

# הוראת הפיסיקה בכיתה ט': איתור קשיי למידה פיתוח שיטת הוראה מתקנת, הפעלתה והערכתה

חיבור לשם קבלת התואר  
"דוקטור לפילוסופיה"

מאת  
יהושע אידר

מוגש למועצה המדעית של מכון ויצמן למדע  
רחובות

אוגוסט, 1982

אב, תשמ"ב

## תקציר

תכנית הלימודים בפיסיקה "חשמל ואנרגיה" מיועדת לתלמידי כיתות ט' בחטיבות הביניים ומטרתה: הקניית מושג האנרגיה ועקרון שימור האנרגיה, בצד הקניית כמה מושגי יסוד בתורת החשמל ובתורת החום. במעקב שנערך בין השנים תשל"ה- תשל"ח אחר הישגי התלמידים שלמדו לפי התוכנית נמצא, כי הישגיהם של תלמידי הקבצה ב' (על-פי רוב תלמידים בעלי רקע חלש במתמטיקה ובלומודי מדע) היו נמוכים במידה ניכרת מאלה של עמיתיהם בהקבצה א'. מורים אשר לימדו לפי התוכנית, אישרו כי אכן קיימים קשיים בהוראתה, במיוחד בהקצות ב', אך גם בכיתות הטרוגניות. על-פי הסברה אשר הועלתה על ידי מורים רבים, קשיים אלה נבעו, בעיקרם מהפער הקיים בין הדרישות שהתוכנית מציבה בפני התלמידים, ובין יכולתם עם כניסתם לכיתה ט'. על-פי המידע שהיה מצוי בידינו באותה עת, לא ניתן היה לאמת את נכונות הסברה הזאת, ואי-אפשר היה לקבוע אילו שינויים רצוי להכניס בתוכן התוכנית ובדרך הוראתה, כדי להתאימה לצרכים של התלמידים החלשים. על רקע זה צמח המחקר שעליו מדווח כאן, נוסחו מטרות, והוגדרו שלבי הפעולה שלו:

1. איבחון הקשיים אשר בהם נתקלים תלמידי הקבצה ב' וכיתות הטרוגניות בחטיבת הביניים בלימודי הפיסיקה, תוך התייחסות ספציפית לתוכנית "חשמל ואנרגיה".
2. גיבוש שיטת הוראה חדשה אשר תאפשר טיפול בקשיים שאובחנו, בתנאי כיתה רגילים.
3. הפעלת שיטת ההוראה החדשה במסגרת ניסוי מבוקר, בתנאי כיתה רגילים, ובדיקת השפעתה על הישגי התלמידים ועל יחסם ללימוד הפיסיקה בכיתה ט'.

בשלב הראשון של המחקר, נעשה מיפוי מדוייק של דרישות התוכנית, על-ידי ניתוח יסודי של הניסויים הכלולים בה, ההסברים בספר הלימוד, ההוראות והשאלות המופיעים בו. מימצאי המיפוי שימשו בסיס להכנת ארבעה מבחני רקע ("אלגברה", "שימושים במערכת צירים", "הבנת הנקרא בפיסיקה", ו"ניתוח תוצאות ניסוי"), מבחן מעשי לתלמיד (במתכונת Unseen), ושאלון מעקב למורה. מבחנים ושאלונים אלה הועברו בקרב מדגם של תלמידי

הקבצות ב' וכיתות הטרוגניות, ובקרב מדגם של מורים אשר למדו לפי התוכנית. המימצאים שהתקבלו, איפשרו לנו לזהות שורה של ליקויי הבנה במיגוון רחב של נושאים אשר בהם נדרשת שליטה לצורך לימוד התוכנית. מצאנו כי גם לאחר חודשים של לימוד ועבודה במעבדה, תלמידים רבים עדיין התקשו בהבנת מושגי יסוד פסיכולוגיים שנלמדו במהלך חודשים אלה. התברר כי אין די בעצם חשיפתם של תלמידים לחוויות הגילוי המודרך של תופעות וחוקים פסיכולוגיים, כדי להקנות להם מושגים פסיכולוגיים נכונים ודרכי חשיבה מתאימות. כמו-כן, מצאנו כי בעוד שמרבית התלמידים שנבחנו היו מסוגלים לבצע פעולות מתמטיות פשוטות, הן בתחום האלגברה והן בתחום הגרפים, מעטים היו מסוגלים להתמודד עם משימות מורכבות יותר בתחומים הנ"ל, דוגמת אלו שנכללות בפרקים ב' ואילך של התוכנית. תמונה דומה התגלתה בתחום הבנת הנקרא ובתחום כושר הניתוח של מימצאי ניסוי והסקת מסקנות מהם. בהמשך המחקר, נבדקו מקדמי המתאם שבין ציוני התלמידים בארבעת מבחני הרקע ובין ציוניהם במבחני הישגים בפסיקה אשר הוכנו במיוחד לצורך מחקר זה. בדיקת מקדמי מתאם אלה, העלתה כי ארבעת מבחני הרקע יחדיו, יכולים להסביר כ-29% מן השונות בציון ההישגים הממוצע של תלמידי המדגם. הנתונים שבידנו מצביעים על כך שחוסר מוכנות בתחום החשיבה הלוגית משפיע במיוחד בפרק א' של התוכנית, בעוד שחוסר מוכנות בתחום המתמטי, משפיע במידה רבה יותר בפרקים ב' ואילך. חוסר מוכנות בתחום הבנת הנקרא, כצפוי, משפיע במידה שווה בכל הפרקים. כל המימצאים שהוזכרו עד כה, הציבו סימני שאלה רבים לגבי יכולתם של תלמידים בינוניים וחלשים, להפיק תועלת מלימוד התוכנית במתכונתה הרגילה. לאור הנתונים שנאספו בשלב הראשון של המחקר, ועל-פי הלקחים שהסקנו במהלך סקירת הספרות המקצועית, גובשה מתכונתה של שיטת הוראה אשר נועדה לסייע לתלמידים אלה בלימוד התוכנית, מבלי לוותר באופן משמעותי על היקף החומר הנלמד בה או על רמת הדיון בו. שיטה זאת התבססה על מתן משוב (Feedback) מיידי לתלמיד על מידת התקדמותו בלימוד החומר. משוב זה נועד להשיג שלוש מטרות עיקריות: (1) שיפור ההבנה של התופעות והחוקים הפסיכולוגיים אשר נלמדים בתוכנית, (2) שיפור השליטה בטכניקות השונות לעיבוד נתונים המתקבלים במהלך ניסויי המעבדה, (3) שיפור ההבנה של הקשר הקיים בין הניסויים המבוצעים במעבדה ובין החומר העיוני הנלמד בכיתה. משוב זה, ניתן תוך שימוש מירבי בהמחשות, בהדגמות ובאמצעים חזותיים, במהלך השוטף של ההוראה במגמה למנוע היווצרותם של "נתקים" בהבנת החומר הנלמד אצל התלמיד. הפעלת השיטה תוכננה כך, שגם למורה ניתן משוב מידי על מנת לאפשר לו גילוי מוקדם ככל האפשר של "נתקים" מעין אלה, הן אצל תלמידים בודדים והן בכיתה בכללותה. השיטה החדשה נועדה להפעלה בתנאי כיתה רגילים, ללא צורך בשינוי מהותי בדרכי עבודתו של המורה או בתוספת תקציב מיוחד, בצורת תוספת שעות לימוד או כוח הוראה. לצורך הפעלת השיטה החדשה הוכנה מערכת של 20 חוברות של שאלות, המלוות ב-20 חוברות של תשובות והסברים. הנושאים שנכללו בחוברות אלה מקבילים לנושאים הנלמדים בתוכנית "חשמל ואנרגיה", בפרקים א'-ד', אך הושם בהן דגש מיוחד על הבהרת מושגים ועקרונות פסיכולוגיים שנתגלו כבעייתיים בשלב הראשון של המחקר.

במהלך הניסוי של השיטה החדשה, הופעלה מערכת הנחיה שנועדה לסייע למורי הניסוי בהפעלתה. השיטה נוסתה במתכונת של ניסוי מבוקר, כאשר בצד המורים והתלמידים המשתתפים בניסוי הופעלו גם מורים ותלמידים שהיוו קבוצת ביקורת, אלה המשיכו ללמד במתכונת ההוראה הרגילה, אך השתתפו בכל המבחנים (מבחני רקע, מבחני הישגים ומבחן עמדות כלפי לימוד הפסיקה).

השוואת הישגי התלמידים בשתי הקבוצות, באמצעות מערך סטטיסטי מתוכנן בקפידה, העלתה כי השיטה החדשה הביאה לשיפור ניכר, הן בתחום ההישגים הלימודיים והן בתחום העמדות כלפי לימוד הפיסיקה.

על פי דיווחי המורים אשר הפעילו את השיטה החדשה, הפעלתה בכיתות לא עוררה קשיי ניהול מיוחדים, והיא נתקבלה באהדה רבה על-ידי התלמידים שלמדו לפיה. חומר הלימוד אשר הוכן לצורך המחקר, מופץ עתה באופן מסחרי (באלפי עותקים), ומשמש ככלי עזר חשוב להוראת הפיסיקה בעשרות כיתות בכל רחבי הארץ. הצלחת השיטה החדשה חשובה, לדעתנו, דווקא משום שמדובר בתלמידי כיתות ט', אשר ניצבים בתחילת דרכם בלימוד מקצוע הפיסיקה. עבור רבים מהם, זהו מפגש מכריע אשר תוצאותיו ישפיעו על נכונותם ללמוד את המקצוע בעתיד, ועל יחסם למקצוע זה בכלל. במובן זה, אנו מיחסים חשיבות מיוחדת לעובדה שהשיטה החדשה השפיעה לא רק בתחום ההישגים, אלא גם הוכיחה את תרומתה החיובית בתחום האפקטיבי.