות שאלות שאלות. עם זאת לא ציידו מורי קבוצת ההשוואה את תלמידיהם באסטרטגיות לשאלות שאלות מורכבות בעקבות קריאת קטע מדעי, ועל כן ייתכן כי זו הסיבה לשינוי הקטן והבלתי מובהק בהישגי התלמידים של קבוצת ההשוואה ברמה האקדמית הנמוכה.

תלמידי קבוצת הניסוי מתנסים כחלק מהתכנית בעבודה בסביבה ממוחשבת העוסקת בהדמיה מולקולרית. בסביבה זו נעזרים התלמידים במודלים ממוחשבים לשם חקירת אופיין המיקרוסקופי והמאקרוסקופי של



גרף 2 - קבוצות הניסוי וההשוואה - מיומנות מודלים - מיזוג שנות הניסוי תשס"ג ותשס"ד

5. גם כאן יש לציין את מגבלת המחקר שמיומנויות המודלים לא הודגשו בתכנית המעבדה האחרות.

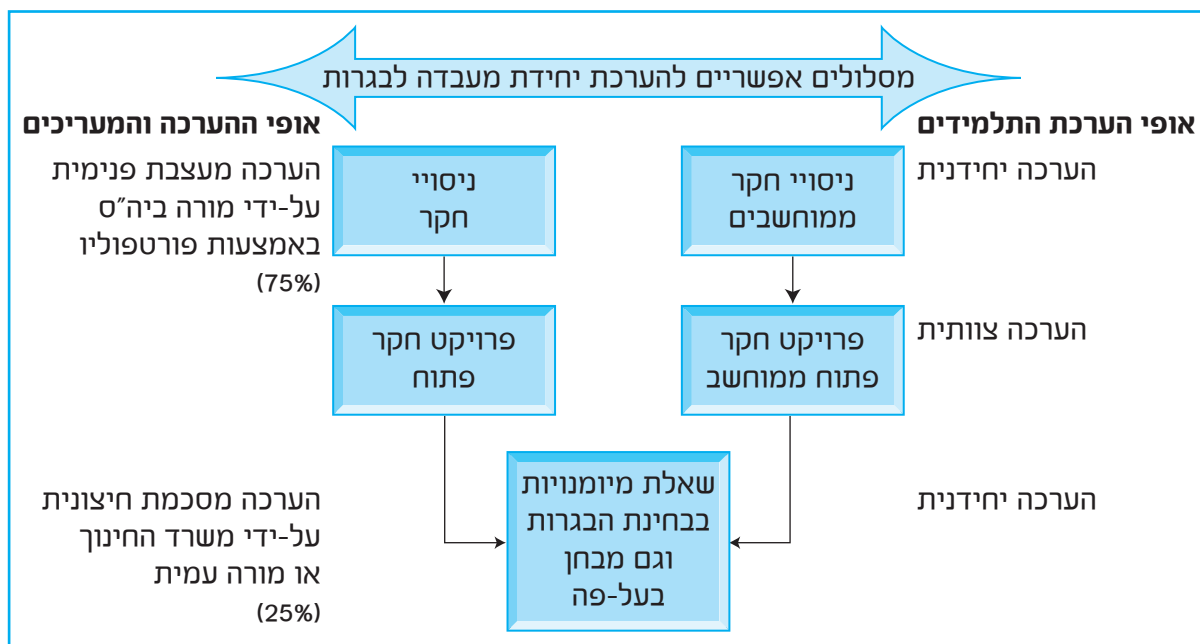
המלצתנו היא לשלב מספר דרכים בהערכת הישגי התלמידים ביחידת המעבדה. הפורטפוליו אשר מגישים התלמידים במהלך ובתום לימודיהם ביחידת המעבדה, מהווה מדד לתהליך למידתם והתקדמותם במעבדה. הבחינה בעל-פה מהווה מדד ליכולתם של התלמידים להסביר את פעולותיהם במעבדה. שאלת המיומנויות מהווה מדד מבוקר, ארצי, ליכולתם של התלמידים ליישם את הידע שרכשו במהלך לימודיהם ביחידת המעבדה תוך ניתוח אירוע מדעי-כימי באמצעות מכלול המיומנויות שרכשו ביחידת המעבדה.

**שלושת המדדים גם יחד – פורטפוליו, בחינה בעל-פה ושאלת מיומנויות – נותנים תשובה הולמת ומקיפה להערכת הישגי התלמידים ביחידת המעבדה בכימיה.**

ליחידת המעבדה, המתייחסות לכל תכניות המעבדה בכימיה אשר פותחו בשנים האחרונות. בהתאם לכך, ובהתאם למידע שנצבר מהמחקר, אשר עקב אחר הישגי התלמידים ביחידת המעבדה, הוגדרו מגוון מיומנויות המייצגות את הידע שרוכשים התלמידים במהלך לימודיהם ביחידת המעבדה בכימיה. מיומנויות אלו באו לידי ביטוי במבחן ידע ומיומנויות אשר היווה אב-טיפוס לשאלת מיומנויות ארצית במסגרת בחינת הברגות. בחינה כזו התקיימה החל משנת הלימודים תשס"ה, ומעל 500 תלמידים בחרו לענות עליה בשנה זו.

בהתאם לקביעת ועדת המקצוע הוחלט כי תינתן למורים הבחירה בין בחינה בעל-פה או בחינה בכתב (שאלת מיומנויות) עבור תלמידיהם.

מדדים אלו מתוארים במודל הבא:



**תודות:**

לד"ר ניצה ברנע על עידודה ותמיכתה בפיתוח וביישום מודל ההערכה. לעיריית ששון על חלקה בפיתוח, ביישום ובמחקר של יחידת המעבדה הממוחשבת. לד"ר מרים כרמי ולעביר עאבד על עזרתן ביישום המודל בשטח. לכל המורים הנסיינים ולמורי קבוצת השוואה אשר הסכימו ברצון לשתף פעולה במחקר זה.

interscience.wiley.com/cgi-bin/abstract/55001987/START

Dori, Y.J. & Herscovitz, O.(2005). Case-based long-term professional development of science teachers. *International Journal of Science Education*, **27**, 1413–1446.

Dori, Y.J. & Sasson, I. (2005). Chemical understanding and graphing skills in an honors case-based computerized chemistry laboratory environment: The value of bidirectional visual and textual representations. *Submitted to Journal of Research in Science Teaching*.

Dori, Y.J., Sasson, I. Kaberman, K. & Herscovitz, O. (2004). Integrating Case-based Computerized Laboratories into High School Chemistry. *The Chemical Educator*, **9**, 1-5.

Gabel, D. L. & Sherwood, R. (1980). The effect of student manipulation of molecular models on chemistry achievements according to Piagetian level. *Journal of Research in Science Teaching*, **17**, 75-81.

Gilbert, J.K (1997). *Models in science and science education*. In Exploring Models and Modeling in Science and Technology Education. The University of Reading, 5-19.

Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, **88** (1), 28-54.

Hofstein, A., Navon, A., Kipnis, M., Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, **42**(7), 791-806.

Lazarowitz, R. & Tamir, P. (1994). Research on Using Laboratory Instruction in Science. In Gabel, D.L. (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Macmillan Publishing Company, N. Y., 94-128.

Wu, H.K, Krajcik, J.S. & Soloway E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, **38**, 821-842.

הרשקוביץ, א., קברמן, צ., ששון, ע. ודורי, י. (2003). ניסויי חקר ממוחשבים והדמייה מולקולרית בכימיה, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, חיפה.

קברמן, צ. (2003). מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה של תלמידי כימיה הלומדים על פי תכנית מעבדות ממוחשבות מבוססות אירועים. עבודת מסטר, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, חיפה.

קברמן, צ., ששון, ע. והרשקוביץ, א. (2004). חקר אירוע ושילובו בלימודי הכימיה. אתר האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך, מדינת ישראל.

[http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot\\_Limudim/Portal/TochniyotLimudim/CativaElyuna/Chemya.htm](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Portal/TochniyotLimudim/CativaElyuna/Chemya.htm)

Barnea, N. & Dori, Y. J. (1999). High-school Chemistry Students' Performance and Gender Differences in a Computerized Molecular Modeling Learning Environment. *Journal of Science Education and Technology*, **8**, 4, 257-271.

Dillon, J. T. (1988). The remedial status of student questioning. *Journal of Curriculum studies*, **20**, 197-210.

Dori, Y. J. (2003). From nationwide standardized testing to school-based alternative embedded assessment in Israel: Students' performance in the "Matriculation 2000" Project. *Journal of Research in Science Teaching*, **40**, 34-52.

Dori, Y. J. & Barak, M. (2001). Virtual and Physical Molecular Modeling: Fostering Model Perception and Spatial Understanding. *Educational Technology & Society*, **4**(1), 61-74. [http://ifets.ieee.org/periodical/vol\\_1\\_2001/dori.pdf](http://ifets.ieee.org/periodical/vol_1_2001/dori.pdf)

Dori, Y.J. & Herscovitz, O.(1999). Question Posing Capability as an Alternative Evaluation Method: Analysis of an Environmental Case Study. *Journal of Research in Science Teaching*, **36**, 4, 411-430. <http://www3.>

"True genius resides in the capacity for evaluation of uncertain, hazardous, and conflicting information".

Winston Churchill

