

שיפור המיומנויות של שאלת שאלות חקר במעבדת החקר* מירה קיפניס**



המעבדה, לתכנן פעילות המתאימה למטרות הללו, להכשיר מורים להפעלת המעבדה בצורה שתקדם את הלמידה ולהעריך את השפעת הפעילות בעזרת כלים מתאימים. כיוון אפשרי לשינוי פעילות המעבדה לשם הפקת יתרונות לימודיים ניתן למצוא אצל החוקרים שמצאו שמעבדות חקר המתוכננות והמבוצעות כהלכה, יכולות לקדם אצל תלמידים למידה, הבנת מושגים והבנת אופי המדע (Garnett, Garnett & Hackling, 1995; Hofstein & Lunetta, 1982; Lunetta, 1998; Tobin, 1990).

בשנים האחרונות החקר המדעי, כמרכיב מרכזי בחינוך המדעי, ממלא תפקיד חשוב בפרויקט הסטנדרטים (National Research Council, 1996), התופס את החקר כגורם מרכזי בהשגת אוריינות מדעית. במסמך הסטנדרטים יש למילה "חקר" שני מובנים (Bybee, 2000): האחד, חקר כהבנת נושא, שבעזרתו יש לתלמידים הזדמנויות לבניית מושגים ותבניות מחשבתיות שמאפשרים להם

הקדמה – חשיבות המעבדה בלימודי הכימיה

אחד התחומים שנחקרו בהיקף הרחב ביותר בהוראת המדעים הוא תחום המעבדה והאפקטיביות החינוכית שלה. בסקירות שונות (Lazarovitz & Tamir, 1994; Hofstein & Lunetta, 1982; Hodson, 1993) השאלות העיקריות שהעסיקו את החוקרים, ושניתן לסכמן תחת הכותרת: האם התוצאות המתקבלות משילוב המעבדה בלימודי המדע מצדיקות את האמצעים הרבים המושקעים בה? התשובה לשאלה זאת תלויה כמובן במטרות שרוצים להשיג בפעילות המעבדה, אולם ניתן לומר כי ממצאי המחקרים שנעשו במחצית השנייה של המאה הקודמת, קובעים כי חלק מהמורים משיגים חלק מהמטרות של עבודת המעבדה עם חלק מהתלמידים (Hodson, 1993).

כדי שניתן יהיה לשפר את המצב ולבצע פעילות מעבדה שתתרום בצורה משמעותית יותר לתהליך הלמידה, יש צורך לשנות ולהגדיר מחדש את המטרות של פעילות



* מבוסס על המאמר: Hofstein, A., Navon, O., 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, 791–806.
** מירה קיפניס, סטודנטית לתואר דוקטור בהנחיית פרופ' אבי הופשטיין, בקבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן.

ביכולת זו במסגרת סיטואציה לימודית שונה - קריאה ביקורתית של מאמר מדעי.

פיתוח ניסויי חקר

יחידת הלימוד "גישה חוקרת" כוללת פיתוח של כ-100 ניסויי חקר המתאימים לכיתות י"א ו-י"ב. כמעט כל הניסויים קשורים לנושאים הנלמדים בכימיה בחטיבה העליונה: חומצות ובסיסים, חמצון-חיזור, מבנה וקישור, אנרגיה, שיווי משקל, סטכיומטריה. במקביל פותחה דרך להערכת התלמידים ביחידה זו.

לשם כך פותחו שני כלי הערכה המשלבים הערכה קבוצתית של הדוחות שמגישים התלמידים והערכה אישית של עבודת התלמיד היחיד בקבוצה. המורים המלמדים את היחידה עברו הכשרה מיוחדת. לפני שהתחילו ללמד בכיתות, הם השתתפו בקורס קיץ אינטנסיבי בן 56 שעות שבמהלכו התנסו בביצוע ניסויי חקר רבים, בדרך שבה מתנסים התלמידים. במהלך שנת הלימודים השתתפו המורים המלמדים בפגישות תמיכה שהתקיימו פעם בחודש.

ניסוי חקר מלא כולל שני שלבים עיקריים: בשלב הראשון התלמידים מבצעים ניסוי לפי הוראות הניתנות להם. הם מתבקשים לרשום את תצפיותיהם בעת ביצוע הניסוי. לאחר מכן מתחיל שלב החקר שבמהלכו מתבקשים התלמידים לבצע את הפעולות האלה:

- לשאול שאלות הקשורות לניסוי שביצעו.
- לבחור שאלה להמשך חקר.
- לנסח השערה על התשובה לשאלת המחקר שבחרו.
- לתכנן ניסוי שיבדוק אם השערתם נכונה.
- לבצע את הניסוי שתכננו.
- לנתח את תוצאות הניסוי ולהגיע למסקנות אודות ההשערה שלהם.
- לכתוב דו"ח קבוצתי שמפרט את כל שלבי החקר. הניסויים שהתלמידים מבצעים קשורים בדרך כלל לחומר התאורטי הנלמד בשיעורי הכימיה השוטפים. הפעילות היא ממושכת (ניסוי חקר מלא מתמשך על פני 4

להסביר את התופעות שהם חווים; החקר השני משמש כמובן של יכולות או מיומנויות. במיומנויות החקר כולל ביבי שאלת שאלות, ניסוח השערות, תכנון וביצוע ניסוי מדעי, ניסוח הסברים מדעיים, תקשורת עם עמיתים והגנה על טיעונים מדעיים.

כדי להכניס את הפעילות של מעבדת החקר ללימודי הכימיה בחטיבה העליונה בארץ, נבנתה התכנית "בגישה חוקרת", שמהווה יחידת לימוד אחת במסגרת ההשלמה מ-3 יח"ל ל-5 יח"ל. התכנית פותחה במחלקה להוראת המדעים, ובמקביל לפיתוח התכנית, הוכשרו מורים להוראתה (Hofstein, Levi Nahum, Ben-Zvi & Shore, 2001). החל משנת תשנ"ט נלמדה "בגישה חוקרת" בבתי ספר שונים בארץ. בשנה"ל תשס"ה לימדו 90 מורים "בגישה חוקרת" בכיתות י"א ו-י"ב שבהן למדו כ-2500 תלמידים.

התכנית מבוססת על ניסויי חקר המתבצעים במעבדה ע"י התלמידים. במסגרת הניסויים שנושאים קשורים לתכנית הלימודים הרגילה, התלמידים עובדים בקבוצות ומפתחים מיומנויות חקר הכוללות: רישום תצפיות, שאלת שאלות, העלאת השערות, תכנון ניסוי, הסקת מסקנות מתוצאות הניסוי. התלמידים מוערכים על עבודתם במעבדה באופן מתמשך, במשך לימודיהם בכיתות י"א ו-י"ב. הציון הסופי על יחידה זו הוא ציון בית ספרי המבוסס על ההערכה המתמשכת הזאת.

המחקר

מטרות המחקר

המטרה העיקרית של מחקר זה היא להראות שתלמידים שניתנה להם ההזדמנות לפתח מיומנויות חקר במסגרת התכנית "בגישה חוקרת", פיתחו יכולת לשאול שאלות רבות וטובות יותר ולנסח השערות טוב יותר יחסית לתלמידים שניסיונם במעבדות חקר היה מועט. לשם כך מתמקד המחקר בנקודות הבאות:

- חקירת יכולתם של תלמידי תיכון לשאול שאלות - שאלות בכלל ושאלות חקר בפרט - המתייחסות לניסויים בכימיה שהם ביצעו.
- חקירת השימוש שעושים תלמידי כימיה בתיכון



מבחן מעשי

התלמידים התבקשו לבצע ניסוי פשוט שבמהלכו ערבבו שתי אבקות לבנות לא ידועות להם (סודה לשתייה וחומצת לימון) במים בתוך שקית פלסטיק קטנה. התלמידים נדרשו לצפות בשינויים המתרחשים ולרשום את תצפיותיהם. יש לציין שהניסוי לא היה מוכר לתלמידים. בזמן הפעילות, בנוסף לרישום התצפיות, התבקשו התלמידים לרשום את כל השאלות שלדעתם קשורות לתופעה שבה צפו, לבחור שאלה להמשך חקר, להציע תשובה לשאלה ולתכנן ניסוי שתוצאותיו יתמכו בהשערתם. תלמידי קבוצת הביקורת שאינם מנוסים במעבדות חקר, קיבלו בתחילת הפעילות הסבר קצר, בתוספת דוגמאות, שהבהיר להם מהם שאלה, השערה, שאלה להמשך חקר ותכנון הניסוי שסייע לענות על השאלה. הניסוי בוצע על ידי התלמידים בקבוצות (2-3 תלמידים בקבוצה), אך השאלון מולא באופן אישי על ידי התלמידים.

קריאה ביקורתית של מאמר

התלמידים התבקשו לקרוא מאמר מדעי (Wu et al., 2001) מקורי. להלן תיאור קצר של תוכן המאמר:

חנקן חמצני (NO) פועל כמולקולה ייחודית במערכת העצבים להגנה מפני זיהומים, להסדרת לחץ הדם וכ"שומר סף" של זרימת הדם לאברים שונים. מקובל לחשוב שזמן החיים שלו בגוף האדם הוא שניות אחדות, ולכן קשה לגלות אותו כשהריכוז שלו נמוך. המאמר מדווח על תכנון של חיישן הרגיש לכמויות קטנות של NO בתמיסה פיזיולוגית ובטמפרטורת חדר. השלבים של תהליך הגילוי הם: NO נקשר לשטח הפנים של התקן הגילוי (המורכב מטרנזיסטורים אורגניים). התרכובות האורגניות נצמדו לסגסוגת של גליום וארסן, שהיא מוליכה למחצה. כתוצאה מהשינוי בשטח הפנים שנובע מקשירת ה-NO, הזרם העובר בסגסוגת משתנה ומועבר לגלאי.

שיעורים בממוצע), היא מאפשרת לתלמידים לדון עם חבריהם בנושאים הנלמדים ודורשת מהם השתתפות פעילה. כל הפעילות הזאת מוערכת ע"י המורים ומהווה חלק מציין בחינת הבגרות בכימיה המופיע בתעודת הבגרות. לעומת תלמידי התכנית "גישה חוקרת", אלה הלומדים לפי הגישה הרגילה, מבצעים מעבדות לעתים רחוקות יותר, ופעילות המעבדה שלהם כוללת בדרך כלל הדגמת מורה ומעבדות מאשרות. פעילויות אלה מהוות גיוון להוראה המתבצעת בכיתה ומאשרות את התאוריה שנלמדת בשיעורים אלה. לפעילות המעבדה מהסוג הזה אין ביטוי בציין הבגרות בכימיה, ולכן המורים נוטים לוותר עליה בקלות כאשר יש מחסור בזמן.

אוקלוסיית המחקר ומערך המחקר

המחקר בוצע בשש כיתות י"ב. אוקלוסיית המחקר מנתה שתי קבוצות: קבוצת המחקר של 55 תלמידים וקבוצת ההשוואה של 56 תלמידים. כל התלמידים משתי הקבוצות למדו כימיה ברמה של 5 יח"ל. לפי דיווחי המורים המלמדים תלמידים אלה, לא היו הבדלים משמעותיים ברמה האקדמית של הכיתות השונות. בכיתות הניסוי התלמידים למדו את היחידה "בגישה חוקרת" ועקב כך התנסו בביצוע מעבדות חקר רבות במהלך לימודי הכימיה. תלמידי קבוצת ההשוואה התנסו בפעילות מעבדה "רגילה" הכוללת בעיקר ניסויים מאשרים. במהלך פעילות זו התלמידים צריכים לעקוב אחרי הוראות מעבדה הניתנות להם צעד אחר צעד. פעילות כזאת היא "סגורה" וקשורה בצורה הדוקה לתאוריה הנלמדת באותה עת בכיתה. בזמן הפעילות במעבדה כזאת, לתלמידים ניתן זמן מוגבל ביותר לפיתוח מיומנויות חקר כמו אלה המתורגלות במעבדת החקר.

כלי המחקר

כדי להשוות בין יכולתם של התלמידים משתי הקבוצות לשאל שאלות בשעת ביצוע ניסוי או בעת קריאה ביקורתית של מאמר, פותחו מבחן מעשי ושאלון מבוסס-מאמר.

שהתייחסו לעובדות ולהסברים של התופעות שנצפו בניסוי שביצעו התלמידים. בקריאת המאמר, השאלות שרמתן נמוכה הן שאלות המבוססות על הטקסט ושהתשובות להן נמצאות בקטע שהתלמידים קראו. באופן כללי ניתן לומר, שהתשובות לשאלות שרמתן נמוכה מסתכמות במילה אחת, במשפט או בהסבר. בשני המקרים שאלות שרמתן גבוהה, הן שאלות שניתן לענות עליהן לאחר ביצוע חקירה נוספת הכוללת עריכת ניסוי נוסף או חיפוש מידע נוסף בספרות או באינטרנט. שאלות אלה הן מורכבות יותר, וכדי לנסחן התלמידים נדרשים לחשיבה ביקורתית על הניסוי שביצעו או על המאמר שקראו.

למרות שנבחנו נושאים שונים הקשורים במבחן המעשי ובקריאה הביקורתית, מאמר זה מתרכז בשלושה גורמים המשותפים לשני הנושאים הללו:

1. מספר השאלות ששאל כל אחד מהתלמידים.
 2. רמת השאלות שנשאלו.
 3. השאלות שבחרו התלמידים להמשך חקר.
- שני הגורמים הראשונים נחקרו בצורה כמותית, והשלישי באופן איכותי.

שאלת שאלות ע"י התלמידים בהקשר של המבחן המעשי

נערכה השוואה של מספר השאלות הממוצע ששאל כל אחד מהתלמידים מכל אחת מהקבוצות (קבוצת הניסוי וקבוצת הביקורת). התוצאות מסוכמות באיור 1.

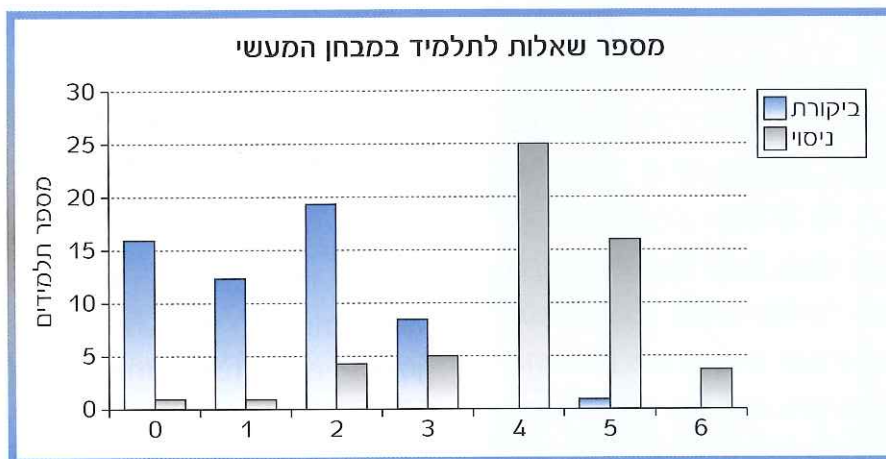
המאמר עבר עיבוד כדי להתאימו ליכולת הקריאה ולידע של התלמידים. כדי שיהיה פשוט יותר להבנה, חולק המאמר לקטעים האלה: תקציר, הקדמה, שיטות מחקר, תוצאות וסיכום. בהקדמה הוצג הרקע המדעי הנדרש והופיע מילון מונחים למילים הקשות במאמר. החלק העוסק בשיטות מחקר מציג בפני התלמידים שיטה אחת שהמדענים השתמשו בה בעבודתם. בסוף המאמר נכתב סיכום קצר ובו הרעיונות העיקריים הכלולים במאמר. התוצאות הוצגו בגרף שמראה את תנאי הניסוי השונים. המאמר נבחר מתוך הנחה שיעניין את התלמידים כי הוא עוסק בנושא שנמצא ב"חזית הכימיה", הוא רלוונטי וכולל יישום טכנולוגי.

התלמידים התבקשו לקרוא את המאמר ולענות על שאלות. לצורכי המחקר הנוכחי נבחרו שתי שאלות:

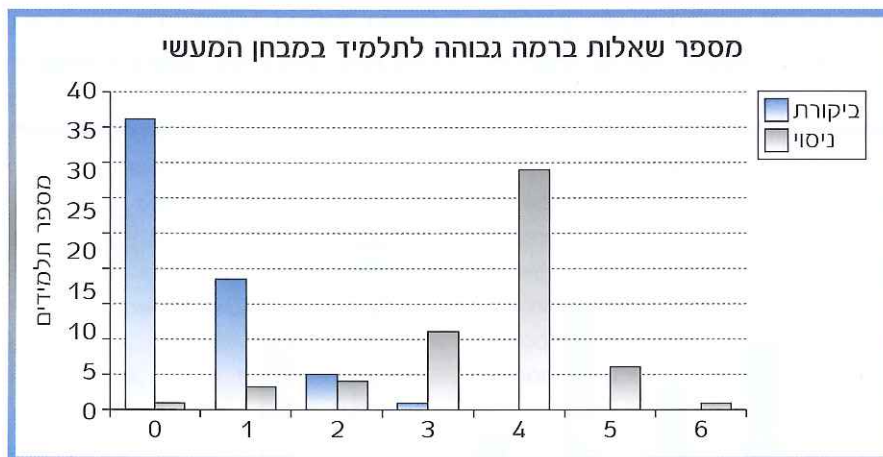
1. כתבו את כל השאלות שמתעוררות אצלכם לאחר קריאת המאמר.
2. מרשימת השאלות שכתבתם בחרו את השאלה המעניינת ביותר, שאותה אתם רוצים לחקור.

תוצאות

ניתוח התוצאות מבוסס על השוואה בין מספר השאלות הממוצע ששאלו תלמידים בקבוצת הניסוי ובקבוצת ההשוואה, ועל השוואה בין רמת השאלות להמשך חקר שבחרו התלמידים בקבוצות השונות. השאלות שנבחרו להמשך חקר סווגו לשתי רמות. במבחן המעשי השאלות שרמתן נמוכה הן שאלות



איור 1:



איור 2:

שאלת שאלות ע"י התלמידים בהקשר של קריאת מאמר מדעי

לאחר קריאת המאמר המדעי שאלו כל התלמידים של קבוצת המחקר ביחד 117 שאלות שונות, בעוד שתלמידי קבוצת הביקורת שאלו רק 23 שאלות שונות. נמצאו הבדלים מובהקים בין מספר השאלות הממוצע לתלמיד בכל אחת מהקבוצות ובין רמת השאלות שנשאלו ע"י תלמידי שתי הקבוצות. בבחינת השאלות שנבחרו להמשך חקר, נמצא שהתלמידים בקבוצת המחקר ניסחו שאלות חקר ברמה גבוהה, כמו:

כיצד מולקולת NO משתחררת מההתקן?
האם יכול ההתקן לשנות את ריכוז ה-NO?

מדוע יש שחרור של NO בגוף האדם במצבים קיצוניים?

האם יכולים המדענים להשתמש בהתקן כדי לגלות מולקולות אחרות?

יש לציין כי במקרים מסוימים לא בחרו תלמידים בקבוצת הביקורת שאלה להמשך חקר, ורוב השאלות של תלמידי קבוצת הביקורת היו שאלות ברמה נמוכה, למשל: כיצד נרשם הזרם?

האם ניתן להשתמש בגליון ה-NO למטרות רפואיות?
מה מגלה ההתקן?
מה מייצג הגרף?

בהשוואת מספר השאלות שנשאלו על ידי התלמידים מכל רמה, נמצא שתלמידי קבוצת הניסוי שאלו הרבה יותר שאלות ברמה גבוהה מתלמידי קבוצת הביקורת (איור 2), ואילו במספר השאלות ברמה נמוכה לא נמצא הבדל מובהק בין שתי הקבוצות.

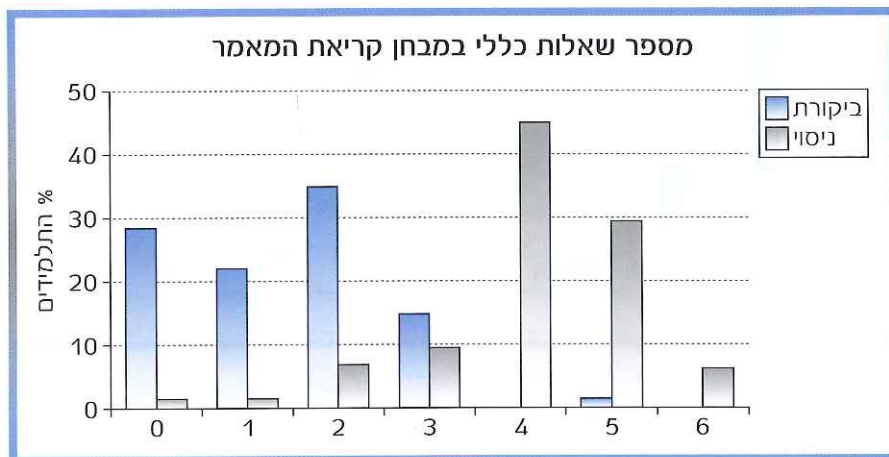
בבחינת השאלות שנבחרו על ידי התלמידים להמשך חקר, נמצא שחלק מתלמידי קבוצת הביקורת לא בחרו בכלל שאלה להמשך חקר, והשאלות שנבחרו על ידי רוב תלמידי קבוצת הביקורת היו שאלות ברמה נמוכה. תלמידים רבים מקבוצת הביקורת בחרו לחקור שאלה שאינה שאלת חקר מובהקת, כמו:

- מדוע התנפחה השקית?
- האם הטמפרטורה ירדה?
- מדוע ירדה הטמפרטורה?
- מדוע המים מגיבים עם האבקה?
- מהו המוצק הלבן?

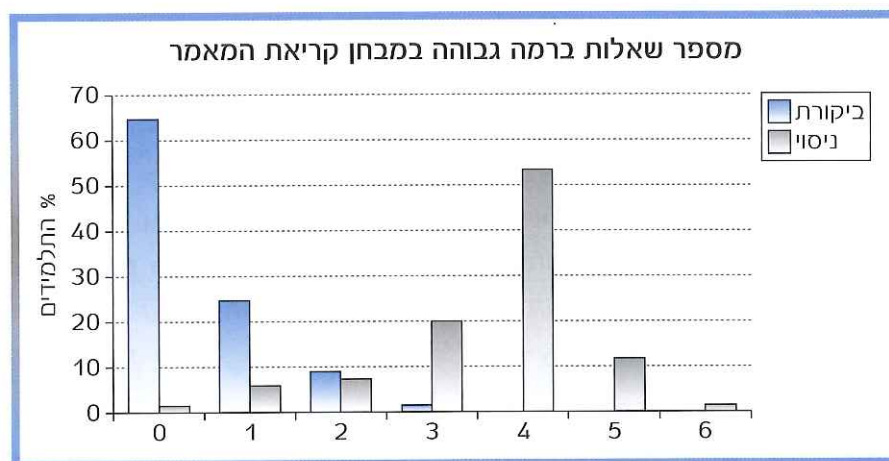
רמת השאלות שנשאלו על ידי התלמידים של קבוצת המחקר הייתה גבוהה יותר. רוב התלמידים ניסחו שאלת חקר עם שני משתנים, כמו:

- מה יקרה אם נוסיף כמות שונה של מים?
- האם הטמפרטורה תעלה אם נוסיף יותר מים?
- האם כמות האבקה משפיעה על התנפחות השקית?

באיור 3 אפשר לראות ייצוג גרפי להבדל במספר השאלות הכללי בין הקבוצות לאחר קריאת המאמר, ובאיור 4 יש ייצוג גרפי למספר השאלות ברמה גבוהה בכל אחת מהקבוצות לאחר קריאת המאמר.



איור 3:



איור 4:

דיון ומסקנות

בהגדרתה שאלה ברמה גבוהה) היא אחת מהפעילויות שהתלמידים נדרשים לבצע בכל ניסוי חקר מלא. לעומת זאת, לתלמידי קבוצת הביקורת הלומדים כימיה בתכנית הרגילה שאין בה ניסוי חקר, אין הזדמנויות להתנסות בשאלת שאלות בכלל ובשאלות חקר בפרט, ולכן כישוריהם בתחום זה נמוכים יותר, כפי שנמצא במחקר.

מעבודת החקר מספקות לתלמידים הזדמנות להיות אחראים ללמידתם תוך ביצוע ניסוי חקר. במחקר שתואר פה נמצא שהתלמידים שיפרו את יכולתם לשאול שאלות חקר משמעותיות כתוצאה מצורת למידה זאת. ממצאים אלה אינם מפתיעים מאחר שבמשך ביצוע פעילות החקר המהווה חלק אינטגרלי מלימודי הכימיה שלהם, התלמידים מתנסים בשאלת שאלות ובניסוח שאלות חקר. הפעילות של ניסוח שאלת חקר (שהיא

Lazarowitz, R. & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D.L. Gabel (Ed), *Handbook of research on science teaching and learning*, (pp.94-128), New York, Macmillan.

Lunetta V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In J.B. Fraser and K.G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education*, (pp. 249-262). Dordrecht: Kluwer.

National Research Council, (1996). National Science Education Standards. Washington DC: National Academy Press.

Tobin, K. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90, 403-418.

Wu, G.D., Cahen, D., Graf, P., Naaman, R., Nitzan, A., & Shvartz, D. (2001). Direct detection of low-concentration NO in physiological solutions by new GaAs-based sensor. *Chemistry—A European Journal*, 7, 1743-1749.

Bybee, R. W. (2000) Teaching science as inquiry In J. Minstrel & E.H. Van-Zee (Eds.). *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science*, (pp. 20-46) Washington DC; AAAS.

Garnett, P. J., Garnett, P. J. & Hackling, M. W. (1995). Refocusing the chemistry lab: A case for laboratory-based investigations. *Australian Science Teachers Journal*, 41(2), 26-32.

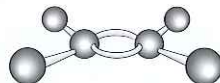
Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: toward a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.

Hofstein, A., Levi-Nahum, T. & Shore, R.(2001). Assessment of the learning environment of inquiry-type laboratories in High School chemistry. *Learning Environment Research*, 4, 193-207.

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

Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.

מכון דוידסון לחינוך מדעי
DAVIDSON INSTITUTE
OF SCIENCE EDUCATION



המרכז הארצי למורי הכימיה



המחלקה להוראת המדעים

הודעה ראשונית על השתלמויות הקיץ

במהלך חופשת הקיץ יתקיימו השתלמויות במכון דוידסון, מטעם המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות.

ההשתלמויות יתמקדו בנושאים הבאים:

1. הכרות עם המבניות החדשות שפותחו במכון ויצמן

א. "יחסים וקשרים בעולם החומרים" מבנית חובה

ב. "כימיה ... זה בתוכנו" - מבנית בחירה

מבניות אלו נכתבו על-פי תכנית הלימודים החדשה בכימיה בהיקף של 3 יח"ל.

2. יחידת המעבדה

א. "כימיה בגישה חוקרת"

ב. "יחידת המעבדה עם דגש תעשייתי"

להזכירכם, החל משנת הלימודים הבאה יחידת המעבדה הינה יחידת חובה.

פרטים מלאים לגבי ההשתלמויות הקיץ יפורסמו בקרוב.

קבוצת הכימיה המחלקה להוראת המדעים

