



ה-V-scope הגיע לבגרות שילוב ניסויי V-scope בבחינת המעבדה – סיכום תשנ"ד

מיקי רונן, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע והמרכז לחינוך טכנולוגי, חולון.

תקציר

תשנ"ד היתה השנה הראשונה שבה שולבה מערכת ה-V-scope¹ בהיקף רחב במעבדות הפיסיקה בבתי הספר בארץ. המאמר מתאר את השימוש במערכת בבחינת הבגרות במעבדה בתשנ"ד, ומציג סיכום חלק ממצאי סקר על דעותיהם ועמדותיהם של מורים ותלמידים על היבטים שונים של שימוש ב-V-scope ושילובו בהוראת הפיסיקה.

מילות מפתח:

V-scope, בחינת בגרות, מעבדה בפיסיקה.

תשנ"ד היתה השנה הראשונה שבה שולבה מערכת ה-V-scope בהיקף רחב במעבדות הפיסיקה בבתי הספר בארץ (טבלה 1). ב-60 בתי ספר, בהם נבחנו 1933 תלמידים, שולבו ניסויים שבוצעו עם ה-V-scope בבחינת הבגרות במעבדה. בכתות אלה הגישו לבגרות במעבדה 65 מורים. מספר הניסויים שבוצעו עם המערכת בתוכנית הבחינה נע בין 1 ל-5 (טבלה 2). בשלושה בתי ספר בוצעו כל ניסויי המכניקה בעזרת ה-V-scope.

שנת לימודים:	תשנ"ב	תשנ"ג	תשנ"ד
מספר בתי הספר שבהן היו מערכות :	9	40	110
מספר בתי הספר ששילבו ניסויי V-scope בתוכנית לבחינת הבגרות במעבדה:	4	23	60

טבלה 1: מערכות V-scope בבתי הספר

פרוט הניסויים שבהם שימשה המערכת ומספר בתי הספר בהם בוצע כל ניסוי מוצגים בטבלה 2. רוב הניסויים התבססו על התדריכים המוצעים בחוברת ניסויי ה-V-scope². חלק מן המורים הוסיפו לניסויים שלב של ניתוח התוצאות באמצעות גליון אלקטרוני. בבתי ספר אחדים בוצעו ניסויים על סמך תדריכים מקוריים שפותחו על ידי המורים כדוגמת "חוק שני של ניוטון עם כוח משתנה"³.

מספר ניסויי V-scope בתוכנית הבחינה:	1	2	3	4	5
מספר בתי ספר:	15	24	8	21	1

טבלה 2: ניסויי V-scope בבחינת הבגרות תשנ"ד

שם הניסוי	מס. בתי ספר	מס. תלמידים
החוק השני של ניוטון	32	1197
תנועה הרמונית	25	822
נפילה או זריקה של גופים או מדידת g	19	526
חקר תנועה	15	468
תנועה במישור משופע	13	211
תנועה מעגלית	13	581
שימור תנע ואנרגיה במימד אחד	10	430
ניסויים אחרים	12	468

במהלך השנתיים האחרונות נערכו השתלמויות רבות בנושא "הפעלת מערכת V-scope ושילובה בהוראת הפיסיקה" במקומות שונים בארץ. שאלון דומה לזה ששימש בסקר בבתי הספר הועבר למורים מיד לאחר ההשתלמות. קבוצת המשתלמים שנסקרה כללה 143 מורים מ-8 השתלמויות שונות.

במהלך תשנ"ד ניסינו לעמוד על דעותיהם של מורים ותלמידים על השימוש במערכת ועל תרומתה להוראה וללימוד הפיסיקה. בתום שנת הלימודים נערך סקר במדגם מתוך האוכלוסייה שהשתמשה במערכת בבחינת הבגרות במעבדה. המדגם כלל 513 תלמידים מ-15 בתי ספר (27 כתות), ו-23 מורים מאותם בתי ספר. הסקר התבסס על שאלונים שהועברו לתלמידים ולמורים מיד לאחר בחינת הבגרות במעבדה, על שיחות וראיונות אישיים, וכן על השאלונים שהועברו בהשתלמויות מורים בשנים תשנ"ג ותשנ"ד.

מאמר זה מציג סיכום של חלק מממצאי הסקר על דעותיהם ועמדותיהם של מורים ותלמידים על היבטים שונים של שימוש ב-V-scope ושילובו בהוראת הפיסיקה:

- ★ הקושי בהפעלת המערכת.
- ★ תרומה להוראה וללימוד הפיסיקה בעיני מורים ותלמידים.
- ★ השוואה לניסויים שבוצעו בשיטות מדידה אחרות.
- ★ השימוש ב-V-scope - פעילות "פיסיקה" או "מחשב"?
- ★ שימוש ב"קופסה שחורה" - הבנת אופן פעולת המערכת.
- ★ יתרונות וחסרונות של אפשרויות ספציפיות שמציעה המערכת בעיני מורים ותלמידים.

הסקר משווה בין הדעות והעמדות בקרב שלוש קבוצות, שיכונו בהמשך: תלמידים, "מורים מנוסים" ו"משתלמים".

תאור אוכלוסיית הסקר - שימוש במחשב ונסיון בהפעלת מערכת V-scope

תלמידים: כמעט לכל תלמידי המדגם היה נסיון כלשהו בשימוש במחשב: ל-55% נסיון רב מאוד, ל-40% נסיון מסוויים, ורק ל-5% לא היה שום נסיון קודם. ל-87% מתלמידי המדגם יש מחשב בבית והם משתמשים בו למשחקים (64%), לעיבוד תמלילים (52%) ולתיכנות (50%). כ-30% מן התלמידים שנבדקו במדגם נבחנו בבחינת הבגרות במעבדה על ניסוי שבוצע בעזרת V-scope.

"מורים מנוסים": מדגם המורים המנוסים כלל מורים בעלי

וותק שונה בשימוש במערכת. בארבעה מתוך 13 בתי הספר ה-V-scope מופעל זו השנה השנייה, ובשני בתי הספר הוא משולב במעבדה כבר שלוש שנים. ב-5 בתי הספר ה-V-scope שימש (ל-10 מורים) גם להדגמות בכתה, במשך 2 - 25 שעורים במשך תשנ"ד.

"משתלמים": ל-40% מן המורים שהשתתפו בהשתלמויות היתה כבר מערכת בבית הספר אך רק כ-5% מהם ניסו להפעילה לפני ההשתלמות. כ-20% מן המורים היו משתמשי מחשב מנוסים, ל-60% היה נסיון כלשהו בשימוש במחשב, ולאחרים, כ-20%, לא היה כל נסיון קודם בהפעלת מחשב. ל-45% מן המורים שהשתתפו בהשתלמויות היה נסיון כלשהו בהפעלת תוכנות להוראת פיסיקה, בשימוש בהדמיות (21%), בגליון אלקטרוני (30%), ובמעבדה ממוחשבת (5%).

הקושי בהפעלת ה-V-scope בעיני מורים ותלמידים

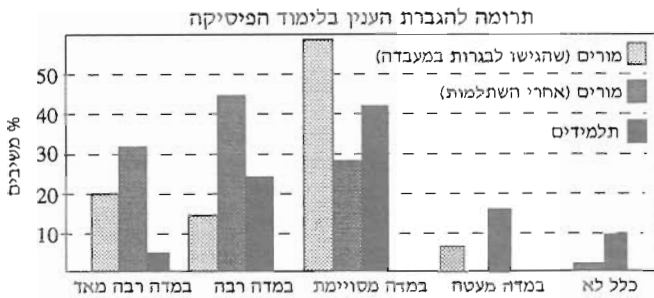
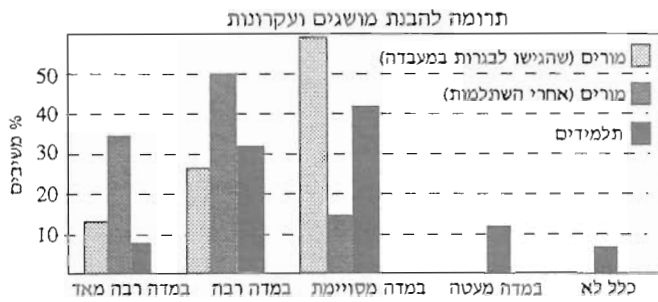
מורים ותלמידים התבקשו להעריך את מידת הקושי בהפעלת ה-V-scope. בשאלונים היתה הבחנה בין "הפעלת התוכנה" לבין "הכנת המערכת למדידה". המשתלמים העריכו את הקושי בהפעלה עבור עצמם ועבור תלמידים. כללית, הפעלת המערכת הוערכה כ"קלה" על ידי המורים והתלמידים - כ-80% דרגו אותה כ-"קלה" או "קל מאוד". למידת הקושי בהפעלת התוכנה היה קשר **מונחה** לנסיון הקודם בשימוש במחשב. מורים לאחר השתלמות העריכו כי "ההכנה למדידה" תהיה קשה יותר לתלמידים (תרשים 1).

תגובות התלמידים מאשרות כי ההכנה למדידה אמנם קשה יותר מאשר הפעלת התוכנה, והערכה זו אושרה גם על ידי המורים המנוסים (תרשים 2). ניתן לייחס את הקושי הרב יותר בהכנת המערכת למדידה לשתי סיבות:

א) לרוב התלמידים יש נסיון בהפעלת מחשב ולכן, הפעלת התוכנה עצמה, על ידי תפריטים סטנדרטיים איננה מהווה עבורם חידוש מיוחד. לעומתה, ההכנה למדידה מבוססת על הבנת אופן פעולת המערכת והפיסיקה הכרוכה בניסוי עצמו.

ב) בעוד שכל התלמידים במדגם התנסו בהפעלת התוכנה, רק 37% דיווחו כי בצעו את כל שלבי הכנת המערכת למדידה, 47% ביצעו הכנה חלקית ו-16% כלל לא התנסו בהכנה למדידה. למרות שההכנה למדידה היתה אמורה להיות חלק אינטגרלי מביצוע הניסוי, במקרים רבים המערכת כבר הוכנה וכיילה מראש על ידי המורה או הלבורנט/ית, או על ידי תלמידים אחרים שכבר ביצעו את הניסוי. בתגובה לשאלה אחרת שהוצגה בשאלון טענו כ-50% מן התלמידים כי לא עמדו לרשותם מספיק עמדות עבודה או שלא היה להם מספיק זמן לעבוד עם המערכת. בחלק מבתי הספר

תרומה ייחודית, כגון הבנת הייצוגים הגרפיים של תנועה, ווקטורים, קשרים בין העתק, מהירות ותאוצה, ותופעות כמו תנועה הרמונית או תנועה מעגלית.



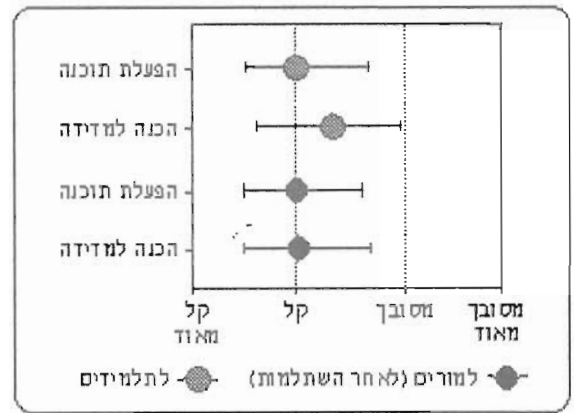
תרשים 3: תרומה להוראה וללימוד - הערכת מורים לאחר השתלמות, תלמידים ומורים מנוסים

באופן כללי, הערכות המורים לאחר ההשתלמות היו חיוביות יותר באופן מובהק מאלו של התלמידים והמורים אשר השתמשו במערכת בתנאי אמת בבתי הספר. ניתוח מפורט של תגובות התלמידים והמורים המנוסים מצביע על הבדלים גדולים בין ההערכות בבתי הספר השונים. ב-9 מבתי הספר שנבדקו המערכת הוכנסה לשימוש רק בתש"ד, ובארבעה מהם היא שולבה במעבדה רק לקראת סוף השנה. בבתי ספר אלה הנסיון של המורים היה מוגבל יחסית, ולתלמידים לא התאפשרה עבודה שוטפת עם המערכת. ההבדלים בעמדות התלמידים קשורים לאופן השימוש שנעשה במערכת, לנסיון של המורה, ולאפשרות שהיתה לתלמידים להתנסות בהפעלה.

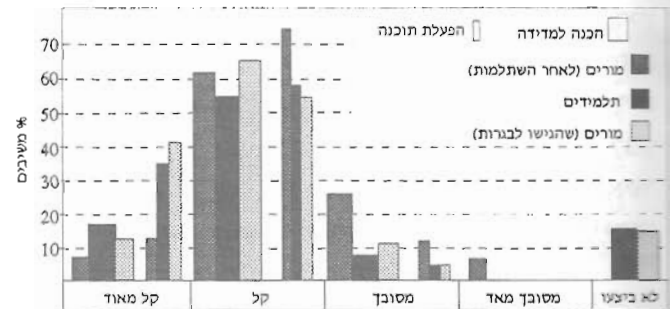
השוואה לניסויים שבוצעו בשיטות מדידה אחרות

מורים ותלמידים התבקשו להשוות את הניסויים שבוצעו עם ה-V-scope לניסויים דומים במכניקה במספר היבטים (תרשים 4). לדעת המורים והתלמידים הניסויים שבוצעו עם ה-V-scope מעניינים ומעמיקים יותר, חוסכים זמן, והרוב סבור כי הם מסובכים יותר. מענין לציין כי לעומת המורים, המגדירים את הפעילות כ"יעיסוק בפיסיקה", תלמידים רבים

התחילו להשתמש במערכת רק לקראת אמצע או סוף השנה, לצורך ההכנה לבחינת המעבדה. קשיים אלה השתקפו בהערות התלמידים בחלק הפתוח של השאלון, לדוגמה: "בבית הספר שלנו יש רק מערכת אחת ולמרות שכמעט כולם ראו את הניסוי רק מעטים הספיקו להשתלט על המערכת", "רצוי להתחיל להשתמש במערכת מתחילת השנה ולא בסוף, לקראת הבחינה כפי שקרה בבית הספר שלנו", "לא היה לנו מספיק זמן להתנסות, ואולי כדאי להציגה קודם, אפילו בכתה יוד..."



תרשים 1: קושי בהפעלת המערכת - הערכת מורים לאחר השתלמות



תרשים 2: קושי בהפעלת המערכת לתלמידים - הערכת מורים לאחר השתלמות; תלמידים ומורים מנוסים בסוף תש"ד.

תרומה להוראה וללימוד

המורים והתלמידים התבקשו להעריך באיזו מידה תורם השימוש ב-V-scope להבנת מושגים ועקרונות, ולהגברת העניין בלימודי הפיסיקה. ההערכות בשני היבטים היו חיוביות (תרשים 2). בחלק הפתוח של השאלון ציינו מורים ותלמידים היבטים ספציפיים שבהם יש לשימוש במערכת

בתרשים אפשר לראות הבדל ברור בין התגובות בשלוש הקבוצות:

מורים משתלמים: הפעילות זוהתה יותר כעיסוק בפיסיקה מאשר במחשב על ידי 65% מן המורים. בקבוצה זו נמצא קשר **מובהק** בין ההערכות לבין הניסיון האישי בשימוש במחשב, והקושי בהפעלת המערכת. הממצאים אינם מפתיעים, כיוון שבאופן טבעי, משתמש חסר ניסיון משקיע את רוב המאמץ ברכישת המיומנות הטכנית, ואינו פנוי להתעמק במשמעות התוצאות ובהיבטים הפיסיקליים הקשורים למדידה. במהלך מילוי השאלון ראינו כי מורים רבים התלבטו לגבי התשובה לפריט זה, ובקשו הבהרות בעל-פה. הם "ידעו" כי התשובה "צריכה להיות" פיסיקה אך הרגישו אחרת. חלק מן המורים ציינו דירוג נמוך (יותר מחשב) והוסיפו הערה כגון: "ההרגשה בוודאי תשתנה כשאשלוט יותר במערכת...".

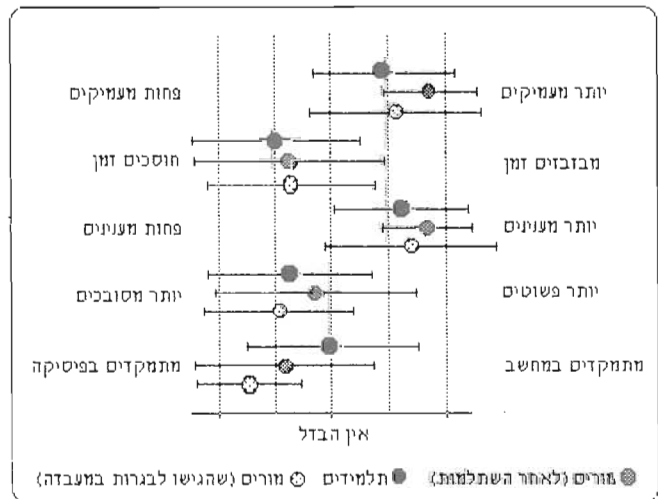
מורים מנוסים: בקבוצה זו השימוש ב-V-scope נתפס באופן ברור כעיסוק בפיסיקה. בקבוצה זו נכללו מורים בעל-ניסיון שונה בשימוש במערכת, והדבר משתקף בפיזור שעדיין קיים בתגובות כשעבור כ-10 עד 20 אחוזים ה"מחשב" עדיין שולט במידה רבה באוירת הפעילות.

תלמידים: הפיזור הגדול ביותר נמצא בתגובות התלמידים, שהיו חלוקות בערך במידה שווה בין "פיסיקה" ו"מחשב". שלא כמו אצל המורים המשתלמים, אצל התלמידים לא נמצא כל קשר בין התחושה לגבי אופי העיסוק לבין הניסיון בשימוש במחשב או הקושי בהפעלת המערכת. תגובות התלמידים מעידות על כך שהשימוש במחשב נתפס עדיין אצל רבים כפעילות נפרדת, שאיננה חלק אינטגרלי מהעיסוק הלימודי בתחום התוכן. לעומת זאת, נמצא אצל התלמידים קשר מובהק בין התפיסה כ"פיסיקה" או "מחשב" לבין הערכת התועלת של השימוש במערכת. תלמידים אשר הרגישו שהפיקו תועלת לימודית (בפיסיקה) התייחסו לפעילות יותר כאל עיסוק בפיסיקה.

השימוש במערכת מתוחכמת - "קופסאות שחורות"
אחת הטענות כנגד שילוב טכנולוגיה מתוחכמת בהוראה היא כי השימוש ב"קופסאות שחורות", שאופן פעולתן איננו ברור, מקשה על התלמידים את ההבנה של משמעות התוצאות ואת הפקת התועלת הלימודית. בהקשר זה ניסינו לענות על השאלות הבאות:

1. האם התלמידים מרגישים שהבינו כיצד פועל ה-V-scope?

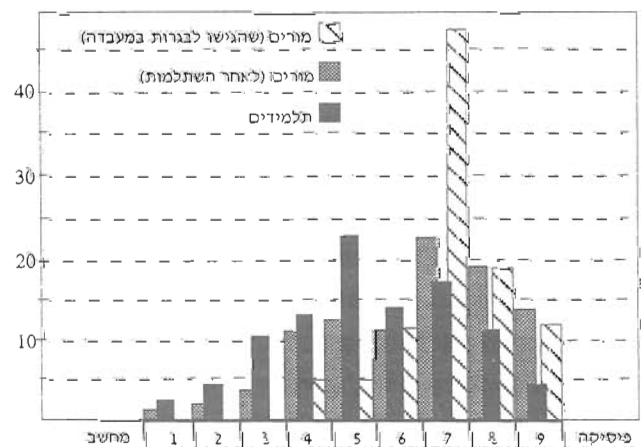
מזהים אותה כ"מתמקדת במחשב". תלמידים ומורים ציינו הבדלים נוספים כגון: הרבה יותר נתונים, תוצאות מדוייקות יותר, ואפשרות לבצע ניסויים חדשים.



תרשים 4: השוואה בין ניסויים שבוצעו עם V-scope לניסויים אחרים - הערכת מורים לאחר השתלמות, תלמידים ומורים מנוסים (ממוצע וסטיית תקן אחת).

השימוש ב-V-scope - פעילות "פיסיקה" או "מחשב"

אחת השאלות המענינות שנבחנו בסקר היתה האם השימוש ב-V-scope נתפס בעיני מורים ותלמידים כעיסוק ב"פיסיקה" או ב"מחשב"? מורים ותלמידים התבקשו לאפיין את אופי השימוש ב-V-scope על ידי בחירת דרוג מתוך סולם של 1 - מחשב עד 5 - פיסיקה. התפלגות התגובות בשלוש הקבוצות מוצגת בתרשים 5.



תרשים 5: פעילות "פיסיקה" או "מחשב" - הערכת מורים ותלמידים

2. באיזו מידה חושבים המורים כי תלמידיהם הבינו כיצד פועלת המערכת ?
 3. האם, לדעת מורים ותלמידים, הכרחי להבין בדיוק כיצד פועלת המערכת על מנת להשתמש בה ביעילות ?
 4. האם התלמידים אמנם הבינו כיצד פועלת המערכת ?
 5. האם יש קשר בין מידת ההבנה של התלמידים את אופן פעולת המערכת לבין הערכתם לגבי תרומתה ללימוד ?
1. לשאלה "האם אתה מבין כיצד פועלת מערכת ה-V-scope?" קיבלנו מן התלמידים את התגובות הבאות: כן - 77%, באופן חלקי - 22%, ולא - 1%. התלמידים במדגם מרגישים כי הבינו כיצד פועלת המערכת. בניית הסטטיסטי נמצא קשר **מובהק** בין הדיווח העצמי על מידת ההבנה לבין ביצוע ההכנה למדידה (תלמידים אשר ביצעו את ההכנה למדידה דווחו על הבנה טובה יותר).
 2. לשאלה "כמה מבין תלמידיך הבינו כיצד פועלת מערכת ה-V-scope?" קיבלנו מן המורים את התגובות הבאות: כולם - 7%, רוב התלמידים - 53%, חלק - 33%, מעטים - 7%. בנייתו לפי מספר התלמידים לכל מורה, נראה כי לדעת המורים רוב התלמידים הבינו כיצד פועלת המערכת.
 3. מורים ותלמידים נשאלו "האם הכרחי להבין בדיוק כיצד פועלת המערכת על מנת להשתמש בה ללימוד/הוראת פיסיקה?". על פי התגובות שקיבלנו הסתבר כי לדעת רוב התלמידים (63%) הבנה כזאת הכרחית בעוד שרוב המורים (67%) סבורים כי היא איננה הכרחית. בדיקה מעמיקה יותר של התגובות מגלה כי אצל התלמידים יש קשר בין התשובות לשאלה 3 ושאלה 1 כלומר, תלמידים המרגישים שהבינו כיצד המערכת פועלת נוטים לטעון כי הבנה כזאת הכרחית, ולהפך. דעות המורים, לעומתם, בלתי תלויות בתגובות לשאלה 2.
 4. כיוון שההערכה לגבי מידת ההבנה של פעולת המערכת (שאלה 1 לעיל) התבססה רק על דיווח עצמי, ניסינו לבחון את הבנת התלמידים באופן יותר אובייקטיבי באמצעות השאלה הבאה: "נניח כי מדידה באמצעות ה-V-scope תתבצע בריק. כיצד ישפיע הדבר על תוצאות המדידה?" למרות ההערכה הגבוהה של התלמידים בדיווח העצמי על הבנת פעולת המערכת, רק 39% ענו תשובה נכונה לשאלה זו. 30% לא ענו או כתבו - "לא יודע", והשאר (31%) כתבו מגוון תשובות שגויות. במבט ראשון, המסקנה עשויה להיות כי כ-60% מן התלמידים לא הבינו כיצד

- פועלת המערכת. עיון מעמיק יותר בתשובות השגויות עשוי להוביל למסקנה אחרת: התשובות השגויות (31%) התפלגו באופן הבא: "התוצאות תהיינה מדוייקות יותר", עם או ללא ציון מפורש של העדר חיכוך - 17%, "לא יהיה הבדל" - 9%, ושאר התשובות (5%) תארו את השפעת הריק על ניסוי ספציפי שביצע התלמיד. ניתן להניח כי העובדה שהמדידה מבוססת על גלי על-קול ידועה לתלמידים (רק תלמיד אחד מתוך למעלה מ-500 כתב כי המדידה תלויה בגלים אלקטרומגנטיים ולכן לא תושפע). כמו כן, ניתן להניח כי תלמידים יודעים שקול אינו מתפשט בריק - רק 3 תלמידים כתבו כי המרחק שיימדד יהיה קצר/ארוך יותר כי מהירות הקול תשתנה. לכן, תשובות אלה, של כשליש מן התלמידים משקפות תגובה "אוטומטית" המתייחסת להשפעת התנאים על הניסוי עצמו ולא על אופן המדידה. ממצאי הסקר מצביעים על פער גדול ב"הבנת אופן פעולת המערכת" בין ההערכה העצמית (1% מרגישים ומודים כי לא הבינו) לבין התשובות לשאלה האובייקטיבית (שעליה לא ידעו לענות לפחות 30%). עם זאת, נמצא קשר **מובהק** בין ההערכה העצמית של ההבנה לבין היכולת לענות על "שאלת הריק", המצביע על כך שההערכה העצמית של התלמידים אמנם משקפת במידה מסויימת את מידת ההבנה שלהם. הערכות המורים את הבנת התלמידים התבררו כפחות מהימנות: בנייתו לפי כתות ובתי ספר התברר כי מורים התקשו להעריך את הבנת התלמידים על אופן הפעולה של המערכת. כללית, הערכת המורים היתה גבוהה מזו שהוכחה על ידי תשובות התלמידים. לדוגמה, בכתה שבה העריך המורה כי **כל** התלמידים הבינו כיצד פועלת המערכת רק 2 מתוך 22 תלמידים (9%) ענו תשובה נכונה לשאלת הריק.
- ניתוח משולב של כל הממצאים מוביל למסקנה כי לפחות כ-50% מתלמידי המדגם הבינו כיצד פועלת המערכת, ולמרות שרק תלמידים מעטים טענו כי אינם מבינים, ברור כי לפחות כ-30% לא הבינו.
5. האם יש קשר בין מידת ההבנה של התלמידים את אופן פעולת המערכת לבין תרומתה ללימוד ?
- רק 10% מן התלמידים טענו כי הכרחי להבין בדיוק כיצד פועלת המערכת והם עצמם לא מרגישים שהבינו זאת. ניתוח משולב של תגובות התלמידים מראה כי ההרגשה האישית של הבנת פעולת המערכת קשורה לעמדות חיוביות יותר לגבי תרומתה ללימוד ולענין. מצד שני, לא

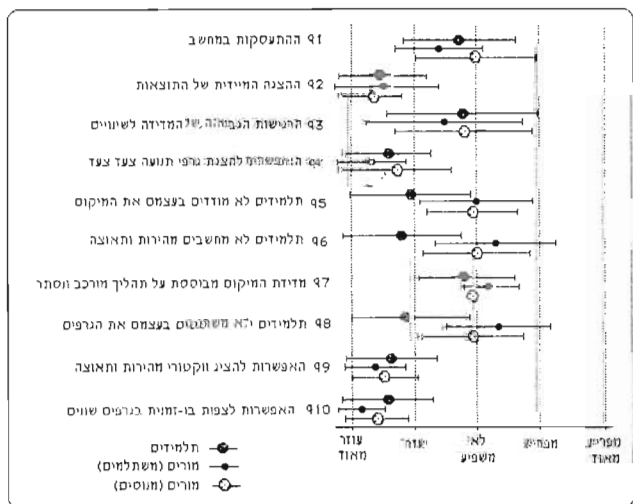
השלב הסכני הללו. חשש זה עלה לא פעם גם במהלך ההשתלמויות כשמורים שאלו: "אם המערכת משרטטת עבורם את הגרפים, מה יעשו עכשיו התלמידים?" מסתבר כי "דאגה" זו חולפת, אם כי לא לגמרי, כאשר מורים רוכשים מעט נסיון, ומגלים כי בתכנון מאוזן של הפעילות הלימודית ניתן לוותר על חלק מן העבודה השחורה, ובמקומה להעמיק יותר בניתוח התכנים. התלמידים כמובן ראו באפשרויות האוטומטיות יתרון, והן זכו להערכה חיובית מאוד, כמו מאפייני התוכנה האחרים.

דעות שונות

חלק מן הסקר התבסס על הערות והצעות שכתבו מורים ותלמידים בסוף השאלון. נביא כאן כמה דוגמאות אופייניות. **מורים לאחר השתלמות:** ההערות של המורים לאחר ההשתלמות התאפיינו בשילוב של התפעלות מן היכולות החדשות ושל חששות מהתמודדות עם הקשיים הכרוכים ביישום עם תלמידים:

"אחרי ההלם הראשון - כל הניסויים יותר מוצלחים"

"שילוב המחשב בהוראה מצריך השקעת זמן גדולה מאוד כדי לבצע את הניסויים ולחשוב על דרכים חדשות. מהיכן ניקח את הזמן הזה בתנאים הקיימים?"



תרשים 6: "תרונות וחסרונות של אופציות שונות שמציעה המערכת - הערכת מורים ותלמידים."

תלמידים: עבור תלמידים רבים השימוש ב-V-scope היה התנסות ראשונה עם מחשב בלימודי הפיסיקה ועמדותיהם החיוביות משתקפות בהערות כגון: "צריך להשתמש ב-V-scope גם בניסויים אחרים.", "האם

נמצא קשר כזה בין העמדות לתשובה על שאלת הריק, המשקפת יותר את מידת ההבנה האמיתית של התלמיד. ניתן לפרש ממצאים אלה בשני אופנים שונים: (א) הבנת אופן פעולת המערכת, או לפחות התחושה שהדבר מובן, מובילה לעמדות חיוביות יותר כלפיה. (ב) אם השימוש במערכת יעיל ומענין (עמדות חיוביות), הוא עשוי לפתח אצל התלמיד, **הרגשה** שהבין את אופן פעולתה.

אחת המסקנות הברורות היא, כי תלמידים רבים אינם טרודים כלל לגבי אופן פעולת המערכת. הם מתייחסים אליה כאמצעי, מאמינים לתוצאות, ולוקחים אותן כ"מובנות מאליהן". מסקנה זו מחוזקת על ידי ממצאים נוספים המתוארים בסעיף הבא.

הערכת "תרונות וחסרונות

מערכת ה-V-scope מאופיינת בתכונות מסויימות העשויות להוות ייתרונות או חסרונות במהלך השימוש בה. למורים ולתלמידים הוצגה רשימה של עשר תכונות והם התבקשו להעריך באיזו מידה כל אחת מהן מפריעה או עוזרת להבנת התכנים במהלך השימוש במערכת. סיכום התגובות מוצג בתרשים 6.

אפשרויות הייצוג של המערכת (q2, q4, q9, q10) מוערכות כ"עוזרות" - "עוזרות מאוד" על ידי כל המורים והתלמידים. נושא הרגישות הגבוהה של המדידה (q5) שנוי במחלוקת בתוך כל הקבוצות (בפריט זה נמצא פיזור התגובות הגדול ביותר). חלק מן הנשאלים רואים זאת כיתרון, המאפשר לעקוב אחרי פרטים עדינים, ואחרים כחסרון, הגורם ל"רעשים" ומספק מידע מיותר. עצם השימוש במחשב מוערך כתרונם, יותר על ידי המשתלמים, ופחות על ידי התלמידים והמורים המנוסים. השימוש בשיטת מדידה מתוחכמת (q7) אינו נתפס כגורם בעל השפעה- רק כ-10% מן התלמידים טענו כי השפעתו "מזיקה". תלמידים רבים הוסיפו הערות בכתב כגון "זה לא נסתר כי הבנתי איך פועל".

כפי שאפשר לראות בתרשים 6, נמצאו הבדלים ברורים (ומובהקים סטטיסטית) בין דעות המורים המשתלמים, התלמידים, והמורים המנוסים בכל ההיבטים הקשורים לכך שהמערכת מבצעת "עבור התלמידים" חלק מן העבודה השחורה: מדידת המיקום (q5), שרטוט גרפים (q6), וחישוב ערכי מהירות ותאוצה (q8). נראה כי המשתלמים, שלרובם לא היה נסיון קודם בשילוב המחשב בהוראת פיסיקה, היו מודאגים מכך שתלמידים לא יבצעו בעצמם את כל

אפשר להשתמש במערכות כאלה לניסויים בנושאים אחרים כמו חשמל? "רק במשך הבחינה הבנתי כמה המערכת עזרה לי להבין פיסיקה. תודה!!".

"היה רצוי להשתמש בה יותר במעבדה, "המערכת עוזרת להבין ולראות את הפיסיקה, והייתי ממליץ להשתמש בה בכל בית ספר שמלמד מכניקה", "ה-V-scope משפר באופן משמעותי את תוצאות הניסוי ותורם לענין במעבדה. אני ממליץ להשתמש בו ללא היסוס", "השימוש במערכת כזו יגביר את הענין בשעורים, אבל המורה חייב באמת לשלוט במערכת כדי לא לבזבז זמן".

מורים מנוסים: 40% ממורי המדגם השתמשו ב-V-scope גם להדגמות בכתה במהלך השעורים. 70% מתוכם דווחו כי בעקבות כך הם בצעו יותר ניסויי הדגמה, והקדישו לפעילות זו יותר זמן מבעבר.

הערות המורים המנוסים מתייחסות בעיקר להיבטים דידקטיים:

"אחד היתרונות המרכזיים הוא היכולת לראות את הגרפים יחד עם התנועה האמיתית.", "ההבדל הגדול ביותר הוא לראות את תגובות התלמידים.", "פחות זמן מבזבזו על שרטוט גרפים ומדידה ידנית, מצד שני לוקח כמה זמן לשלוט במערכת. כיוון שהשתמשנו ב-V-scope לכל ניסויי המכניקה אני מרגישה שחסר קצת המגע הישיר עם הניסוי - אני לא בטוחה שלתלמידים זה חסר. בגלל שמספר המערכות מוגבל לתלמידים שהו פחות זמן במעבדה - יותר מערכות יפתרו את הבעיה."

כפי שציננתי, חלק מן המורים היו כבר בעלי ניסיון של כמה שנים, ולאחרים היתה זו ההתנסות הראשונה עם תלמידים. הדבר השתקף בתגובותיהם:

"לא השתמשתי בה להדגמות בכתה כי יש לנו את המערכת רק זמן קצר. בשנה הבאה אני מתכנן לבצע הרבה הדגמות בכתה. תגובותי מבוססות על ניסיון קצר יחסית, התרשמתי מאוד מהיכולת של המערכת ואני מקוה לשלוט בה בהקדם." "אני משתמש ב-V-scope עם תלמידים כבר כמה שנים וזה שינה באופן מהותי את הגישה שלי להוראת מכניקה. שעורי מכניקה רבים אצלי מבוססים על חקירת תופעה בזמן אמת, כשהתלמידים לוקחים חלק פעיל בדיון ומציעים מה למדוד ואיך להסתכל על התוצאות."

לסיכום

הממצאים שהוצגו מתארים תקופת מעבר, שבה המורים, התלמידים והמערכת כולה, מתנסים בצעדים הראשונים של

שילוב הטכנולוגיה המודרנית בהוראה ובלמוד, תוך הכרת הפוטנציאל מצד אחד, והתמודדות עם קשיים מעשיים המתעוררים בשטח מצד שני. למרות ההיקף הרחב של תנופת המחשוב, והשינויים המוחשיים המתרחשים במעבדות בתי-הספר, נראה כי ברוב המקומות שילוב הכלים החדשים הוא בעיקר ברמה ה"טכנית". מורים, וגם תלמידים עדיין לא הסתגלו לרעיון כי הכלים הממוחשבים יכולים להוות חלק אינטגרלי מהוראת/לימוד תחום (במקרה זה פיסיקה). הפעילויות הלימודיות ה"ממוחשבות" דומות מאוד לאלה שבוצעו בעבר, ללא המחשב, והמאמץ מתמקד בעיקר במציאת דרכים לשילוב הטכנולוגיה החדשה בתוך **הקיים**, כאשר ההשפעה על הגישות להוראה וללימוד התכנים עדיין איננה משמעותית.

על פי תגובות המורים והתלמידים שכפי שסוכמו בממצאי הסקר עלול להוצר הרושם כי הבעיות האמיתיות הן בעיקר בעלות אופי "טכני"/מעשי. מתוך אינספור ראיונות ושיחות עם מורים עולה כי לאחר רכישת המיומנות הבסיסית והכרת הפוטנציאל של הכלים החדשים, כולם מוטרדים באותה שאלה: אנו מנסים לשלב טכנולוגיה מודרנית בתוכנית הלימודים המסורתית, שעיצובה נקבע במידה רבה על פי האמצעים שהיו קיימים בעבר. אי אפשר לצפות כי הזמן המוקצב ללימוד הפיסיקה (או לכל נושא אחר) יגדל באופן משמעותי. מכאן ברור כי גם אם לא תהיינה כל מגבלות מעשיות של זמינות ציוד ואמצעים אי אפשר יהיה לנצל באופן משמעותי את הפוטנציאל החדש שעומד לרשותנו אם לא נתאים ונעדכן, במקביל, את הגישה כולה, כולל תוכנית הלימודים, שיטות ההוראה והלימוד, ובחינות ההישגים. מדובר בתהליך ממושך, שבו יש למורים תפקיד פעיל ומרכזי, על מנת לבחון מה לשנות, כיצד, וכמה, על מנת להפיק את מירב התועלת מן האמצעים החדשים.

מראי מקום

1. ריון, מ., ליפמן, א., V-scope "אוסילוסקופ" לתנועה, תהודה 14, (2), 1991, עמ' 13-19.
2. ריון, מ., רוזן, א., קובץ תדריכים לניסויי מעבדה, מהדורת ניסוי, 1991.
3. שוורץ, ר., תנועתו של גוף בהשפעת כוח משתנה, תהודה, 1994, 16, (2), עמ' 20-25.
4. ברגר, ח., חוברת תדריכים למעבדה, הוצאת בית הספר להנדסאים, אוניברסיטת תל-אביב, 1991.