

מחשפיזיקה

שימושי המחשב בהוראת הפיזיקה

דו"ח סקר מורים והשתמעויות לקראת שנות ה-2000 – חשון התש"ס – אוקטובר 1999

טוביה בר נוי, מכללת קיי וקמ"ג; דוד סלע, משרד החינוך

תקציר: בחמש השנים האחרונות למילניום חלה תנופה גדולה בשילוב המחשב בהוראה בכלל ובהוראת הפיזיקה בפרט. כלים ממוחשבים מגוונים מנוצלים על ידי מורי הפיזיקה בחטיבה העליונה. מחקר זה מבוסס על סקר שנעשה בשני שלבים (בהפרש של שנתיים) בקרב מורי פיזיקה ואשר התייחס לשאלות מרכזיות כמו: תפוצת מחשבים, מידת השימוש בהם בכיתה ובמעבדה, התוכנות הנפוצות, איפיון והערכתן; והיקף השתתפות המורים בהשתלמויות בנושא.

בין הממצאים המעניינים בלט השימוש המועדף באקסל (excel) על פני כל הגליונות האלקטרוניים האחרים, כולל הפסיפס שהיה נפוץ בתחום החינוך. בנושא ההדמיות נראה כי גייטק מועדפת על פני לוגל. השימוש במעבדות ממוחשבות הולך ומתרחב (בתחום הזמן שבין שני שלבי הסקר) בעוד שהאינטרנט ויישומי תיקשוב אחרים עדיין לא נקלטו באופן מסיבי.

מבוא

בשלב שני חלה על כלל התלמידים חובת עיבוד נתונים ממוחשב, בוטל הבונוס על הדמיות ללא ביצוע ניסוי בפועל בצידן, והורחב הבונוס לשילוב מעבדות ממוחשבות (MBL) במערך הניסויים. נכון למועד כתיבת דו"ח זה השימוש בתקשורת מחשבים במעבדת הפיזיקה הינו בחיתוליו, ולמעט מספר קטן של מורים העושה בו שימוש כלשהו, לא הפך תחום זה לחלק מהותי בהוראת הפיזיקה בכיתה או במעבדה.

אחד החשובים מבין גורמי השינוי בתחום הוראת המדעים בשנות התשעים היה המחשב. דו"ח "מחר 98" שיצא לאור בשנת 1992 הקדיש לנושא "המחשבים ככלי עזר בהוראה" פרק מיוחד ובו בין השאר הומלץ "להגביר את השימוש במחשבים בתהליכי הלמידה בחטיבה העליונה"⁽¹⁾. ועדת הררי, שהוציאה דו"ח זה הסכימה בנושא המחשבים לעיקרי המלצותיה של ועדת אלעד פלד, שפעלה עוד קודם לכן (ב-1992 פורסם גם הדו"ח שלה)⁽²⁾ והתייחסה לכמה מן המרכיבים הבאים:

מערכי למידה ממוחשבים

מחוללי יישומים כמו גיליון אלקטרוני

הדמיות (סימולציות)

מאגרי מידע ותקשורת מחשבים

מרכיבים אלו לא היו זרים ברובם לעוסקים בהוראת הפיזיקה וכבר דו"ח פלד מציין את הפיזיקה כאחד המקצועות הראשונים בו נעשה שימוש במחשב בהוראה.

תנופה רבתי של הגברת השימוש במחשב חלה במחצית שנות התשעים, כאשר פורסמה חובת השימוש במחשב במעבדת הפיזיקה⁽³⁾ על כל המשתמע מכך בבחינת המעבדה. בשלב הראשון ניתן בונוס בצורת הפחתה של מספר הניסויים הנדרשים לבחינה, לאלו ששילבו בה ניסויים ממוחשבים בהיקף מינימלי. הגדרת ניסוי ממוחשב היתה מקילה ביותר והתייחסה הן לשימוש בגיליון אלקטרוני כלשהו והן לביצוע הדמיה של ניסוי במקום הניסוי עצמו.

הרקע לסקר

בשנת תשנ"ו (1996) נעשה ניסיון על ידי פרופ' ט. בר-נוי לבדוק שימוש בהדמיות על ידי מורי הפיזיקה במוסדות להכשרת מורים. סקר זה נועד לאפיין את מגוון הלומדות בהן משתמשים מורי המכללות בתקופה שבה הריכוז היחידי של לומדות בפיזיקה, תוך מתן אינפורמציה בסיסית עליהן, הופיע רק בקטלוג של היחידה לאישור לומדות שפעלה במל"ט חולון⁽⁴⁾. במהלך ההכנות לסקר הועלה הרעיון להרחיבו לכלל מורי הפיזיקה בחטיבה העליונה ולא להסתפק בהדמיות בלבד אלא להתייחס לכלל הכלים הממוחשבים ולבחון את מידת השימוש בהם. פרויקט ראשוני דומה נעשה בארה"ב ודווח עליו כבר ב-1995⁽⁵⁾. הסקר שלפנינו מבוסס על רעיונות שני סקרים אלו⁽⁶⁾, תוך הרחבתם לכלים ממוחשבים נוספים והתאמתם למערכת החינוך העל יסודי אצלנו.

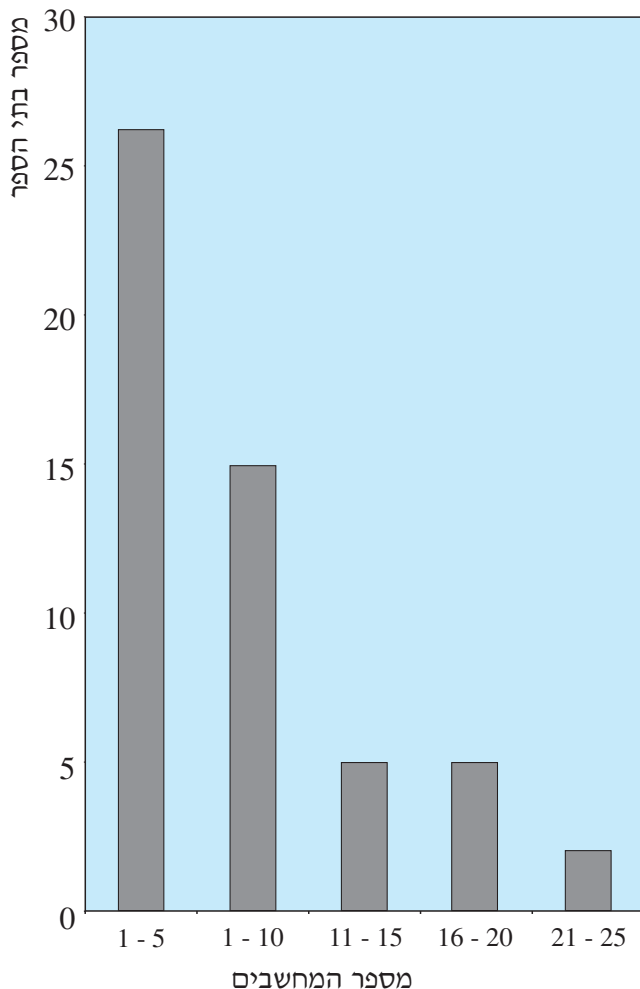
שאלוני הסקר ותפוצתם

בשנת תשנ"ז נשלח שאלון לכל רכזי הפיזיקה בחטיבות העליונות. השאלון צורף כנספח לחוזר מפמ"ר נ"ז/1

הערבי וכן התיישבותיים. כנראה שפרמטר חשוב, המשפיע על מספר המחשבים, הוא מעמדו של מרכז המקצוע, יחסו של מרכז המקצוע לשימוש במחשבים והיוקרה שישנה לפיזיקה בבית הספר.

תרשים 1 מתאר את התפלגות מספר המחשבים במעבדות הפיזיקה בבתי הספר שהשיבו לסקר.

5. מספר התלמידים לעמדת מחשב נע בדרך-כלל בין 1 ל-4 (למעט חריגים). כנראה שחלק מבתי"ס מתייחסים בדווחיהם לשאלה זו על הפעילות במעבדת המחשבים (למשל בהדמיות) ולא על המצב במעבדת הפיזיקה.



תרשים 1: מספר המחשבים העומדים במעבדת הפיזיקה

ב. מידת השימוש במחשבים בשעורי הפיזיקה

כ-15% מהמורים דיווחו שאינם משתמשים כלל במחשבים בהוראת הפיזיקה. כ-20% דיווחו על שימוש מועט (עד שעה בשבוע). כמחצית מהמורים דיווחו על 1-2 ש"ש ורק כ-10% מהמורים משתמשים יותר, בד"כ בין 3-6 ש"ש.

ובהתייחסות אליו בגוף החוזר נתבקשו המרכזים להפיקו בין מורי הפיזיקה בבית ספרם ולהחזיר את השאלונים המלאים לפי כתובת הפיקוח. התקבלו קרוב ל-50 שאלונים מכ-40 בתי ספר. מבחינה סטטיסטית יש לנו מדגם מכובד, אם כי מוטה, שהרי הוא מייצג רק כ-10% מכלל בתי הספר המגישים לבגרות בפיזיקה, ובדרך כלל את המורים אשר המחשב "מדבר אל לבם". כפי שצוין, מרבית בתי הספר החזירו שאלון יחיד, אשר משקף ברוב המקרים את דעתו של המרכז וכלל לא בטוח כי דן על תוכנו עם המורים, או אפילו העביר אותו לעיונם. מכלל 50 השאלונים היו כ-30 שמולאו על-ידי מרכזים ורק כ-20 על ידי מורים מן השורה, אשר במרבית המקרים מילאו שאלון נוסף לזה של המרכז בבית ספרם (היו בתי ספר בודדים שהחזירו עד 4 שאלונים). כן היו מורים המלמדים בשני בתי ספר ואשר השיבו פעמיים, כאשר כל שאלון מתייחס למצב בבית ספר אחר.

בשנת התשנ"ט, כשנתיים לאחר הסקר הראשוני, נשלח שוב אותו השאלון. לכלל המרכזים והמורים שהשיבו לפנייה הראשונה כדי לעמוד על קצב השינוי וההתפתחות במהלך השנתיים האחרונות.

בתי הספר שהשיבו פרושים על פני כל המחוזות, (הכוללים גם את החינוך ההתיישבותי) וכן על פני כל המגזרים: כללי-דתי, יהודי-ערבי, טכנולוגי-עיוני. אכן ייצוג המגזר הערבי והדרוזי לוקה בחסר (4 בתי ספר ערביים ואחד דרוזי) ועוד יותר בולטת היעדרותם של הישיבות התיכוניות במדגם (לעומת חמישה בתי ספר דתיים לבנות).

תוצאות הסקר וניתוחם

א. תפוצת המחשבים אצל מורי הפיזיקה ובבתי הספר

- למעט בודדים, לכלל מורי הפיזיקה יש מחשב בבית.
- ברוב המקרים רמת המחשבים בבית הספר גבוהה מאשר בבית.
- כבר אין בנמצא בית ספר חסר מחשבים לחלוטין ורק בית ספר יחיד (במגזר הערבי) מדווח שאין כלל מחשבים במעבדת הפיזיקה.
- ממוצע מספר המחשבים במעבדת הפיזיקה לפי הסקר הראשוני הוא 5 (מספר העולה בקצב מהיר כפי שמתברר בסקר השני).

קשה לראות מגמה גיאוגרפית או מגזרית לפיה ניתנים מחשבים רבים למעבדת הפיזיקה.

בין בתי הספר "מרבוי המחשבים" נמצאים כאלו שבפריפריה וכן בתי ספר יוקרתיים שבערים הגדולות, בתי ספר במגזר

הסקר השני הצביע על עלייה בשימוש, במיוחד אצל אלו שלא השתמשו כלל.

השאלה שנשאלה ניתנה לפירושים שונים החל משימוש בכלל במחשבים וכלה בשימוש "במעבדת מחשבים" כלומר הבאת כתת הפיזיקה למעבדת מחשבים לשם ביצוע הדמיות או תרגול באמצעות המחשב. יתכן ופירוש זה הגדיל באופן מלאכותי את מימדי השימוש במחשב, שהרי עיבוד נתונים באמצעות גיליון אלקטרוני היה כבר חובה בשעת ביצוע הסקר. לשאלה האם המורים מרוצים מהיקף השימוש שלהם במחשב, או בניסוח שהופיע בשאלון - מהי הסיבה שאינם משתמשים במחשב יותר זמן משציינו, הגיבו המשיבים בדרך כלל באחת משלוש התשובות הבאות:

- אין להם אפשרות כי המעבדה תפוסה. (כ-50%)
 - אין להם זמן לשימושי מחשב נוספים מפאת עומס תכנית הלימודים. (כ-25%)
 - אין להם צורך ביותר זמן שימוש במחשב. (כ-25%)
- לגבי אופני השימוש הנפוצים (בכיתה, במעבדה, בפעילויות תלמידים, בהדגמות מורה ועוד) נתייחס אליהם לאחר שנסקור את הכלים הממוחשבים המרכזיים כפי שבאו לידי ביטוי בסקר.

ג. השתתפות מורים בהשתלמויות מיחשוב ותיקשוב

1. שימושי המחשב בהוראת הפיזיקה
שתי שאלות המתייחסות לנושא זה הופיעו בסקר:
האם השתתפת לאחרונה בהשתלמות בנושא והאם תרצה להשתתף בסדנא שתתמקד בשימוש נכון במחשב בהוראת הפיזיקה?
רוב מרשים של המורים (75%) ענה בחיוב לשתי שאלות אלו. בסקר השני היתה תשובה חיובית כמעט אחידה לשאלה השנייה אולם היתה ירידה בתשובה החיובית לשאלה הראשונה. יתכן וההסבר לכך נובע טמון בעובדה כי בשנתיים שחלפו בין שני הסקרים השתתפו בהשתלמויות פחות מורים מאשר בתקופה שקדמה לסקר הראשון (ושהתפרסה על פני הרבה יותר שנים).

2. תקשורת מחשבים בהוראת הפיזיקה
בתקופת הסקר הראשון, פחות מ-40% מהמורים השתמשו כבר בתקשורת מחשבים, אולם תוך שנתיים עלה מספר זה בסקר השני ל-67%.

העלייה הדרסטית מוסברת בעיקר בהתפשטות השימוש באינטרנט בעוד שברשתות התקשורת האחרות לא היתה תנופת התרחבות ואפילו הסתמנה נסיגה (עכביש). פרט לאינטרנט ולעכביש (שהוגדר בתקופה זו כרשת מורי הפיזיקה

ונתמך על ידי המחלקה להוראת המדעים והמרכז הארצי למורי הפיזיקה שבמכון ויצמן) הצביעו מורים על שימוש ברשתות נוספות כגון אורטנט, זווית רחבה (שהיא רשת התקשורת של מורי אצבע הגליל) ומופ"ת (רשת התקשורת של המכללות). לגבי ה"סנונית" כנראה התייחסו אליה המורים במסגרת השימוש באינטרנט.

ביחס לשאלה לגבי הרצון לקחת חלק בהשתלמויות או סדנאות בשילוב האינטרנט ושימושו בהוראה היתה תשובה חיובית כמעט אחידה (למעלה מ-90%), כולל גם על ידי אלו שכבר השתתפו בהשתלמויות בנושא.

ד. הערכת השימוש בתוכנות מחשב

הפרמטרים שהוערכו היו: סוג התוכנה, אופן השימוש בה, תדירות השימוש ומידת שביעות הרצון. לא היתה כל מגבלה בשאלון על מספר התוכנות להן יש להתייחס (מעבר ל-5 תוכנות נתבקשו המורים לצלם את דף השאלון אולם לא היו כאלו שהשתמשו באפשרות זו).

1. סוגי התוכנות שבשימוש

השאלה התייחסה ליישומי מחשב באופן כללי אולם בשלב ניתוח התשובות חילקנו את סוגי התוכנות שבשימוש לשלושה חלקים:

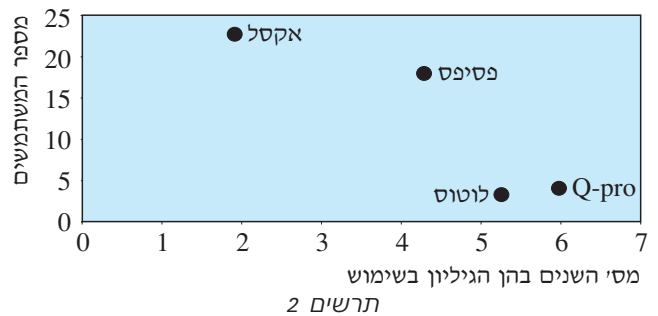
כלים ממוחשבים (תוכנות "משרד")
הדמיות

מעבדות ממוחשבות (MBL).

באשר לכלים הממוחשבים רק מורים מעטים דיווחו על השימוש בתמלילן, כנראה משום שאינו מיועד דווקא לפיזיקה אלא נתפש "ככלי עבודה" אוניברסלי. אין להסיק מכאן כי השימוש בתמלילן נפוץ פחות, שהרי ידוע כי מרבית בתי הספר מחייבים את תלמידיהם להגיש עבודות באמצעות התמלילן. בכל אופן, כל מדווחי התמלילן דיווחו על השימוש ב-word. לגבי הגיליון האלקטרוני, כנראה שעקב הופעת השם: "גיליון אלקטרוני" בנוסח השאלה ומקומו הנכבד במעבדת הפיזיקה מרבית המורים אכן דיווחו על השימוש בו. מבין הגיליונות שדיווחו על השימוש בהם בסקר הראשוני היה ה-Excel במקום ראשון עם כ-50% משתמשים והפסיפס במקום השני עם כ-40% משתמשים. גיליונות אחרים שהופיעו בסקר הראשוני היו הקוטר-פרו (Quatro-pro) והלוטוס. בסקר השני ציינו כל המורים רק את ה-Excel, דבר המצביע על "כיבוש" השוק ודחיקת שאר הגיליונות על ידו. (מה שנעשה במידה רבה בעקבות המלצת הפיקוח ובמטרה לשמור על אחדות

במערכת. גם קובצי הניסויים שהופיעו לאחרונה תומכים בגישה זו⁽⁷⁾.

באשר למשך הזמן בו היה הגיליון בשימוש המורים ה-Excel הוא דווקא "הצעיר" עם ממוצע שימוש של קרוב לשנתיים בעוד שבפסיפס נעשה שימוש של מעל 4 שנים בממוצע ובשאר הגיליונות "הוותיקים" גם 5 ו-6 שנים בממוצע (ראה תרשים 2).



בין הכלים הממוחשבים הוזכרו גם ה"חלונות" (עם הזמן השימוש בהם הופך למוכן מאליו) וה-Power Point (רק על ידי אחד המורים). נציין כי כלי אחרון זה התפתח בשימוש אצל המורים מאז הסקר, הן באמצעות השתלמויות מיוחדות לכך והן באופן טבעי בהיותו מרכיב של Office הנרכש כחלק מסל המיחשוב הבית ספרי, כך שכיום לא נדיר למצוא מורים המכניסים מצגות P.P. באופן שוטף כחלק ממערך ההוראה. בנושא ההדמיות דיווחו רוב המורים על שימוש מתקבל על הדעת כאשר ההדמיות המובילות הן אלו של GTEK ואחריהן (במרחק רב) של לוגל. מורים מעטים יחסית דיווחו גם על שימוש בלומדות של מכון ויצמן, אדיונטיקס, מט"ח, הלומדה ועוד. בסקר השני הוזכרו בין ההדמיות גם החשמלון של מל"ט חולון (שפותח על ידי מיקי רונן) וההדמיות שפותחו במכון ויצמן (ע"י שלמה רוזנפלד). מספר השנים בהן היו ההדמיות בשימוש המורים נע בסקר הראשוני בין 3.7 שנים לגבי אלו של לוגל, 2.7 שנים של גייטק וזמן קצר יותר של שימוש באחרות.

לגבי המעבדות הממוחשבות דיווחו כמחצית מהמורים בסקר הראשוני על השימוש ב-V-Scope ורק מעטים (כ-10%) ב-Data-Logger שהיה אז רק "בחיתוליו". מורים בודדים בלבד דיווחו על שימוש ב-MBL של גייטק או של לוגל. בסקר השני ה-Data-Logger נעשה נפוץ יותר (בצד ה-V-Scope) אולם מספר שנות השימוש בו נמוך בהרבה מזה של ה-V-Scope, מה שמצביע על היותו מרכיב חדש יחסית במעבדת הפיזיקה. (בסקר הראשוני למשל היה מספר שנות השימוש ב-D.L. בממוצע 1.5 לעומת 3.0 שנים ב-V.S.). בסקר הראשוני מספר

הדיווחים על השימוש בהדמיות כמעט כפול משל השימוש ב-MBL (ראה טבלה 1), יחס ההולך וקטן בסקר השני. יתכן וכמה מהסיבות לכך הן:

- השימוש בהדמיות עובר יותר לחטיבת הביניים (החשמלון ודומיו, מסע לעולם החלקיקים, אנרגיה ואינטראקציה וכד').
- הצהרת כוונות של הפיקוח בדבר חשיבות ביצוע ניסוי "אמיתי" ולא "מדומה תרמה להגדלת השימוש ב-MBL.
- החברות המובילות בתחום עברו בעת האחרונה לפתח עבור שווקים חיצוניים.

2. אופן השימוש בתוכנות

טבלה 1 מסכמת את האופן והתדירות של השימוש בתוכנות על פי תוצאות הסקר הראשוני. בסקר השני ישנה נטייה להרחיב את הלימוד העצמי ואת השימוש במעבדות על ידי התלמידים אולם אין שוני מהותי ביחס לתדירות השימוש. טענה "נפוצה" היא שה-V-Scope מנוצל יותר להדגמה בעוד שה-Data-Logger שימושי יותר לעבודה עצמית של תלמידים במעבדה. סקר זה אכן מאשש טענה זו אם כי במובהקות סטטיסטית נמוכה (טבלה 1). הסיבות העיקריות לכך הן: (1) עלותו הגבוהה של ה-V-Scope מאפשרת לבית-הספר לרכוש ממנו רק ערכות בודדות, בעוד ה-Data-Logger, הזול יחסית, ניתן לרכישה בכמויות המאפשרות בנקל גם עבודה עצמית של תלמידים בקבוצות. (2) השימוש ב-V-Scope מורכב יותר (הוא פחות "ידידותי") ולכן מורים רבים אינם מאפשרים לתלמידיהם לעבוד איתו באופן עצמאי.

יש לשים לב כי בסקר הראשוני ה-Data-Logger היה חדש יחסית ולכן השימוש בו לא היה עדיין נפוץ במיוחד. הסקר השני מצביע על גידול ניכר בשימוש ב-Data-Logger. כל אחת מהסיבות המנויות לעיל יכולה להצדיק זאת. מתוך טבלה 1 נראה גם כי בגיליון האלקטרוני משתמשים יותר מאשר בתוכנות האחרות, ובעיקר בשיעורי המעבדה. ההדמיות משמשות בדרך כלל כשעורי מעבדה אולם הן בשימוש נרחב גם כהדמיות ללימוד עצמי (כנראה מחוסר זמן לעבודה בכיתה).

3. מידת שביעות הרצון בשימוש בלומדות

נבדקה ההתייחסות לנושא שביעות הרצון של המורים מהלומדות שבשימושם. מרכיבי שביעות הרצון לפיהם התבקשו לדרג את הכלים הממוחשבים היו: הרמה הטכנית של הכלי, הדיוק המדעי, התלהבות התלמידים ומידת

תדירות השימוש			אופן השימוש			ממוצע שנות השימוש	מספר דיווחים	סוג התוכנה
לעיתים רחוקות	נמוכה	גבוהה	בלימוד עצמי	במעבדה	בהדגמת מורה			
גיליון								
5	30	65	30	50	20	1.9	23	אקסל
-	40	60	20	55	25	4.3	18	פסיפס
הדמיות								
25	65	10	30	40	30	2.7	24	גיטק
25	65	10	20	40	40	3.7	9	לוגל
25	63	12	30	30	40	(2.1)	(8)	אחר
לומדות								
50	25	25	80	20		1.8	4	אדיונטיקס
65	35		65	35		2.0	3	מט"ח
MBL								
25	55	20	15	35	50	3.0	22	V-Scope
	65	35	14	43	43	1.5	4	Data-Logger

טבלה 1: האופן והתדירות של השימוש בלומדות המחשב העיקריות על ידי מורי הפיזיקה (באחוזים מבין המשתמשים בכל לומדה) בסקר הראשוני

"הצלחה"	התלהבות תלמידים	דיוק מדעי	רמה טכנית	
גיליון				
2.5	2.7	2.8	2.7	EXCEL
2.6	2.6	2.6	2.7	פסיפס
הדמיות				
2.8	2.7	2.7	2.7	גיטק
2.0	2.1	2.4	2.4	לוגל
2.3	2.3	2.3	2.3	מכון ויצמן
לומדות				
2.5	2.8	2.5	2.5	אדיונטיקס
2.3	2.3	2.3	2.3	מט"ח
MBL				
2.5	2.7	2.9	2.4	V-Scope
2.5	3.0	3.0	3.0	Data-Logger

טבלה 2: מידת שביעות הרצון מהשימוש בתוכנות ציון ממוצע (גבוה = 3, בינוני = 2, נמוך = 1)

"ההצלחה" בשימוש בתוכנה. הדירוג נעשה על פי סקלה של 1 - 3, כאשר 3 מציין שביעות רצון גבוהה, 2 - בינונית ו-1 - נמוכה. טבלה 2 נותנת את ריכוז התוצאות בנושא. ניתן לומר כי בדרך כלל מרוצים המורים מהתוכנות בהן הם משתמשים (הציונים נעים בין בינוני לגבוה). בין הכלים בעלי הציונים הגבוהים ביותר היה ה-Data-Logger, שזכה לדירוג גבוה יותר מה-V-Scope (בקטגוריה של ה-MBL), אם כי בסקר הראשוני הסטטיסטיקה לגביו היתה קטנה; ההדמיות של GTEK זכו לציונים גבוהים מאשר אלו של לוגל בכל אחת מהקטגוריות; מידת שביעות הרצון מהלומדות של מט"ח היתה בינונית, ואילו ה-EXCEL זכה לדירוג גבוה, אם כי המורים היו מרוצים גם מהשימוש בפסיפס. מאחר והמורים המשתמשים באקסל אינם, בדרך כלל, אלו המשתמשים בפסיפס, מצביעות התוצאות על כך שכל מורה מרוצה מהגיליון בו הוא משתמש, אבל אין מספיק נתונים להשוואה בין שני הגליונות. עם הזמן (בסקר השני) בולט המעבר לשימוש באקסל וזאת כנראה בעיקר מסיבות "טכניות" של מעבר לשימוש בכלים "אחידים".

ה. הערכת תוכנות מחשב

בשאלה העוסקת בהערכה מפורטת של אחד הכלים הממוחשבים, ניסינו לעמוד בתחילה על דרכי ההיכרות והרכישה של הלומדות. מתברר כי במקום הראשון מצד ההשפעה על רכישת כלי ממוחשב עומדות השתלמויות המורים. רק אחר כך, באות ההדגמות ומפגשי יצרנים, ואילו במקום האחרון נמצאות ההמלצות והשמועות על ביצועי התוכנה.

ייתכן וחלק מהכלים נרכש כיום באמצעות "עסקאות חבילה" דרך הספקים המאושרים, דבר שישנה את מאפייני הרכישה

ביחס למה שהיה קיים בזמן הסקר הראשוני (אם כי גם בסקר השני נמצאות ההשתלמויות במקום הראשון מצד השפעתן על הרכישות).

בין הסיבות לרכישה נשמעו לעיתים קרובות אמירות כגון "מצאה חן בעיניי", "עונה על צרכי", "מחירה הזול" ופחות סיבות ענייניות הקשורות למהות התוכנה. (לגבי הפסיפס במיוחד צויין מחירו הזול והעובדה שהוא "דובר עברית"). ה-Data-Logger נבחר על ידי מספר מורים בעקבות חיפוש תוכנה שאינה צמודה למחשב - אם כל הזמן (עובדת בשטח).

מעבדה ממוחשבת		הדמיות		גליון		
Data-Logger	V-Scope	לוגל	גיטק	פסיפס	Excel	
						היבטים טכניים
3.5	4.9	4.0	4.6	5.0	4.3	תוכנית התקנה
3.0	4.6	3.5	4.3	3.5	3.8	מדריך הפעלה
4.5	4.3	4.0	4.1	4.0	4.3	מבנה המסכים
4.5	3.1	3.5	4.1	4.0	4.3	שימוש בצבעים
4.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0	טיב האנימציה
4.0	4.0	4.5	4.1	5.0	3.8	נוחות - מקלדת
4.0	3.8	5.0	4.6	2.5	4.5	נוחות - עכבר
4.0	2.3	4.0	3.0	2.0	4.0	מסכי עזרה
5.0	2.8	3.0	3.0	2.0	3.8	קבלת משוב
4.5	3.4	4.0	4.2	4.0	3.8	ידידותיות
4.1	3.6	4.0	4.0	3.5	4.0	ציון טכני ממוצע
Data-Logger	V-Scope	לוגל	גיטק	פסיפס	Excel	
						היבטים פדגוגיים
5.0	4.2	4.0	4.3	4.0	4.5	דיוק מדעי
4.0	2.9	3.5	3.3	3.0	4.0	טיב הסברים
4.0	3.4	3.5	3.5	1.5	3.3	טיב דוגמאות
4.5	3.9	4.5	3.8	4.0	4.5	שליטה בפרמטרים
4.0	3.4	3.5	3.3	2.0	4.3	שינוי ע"י מורה
2.5	3.6	3.0	3.9	3.5	4.0	ספר למורה
3.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.7	ספר לתלמיד
3.0	2.6	3.5	3.3	3.0	3.7	מערכי שעור
3.8	3.3	3.4	3.6	3.0	4.0	ציון פדגוגי ממוצע

טבלה 3: ניתוח הערכת התוכנות (ציונים ממוצעים בסקלה של 1-5) (1 = גרוע, 5 = טוב)

הערות:

1. מספר ההתייחסויות לגבי לומדות כמט"ח ואדיונטיקס היה קטן מכדי להסיק מסקנות מהימנות, ולפיכך לא הובאו הממצאים בטבלה.
2. בטבלה התייחסנו לשני כלים ממוחשבים מכל סוג, אולם אין לראות בממצאים משום השוואה בין הכלים שהרי לכל כלי התייחסו מורים אחרים.

לגבי מעבדה ממוחשבת

- ללא מחשב אי אפשר לעשות מדידות והדגמות כל כך יפות ומלהיבות.
- מאפשרת הצגה גרפית וניתוח של הניסויים בזמן אמיתי, בפרמטרים שונים ובדיוק טוב, תוך כדי לימוד הנושא וחקירה עצמית מעמיקה.
- התוכנה משלימה את החומר ומגבירה עניין אצל התלמידים.
- אפשר להראות לתלמידים "פרוט" תנועה דבר שבדרך אחרת לא ניתן.
- להלן כמה היגדים של מורים ביחס להבדל בין MBL לניסוי רגיל:
- קיים הבדל של יום ויליה.
- באמצעות תוכנת MBL או מתמודדים עם הטבע ממש וזה ללא השוואה בכלל עם הניסוי ללא המחשב.

סיכום והפקת לקחים:

- זהו נסיון ראשון לאמוד את רמת השימוש ביישומי מחשב בפיזיקה בבתי הספר התיכוניים בארץ, ואת מידת שביעות הרצון של המורים מהכלים העומדים לרשותם. חבל שרק 10% מבתי הספר השתתפו במדגם, ובמיוחד חסרה דגימה משמעותית של כמה מהמגורים (ערבי, ישיבות תיכוניות). במידה וייערכו סקרים נוספים בעתיד, יש למצוא את הדרך להגדיל את כמות המשיבים.
- המסקנות העיקריות מהסקר הן:
- קיימת רמת מיחשוב גבוהה בקרב מורי הפיזיקה ובבתי הספר. עם זאת עדיין 50% מהמורים טוענים כי הם רוצים להשתמש יותר במחשבים, אך אין להם מספיק משאבים ("המעבדה תפוסה").
- לאור הדרישה הרבה, יש להרחיב את מערך ההשתלמויות של המורים, הן בנושא יישומי מעבדה והן בנושאי תיקשוב. השתלמויות כאלה ניתנות כיום (למשל בשלומי, במכון ויצמן ובמרכזי מורים איזוריים) אך אין בהם די. מאחר ותקציב ההשתלמויות מוגבל, ומאחר והגורם העיקרי לרכישת לומדות הוא ההשתלמות, יש לחשוב גם על ארגון השתלמויות בדרכים אחרות (כחלק מפעולות ההדרכה של המנחים או במימון חברות מסחריות).
- אנו רואים כי ה-Excel הולך וכובש את נתח עיבוד הנתונים. יש לשער כי מגמה זו תימשך.
- הרצף: ניסוי ← MBL ← הדמייה מבטא אמנם התפתחות טכנולוגית, אך לדעתנו יש להשתמש בשני האחרונים רק

- בהמשך נעשה ניתוח הערכה מפורט של ההיבטים הטכניים והפדגוגיים של התוכנות הנפוצות.
- נציין כי הפרטים הטכניים זכו בדרך כלל להערכה גבוהה יותר מאשר הפדגוגיים (טבלה 3), אולי מהסיבה כי המורים ביקורתיים יותר לגבי נושאים פדגוגיים.
- קריטריונים נוספים (על פני אלו המנויים בטבלה 3) שנמנו על ידי מורים בודדים היו בין השאר:
- נוחות ההדפסה וסירטוט הגרפים (פסיפס, אקסל)
- מדריך טכני כתוב עברית ותמיכה טכנית בבית הספר: (לוגל, דטה-לוגר)
- ניתוח הממצאים לכלים השונים מופיע בנספח.
- היבט מעניין שסיים את שאלון הסקר היתה בקשה להשוואה בין לימוד הנושא ללא מחשב ללימודו בסיוע תוכנת מחשב. בין הנימוקים הנפוצים שהועלו ביחס ליתרון השימוש בכלים הממוחשבים בקטגוריות השונות היו:

לגבי גליון אלקטרוני

- השימוש בתוכנה חוסך זמן ומגביר את המוטיבציה של התלמיד.
- התוכנה מאיצה זמני ניתוח התוצאות ומהווה כלי גרפי נוח.
- (עם זאת היה מורה שחשב כי עיבוד נתונים לא ממוחשב עדיף על עיבוד ממוחשב מפני שהוא מאפשר מקום וזמן למחשבה וקבלת החלטות באופן אופטימלי בכמה מישורים, עניין שאינו אפשרי במחשב).

לגבי הדמיות

- יש מקרים שאין ציוד מעבדה לביצוע בפועל של הניסוי.
- מייעל את קליטת החומר הנלמד.
- ממחיש את המציאות בקצב איטי המאפשר מעקב אחרי התהליך.
- התנסות אישית של התלמיד.
- ללא התוכנה קשה לבצע ניסוי עם כל הפרמטרים.
- קשה לדמיין מעגלים חשמליים על לוח. להרכיב מעגלים בכיתה הוא תהליך ארוך ומסורבל.
- מאפשר הבנה עמוקה של החומר גם בנושאים בהם לא ניתן לבצע הדגמות.
- רק הדמיון הוא הגבול.
- (נימוק שלא הוזכר הוא האפשרות לבצע ניסויים חוזרים בקצב גבוה).
- עם זאת היו מורים שציינו כי הם משתמשים בהדמייה בנוסף לניסוי בפועל וכי אין תחליף למורה.

על מנת לגלות מגמות שינוי, ולנסות להשפיע עליהן במידת הצורך. מומלץ לבצע בעתיד סקר דומה גם לגבי יישומי תיקשוב.

מראי מקום:

1. "מחר 98" - דו"ח הוועדה העליונה לחינוך מדעי וטכנולוגי, משרד החינוך והתרבות, ירושלים תשנ"ב 1992 (דו"ח הררי).
 2. שילוב מחשבים במערכת החינוך בהוראה ובלמידה - הצעה למדיניות מוגשת למשרד החינוך והתרבות, התשנ"ב 1992 (דו"ח אלעד פלד).
 3. חוזר מפמ"ר לפיזיקה התשנ"ד/1, אלול תשנ"ג - ספטמבר 1993 סעיף 5ד', משרד החינוך והתרבות, המזכירות הפדגוגית, הפיקוח על הוראת הפיזיקה.
 4. קטלוג לומדות מאושרות (מהדורה 3) פרויקט איפיון לומדות, המרכז לחינוך טכנולוגי חולון תשנ"ה 1995, משרד החינוך והתרבות, האגף למדע ולטכנולוגיה.
 5. Beichner J.R. et al, Hardware and Software Preferences, Phys. Teacher. 33, (5) pp. 270-274, 1995.
 6. דיווחי כנסים על סקר המכללות:
 - (a) Bar-Noy, T., Harel, A., Kaganovitch, A., The Use of Computer Simulations in Physics Teaching, 2nd International Conference on Teacher Education, Stability, Evolution and Revolution, July 1996, מכון וינגייט, ישראל.
 - (b) Bar-Noy, T. The Use of Computer Simulations in Physics Teaching in Israel. AAPT Summer Meeting 5-8 August 1996, Ab. GE4, Announcer Vol. 26 p. 106.
 - (c) Bar-Noy, T. The International Conference on Undergraduate Physics Education, (ICPE), 12-17 August 1996, College Park, Md., USA.
 7. רוזן, ע. וסלע, ד., חקר מודרך בפיזיקה (בניסויים ובגיליון אלקטרוני), משרד החינוך ומכון ויצמן למדע, תשנ"ט.
- כהשלמה לניסוי ה"רגיל", באותם מקומות בהם קשה או בלתי אפשרי לבצע אותו. יש להעמיק את השימוש ב-MBL (המשמש כלי עזר לביצוע ניסוי "רגיל") יותר מאשר בהדמיות (בהן יש להשתמש כאשר "אין ברירה").
- השימוש בהדמיות תופס מקום נכבד בהוראה (למעלה מ-80% מהמורים משתמשים בהדמייה של חברה אחת לפחות). השימוש ב-MBL מפגר אחריו (כ 50% דיווחו בסקר הראשוני על שימוש), אולם הוא הולך ומתרחב בשנתיים האחרונות.
 - בנושא ההדמיות, השיווק והשירות הם גורמים מובילים. כשם שנראה כי GTEK דוחקת את לוגל, סביר כי גם נתח GTEK ירד לאחר העברת זכויות השיווק לחברה חיצונית עקב חוסר עדכון לגירסת חלונות. מצב זה עשוי להגדיל את היקף השוק של חברת הלומדה למשל, אשר בסקר זה כמעט ולא באה לידי ביטוי. העדר מנגנון שיווקי יעיל מונע את פריצתן לשוק של ההדמיות הנכתבות במוסדות האקדמיים, כגון אלו של מכון ויצמן.
 - בולט חוסר השימוש בהדמיות תוצרת חו"ל, על אף העובדה כי יש נושאים שאינם מכוסים בהדמיות שפותחו בארץ. כנראה שבין הסיבות לכך: חוסר מידע על הדמיות כאלו, בעיות בהפצה שלהן ואולי גם קשיי שפה. מאותן הסיבות בולט גם חוסר השימוש ביישומונים מקוונים (Physlets = Physics Java Applets) הכובשים לאחרונה מקום מכובד בעולם כתחליף להדמיות.
 - האינטרנט ויישומי תיקשוב אחרים לא מצאו עדיין את מקומם המתאים במערכת בזמן סקר זה. בעתיד יש להתייחס באופן מעמיק גם למרכיב זה של יישומי המחשב. ייתכן וניתן לזרז את החדרת הנושא באמצעות תיגמולים (בונוסים) למשתמשים באמצעי זה בבחינות המעבדה (כפי שנעשה בעבר לגבי ה-MBL למשל).
 - רצוי לחזור על סקר זה לעיתים מזומנות (כל 3 שנים בערך)

נספח: ניתוח הממצאים להערכת הכלים השונים

1. ניתוח גיליונות אלקטרוניים: EXCEL ופסיפס

פסיפס

- התקנה, נוחות מקלדת
- טיב דוגמאות, עזרה, משוב.
- כתובה בעברית, צבעונית.
- די קלה לשימוש.
- משוואות קרוב כתובות בסימנים פיזיקליים.
- הדפסה לא יפה.
- הגבלה בכמות החלונות.
- לפעמים, אי התאמה בין נוסחה צפויה לנוסחה מתקבלת.
- הכללה (קבלת משוואת הקירוב).
- הגדרת עולם (שינוי קנה-מידה).
- תצוגת נוסחאות מתמטיות.
- פונקציות טריגונומטריות.
- לפעמים התוכנה נתקעת.
- לא ניתן לצייר גרף כשיש תא ריק.
- קלה לשימוש עקב התאמה לצרכינו.
- ממשק עברי מלא.
- משוואות קירוב מובנות יותר מאשר קווי מגמה.
- הדפסה יותר מהירה.

EXCEL

- באופן כללי ה-EXCEL קיבל ציון גבוה מאשר הפסיפס.**
- ציונים גבוהים התקבלו במרכיבים הבאים:**
 - עכבר, דיוק מדעי, שליטה בפרמטרים.
- ציונים נמוכים התקבלו במרכיבים הבאים:**
 - אנימציה, טיב דוגמאות.
- הטוב ביותר בתוכנה זו:**
 - שינוי הקואורדינטות גורר שינוי מיידי של הגרף.
 - קלה להפעלה, רב שימושית.
 - נוחה, אפשרות להרבה נקודות, ניתוח מלא לתוצאות, חישוב שגיאה.
- הגרוע ביותר בתוכנה זו:**
 - קשה לקרוא את הקואורדינטות.
 - יותר מדי אפשרויות (צרות של עשירים).
 - "כבדה" למערכת הפעלה, "רצה" באיטיות.
- אילו קטעים קשים לשימוש:**
 - הרחבת תחום גרסיה גרפית.
 - עיצוב מערכת צירים והגרף.
- אילו בעיות יש בזמן ביצוע?**
 - השימוש בעכבר קשה לבלתי מיומנים.
 - סדר הנתונים תלוי בביצוע הגרף.
- הצעת שיפורים:**
 - חוברת הדרכה מיוחדת למעבדה בפיזיקה.
 - גרף הפיזור צריך להיות בצורה ברורה יותר למשתמש.
- השווה את השימוש בתוכנה זו לשימוש בתוכנה אחרת:**
 - יותר נוחה, פשוטה והיא עובדת.
 - יותר משוכללת, הדפסה יותר יפה.
 - מבחר גופנים רחב יותר.
 - (אפשר לכתוב דו"ח יפה יותר).
- אבל נשמעו גם דברי ביקורת כגון:**

פסיפס ו-EXCEL, בתור תוכנות לעיבוד נתונים הן תוכנות גרועות. לאורך זמן, הן מלמדות דבר אחד בלבד: כיצד להתמסר למכשיר הזה (מחשב) על חשבון מיומנות סירטוט גרפים ועיבודם באופן קלסי (ידני).

גייטק

באופן כללי גייטק קבלה ציון גבוה מאשר לוגל.

לוגל

- נוחיות, שליטה בפרמטרים.
- משוב, ספר לתלמיד, למורה.
- תוכנה מגוונת, כוללת מעבדת חקר ו-MBL
- שליטה בפרמטרים פיזיקליים.
- דורש מיומנות להפקת המיטב.
- שינוי והתאמה להדמיות חדשות.
- גייטק קלה יותר לשימוש בעבודה.

ציונים גבוהים התקבלו למרכיבים הבאים:

התקנה, עכבר, מדריך, ידידותיות

ציונים נמוכים התקבלו למרכיבים הבאים:

עזרה, משוב, ספר לתלמיד.

הטוב ביותר בתוכנה זו:

- אפשרויות מאופטיקה ועד חשמל (שימושי

בכל שנות החטיבה העליונה)

- חוברת מסודרת, ספר הדרכה לתלמיד.

- אנימציה, דיוק.

- תוכנה דינמית.

- ידידותית, קלה להפעלה, תוצאותיה ברורות ומידיות.

- תצוגה וקטורית/גרפית.

- שליטה בפרמטרים.

הגרוע ביותר בתוכנה זו:

- הדמיות בנויות מראש.

- DOS

- סיבוך הפעלת העכבר.

אילו קטעים קשים לשימוש?

- זרם ישר: הוספת רכיבים.

אילו בעיות יש בזמן ביצוע?

- אין מספיק דיוק.

הצע שיפורים:

- זרם ישר: צריך להוסיף קבלים.

השווה את השימוש בתוכנה לשימוש בתוכנה אחרת:

- ניתן לשלוט על פרמטרי הניסוי ולעסוק בהדמיית חקר.

- ככלל, לוגל "כבדה" יותר ודורשת מיומנות רבה

3. ניתוח לומדות: אדיונטיקס ומט"ח (התגובות ניתנות, למרות המספר המועט של המשיבים בקטגוריה זו.)

אדיונטיקס

באופן כללי ישנה העדפה למט"ח אם כי במדד שביעות רצון יש העדפה לאדיונטיקס.

מט"ח

- רוב הפרמטרים.

ציונים גבוהים התקבלו במרכיבים הבאים:

מסכים, משוב, ידידותיות, דיוק מדעי,

הסברים, מערכי שעור.

ציונים נמוכים התקבלו במרכיבים הבאים:

שליטה בפרמטרים, אפשרויות שינוי.

הטוב ביותר בתוכנה זו:

- ידידותיות, שילוב הנאה בלמידה.

הגרוע ביותר בתוכנה זו:

- אי יכולת לשנות פרמטרים.

השווה את השימוש בתוכנה לשימוש בתוכנה אחרת.

- רחבה ומקיפה נושאים רבים בזוויות ראייה שונות.

- התקנה, שינויים, סיפרות.

- ההדגמות.

ככלל, שתי לומדות אלה הן בבחינת אנימציות ולא הדמיות, דהיינו, ניתן לראות מספר דוגמאות ברמת גרפיקה גבוהה, אך אין כמעט שליטה על פרמטרי הניסוי, ולכן אין הם בבחינת הדמיות המאפשרות למידת חקר.

4. ניתוח MBL: V-SCOPE ו-DATA-LOGGER

DATA-LOGGER

V-SCOPE

באופן כללי ה-DATA-LOGGER קיבל ציון גבוה יותר מאשר ה-V-SCOPE.

ציונים גבוהים התקבלו למרכיבים הבאים:

התקנה, מדריך הפעלה, מבנה מסכים.

ציונים נמוכים התקבלו למרכיבים הבאים:

ספר לתלמיד, מסכי עזרה, מערכי שעור.

הטוב ביותר בתוכנה זו:

- ניתוח תוצאות ואפשרות הדגמה טובות.

- עריכת מדידה ממוחשבת בדיוק טוב יחסי.

- ביצוע מדידות והצגה גרפית בזמן אמת.

- הצגת וקטורי מהירות ותאוצה.

- ידידותיות.

- יכולת לחזור על ניסוי צעד צעד.

הגרוע ביותר בתוכנה זו:

- מוגבל למכניקה בלבד.

- קבלת המהירות והתאוצה על-ידי נגזרת (ולכן

הגרפים לא כל כך יפים).

- חסר גיליון המאפשר ניתוח מתקדם.

- חוסר אפשרות להעביר נתונים לגיליון.

- שינוי פרמטרים מסורבל. אין מסכי עזרה.

- יש רעשים שמעוותים התוצאות!

- התוכנה "נופלת" במהלך השימוש.

- מחיר (רצוי מחשב + תוכנה לכל צוות ניסוי).

אילו קטעים קשים לשימוש?

- הגדרת הווקטורים.

- איפוס המערכת בשלושה מגדלים.

- משוב, דיוק מדעי.

- ספר למורה ולתלמיד, מערכים.

תדירות דגימה גבוהה.

- עבודה בזמן אמת.

- אין חומר הדרכה בעברית (בינתיים פורסם)

- התאמת טווח ושדה ראייה של הכפתורים.

אילו בעיות יש בזמן ביצוע?

- טווח מוגבל.
- רעשים מעוותים תוצאות (במיוחד תאוצה).
- המגדלים מתקשים ליצור תקשורת עם הכפתורים.

הצע שיפורים בקטעים הפחות טובים.

- עיבוד אות/רעש מתקדם בתוך התוכנה.
- הכנסת מסכי עזרה.
- הוספת גיליון או קשוריות לגיליון.
- להוסיף צירים לתושבת המגדלים.

השווה את השימוש בתוכנה לשימוש בתוכנה אחרת.

- בהשוואה ל-MBL של לוגל:
- מאפשרת למדוד תנועות של מספר גופים בו זמנית, ובשלושה מימדים.
- קלה יותר לשימוש, אך מוגבלת למכניקה,
- הגדרת הפרמטרים מוגבלת אך ידידותית יותר.

- להוסיף ניסויי קינמטיקה.
- לשפר את ספר ההדרכה.

- טוב לאין ערוך מגייטק: תדירות דגימה ניתנת לשינוי וידידותיות התוכנה.

תודה

לידיעת המורים!

בהתאם לכתוב בחוזר מיוחד ה' תשנ"ה יזכו מאמרים שלכם שיפורסמו ב"תהודה" בגמול השתלמות כפי שפורסם בחוברת "זכויותיך", (אוקטובר-נובמבר 94, עמ' 47, אוקטובר 1994) סעיף 6ג. להלן הקטע הרלבנטי:

עבודת מחקר או פרסום מדעי

עובד הוראה, שכתב עבודת מחקר או חיבור מדעי, שפורסם בכתב-עת או בקלטת, תיבדק זכותו לגמול השתלמות ע"י ועדה מיוחדת הפועלת ליד גף דירוג והסמכה באגף כוח-אדם בהוראה. זאת בתנאי שהעבודה הנדונה לא זיכתה את עובד ההוראה בדרגת שכר או בתואר. הוועדה תחליט על מספר הגמולים לפי שיקול דעתה ועפ"י הכללים כלהלן: עריכה, ליקוט או תרגום אינם מזכים בגמול השתלמות.

עובד הוראה המועסק באגף תוכניות לימודים, במרכז להוראת המדעים (מל"מ), במרכז לטכנולוגיה חינוכית (מט"ח) וכיו"ב, לא יזכה בגמול בעד כתיבה בתוקף תפקידו.

עובד המועסק בהוראה בהיקף של 2/3 ממשרה מלאה לפחות, והוא מועסק גם בכתיבה באחת המסגרות הנ"ל בהיקף של עד 1/3 משרה, יהיה זכאי להגיש בקשה לגמול בעבור כתיבת חומר לימודי. לשם כך עליו להמציא אישור על שיעור משרתו משני מקומות העבודה.

משרד החינוך לא יתחייב להחזיר את הפרסומים. חלקם נשארים בספריות שונות של המשרד, אך רובם מוחזרים לבעליהם. בקשות עפ"י סעיף זה יוגשו ע"ג טופס מיוחד מס' ח"ת 050.202, שניתן לקבלו בלשכות המחוזיות של משרד החינוך.