

הערכת עבודת המעבדה בהוראת הכימיה

איטה כהן, רות בן-צבי, אבי הופשטיין ודוד סמואל

גיליון 2, 1978

מ ב ו א: הצורך בהערכת לימודי המעבדה

תכניות הלימודים החדשות במדעי הטבע מאופיינות בעיקר ע"י ההדגשה הרבה של הלימוד בדרך החקר. לימוד בדרך החקר מצטיין בכך, שהתלמיד, כמו מדען בזעיר אנפין, מגלה חלק גדול מהחוקים ומהתכנים הקשורים בנושא, בין השאר תוך כדי עבודה עצמית במעבדה.

Shulman & Tamir (1973) סבורים כי "עם העברת הדגש מרכישת ידע למטרות אחרות המדגישות את תהליכי המדע, הוקנה למעבדה תפקיד מרכזי, לא כאמצעי להקניית חומר ולאישור הנלמד, אלא כמרכז של תהליך למידת המדע". מחנכים ואנשי מדע רבים מצדדים בלימוד בשיטה זו. ביניהם Schwab (1962) אשר סבור כי דרך ההוראה עצמה צריכה לכלול את המוטיבציה עבור הלומד, וכי חשיבות מעבדת החקר הינה בהיותה גם דרך למידה והוראה וגם אמצעי להבנת החקר במדע.

לימוד בדרך החקר מפגיש את התלמיד עם בעיות שאותן הוא צריך לחקור באופן עצמאי במעבדה, ותוצאות העבודה המעבדתית מאפשרות לו להגיע למסקנות תאורטיות כלליות. מסיבה זו מהווים שיעורי המעבדה כשליש משיעורי המקצוע ובהם לומד התלמיד לטפל בכלים, בחומרים ובמכשירי מדידה בצורה בטוחה ומסודרת, לתכנן מערכות ולהרכיבן ולבחור באמצעים הנדרשים לכל ניסוי. תוך כדי כך מגלה התלמיד את מידת בטחונו ועצמאותו, הן בביצוע הניסויים והן בעריכת תצפיות וקליטת המתרחש לנגד עיניו בצורה מהימנה. נוסף לכך מתאמן התלמיד בדיווח נאות של התוצאות - באופן מילולי, בציור, בתיאור גרפי, בנוסחות או במספרים. ולבסוף, התלמיד נדרש לפרש את התוצאות שקיבל ולעבדן למסקנות תאורטיות הנובעות מהניסוי שביצע, והדרושות להמשך לימוד הנושא.

מגוון זה של תוכני לימוד הנכללים בלימודי המעבדה, העמיד את הצורך בהערכת הישגיו של התלמיד בלימודים אלה. בעבר התרכזו הערכת לימודי המעבדה במדידת אספקטים מצומצמים הקשורים בהם. בעיקר שמו לב לשליטה בטכניקת הביצוע ובמדידות. הערכה של תחום זה בלבד, אינה תואמת

את התוכן החדש הנכלל בשיעורי המעבדה בתכניות הלימודים החדש. Kerr (1964) ביטא זאת במלים הבאות: "אנו חושבים כי מבחנים מעשיים צריכים לשרת את המטרה החשובה של הסבת תשומת הלב לערכים החינוכיים החשובים של הניסוי". דעות ברוח זו הביעו חוקרים נוספים, ביניהם Lister & Kelly (1969) אשר טוענים כי "הצורך במדידה של ביצועי הנלמד בעבודת המעבדה, מבוסס על הרצון לשקף את תפקידה החשוב של המעבדה במקצועות הנלמדים".

אי לכך מנסות דרכי ההערכה החדשות לעמוד לא רק על מידת השליטה בביצוע הניסוי, אלא גם על בדיקת מידת ההבנה של התוכן העיוני הכרוך

בביצוע הניסוי ובתוצאותיו. ניתן לבצע זאת בדרכים שונות, ועל חלק מדרכים אלו ידווח מאמר זה.

דרכים להערכת עבודת המעבדה

הבעיה העומדת בפני המעריך היא למצוא מכשירים שיתאימו להערכת עבודת המעבדה, שיהיו מהימנים, תקפים ונוחים לשימוש. לשם כך יש צורך לבדוק סוגים שונים של מכשירים, ולבדוק את מידת התאמתם להערכת לימודי המעבדה. על סמך זה יוכל המורה להחליט מהם המכשירים הנראים לו. מאחר שלימודי המעבדה מתקיימים, כאמור, בשני תחומים עיקריים: התחום הכולל כשרים ידניים והתחום הכולל כשרים אינטלקטואליים, הרי שגם בדיקת עבודת המעבדה צריכה להתבסס על צירוף של שני תחומים אלה. ניתן להכין מכשירים מגוונים להערכת עבודת המעבדה, החל ממכשיר הבודק **רק** כשרים ידניים ועד למכשיר הבודק **רק** כשרים אינטלקטואליים הקשורים בעבודת המעבדה, דרך מכשירים הבודקים צירוף הכשרים משני התחומים הנ"ל.

במאמר זה יתוארו שלוש דרכים להערכת לימודי המעבדה בכימיה, שנבדקו בשנים תשל"ד-תשל"ו במספר כיתות שלמדו לפי התכנית "כימיה לבית הספר התיכון".

דרך הערכה I מבחן מעבדה אובייקטיבי

דרך זו נועדה לבדוק את שליטתם של התלמידים בכשרים הידניים הנלמדים במעבדה, דהיינו, את הטיפול בחומרים ובכלים וכן את התכנון והביצוע של הניסויים.

לשם בדיקת שליטתם של התלמידים בכשרים הידניים, נבחרו שני ניסויי מעבדה, השונים זה מזה באופיים ובדרישות שהם מציבים בפני התלמידים.

ניסוי 1: ניסוי של פתרון בעיה: בניסוי זה הוצגה בפני התלמידים בעיה כימית שאותה נדרשו לפתור, אך לא ניתנו הנחיות מפורטות לביצוע. התלמיד נדרש לתכנן בכוחות עצמו את הפעילויות השונות והמגוונות שיביאו לפתרון הבעיה.

ניסוי 2: ניסוי של פעילות ידנית: בניסוי זה נדרשה מן התלמיד פעילות מצומצמת יחסית, תוך טיפול במספר קטן של כלים. ההוראות שניתנו לו היו מפורטות ומדויקות ביותר.

בניסוי הראשון נבדקה איפוא יכולתו של התלמיד להתמודד בכוחות עצמו עם מצב הדורש פתרון בעיה, בעוד שבשני נבדקה יכולתו לעקוב אחר הוראות ולבצען.

הערכת ביצועי התלמיד בשני הניסויים שנבחרו, סיפקה מידע לגבי מידת שליטתו בפעילויות המניפולטיביות הנדרשות בעבודת המעבדה. כדי לקבל תמונה אובייקטיבית ככל האפשר על תחום זה, נעשתה ההערכה על ידי מעריכים חיצוניים. מעריכים אלו קיבלו דפי הערכה, שבהם פורטו כל שלבי הביצוע המצופים מהתלמיד בכל אחד מהניסויים הנבדקים, והמעריך היה צריך לציין האם הביצוע היה נאות או בלתי נאות, בכל שלב ושלב. בבדיקה זו לא שוחח המעריך עם הנבחנים ולא כלל כל התרשמות סובייקטיבית בהערכתו. להלן דוגמה חלקית מדפי הערכה שמילא המעריך (ראה טבלה 1).

טבלה 1: חלק מדף הערכה במבחן מעבדה אובייקטיבי

לא	כו	השלב בתהליך הביצוע
		3. האם פעולת השטיפה נעשתה באורח משביע רצון ?
		4. האם הטיפול בבקבוקי הראגנטים אי-ו-ב' היה משביע רצון ונכון ? (פתיחה נכונה של פקקים וסגירת הבקבוק לאחר העברת החומרים)?
		5. האם השתמש התלמיד במשפכים להעברת התמיסות לביורטות?
		6. האם בזמן המילוי הוצבה הביוורטה בכך?
		7. האם לאחר מילוי הביוורטה הוצאו כל בועות האויר מהביוורטה ?
		8. האם איפס התלמיד את גובה המיניסקוס בביוורטה ?
		9. אם כן, האם האיפוס נעשה בגובה העין?
		10. האם כל פעולת מילוי הביוורטה ושטיפתה נעשתה בביטחון ובעקביות?
		11. האם נמנעו תקלות כמו מילוי יתר בביוורטה או שבירת ביוורטה?
		12. לפני פעולת העברת התמיסות לכלי המדגם האם הניח התלמיד את כלי המדגם במרחק סביר ונוח לעבודה ? (כך שלא תהיה הפרעה למילוי הכלים)?

התלמיד לא נדרש לדווח ולסכם מסקנות, ולכן לא נבדקה במבחן זה מידת ההבנה של תוצאות הניסוי. הבדיקה היתה איפוא אובייקטיבית והתייחסה רק להערכתם של הכשרים היידניים של התלמיד בעת הניסוי.

לשם קביעת ציוני התלמיד בכל אחד מהניסויים, חולקו הפריטים במבחן ל-4 תת-מבחנים:

1. טכניקה ניסויית (אופן הביצוע);
2. שיטת העבודה ומהלכה;
3. מיומנויות ידניות;
4. סדר וניקיון.

לדוגמה, הפריטים המופיעים בטבלה 1 שייכים לתת-המבחנים האמורים, לפי החלוקה הבאה:

תת-המבחן	הפריט
טכניקה ניסויית	4, 6, 9
שיטת העבודה ומהלכה	5, 7, 8
מיומנויות ידניות	10, 11
סדר וניקיון	3, 12

כל אחד מתת-המבחנים קיבל משקל באחוזים, לפי החלק היחסי של הפריטים שהכיל, מתוך סה"כ פריטי המבחן. סיכום ציוני התת-מבחנים נתן את הציון

הכולל של התלמיד.

מקדמי המהימנות (a Cronbach) שהתקבלו עבור הציונים בשני הניסויים:

ניסוי 1 : 0.71

ניסוי 2 : * 0.51

* בגלל אופיו המיוחד של ניסוי 2, היה שוני רב בין תת-המבחנים שנבדקו בו, מבחינת הפעילויות והכישורים שנדרשו מהתלמיד. מסיבה זו התקבל ערך נמוך יחסית של מהימנות.

המתאם בין ציוני שני הניסויים היה נמוך (0.124) ובלתי מובהק. ממצא זה מלמד כי בניסויים שונים נבדקות יכולות ידניות שונות, ולכן אין להסתפק בהערכה אובייקטיבית חד-פעמית, אלא יש לערוך בדיקות חוזרות בהזדמנויות שונות, בעת הביצוע של ניסויים שונים.

דרך הערכה II מבחן מעבדה סובייקטיבי

דרך זו נועדה לבדוק את שליטת התלמיד בביצוע ניסוי בשלמותו בעת הלימוד השוטף של החומר. כאן נבדקה שליטתו של התלמיד הן בשלבי הביצוע המעשיים של הניסוי והן בעריכת התצפיות, בדיווח עליהן ובפירוש שניתן להן לצורך הסקת מסקנות תאורטיות. ההערכה בדרך זו נעשתה על ידי מורה הכיתה, שצפה בתלמיד בעת ביצוע שני ניסויים, ושוחח איתו, לצורך התרשמות גם תוך כדי ביצוע הניסוי, ובעיקר לאחר גמר ביצוע הניסוי. בשיחה זאת עמד המורה על מידת ההבנה שמגלה התלמיד בכל שלב בביצוע, והתרשם מיכולתו להסיק מסקנות לאור תוצאות הניסוי שבהן צפה, או לאור תוצאות החישובים שנבעו מהניסוי. הערכה זו היא אמנם סובייקטיבית, אך היא מאפשרת למורה לדעת מיד, באיזו מידה הניסוי הובן ויוכל לשמש את התלמיד בהמשך לימוד הנושא.

בדרך זו יש שני חידושים: ראשית, ההערכה אינה מתבססת על ביצוע חד פעמי של ניסוי, אלא כוללת ניסויים מגוונים הנמשכים פרק זמן ניכר (Continuous assessment, עפ"י Mathews 1969). שנית, המעריך הינו מורה הכיתה ולא מעריך חיצוני הבא באופן חד-פעמי לצורך המבחן (ברור שלשם הערכה כזו צריך המורה לעבור השתלמות שתדריכו כיצד לנצל את שיעורי המעבדה לצורך זה).

לצורך הערכה קיבל המורה דף הערכה, אך אופיו לא היה אובייקטיבי.

המורה ציין ליד כל פריט שבדק, את התרשמותו מן התלמיד בסולם של 5 דרגות. בטבלה 2 מובאת דוגמה של דף הערכה שניתן למורה המעריך

טבלה 2: דף הערכה למורה במבחן מעבדה סובייקטיבי

: תאריך
דרגות ציונים: שם הבוחן
1. ביצוע מעולה והצעת פתרונות מקוריים.: שם בית הספר
2. ביצוע סביר.: הכיתה
3. ביצוע בינוני (בסדר, עם שגיאות).: שם הניסוי
4. למטה מבינוני.: שם הנבחן
5. ביצוע גרוע	
	הציון
1. עריכת תצפיות	I. תצפיות
2. דיווח על תצפיות	
3. עצמאות בהסתכלות.	II. תכנון
	III. מניפולציות
1. תכנון (במידה שיש)	IV. ביטחון ועבודה מסודרת
2. מקורות לשגיאות	
3. הבנת הניסוי ומטרתו	V. חישובים
4. הבנת הקשר שבין התוצאה למטרה.	VI. הסקת מסקנות והבנה תיאורטית.
1. דרך עבודה נכונה	
2. שימוש נכון בכלים ובחומרים	
3. שימוש חסכוני ונכון	
4. דיוק בעבודה	

קביעת הציון במבחן נעשתה בשני שלבים:

א. תרגום דרגות ההערכה 1-5, לציונים באחוזים. לשם כך נקבעה ההתאמה הבאה:

הערכת המעריך	1	2	3	4	5
הציון באחוזים	100	85	70	55	40

ב. קביעת משקלו של כל פריט לפי חשיבותו בעבודת המעבדה. המשקלים שנקבעו היו:

המשקל היחסי	הפריט
0.10	I תצפיות
0.25	II תכנון
0.25	III מניפולציה
0.10	IV ביטחון וסדר
0.10	V חישובים
*0.20	VI מסקנות והבנה
1.00	סה"כ

* במבחן שאינו כמותי, ואשר אינו מצריך עריכת חישובים, ניתן משקל של 0.30 לפריט VI מסקנות והבנה.

כל ציון באחוזים הוכפל במשקלו היחסי, וסך המכפלות הללו נותנות את הציון הכולל במבחן.

לשם בדיקת היעילות של דרך הערכה זו נבחרו שני ניסויים מתוך חומר הלימודים השוטף של כיתה י"א. גם הפעם נבחרו ניסויים שהיו שונים זה מזה באופיים ובדרישות הפסיכומטריות והקוגניטיביות שהעמידו בפני התלמידים.

ניסוי 1: ניסוי כמותי שכלל בעיקר פעילויות של מדידה מדויקת כמו שקילה, מדידת נפחים ושימוש בתרמומטר. המסקנות וההכללות שניתן היה להגיע אליהן בניסוי זה היו מבוססות על חישובים מתאימים שביצע התלמיד.

ניסוי 2: ניסוי איכותי שכלל טיפול במספר רב של חומרים, תוך ביצוע פעולות ערבוב וחימום: ניתוח התצפיות שנערכו בניסוי זה היה הבסיס להסקת המסקנות ולא היה צורך במקרה זה בעריכת חישובים.

מקדמי המהימנות (a Cronbach) שהתקבלו עבור ציוני שני הניסויים:
 ניסוי 1: 0.90
 ניסוי 2: 0.90

מורי הכיתות שניסו דרך זו בכיתותיהם, דיווחו על התרשמותם מיעילותה בשני משורים:

1. אופיים של שיעורי המעבדה השתנה בכך שניתוח מידי של התוצאות לא נעשה בדיון כיתתי משותף. כל תלמיד היה חייב לנסות להגיע בכוחות עצמו למסקנות ולהכללות הנובעות מהניסוי, וכן היה צריך להוכיח את מידת שליטתו בביצוע הניסוי ובניתוח תוצאותיו.

2. תמורה הצליח להשיג באמצעות מבחן זה מידע בלתי אמצעי על מידת ההבנה שגילו התלמידים בנושא המעבדה, ועל סמך ממצאים אלה

דרך הערכה III – מבחן מעבדה בכתב

דרך זו נועדה לבדוק את שליטתם של התלמידים בכשרי התאורטיים הנלמדים במעבדה, שהם: תכנון הניסוי, צפיית השגיאות האפשריות ומניעתן, הבנת הניסוי, הסקת מסקנות על-פי תוצאותיו ועריכת חישובים הנדרשים לצורך קבלת המסקנות. בדרך הערכה זו ענו התלמידים על מבחן בכתב שכלל שאלות רבות ברירה שבהן נדונו מצבים מעבדתיים בלבד. הסיטואציות שנכללו בשאלות אלו נבחרו כך שידמו לסיטואציות שבהן נפגשו התלמידים בעבר, בעת שביצעו ניסויים הכלולים בתכנית הלימודים.

להלן שתי דוגמאות מתוך מבחן מעבדה בכתב:

1. באיזה סדר יש לבצע את הפעילויות הבאות במטרה לקבוע מסה מולרית של בסיס מוצק?
 - (1) להמיס את הבסיס ב-50 מ"ל מים.
 - (2) להוסיף לתמיסת הבסיס, תמיסת חומצה בריכוז 0.1 M.
 - (3) לשקול 1 ג' של הבסיס המוצק.
 - (4) למדוד גובה פני הנוזל בבירטה.
 - (5) להוסיף אינדיקטור לתמיסת הבסיס.

א.	1	2	3	4	5	4
ב.	3	1	2	4	5	4
ג.	3	1	5	4	2	4
ד.	3	1	4	2	4	5

2. החומר (5) $n\text{NH}_3$ CuSO_4 מתפרק בחום תוך שחרור NH_3 (g) ארבעה תלמידים נתבקשו למצוא את ערכו של n. קבע מי מהתלמידים יוכל לחשב ערך זה על פי המדידות שערך.
 - א. התלמיד הראשון שקל את הגז שנפלט, ומדד את נפחו.
 - ב. התלמיד השני שקל את הגז שנפלט, ומדד את הטמפרטורה שלו.
 - ג. התלמיד השלישי מדד את נפח הגז ואת הטמפרטורה שלו.
 - ד. התלמיד הרביעי שקל את החומר המוצק לפני החימום ולאחריו.

בדיקתו של מבחן זה, פשוטה ומהירה והציון הסופי מתקבל בדרך נוחה לחישוב (1958, Kruglak). פריטי המבחן בודקים את היכולת המעבדתית, מכיון שהם מתייחסים למצבים מעבדתיים ומנוסחים בשפה של התנהגות מעבדתית (1971, Kempa ; 1945, Hendricks).

המחקר עסק, כפי שיתואר להלן, בשתי אוכלוסיות דומות של תלמידים, אשר קיבלו מבחני מעבדה בכתב. מקדמי המהימנות K-R 20 שהתקבלו עבור שני המבחנים: 0.94: מקדם המהימנות במבחן שניתן לאוכלוסיה הראשונה * 0.54: מקדם המהימנות במבחן שניתן לאוכלוסיה השנייה *

* בגלל הרצון לכלול במבחן פריטים הנוגעים למצבי מעבדה מגוונים ככל האפשר, השתייכו הפריטים לעולמות תוכן שונים שהשתרעו על פני תחום רחב של דרגות קושי, ולכן התקבלה מהימנות נמוכה יחסית.

תיאור המחקר

שלושת המבחנים שתוארו תוקפו, ובטבלה 3 מצויין אילו מהכשרים הנדרשים בעבודת המעבדה, כלולים בכל אחד מהמבחנים.

טבלה 3: הכשרים הנבדקים בשלוש שיטות ההערכה

מבחן מעבדה בכתב	מבחן סובייקטיבי (ביצוע ניסוי בשלמותו)	מבחן אובייקטיבי (כשרים ידניים)	הכשרת הנלמדים במעבדה
+	+	(+)	תכנון הניסוי
(+)	+	+	טיפול בחומרים
(+)	+	+	טיפול בכלים
	+	+	שליטה בביצוע
	+	+	דיוק מדידות
	+	+	עריכת תצפיות
	+	+	סדר
	+	+	ביטחון
+	+	+	הימנעות משגיאות אפשריות
+	+		דיווח נאות
+	+		הבנה
+	+		מסקנות מתצפיות
+	+		עריכת חישובים
+	+		מסקנות מחישובים

הסימון + מציין את הכשרים הנבדקים במבחן.
הסימון (+) מציין את הכשרים הנבדקים במבחן רק באופן חלקי.

עיון בטבלה זו מראה בבירור, כי כל אחד מהמבחנים מספק אינפורמציה שונה לגבי הנבחן. אין כמעט חפיפה בכשרים הנבדקים במבחן האובייקטיבי (I) ובמבחן המעבדה בכתב (III). קיימת חפיפה בכשרים ה"תאורטיים" בין המבחן הסובייקטיבי (II) לבין המבחן בכתב (III), וכן קיימת חפיפה בכשרים ה"מעשיים" – בין המבחן האובייקטיבי (I) והסובייקטיבי (II). אך, כאמור, אופי הבדיקה שונה בשניהם: במבחן I – ההערכה היא אובייקטיבית וב-II - סובייקטיבית.

המהימנות הגבוהה שהתקבלה במבחן הראשון מוסברת בכך שהרוב המכריע של הפריטים היו קלים.

לשם השוואה של דרכי ההערכה, נבחרו שתי אוכלוסיות דומות של תלמידי כיתות י"א במגמות ביולוגית וריאלית. אוכלוסיה אחת כללה כ-100 תלמידים מחמישה בתי ספר, שנבחנו במבחן אובייקטיבי על כשרים ידניים (מבחן I) ובמבחן מעבדה בכתב (מבחן III).

האוכלוסיה השנייה כללה כ-200 תלמידים משישה בתי ספר. הם נבחנו במבחן המעבדה הסובייקטיבי על ביצוע ניסוי בשלמותו (מבחן III) ובמבחן מעבדה בכתב (מבחן III). ביצוע המבחנים ודרכי הערכתם נעשו כפי שתואר לעיל.

תוצאות ודיון

לאחר איסוף ציוני ההערכות, נבדקו בשתי האוכלוסיות המתאמים בין ציוני המבחנים השונים. המתאמים שהתקבלו מסוכמים בטבלה 4.

טבלה 4: המתאמים בין מבחן המעבדה בכתב לבין שני מבחני המעבדה המעשיים

אוכלוסייה ראשונה		
מבחן אובייקטיבי ניסוי 2 (פעולות ידניות)		
מבחן מעבדה בכתב	מבחן מעבדה בכתב	
0.050	0.124	מבחן אובייקטיבי ניסוי 1 (פתרון בעיה)
0.095		מבחן אובייקטיבי ניסוי 2 (פעולות ידניות)
כל המתאמים - בלתי מובהקים		
אוכלוסייה שנייה		
מבחן סובייקטיבי ניסוי 2 (איכותי)		
מבחן מעבדה בכתב	מבחן מעבדה בכתב	
0.375	0.781	מבחן סובייקטיבי ניסוי 1 (כמותי)
0.448		מבחן סובייקטיבי ניסוי 2 (איכותי)

כל המתאמים - מובהקים ($P > .001$)

המתאם הבלתי מובהק בין ציוני המבחן האובייקטיבי וציון מבחן המעבדה בכתב נובע מאופיים השונה של התכנים, ששני מבחנים אלה בודקים, כפי שמראה טבלה 3. כמו כן, ייתכן כי המתאם הגבוה יחסית בין ציוני המבחן הסובייקטיבי וציון מבחן המעבדה בכתב, נובע מהחפיפה החלקית בתכנים שנכללים במבחנים אלו. כדי לבדוק השערה זו חולק המבחן הסובייקטיבי, שבדק ניסוי בשלמותו, לשני חלקים: החלק האחד כלל את הערכת הכשרים המניפולטיביים (תצפיות, מניפולציה, ביטחון בעבודה וסדר) שבאו לידי ביטוי בעת עריכת הניסוי הנבדק, והחלק השני כלל את השליטה בכשרים, הנוגעים להבנת התחום התאורטי הקשור בניסוי הנבדק (תכנון, חישובים, מסקנות והבנה). חישובנו את המתאם בין ציוני כל אחד מחלקים אלו לבין ציוני מבחן המעבדה בכתב, שבדק בעיקר הבנה. התוצאות שהתקבלו מסוכמות בטבלה 5.

טבלה 5: המתאמים בין חלקי המבחן הסובייקטיבי לבין מבחן המעבדה בכתב

הבנת שליטה הבנת מבחן

מעבדה בכתב	הניסוי ניסוי 2	במניפולציה ניסוי 2	הניסוי ניסוי 1	
0.423	0.639	0.710	0.727	שליטה במניפולציה ניסוי 1 (כמותי)
0.410	0.769	0.641		הבנת הניסוי ניסוי 1 (כמותי)
		*0.7420.769		שליטה במניפולציה ניסוי 2 (איכותי)
0.398				הבנת הניסוי ניסוי 2 (איכותי)

* כל המתאמים מובהקים ברמה $P > .001$ מלבד מיתאם זה, המובהק ברמה של $P > .01$.

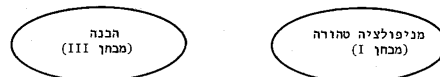
תוצאות אלו מפתיעות למראית עין, כי היה צפוי שיתקבל מתאם נמוך בין ציוני מבחן המעבדה בכתב לבין הציונים על החלק המניפולטיבי של הניסוי במבחן הסובייקטיבי (כפי שהתקבל עבור המתאם בין המבחן האובייקטיבי הבודק בעיקרו מיומנות ידנית לבין מבחן המעבדה בכתב).

ההסבר לסתירה המדומה הזו נעוץ בהבדל המהותי שבין שתי דרכי ההערכה - האובייקטיבית והסובייקטיבית. במקרה הראשון, נקבע הציון של התלמיד לפי סיכום של מספר הפעילויות אותן ביצע בצורה מניחה את הדעת. לא נערכה כל שיחה בין המעריך לבין התלמיד ולא נבדקה מידת הבנתו את הניסוי. לעומת זאת, בדרך ההערכה הסובייקטיבית נערך דיון בין המעריך לבין התלמיד במהלך ביצוע הניסוי ולכן, התרשמות המעריך מן החלק המניפולטיבי הטהור כללה בהכרח גם אלמנטים של **הבנת התלמיד** (אותם קלט תוך כדי הדיון).

כתוצאה מכך ניתן להסיק כי אין בהערכת החלק המניפולטיבי בדרך שבוצע המבחן הסובייקטיבי משום הערכה טהורה של פעילות ידנית, אלא היא כוללת בתוכה גם התרשמות מהבנת התלמיד; וזה מתבטא במיתאם הגבוה יחסית בין ציונים אלה לבין ציוני המבחן בכתב, הבודק הבנה בלבד.

לאור תוצאות אלה ניתן להציג באמצעות התרשימים הבאים את הקשר בין התכנים שנבדקו במבחנים שתוארו:

תרשים 1 – הכשרים הנבדקים במבחן I ובמבחן III אינם חופפים



תרשים 2 – קיימת חפיפה בין כשרים הנבדקים בשני חלקיו של מבחן II ובמבחן III



ביצוע ניסוי שלם על ידי התלמיד, מחייב אותו להבין את הניסוי, ולא רק לבצע את הפעילויות לפי ההדרכה שבספר. לכן בדיקת המניפולציה כפי שנעשתה במבחן הסובייקטיבי, עדיפה על זו שנעשתה במבחן האובייקטיבי.

לכל אחת מדרכים אלו מעלות וחסרונות משלה. רצוי כי בחירת הדרך העדיפה על המורה תתחשב בתכונות המסוכמות בטבלה 6.

טבלה 6: התכונות המאפיינות את שלוש דרכי המבחן

מבחן מעבדה בכתב	מבחן סובייקטיבי	מבחן אובייקטיבי	מבחן אובייקטיבי
מהימנות בינונית - גבוהה	מהימנות גבוהה	מהימנות נמוכה	המהימנות של הציון המתקבל
מורה הכיתה	מורה הכיתה	בוחן מבחוץ	מבצע ההערכה
אובייקטיבי	סובייקטיבי	אובייקטיבי	מעורבות המעריך בהערכה
אין הוצאות מיוחדות	אין הוצאות מיוחדות (הניסוי נעשה במסגרת תכנית הלימודים)	הכנת ניסוי מיוחד (ציוד וחומרים)	ההוצאות הכספיות הכרוכות בהערכה
כשיעור	כ-4 שיעורים	כ-4 שיעורים	הזמן המוקדש בכיתה שלימה
הבנה בלבד	מניפולציה + הבנה	מניפולציה בלבד	היקף התכנים שנכללים במבחן
-	מידת ההבנה של הנושא כהכנה להמשך הלימוד	-	אינפורמציה נוספת באמצעות המבחן
צמידות מעטה	צמידות רבה	לא בהכרח	צמידות לנושא הנלמד

סיכום

במאמר תארנו שלוש דרכים שונות להערכת לימודי המעבדה בכימיה. דרכים אלו נבחרו עקב היותן מייצגות שלוש נקודות מבט על עבודת המעבדה. שתי הדרכים הראשונות בודקות את התלמיד בעת ביצוע עבודת המעבדה; השוני ביניהן הוא אופן ביצוע ההערכה.

I דרך הערכה אובייקטיבית: בדרך זו נבדקו הכשרים הידניים של התלמיד. מעלותיה של דרך הערכה זו היא היותה מפורטת ביותר (ציון התלמיד מתקבל כסכום הפעילויות המרכיבות את הניסוי) ובכך שהערכתו של תלמיד אינה מושפעת ממצבו היחסי לזה של בני כיתתו.

II דרך הערכה סובייקטיבית: בדרך זו בודק המורה את תלמידיו במשך כל שנת הלימודים. מעלותיה של דרך זו הן:

א. האפשרויות המגוונות לבחירת ניסויים המהווים חלק אינטגרלי ממערכת ההוראה.

ב. כל תלמיד יכול להיבחן בכמה וכמה ניסויים בעלי אופי שונה.
ג. ההערכה מספקת ציונים בשני תחומים: כשרים ידניים וכשרים אינטלקטואליים.

III הדרך השלישית בודקת את התלמיד בעזרת מבחן מעבדה בכתב : מבחן כזה מהימן יותר ותקף יותר מן המבחנים המעשיים, מכיון שהוא מאפשר טיפול במגוון רב של מצבי מעבדה שונים. כמו כן ניתן לבנות מבחן שמתאים לרמתה של כל כיתה ולחומר שנלמד על ידה.

מן הראוי כי המורה לכימיה יקדיש מזמנו לשם הערכת הישגי תלמידיו במעבדה וזאת על ידי בחירת מבחן, או צירוף מבחנים, הנראה בעיניו. ברור כי הערכה זו יכולה להיות יעילה רק אם שיעורי המעבדה אמנם מכשירים את התלמידים בכל התחומים הנבדקים, וכן אם המורה יעבור השתלמות שתכשירו לבצע הערכה זו בדרך יעילה.

ביבליוגרפיה

- Hendricks, C. B., "Paper and Pencil Tests for the Laboratory", **Journal of Chemical Education** **22**, (1945), pp. 543-546.
- Kelly, P. J. & Lister, R. E., "Assessing Practical Ability in Nuffield A-level Biology, in, J. F. Egglestone J. F. Kerr, Eds., **Studies in Assessment** English University Press (1969), 122-151
- Kempa, R. F., "Teacher-based Assessment of Practical Abilities in Chemistry", North London Chemistry Teachers' Center: **Issue 9**, (1971), pp. 12-16.
- Kerr, J. F., **Practical Work in School Sciences**, Leicester, Leicester University Press (1964).
- Kr̄glak, H., "Evaluating Laboratory Instruction by Use of Objective-Type Tests", **American Journal of Physics**, **26**, (1958), pp. 31-32.
- Mathews, J. C., "The Nuffield A-level Chemistry Examinations", **Education in Chemistry** **6**, (1969), pp. 205-207.
- Schwab, J. J., "The Teaching of Science as Enquiry", in Schwab, J. J. and Brandwin, P. F., **The Teaching of Science**, Cambridge, Mass. Harvard University Press (1962).
- Shulman, L. S. & Tamir P., in **Second Hanbook of Research on Teaching**, R.M.W. Travers, Ed., Chicago: Rand McNally College Publ. Co., (1973), 1098-1148.

