



מכון ויצמן למדע

WEIZMANN INSTITUTE OF SCIENCE

Thesis for the degree

Doctor of Philosophy

Submitted to the Scientific Council of the  
Weizmann Institute of Science

By

Sawsan Ailabouni

עבודת גמר (תזה) לתואר

דוקטור לפילוסופיה

מוגשת למועצה המדעית של  
מכון ויצמן למדע

מאת

סאוסאן עילבוני

**השפעת אבחון היגדים מוטעים מעשה ידי המורה המלוות  
משוב מתוקשב, ממוקד עקרונות על מוכנות ללמידה עתידית**

**The impact of diagnosing teacher-made erroneous  
solutions, with the aid of on-line principle based  
feedback, on preparation for future learning**

Advisors:

Edit Yerushalmi

Rafi Safadi

מנחים:

עידית ירושלמי

ראפע ספדי

September 2017

אלול התשעז

## תקציר:

מורי פיזיקה נוהגים להציג בעיות החושפות אצל תלמידיהם קשיים מושגיים נפוצים, ומצפים מהם לפתח הבנה מושגית במהלך ההתמודדות עם בעיות אלו (Yerushalmi et al, 2007). תהליכי גיבוש ידע (Knowledge Integration) (Lin & Eylon 2006) צריכים להתממש על מנת שההבנה המושגית אכן תתפתח, בפרט: *Elicitation* החצנה של רעיונות התלמידים, *Adding* הוספה של רעיונות נכונים או לא נכונים באמצעות דיון עם עמיתים, מורים ועיון בספרי לימוד, *Developing Criteria* פיתוח קריטריון המבדיל בין רעיונות ו *Sorting out* ארגון מחדש של הרעיונות. מימוש תהליכי גיבוש הידע (KI) מותנה בנטייה של התלמידים לבצע תהליך של תיקון עצמי (Chi, 2000), כלומר, לזהות ולפתור קונפליקטים בין המודל המנטלי שלהם – שיכול להיות פגום, ובין המודל המדעי המקובל. במונחים שטבעו Schwartz, Bransford and Sears (2005), היכולת והנטייה לבצע תהליך של תיקון עצמי מכינה באופן אופטימלי תלמידים ללמידה עתידית בכך שהיא מאגדת שני ממדים: ממד היעילות (*efficiency* שליפה ויישום תקין של מושגים ועקרונות מדעיים בעת פתרון בעיות פיזיקליות) וממד החדשנות (*innovation*) ארגון מחדש של החשיבה על מנת לטפל במידע או בעיות חדשות).

המחקר הנוכחי בודק את ההשערה שחשיפה לאורך השנה להתערבות שנתית של אבחון טעויות<sup>1</sup> *TS – Trouble Shooting*, מקדמת את הנטייה והיכולת של תלמידים לבצע תיקון עצמי (התפתחות בממד החדשנות), וכתוצאה מכך, משפרת את ההבנה המושגית שלהם (התפתחות בממד היעילות). במסגרת המחקר התערבות *TS* השוותה להתערבות נפוצה יותר של אבחון עצמי<sup>2</sup> (*Self Diagnosis – SD*).

התערבות ה- *TS* מכילה מספר פעילויות *TS* מתוקשבות, בהן התלמידים מונחים לבצע אבחון ממוקד עקרונות של פתרון שגוי בדוי (מעשה ידי מורה), מעבדים משוב במתכונת אבחון לדוגמא, ומשווים את האבחון שביצעו לדוגמת האבחון (Yerushalmi et al., 2013). באותו אופן התערבות *SD* הכילה מספר פעילויות מתוקשבות בהן התלמידים פתרו בעיה זוהי לבעיה שהוצגה בפעילות *TS* המקבילה, והתבקשו לבצע אבחון של פתרוןם כנגד פתרון בעיה לדוגמא. הן פעילויות ה- *TS* והן ה- *SD* התמקדו באותן בעיות המדווחות בספרות כבעיות החושפות קשיים מושגיים מרכזיים באופטיקה גיאומטרית.

המחקר שמר על תוקף אקולוגי, הוא נערך בכיתות י' הפועלות באילוצי הזמן של מורים ותלמידים בכיתות המתכוננת לבחינות חיצוניות - הבגרות. המדגם שנבדק כלל 67 תלמידים. כיתת התערבות *TS* כללה 30 תלמידים וכיתת התערבות *SD* כללה 37 תלמידים. שתי הכיתות למדו אצל אותו מורה באותו בית הספר. התלמידים עבדו בזוגות במהלך שמונה פעילויות מתוקשבות המתייחסות לארבעה נושאים עוקבים באופטיקה גיאומטרית, במטרה לאפשר בחינת ההשפעה של מעורבות ממושכת בפעילות על תוצרי הלמידה.

<sup>1</sup> Trouble Shooting Activity (TS): First, students perform a trouble-shooting task; presenting them with an erroneous solution to a physics problem, then they are presented with feedback in shape of exemplary diagnosis. Students are required to process the feedback and analyze their work in light of it.

<sup>2</sup> Self Diagnosis Activity (SD): First, students perform a problem solving task; requiring them to solve a physics problem, then they are presented with feedback in shape of exemplary solution. Students are required to process the feedback and analyze their work in light of it.

השוואה בין התערבות TS לבין SD נבדקה באמצעות מבחני פוסט המתייחס לשלושה היבטים: א) יכולת אבחון; ב) הבנה מושגית; ו-ג) תיקון עצמי. ביצועי התלמידים מנורמלים באמצעות מבחן פרה שבו התלמידים ביצעו משימת TS (אבחון פתרון שגוי בדוי) ולאחריו השוואה בין אבחון התלמידים לדוגמת אבחון. הניתוח מפורט לתהליך השינוי לאורך השנה במהלך החשיפה להתערבות TS התייחס לשני היבטים: א) ההתפתחות ביכולת האבחון; ב) המימוש של תהליכי גיבוש ידע KI.

ההבנה המושגית (המתייחסת ל efficiency) נבדקה באמצעות מתודולוגיה של טרנספר ישיר (Schwartz and Martin, 2004) – בדיקת ביצועי התלמידים בבעיות איזומורפיות לבעיות ההתערבות. בדיקה זו נערכה פעמיים, אחרי הפעילות הרביעית והפעילות השמינית. תיקון עצמי (המתייחס ל innovation) הוערך במבחן הפוסט באמצעות המתודולוגיה של טרנספר כפול: התלמידים פותרים בעיית מקור, לומדים ממשאב למידה – אבחון פתרון שגוי בדוי בעזרת דוגמת פתרון ויישום הידע שנרכש על מנת לפתור בעיית טרנספר.

הממצאים העיקריים של המחקר הינם:

#### ההשפעה של התערבות TS אל מול SD על יכולת האבחון

נבדק הפער בין יכולת האבחון הטבעית של התלמידים כפי שנמדדה במבחן הפרה (אבחון פתרון שגוי בדוי), לבין יכולת האבחון בפוסט (אבחון פתרון שגוי בדוי מלווה בדוגמת פתרון). נמצא שהקבוצה שעברה את התערבות ה-TS השתפרה בצורה מובהקת בביצועים שלה באבחון, בעוד בקבוצת התערבות ה-SD לא נמצא שיפור. בפרט, קבוצת התערבות ה-TS השתפרה ביכולת להסביר את מהות הטעות - להבדיל בין ההבנה המוטעית של התלמיד הבדוי לבין ההבנה המדעית המקובלת. מבחן הפוסט נערך בשנת הלימודים העוקבת לשנת ההתערבות, כך שניתן להעריך שהשפעת התערבות ה-TS השתמרה לאורך זמן.

#### ההשפעה של התערבות TS אל מול SD על הבנה מושגית

ההשפעה על הבנה מושגית (המתייחסת לממד היעילות) נבדקה באמצעות ביצועים בפתרון בעיות טרנספר ישיר שהתבצעו פעמיים; אחרי הפעילות הרביעית והשמינית. נמצא שביצועי התלמידים בבעיות הטרנספר השתפרו לאורך השנה בשתי קבוצות ההתערבות. לא נמצא הבדל מובהק סטטיסטית בין קבוצות ההתערבות, כלומר, לשתי ההתערבויות הייתה השפעה זהה על ממד היעילות.

#### ההשפעה של התערבות TS אל מול SD על תיקון עצמי

ההשפעה על התיקון העצמי (Innovation) נבדקה באמצעות מתודולוגיה טרנספר כפול במבחן הפוסט. התלמידים פתרו בעצמם בעיה פיזיקלית (בעיית מקור), אחר כך קבלו משאב למידה ללמוד ממנו – אבחון פתרון שגוי המלווה בדוגמת פתרון. תיקון עצמי נבדק ביחס לבעיית טרנספר עוקבת. הצפייה הייתה שנמצא קורלציה בין ביצועי התלמידים בתיקון העצמי לבין ביצועיהם באבחון. לא נמצאה עדות בשתי קבוצות ההתערבות לתהליך של תיקון עצמי. ממצא זה מוסבר באופן בו הועבר מבחן הפוסט: המורה העביר המבחן כשיש לתלמידים ידע מקדים רחב בנושא, בניגוד לתכנון המבחן. בהתאם, ביצועי התלמידים בבעיית המקור

היו גבוהים ולא היה מקום לשיפור משמעותי בבעיית הטרנסספר. כתוצאה, בשתי הכיתות מבחן הפוסט לא הצליח לזהות חדשנות (*Innovation*): שימוש במשאב הלמידה (משימת אבחון מלווה בדוגמת פתרון) על מנת לחדד ההבנה המושגית.

### תהליך השינוי במהלך השנה בקבוצת התערבות TS:

(א) ההתפתחות ביכולת האבחון

כמו שהזכרנו קודם, ההתערבות של TS מורכבת משמונה פעילויות שמטרתן לפתח אצל תלמידים יכולת אבחון. קבוצת התערבות ה-TS עברה שלושה סוגים של פעילויות אבחון: שלב האבחון במבחן הפרה (אבחון פתרון שגוי), שמונה פעילויות TS (שתי פעילויות בכל נושא), שלב האבחון במבחן הפוסט (אבחון פתרון שגוי המלווה בדוגמת פתרון). נמצא שלהתערבות יש השפעה מצטברת. יכולת האבחון הטבעית של התלמידים לפני שנחשפו לפעילות הייתה נמוכה (נבדקה במבחן הפרה בשלב האבחון לפני שנחשפו להתערבות). בפרט, התלמידים כמעט ולא כתבו הסברים למהות הטעות המבדילה בין ההבנה המתבטאת בפתרון השגוי למושגים ולעקרונות המדעיים לבין ההבנה המדעית המקובלת.

השינויים ביכולת האבחון אצל התלמידים התפתחו בהדרגה: יכולת האבחון של התלמידים בפעילויות הראשונות (פעילות ראשונה ושלישית) לא השתנתה בצורה מובהקת מיכולת האבחון הטבעית שלהם שנבדקה במבחן הפרה בשלב האבחון. יכולת האבחון של התלמידים השתפרה בצורה מובהקת לקראת סוף שנת ההתערבות (הפעילות השביעית מתוך השמונה, בנוסף לשלב האבחון במבחן הפוסט). בעוד שההתפתחות ביכולת האבחון הייתה איטית ודרשה חשיפה למספר פעילויות, ההשפעה נשמרה לאורך זמן (מבחן הפוסט נערך בשנת הלימודים העוקבת לשנת ההתערבות), ומתבטאת בשיפור המובהק ביכולת האבחון שלהם בהשוואה ליכולת האבחון הטבעית. במיוחד, השתפרו ביכולת שלהם לתת הסברים למהות ההבדל בין הבנת התלמיד הבדוי להבנה המדעית המקובלת.

(ב) המימוש של תהליכי גיבוש הידע שהתלמידים נחשפים לפעילויות TS.

כמו שהוזכר קודם, השלבים של פעילות ה-TS עוצבו כך שהן מזמנים את תהליכי גיבוש הידע (KI): *Elicitation* החצנה של רעיונות התלמידים, *Adding* הוספה של רעיונות נכונים או לא נכונים באמצעות דיון עם עמיתים, מורים ועיון בספרי לימוד, *Developing Criteria* פיתוח קריטריון המבדיל בין רעיונות ו *Sorting out* ארגון מחדש של הרעיונות (Linn & Eylon, 2006). כל שלבי הפעילות מזמנים החצנה של רעיונות התלמידים *Elicitation* ו מוסיפים רעיונות *Adding*.

שלב האבחון (השלב השני בפעילות) שימש לזיהוי יכולת האבחון של התלמידים כשהם נכנסים לפעילות מבחינת היכולת שלהם לפתח קריטריון: יכולת נמוכה – תלמידים רק ציינו את השגיאה מבלי להסביר אותה; יכולת בינונית – תלמידים שגם הציגו קריטריון שפתחו – זיהו את העיקרון שנעשה בו שימוש מוטעה; יכולת גבוהה – תלמידים שלא רק זיהו את העיקרון, אלא גם הסבירו איך הם מבדילים בין שימוש נכון או מוטעה במושגים/רעיונות.

שלבי השיקוף וההשוואה (שלבים שלוש וארבע בפעילות) מזמנים מימוש של שני תהליכי גיבוש ידע נוספים: *developing criteria and sorting-out*. הגדרנו מימוש של פיתוח הקריטריון בשלב השיקוף במידה והתלמיד/ה זיהה את המושג/העיקרון בו נעשה שימוש מוטעה, או לא נעשה שימוש, בפתרון השגוי, על פי דוגמת האבחון וכן את ההסבר המופיע בדוגמת האבחון המבדיל בין ההבנה של התלמיד הבדוי להבנה המדעית המקובלת. הגדרנו מימוש של פיתוח הקריטריון וארגון ידע בשלב ההשוואה (בין אבחון התלמיד לדוגמת האבחון) במידה והתלמידים העריכו את אבחונם באופן העולה בקנה אחד עם הערכת החוקרים.

הגדרנו ארבעה פרופילים המאפיינים את תהליכי ה-KI המתממשים בתשובות התלמידים בשלבי השיקוף וההשוואה; (פרופיל 1 – מימוש של כל תהליכי ה-KI המצופים בשלבי השיקוף וההשוואה; פרופיל 2- מימוש של תהליכי ה-KI רק בשלב השיקוף; פרופיל 3- מימוש חלקי של תהליכי ה-KI בשלב השיקוף ומימוש מלא בשלב ההשוואה; פרופיל 4 - מימוש חלקי של תהליכי ה-KI בשלב השיקוף).

נמצא שיש ירידה באחוז התלמידים שיש להם יכולת אבחון נמוכה לאורך ההתערבות. נמצא גם שלקראת סוף שנת ההתערבות מרבית התלמידים השתייכו לפרופילים 1 ו 2 בניגוד לנקודת ההתחלה שבה התלמידים השתייכו לכל ארבעת הפרופילים. ממצאים אלו עולים בקנה אחד עם הממצאים לגבי התפתחות ביכולת האבחון במהלך התערבות ה-TS.

נמצא שתלמידים שהשתייכו לפרופילים 1 & 2 הצליחו לפתור בעיות טרנספר, ללא קשר ליכולת האבחון שלהם כשנכנסים לפעילות. כלומר, המידה שבה התלמידים ממשים פיתוח קריטריון מתבטאת אחר כך ביכולת שלהם לפתור בעיית טרנספר. מכאן ששלבי השיקוף וההשוואה נחוצים להנחיית התלמידים לפתח קריטריון המבחין בין רעיונות מקובלים ולא מקובלים מדעית. עיצוב הפעילות אכן משיג את מטרתו, ורצוי לפתח פעילויות נוספות במתכונת דומה. בהפעלת פעילויות אלו יש להתחשב בכך שההתפתחות ביכולת האבחון של התלמידים היא איטית. נחוץ לחשוף תלמידים למספר של פעילויות TS, שבהם שלב השיקוף חוזר פעם אחר פעם, בכדי לפתח אצלם תפישת מומחה של תכנית הפעולה, ה *action plan* הנדרש במשימה (Wertsch, 1984).