



מכון ויצמן למדע

WEIZMANN INSTITUTE OF SCIENCE

Thesis for the degree
Doctor of Philosophy

עבודת גמר (תזה) לתואר
דוקטור לפילוסופיה

Submitted to the Scientific Council of the
Weizmann Institute of Science
Rehovot, Israel

מוגשת למועצה המדעית של
מכון ויצמן למדע
רחובות, ישראל

By
Zvi Arica

מאת
צבי אריכא

**"פיזיקה ותעשייה": פיתוח ומחקר של מודל לקידום
מצוינות באוכלוסיות תת-משיגות**

"Physics & Industry": Development and Study of a
Model for Promoting Excellence among Under-
Achieving Students

Advisor:
Prof. Bat-Sheva Eylon

מנחה
פרופ' בת שבע אלון

July, 2013

אב, תשע"ג

תקציר

מטרת העבודה

תכנית הלימודים "פיזיקה ותעשייה", המופעלת כעשור במכון ויצמן במסגרת "כיתה אזורית", מיועדת לקדם מצוינות בקרב תלמידי מגמת הפיזיקה בחטיבה העליונה. לפני כשש שנים הוחל בהפעלתה של התכנית בקרב אוכלוסיית תלמידי "תיכון אתגר" הלומדים במסלול הטכנולוגי. "תיכון אתגר" מאופיין בריבוי תלמידים תת-משיגים ותלמידים לקויי למידה. כמו אוכלוסיות תת-משיגות אחרות, לתלמידים אלה חסכים של ידע, של דרכי עבודה, של דימוי עצמי ושל יכולת ויסות עצמי של הלמידה (SRL – Self Regulated Learning). בצד המטרות המסורתיות של "פיזיקה ותעשייה" נועדה התכנית לקדם מטרות ייחודיות לאוכלוסייה זו, כדי לאפשר לתלמידים לממש את יכולתם, למשל: פיתוח הרגלי עבודה ויכולת ויסות עצמי. לכן, יעד מרכזי של עבודה זו היה לפתח גישת הוראה שתאפשר להשיג מטרות אלה. חיבור זה מתאר את פיתוח הגישה להפעלת "פיזיקה ותעשייה" בקרב אוכלוסיית התלמידים התת-משיגים ואת המחקר שנעשה במהלך שנתיים שבהן הופעלה התכנית בקרב תלמידי "תיכון אתגר", שכלל 20 תלמידים. המחקר עקב בעיקר אחרי מחזור לימודים אחד, מספטמבר 2007 עד יולי 2009. התכנית הופעלה בקרב אוכלוסיית "תיכון אתגר" בגישה המשלבת בין הצבת אתגרים לבין הקניה שיטתית של כלים להתמודדות עם האתגרים. מטרות המחקר היו לבחון דרכים שבהן אפשר לקדם תלמידים אלה בגישה זו; להעריך את השגת מטרות התכנית "פיזיקה ותעשייה" בקרב האוכלוסייה הנבדקת; לאפיין את תהליכי הלמידה וההנחיה בתכנית ולחקור את הקשר ביניהם לבין פיתוח מיומנויות של ויסות עצמי בלמידה.

התוכנית "פיזיקה ותעשייה" וגישת ההוראה

התכנית "פיזיקה ותעשייה" נלמדת בגישת "למידה באמצעות פרויקטים" (PBL – Project Based Learning) במסגרת "כיתה אזורית" המתנהלת במכון דוידסון לחינוך מדעי במכון ויצמן למדע. התכנית מזכה את התלמידים המשתתפים בה בשתי יחידות לימוד (יח"ל), מתוך חמש יח"ל בפיזיקה. מטרת התכנית היא הרחבת הידע הפיזיקלי והמיומנויות בתחומים שבהם הוראת הפיזיקה בבית הספר אינה נותנת מענה, כגון: התנסות במחקר של בעיה אותנטית המעסיקה את התעשייה העילית; פיתוח מיומנויות פרויקטנטיות ותיכון (Design); פיתוח חשיבה יצירתית; ופתיחת אשנב לעולמה של התעשייה עתירת הידע – תעשיית ההיי-טק. במסגרת התכנית, התלמידים בונים דגם פעיל (ארטיפקט) המהווה מענה לבעיה טכנולוגית אותנטית, תוך הנחייה של מורים מומחים ומהנדסים מהתעשייה העילית. התכנית מתבצעת בשיתוף פעולה עם מורי ביה"ס, ומציעה לתלמידים בעלי מוטיבציה, הלומדים בבתי הספר הרגילים ומעוניינים להתמודד עם נושאים עכשוויים, את מה שמציעים בתי ספר ייחודיים (כמו בית הספר למדעים ואמנויות) – הרחבת טווח הכישורים והמיומנויות של התלמידים.

תלמידי "הכיתה האזורית" מגיעים מבתי ספר שונים הנמצאים בקרבת מכון ויצמן ופועלים במכון דוידסון במשך שנה וחצי, אחת לשבועיים למשך ארבע שעות, כתלמידי כיתה י"א ולאחר מכן בכיתה י"ב.

לעומת זאת, הפעלת התכנית ב"תיכון אתגר" שונה. תלמידי הכיתה המצטיינת של בית הספר משתתפים בתכנית ככיתה שלמה, במשך שנתיים, אחת לשבוע למשך שלוש שעות. מספר התלמידים הממוצע בכל שנה הוא כ-15 תלמידים. מחזור המחקר העיקרי כלל 19 תלמידים. גישת ההוראה שנקטה בקרב אוכלוסיית "תיכון אתגר" התבססה על התפיסה שלפיה הצבת אתגרים במסגרת סביבה תומכת, המספקת כלים מתאימים ורשת ביטחון, היא בעלת פוטנציאל לסייע במימוש יכולותיהם של התלמידים (Treisman, 1992, Doppelt, 2000). לכן, לדוגמה, התכנית משלבת שיטות התערבות שנקחו מתוך תכנית שפיתח צימרמן (Zimmerman 1996,) (2004) לעידוד ויסות עצמי בלמידה. זאת על בסיס ממצאים בספרות המחקרית (Perry et al, 2002) המראים כי כאשר משלבים את השיטות הללו בהוראה, אפילו תלמידים תת-משיגים מגלים מסוגלות עצמית גבוהה ולא נמנעים מאתגרים. גישת ההוראה לאוכלוסיית התלמידים התת-משיגים הושפעה גם מגישת פרנקנשטיין (1971, 1987) ל"הוראה משקמת", ומשופעת באתגרים שהוצעו לתלמידי אוכלוסייה זו, כמו אלה שמתאר דופלט (Doppelt, 2000).

המחקר

שאלות המחקר הן:

1. מהם תהליכי הלמידה וההנחיה בתוכנית "פיזיקה ותעשייה" לתלמידי "תיכון אתגר"? ובפרט:
 - 1.1 כיצד התפתח הוויסות העצמי בלמידה של התלמידים?
 - 1.2 מהם המאפיינים של תהליכי ההנחיה בתוכנית?
 - 1.3 מהם דפוסי הלמידה וההנחיה במהלך התכנית?
2. מהי השפעת התוכנית על תלמידי "תיכון אתגר", כפי שבאה לידי ביטוי בתום התוכנית, בהיבטים הבאים:
 - 2.1 יכולת וויסות עצמי בלמידה.
 - 2.2 תפיסת התלמידים את מסוגלותם העצמית.
 - 2.3 רכישת מיומנויות הבאות לידי ביטוי בפרויקטים ובהתמודדות עם בעיות פתוחות.

כדי לענות על שאלת המחקר הראשונה שעוסקת בהתפתחות התלמידים, בחרתי לעקוב לאורך כל התוכנית אחרי תלמידים ומנחים. עקבתי, כמנחה בתוכנית וכצופה, אחר פעילות התלמידים והנחייתם, לאורך למעלה מ-60 מפגשים שהתקיימו אחת לשבוע במשך כשנתיים (כל מפגש ארך שלוש שעות) וניהלתי יומן חוקר. נוסף על כך בחנתי חלק מהתלמידים, ראיינתי את רובם, ראיינתי חלק ממורי סגל בית הספר וכן חלק מהמנחים שליוו את התלמידים במכון ויצמן. בסך הכול צברתי למעלה מ-250 שעות הקלטה. מתוך נתונים אלה נבחרו מפגשי מפתח בהם נותחו חקרי מקרה מפורטים של תלמידים ומנחים. חקרי המקרה של התלמידים עקבו אחרי שני זוגות תלמידים במהלך פעילותם בתוכנית, וחקר המנחים עקב אחר סגנון הנחייתם של 4 ממנחי התוכנית (מורים מומחים, לבורנט ומדריכה) לאורך כל התוכנית. כדי לענות על שאלת המחקר השנייה שעוסקת בהשפעת התוכנית, נעזרתי בראיונות עומק חצי מובנים ובשאלונים של כלל התלמידים וכן בחנתי את תלמידי חקר המקרה במטלות מסכמות.

כדי לנתח את התנהגות התלמידים והתפתחותם בתכנית נזקקתי למסגרות ניתוח. הצורך במסגרות אלה התברר כחיוני במיוחד, מאחר שעוד בשלב הגשת הצעת המחקר, כשבוצע ניתוח ראשוני של נתוני מחזור הלימוד הראשון של הפעלת התכנית ("מחזור החלוץ"), עלו קשיים רבים בתהליך. הניסיון לנתח את עושר האירועים המתרחשים בזמן עבודת התלמידים, ובמיוחד אלה המתרחשים במהלך בניית הפרויקטים, הוביל אותי לחפש מסגרת תאורטית אשר תשליט סדר בנתונים. המסגרת שנבחרה היא "מסגרת מודל פינטריץ'" (Pintrich, 2000, 2003) שנבנתה כדי לתאר היבטים של וויסות עצמי (SRL) בהם התמקד המחקר. עם ההתנסות בניתוח בעזרת מסגרת זו ובמטרה לקבל קידוד מהימן, מצאתי את עצמי מחדד את המסגרת כדי לנתח את פעילות התלמידים ומשנה מעט את המסגרת כדי לנתח ראיונות. כך יצרתי שתי מסגרות SRL שאכנה: "מודל פינטריץ'-אריכא", האחת לניתוח פעילויות והשנייה לניתוח ראיונות. מסגרות אלה סייעו להרחבת מסגרת ניתוח נוספת, KI (Knowledge Integration) – אינטגרציית ידע (Linn & Eylon, 2006, 2011) כדי לנתח את התנהגות המנחים. מסגרת זו אכנה - KI_A . בסך הכול בניתי שלוש מסגרות הקשורות זו בזו ומהוות כלים עיקריים של מתודולוגיית הניתוח של המחקר.

כדי לענות על שאלת המחקר הראשונה נעזרתי בניתוח התוכן של יומן החוקר ובשתיים ממסגרות הניתוח שעיצבתי: "מודל פינטריץ'-אריכא" לניתוח התנהגות התלמידים ומודל KI_A לניתוח האינטראקציה עם המנחים. כדי לענות על שאלת המחקר השנייה השתמשתי בניתוח התוכן של יומן החוקר, במסגרת הניתוח: "מודל פינטריץ'-אריכא" לניתוח ראיונות, בניתוח סטטיסטי של השאלונים ובניתוח קטגורי של מטלות הסיכום.

חיבור זה מתייחס אפוא לשתי מטרות: מטרה אחת, עיקרית, שהייתה לכתחילה המטרה המרכזית של המחקר ותוארה לעיל, והיא להציג ממצאים מרכזיים העולים מאופן הפעלת התכנית "פיזיקה ותעשייה" בקרב אוכלוסייה של תלמידים תת-משיגים. מטרה אחרת, משנית, שהתפתחה עם התעמקותי במחקר, היא להדגים את השימוש ב"מסגרות הניתוח", שבעזרתן ניתחתי את התנהגות התלמידים ואת דרכי ההנחיה של סגל התכנית "פיזיקה ותעשייה".

המסקנות העיקריות

כמה מסקנות עולות מניתוח הנתונים שנאספו במהלך התוכנית ובסיומה. האחת, לתחושת התלמידים, התכנית הייתה קשה ומאתגרת ובמהלכה הם חוו רגעי תסכול. מצד שני, אצל רוב התלמידים, תחושת ההצלחה בתום התוכנית האפילה על הקשיים הרבים שהם חוו במהלכה, עד כי בסיום התכנית חלקם דיווחו ש"מאז ומעולם" חשבו שיצליחו בה. המסוגלות העצמית באה לידי ביטוי לא רק בדיווחי התלמידים אלא כך גם התרשמו מורים שבאו לבחון את התלמידים בתום התכנית.

לעומת זאת, תמונת הסיכום בעיני מנחי התכנית הראתה מסקנה הפוכה: המנחים חשבו שלתלמידים לא הייתה מספיק מוטיבציה וכי מסוגלותם נמוכה. לגבי היכולות הביצועיות של התלמידים בסיום השתתפותם בתכנית, המנחים ציינו שהן גבוהות לאין ערוך מאלה שהיו להם מלכתחילה. ואכן, התפתחות זו מודגמת בניתוח המפורט בעזרת מסגרות SRL. הניתוח מראה באילו תחומים של הוויסות העצמי ההתפתחות באה לידי ביטוי: בתחום הבקרה על פעולותיהם ועל פעולות המנחים; בקביעת המטרות שלהם; ובשליטתם על נושאי הדיון במהלך פגישות ההנחיה.

נראה, כי הפער, בין תחושות התלמידים והתרשמות הבודחים אותם לבין המנחים, נובע מכך שבסיום התכנית התלמידים דוברים את "שפת התכנית" ויודעים לומר את "המילים הנכונות", דבר שיוצר רושם שהם שולטים בתחומי הידע הנדרשים. לעומתם, מנחי התכנית סבורים שהם היודעים מהי רמת השליטה ה"אמתית" של התלמידים בתכנים. חקירת תהליכי הלמידה וההנחיה שבתכנית יכולים להסביר כיצד נוצרה סתירה זו. לאורך כל התכנית, התלמידים נדרשו למאמץ, והביצועים שלהם, שנותחו בכלים "אובייקטיביים", היו "נמוכים" ביחס למצופה מהם. יחד עם זאת, ניתן לראות שיפור גדול אצל התלמידים בתפיסת המסוגלות העצמית ובמספר היבטים של הכוונה עצמית ולכן תחושת ההצלחה של התלמידים היא גדולה.

מסקנות חשובות נוספות העולות מהמחקר מתייחסות למודל ההנחיה שבתוכנית. האחת, מתבססת על הניתוח המפורט של תהליכי ההנחיה שהראה כיצד המנחים המומחים מקדמים את התלמידים. מתברר שהמנחים מרבים לדרוש מהתלמידים לייצג את הידע שלהם ומשקפים להם אותו עד שלתלמידים מתחוורים הקשיים שבפניהם הם עומדים. זאת, בשונה מהמהנדסים שלעיתים נחפזים להציע לתלמידים פתרונות לקשיים שהם מתמודדים איתם.

מסקנה נוספת היא שהצלחת התכנית מבוססת על התמיכה הרבה הניתנת במהלכה, אשר מותאמת לקשיים האופייניים לאוכלוסיית התלמידים. עוד עולה שלאורך כל התכנית המנחים שומרים, במודע, על פער בין האתגר שהם מציבים לתלמידים לבין התמיכה שהם מעניקים להם. מתברר שדווקא פער זה הוא שמדרבן את התלמידים, שכן בתוך כך הם מקבלים מצוות התכנית את התחושה שהם מסוגלים ושהצוות אינו מתכוון לוותר להם. ואכן יש בהם אלה המצליחים לבנות פרויקטים שאינם נופלים ברמתם מאלה של תלמידי ה"כיתה האזורית".

חלקי החיבור

בחיבור זה ארבעה פרקים נוספים. הפרק הבא, הפרק השני, עוסק בחלק העיוני של המחקר ובשדה המחקר. בפרק זה מתוארים המאפיינים של אוכלוסיות תלמידים ב"כיתה הטרוגנית"; מרכיבי הלמידה באמצעות פרויקטים (PBL); מאפייני ויסות עצמי בלמידה (SRL) וחוללות עצמית (SE); גישות לתיאור אינטגרציה של ידע (KI); התכנית "פיזיקה ותעשייה" כשדה המחקר ואופן התאמתה לאוכלוסיית המחקר; מטרות המחקר ושאלות המחקר. הפרק השלישי מתאר את מערך המחקר, כלי המחקר, והנתונים שנאספו. הפרק הרביעי מתאר את התכנית בפעולה ואת ממצאיה, בשני חלקים. בחלק הראשון מתוארים ארבעה סוגי ממצאים: הממצאים העולים מניתוח פעילות התלמידים בתכנית במונחים של SRL ושל KI; הממצאים העולים מניתוח פעילות המנחים בתכנית במונחים של KI; הממצאים העולים מההתערבות הייחודית שנעשתה בהוראת תלמידי "תיכון אתגר" ושוּנָה מהותית מזו של ה"כיתה האזורית"; ממצאי יומן החוקר. החלק השני של הפרק הרביעי מתאר את הממצאים שעולים בתום התכנית: ממצאים מראיונות התלמידים, ממטלת הסיכום שניתנה לתלמידים וממצאי השאלון שהם מילאו בסיום התכנית. הפרק החמישי, פרק הדיון, מסכם את התמונה העולה מהממצאים וכן את ההשלכות למחקר ולפיתוח עתידי של תכניות התערבות דומות.