

הגישה המערכתית להוראה כאמצעי לפיתוח מסלולי לימוד מואצים בטכנולוגיה

לימודי פיסיקה ורובוטיקה מוגברים כמנוף לקידום תלמידים בעלי הישגים לימודיים נמוכים

ד"ר ירון דופלט

שמחוץ לפרט (לסביבה שלו), תת-התיאוריה הרכיבית מייחסת את האינטליגנציה לעולמו הפנימי של הפרט והתת-תיאוריה הדו-פנית מייחסת את האינטליגנציה הן לעולם הפנימי והן לעולם החיצוני. כל אחת מתת-תיאוריות אלו ניתנת לפירוק לשלושה כשרים: כשרים אנליטיים, כשרים יצירתיים וכשרים מעשיים. תלמידים המשובצים לתכנית הוראה המתאימה לתבנית כישוריהם הגיעו לביצועים טובים יותר מאשר אלה ששובצו בתכנית שלא התאימה להם. המורים יודעים כיצד ללמד באופן אנליטי, יצירתי ומעשי, אך חוששים לעשות כן, פן תלמידיהם לא יצליחו במבחנים המקובלים (שם).

העקרונות בתיאוריה של סטרנברג (שם) שנבדקה על-ידו במחקרים רבים מקבלים תימוכין בתיאוריה אחרת, תיאוריית האינטליגנציות המרובות של גרדנר (1996), שפותחה באותה תקופה והמחלקת את האינטליגנציה לשבע תת-אינטליגנציות: לשונית, לוגית-מתמטית, מרחבית, מוסיקלית, גופנית-תנועתית, בין-אישית ותוך-אישית. גרדנר עצמו טוען (שם), שזוהי רשימה מקדמית בלבד וכל צורה של אינטליגנציה ניתנת לחלוקת משנה ולארגון מחדש. כמו כן, גרדנר (שם) טוען, שצו השעה לחינוך היום הוא פיתוח מחנכים שיהיו מומחים להערכה הרגישים לאינטליגנציות מרובות, ופיתוח מעצבי תכניות וסביבות לימוד הרגישים לפיתוח כשרים רחבים של הלומד, גם בכך מחקריו של גרדנר מחזקים את מסקנותיו של סטרנברג (שם).

ארבעה יסודות נדרשים לסביבת למידה מודרנית המעודדת חשיבה:

1. נושאים עשירים ומרתקים, 2. יעדי הבנה - מטרות ביצועיות, 3. ביצועי הבנה - תכנון ביצועים הדורשים מן התלמיד להפגין את הבנתו בנושא מסוים ו-4. הערכה מתמשכת - כמו זו המוצעת על-ידי תלקיט (Gardner & Boix-Mansilla, 1994). אנשים שלא חושבים אינם עושים זאת לא משום שאין להם יכולת לעשות זאת, אלא משום שלא פיתחו אצלם את הנטייה ואת הרגישות לכך (Perkins, 1995). נטיות החשיבה מחדדות את תפיסתנו כלפי סגנונות לימוד ומחזקות בכך את התיאוריה בדבר קיום סגנונות לימוד שונים (Kolb, 1985). כדי לפתח את החשיבה, את נטיות החשיבה, את הרגישות לחשיבה ואת היכולת לחשיבה נדרש זמן. תכנית התערבות של מספר שיעורים לא תוליד בוגר מערכת חינוך חושב טוב יותר (Salomon, 1997).

מערכת החינוך משדרת לעתים לתלמידים נבואה שלילית בדבר סיכוייהם להצליח, והדבר מונע מהם להצליח בהמשך לימודיהם. במקום לסווג תלמידים למסלולי לימוד לא בגרותיים, יש לחשוף את התלמידים לסביבת לימודים עשירת גירויים ומאתגרת. באמצעות שינוי מערכתי כזה אפשר להוציא תלמידים ממעגל הקסם של כישלונות שאלו נכנסו. במחקר שדה זה אדגים ממצאים ראשוניים משתי קבוצות תלמידים שנכנסו למסלול לימודים הכולל לימודי פיסיקה ורובוטיקה ברמה מוגברת. המסקנות ממחקר זה מציעות שינוי מעמיק בהכשרת מורים ובעיקר בפיתוח מקצועי של מורים.

מילות מפתח:

גישה מערכתית, סביבת לימוד עשירה, למידה סביב פרויקט טכנולוגי, לימודי רובוטיקה

מבוא

חוקרים רבים בתחום החינוך כמו גרדנר, פרקינס וסטרנברג (Gardner, 1996; Perkins, 1992; Sternberg, 1998) תומכים בגישה המשלבת את תורתו של פיאז'ה (Piaget, 1970) עם עקרונותיו של ויגוצקי (Vygotsky, 1978). מצד אחד, לשלבי התפתחות קוגניטיביים יש השפעה על פיתוח סביבות למידה, ומצד אחר לאינטראקציה עם הסביבה הפיסיקה והחברתית יש השלכות מרחיקות לכת על הישגיו הקוגניטיביים והאפקטיביים של הלומד. תיאוריית האינטליגנציה הטריארכית מציינת את החשיבות של סביבת לימוד המאפשרת ללומד להביא לידי ביטוי את כישוריו בתחומים מגוונים (Sternberg, 1998). תיאוריה זו כוללת שלוש תת-תיאוריות: תיאוריה הקשרית, רכיבית ודו-פנית. תת-התיאוריה ההקשרית מייחסת את האינטליגנציה לעולם

הם זקוקים לסביבת לימודים עשירה גירויים ומאתגרת וכן מורים מצוינים שיאמינו ביכולתם להצליח עשויים להוציאם ממעגל הכישלונות כדי ליישם את השיטות של למידה פעילה, צריך המורה להאמין כי תפקידו להיות "מלמד" (מובושוביץ-הדר, 1996). תפקידו של המורה הוא לסייע ללמידה. כדי לעשות כן, הוא צריך להאמין בשיטה, וכיצד יאמין אם לא ינסה המורה ליטול יוזמה ולהפעיל שיטות הוראה חדשניות ואלטרנטיביות לשיטות שהוא בעצמו למד. רעיונות אלו קיבלו חיזוק בעשור האחרון באמצעות העקרונות של למידה יעילה (Bransford, Brown & Cocking, 1999; Resnick, 2001).

במחקר זה אציג את הגישה החינוכית שעומדת לעיני ואדגים ממצאים ראשוניים משתי קבוצות תלמידים במסלול לימודים מואץ הכולל לימודי פיסיקה ורובוטיקה ברמה הגבוהה ביותר.

שיטת המחקר

תכנית ההתערבות שהפעלנו כוללת את המרכיבים האלה: איתור תלמידים בעלי פוטנציאל לימודי, הוספת מסלולי לימוד כמו פיסיקה ורובוטיקה, הקמת מעבדות חדשניות למדעים, לפיסיקה ולהנדסה וחשיפת התלמידים לאוניברסיטה באמצעות ימי מדע. יש לציין שכל התלמידים לומדים במעבדות האלה את אותו מספר שעות למקצוע.

משתתפים

נבחן את איכות תעודת הבגרות העתידית של ארבע קבוצות לימוד הלומדות בכפר הנוער. שתי כיתות הלומדות לפי התכנית שהוצגה לעיל מול שתי כיתות מב"ר שיהוו את קבוצת הניגוד (Contrast). קבוצת הניגוד נבחרה בשל מאפיינים דומים לקבוצת המשתתפות בתכנית. הקבוצות המשתתפות בתכנית הם 26 תלמידי כיתה י"א ו-24 תלמידי כיתה י"ב. בקבוצת הניגוד 26 תלמידי י"א ו-24 תלמידי י"ב. בבית הספר כולו לומדים 438 תלמידים מהם 65% עולים מאתיופיה ו-35% עולים ממדינות חבר העמים. תלמידי התכנית חולקו לשתי קבוצות: קבוצת מדעים וקבוצת רובוטיקה ופיסיקה. קבוצת המדעים כוללת 14 תלמידי י"א ו-12 תלמידי י"ב. קבוצת הפיסיקה והרובוטיקה כוללת 12 תלמידי י"א ו-12 תלמידי י"ב. תלמידי מב"ר לומדים לפי תכנית העושה כל מאמץ כדי שהם יסיימו את התיכון עם תעודת בגרות מלאה.

כלי המחקר

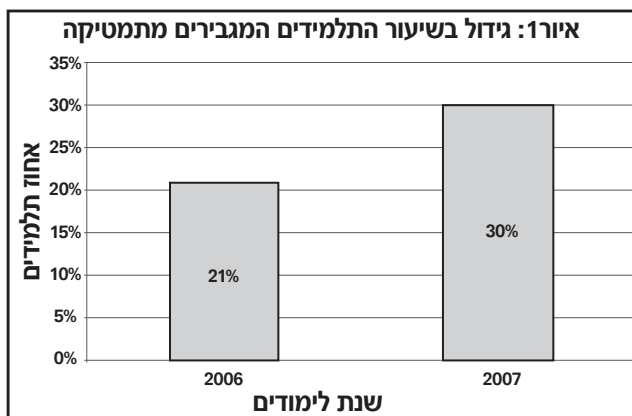
איסוף נתונים בלתי מתערב על נתוני רקע של התלמידים כמו מספר שנים בארץ, הישגים בכל מקצועות הלימוד ותחזית של מורי הכיתות כלפי המסוגלות של התלמידים לסיים עם תעודת בגרות מלאה את לימודיהם. בנוסף, תצפיות בכיתות וראיונות עם תלמידים יהוו את התמיכה האיכותנית לנתונים הכמותיים שיוצגו.

יתרונות וחסרונות של שימוש בסביבות לימוד ממוחשבות מצויים במוקד הדיון של הקהילה החינוכית כבר יותר מעשרים שנה (Papert, 1980; 1993). פאפרט (שם) מדגיש את הבניית המושגים המתאפשרת באמצעות פעילויות למידה קונקרטיות. הוא מדגיש את חשיבות המחשב ככלי המאפשר לילד לחשוב אתו ואת האפשרות של תלמידים ללמוד בקבוצות פרויקט. גם דה בונו, (De Bono, 1986) מדגיש מאוד את חשיבות עבודת הצוות בפתרון בעיות ואת הרפלקציה של עמיתים על עבודתך. לימוד סביב פרויקט טכנולוגי-מדעי מאפשר לתלמידים: להתנסות בהבניית מושגים מדעיים וטכנולוגיים כתוצר לוואי של בניית פרויקטים עצמאיים ייחודיים והמצאתיים של התלמידים עצמם ולהתחיל את תהליך הלמידה בהתאם למגוון כישוריהם, והוא גם מסייע למורה ליצור קהילת מתכננים השותפים בעבודת צוות (Resnick & Ocko, 1991). שיתוף הלומדים בתהליך למידה פעיל והערכתו עשוי לתרום לקידום המוטיבציה והידע של הלומדים (Doppelt, 2007).

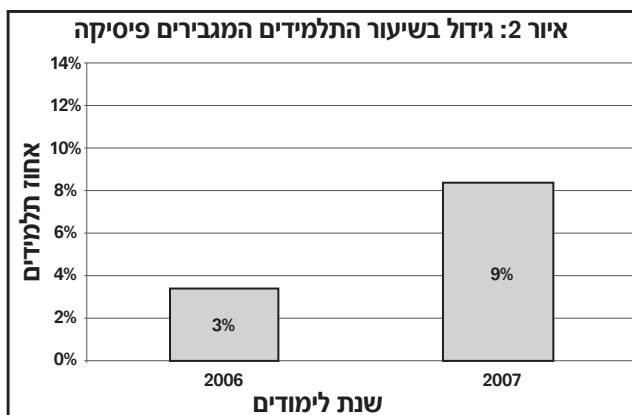
מטרת המערכת החינוכית לקדם את תלמידיה להישגים מרביים. אך, "נדיד הדבר שמורה יכריז: 'התוצאה האידאלית היא, שכל הנבחנים ישיגו 100' הדעה הרווחת, שהישגים לימודיים בכיתה מתפלגים, באורח טבעי, על פי עקום, מעידה על התנגדות מושרשת להצלחה לימודית של כל התלמידים" (מור, 1982). פיתוח ויישום דרכי הוראה שמטרתם לקדם תלמידים בעלי הישגים לימודיים נמוכים מהווה אתגר מתמיד למערכת החינוך. תלמידים אלו מאופיינים בקשיים לימודיים ואחרים שגורמים לתלמידים אלו לחשוב על עצמם בתור כישלונות צפויים מראש (Movshovitz-Hadar, 1992). רשימת מאפיינים חלקית של תלמידים אלו מתוארת אצל מובושוביץ-הדר (שם, עמ' 86). על מערכת החינוך להשקיע משאבים כדי לקדם תלמידים שהישגיהם נמוכים בנקודת זמן במסלול לימודיהם ולא לסווגם כמקרים אבודים. מכאן נובע הצורך לבנות תכנית לימודים שעונה על צרכיהם של תלמידים אלו, תוציא אותם ממעגל הכישלונות ותפתח לפנייהם דרך חדשה להצלחה. נקודת המוצא למחקר זה היא שלימודי הטכנולוגיה בביה"ס התיכון עשויים לשמש מנוף להשגת מטרה זו.

במערכת החינוך עדיין שגורים ביטויים נפוצים כמו כיתות מקדמות, כיתות אטיות, תלמידים חלשים, הקבצה ג' וכדומה. למעשה על מערכת החינוך להתייחס לתלמידים בעלי הישגים לימודיים חלשים כאל תלמידים שמערכת החינוך טרם גילתה את הפוטנציאל הטמון בהם. תלמידים אלו נכנסו אל מעגל כישלונות לרוב בחטיבת הביניים. מעגל קסם זה מחוזק על-ידי המערכת בדמות שיבוץ להקבצות לימוד נמוכות בחטיבת הביניים ומסלולי לימוד לא בגרותיים בחטיבה העליונה. למעשה נדרש שינוי מערכתי בגישה החינוכית כלפי תלמידים אלו. תלמידים שהגיעו בעבר להישגים לימודיים נמוכים, למדו בשיטות הוראה פרונטליות, לעתים בכיתות עם מספר תלמידים גבוה ולא הצליחו להתמודד עם מערכת החינוך הסטנדרטית. תלמידים אלו זקוקים יותר מתלמידים אחרים למסלולי לימוד מואצים (לוי, 1996).

מוצאים



מאיור 1 אפשר ללמוד כי בין השנים 2006 ו-2007 חל גידול משמעותי של 9% בשיעור התלמידים המגבירים מתמטיקה. איור 2 מציג את שיעור התלמידים המגבירים פיסיקה.



מאיור 2 אפשר ללמוד כי בין השנים 2006 ו-2007 חל גידול משמעותי של 6% בשיעור התלמידים המגבירים פיסיקה. ב-2008 נשמר מספר התלמידים שלומדים לקראת רמת פיסיקה מוגברת. תלמידי י"א, שכולם השתתפו בתכנית הרובוטיקה, ניגשו לבחינת הבגרות בהיקף של 3 יח"ל מתוך 5 יח"ל, ועברו אותה ללא אף נכשל. יש לציין שכל מגבירי הפיסיקה באים מקרב תלמידי התכנית. תלמידים אלו מהווים כ-40% מתלמידי התכנית. שאר התלמידים בתכנית בחרו ללמוד ביולוגיה, אולם רק בהיקף של 3 יח"ל.

בקבוצת הניגוד כל התלמידים לומדים לקראת 3 או 4 יח"ל מתמטיקה. רובם לומדים לקראת ביולוגיה 3 יח"ל. בשנה"ל תשס"ז אותרו 35 תלמידים המהווים כ-9% מתלמידי בית הספר שיש אפשרות לקדם את לימודיהם לקראת 5 יח"ל ביולוגיה. מתוך התלמידים האלה, 9 תלמידים הם מקבוצת הניגוד ו-26 תלמידים משתתפים בתכנית.

בראיונות שערכנו עם תלמידים ניכרה ההתלהבות מן ההזדמנות שניתנה להם להגביר את לימודי המתמטיקה והפיסיקה, את

תחילה נתאר את תכנית הרובוטיקה ששימשה מנשא ליישום העקרונות החינוכיים שהוצגו. תכנית זו החלה בקיץ 2007 עם סדנת קיץ שכללה 32 שעות תכנות בשפת C ו-32 שעות מבוא לאלקטרוניקה ורובוטיקה. בהמשך, הופעלה סדנת סתיו שהתחילה בתחילת חודש ספטמבר ונמשכה עד סוף חודש דצמבר. בסדנה זו התלמידים נפגשו פעם בשבועיים בימי שישי למשך 4 שעות, סך הכול 48 שעות שבהן נחשפו התלמידים לבקרת רובוטים בסביבת VEX. סביבה זו מאפשרת לתלמידים, בדומה לסביבת לגו-לוגו שיושמה במקום אחר (Doppelt, 2005), לבנות רובוט ולתכנת תכנית בקרה השולטת על פעולותיו.

קבוצת התלמידים בכיתות י" וי"א שהתגבשה בסדנאות אלו, כללה 14 תלמידים אתיופיים, 2 תלמידים עולים מאוקראינה ושני תלמידים ילידי ישראל. קבוצה התלמידים הזאת השתתפה באתגר של תחרות FIRST בשנת 2007. התחרות, שנוסדה בשנת 1989 בניו-המפשייר על-ידי דין קיימן כוללת כיום 1,500 בתי ספר מארה"ב, מברזיל, ממקסיקו, מקנדה, מאנגליה, מדנמרק ומישראל. כל שנה, בתחילת ינואר, מוכרזת משימה חדשה ומאתגרת ומופץ תקנון הפרויקט המכיל חוקי משחק וחוקי תכנון ובנייה הנדסיים לרובוט. לקבוצות ניתנת מערכת התחלתית זהה של רכיבים תעשייתיים כמו מנועים, חיישנים ובקר, ומוקצים שישה שבועות לתכנון, לייצור, להרכבה, לתכנות ולאימון של הקבוצה של רובוט מקורי במידות של 71 ס"מ על 95 ס"מ ובגובה של 152 ס"מ. הרובוט שוקל 65 ק"ג ועשוי להגיע למהירות של 3 מטרים בשנייה.

קבוצת התלמידים בשנת 2007 הגיעה למקום הרביעי במשחקי המוקדמות והעפילה לשלבי הגמר. במחצית הגמר הפסידה הקבוצה לאלופת המדינה כבר שנה שלישית ברציפות. ב-2008, חזרנו על אותו תהליך כאשר עשרה תלמידים אתיופיים מן השנה הקודמת בחרו להמשיך בתכנית, ואליהם הצטרפו כעשרה תלמידים חדשים מכיתה י'. הפעם, קבוצת הרובוטיקה הגיעה במשחקי המוקדמות למקום השני מיד לאחר אלופת המדינה מן השנים הקודמות והעפילה לשלבי הגמר. הפעם הפסידה הקבוצה במשחקי הגמר, אולם זכתה בפרס השופטים על התכנון ההנדסי האיכותי הטוב ביותר, פרס שהקנה להם את הזכות להשתתף האליפות העולם.

במקביל לתהליכים הלימודיים המשמעותיים אך הבלתי פורמליים שעברו התלמידים בסביבת הלימודים העשירה שנוצרה בעבורם, הם המשיכו ללמוד לפי תכנית הלימודים הרגילה בבית הספר.

השפעת התכנית על הישגי התלמידים

הממצאים הכמותיים נאספו באיסוף נתונים בלתי מתערב. איור 1 מציג את שיעור התלמידים המגבירים מתמטיקה מתוך 438 תלמידים הלומדים בבית הספר.

- Doppelt, Y. (2007, On-line first). Assessing creative thinking in design-based learning, International Journal of Technology and Design Education. Available from: <http://www.springerlink.com/content/q25887k760141nw1/?p=7a501a6655d147ac83f57a7c9f078ebfr=33>
- Gardner, H. (1993). Multiple Intelligences: The Theory in Practice. New York: Basic.
- Gardner, H. & Boix-Mansilla, V. (1994). Teaching for understanding in the disciplines and beyond, Teacher College Record, 96 (2), 198-218.
- Kolb, D. A. (1985). Learning Styles Inventory, Boston, Massachusetts: McBer and Company.
- Levin, H. (May, 1992), Accelerating the Education of ALL Students, Restructuring Brief, A publication of the North Coast Professional Development Consortium, Available from: <http://www.smcoe.k12.ca.us/pdc/PDS/restruct2.html>.
- Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas. New York: Basic Books.
- Papert, S. (1993). The children's machine: Rethinking schools in the age of the computer. New York: Basic Books.
- Papert, S. (1996). The Connected Family: Bridging the Digital Generation Gap. Longstreet Press.
- Perkins, N. D. (1992). Technology meets constructivism: do they make a marriage?, in Duffy, T. M. & Jonassen, H. D. (Eds.), Constructivism and the Technology of Instruction: A Conversation (Chap. 4, pp. 45-55), Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Perkins, N. D. (1995). Outsmarting IQ: The Emerging Science of Learnable Intelligence (pp. 267-296), The Free Press, New York..
- Piaget, J., (1970). Piaget's theory. In P. Mussen (Ed.) Handbook of child psychology, Vol.1. New York: Wiley, 1983.
- Resnick, L. B. (2001). Making America smarter: The real goal of school reform. In A. L. Costa (Ed.), Developing minds: A resource book for teaching thinking (3 rd Ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Resnick, M. & Ocko, S. (1991). LEGO/Logo: Learning through and about design, In: Harel I. & Papert S. (Eds.), Constructionism, (pp.141-150). New Jersey: Ablex Publishing Corporation Norwood.
- Sternberg, R. J. (1996). Successful intelligence. New York: Simon & Schuster.
- Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge, MA: Harvard University Press. Published originally in Russian in 1930.

תחושת ראיית העתיד המפותחת אצלם ומתבטאת בשאיפות השכלה ללימודים על תכנוניים באוניברסיטאות. התלמידים ציינו שלימודי הרובוטקה הם בגדר אתגר בשבילם ומשכו אותם גם ללימודי פיסיקה.

הערות לסיכום

על אף שההישגים הלימודיים של תלמידי התכנית גבוהים במובהק מציוניהם של תלמידים אחרים בבית הספר, יש נטייה בבית הספר להסליל את התלמידים להגברות לימודיות של 3 יח"ל במקצועות המדעיים. עד לפני שנתיים שיעור התלמידים שלמדו לקראת 5 יח"ל היה נמוך מאוד, פחות מ-8 תלמידים לשכבת י"ב של כ-80 תלמידים כל שנה. גם שיעור התלמידים הלומדים לקראת 4 יח"ל היה נמוך. ראוי לציין שרובם המכריע של התלמידים שהגבירו מתמטיקה ופיסיקה היו ממדינות חבר העמים ולא מאתיופיה. זאת בניגוד למחקר זה המתמקד בעולי אתיופיה, בארבע הכיתות הנדונות לומדים תלמידים אתיופיים. מי ייתן ונשכיל ליישם את מה שאמר אחד מחשובי אבות החינוך בארה"ב לפני כ-50 שנה:

רוג'רס (1973, עמ' 108) "להוראה ולהקניית דעת יש טעם בסביבה בלתי משתנה, משום כך היא הייתה במשך מאות בשנים תפקוד שלא היו עליו עוררין..." "אנו עומדים בפני מצב חדש לגמרי בחינוך, אשר בו מטרת החינוך, כדי שנמשיך להוסיף ולהתקיים, תהיה סיוע לשינוי וללמידה. אדם משכיל הוא אך ורק מי שלמד ללמוד, אדם שלמד כיצד להסתגל ולהשתנות, אדם שתפס כי אין שום אמת ודאית, ושרק התהליך של בקשת דעת נותן בסיס לביטחון".

רשימת מקורות

- מור, מ' (1982). אינטליגנציה והישגים, הד החינוך, נ"ז (ג'), 8.
- מובשוביץ-הדר, נ' (1996). הרהורים על שילוב ההוראה במחקר, קתדרת בטאון המרכז לקידום ההוראה, הטכניון מכון טכנולוגי לישראל, חיפה.
- רוג'רס, ק' (1973). חופש ללמוד, ת"א, הוצאת פועלים.
- Barak, M. and Dori, Y. J. (2005). Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. Science Education, 89(1), 117-139.
- Bransford, D. J., Brown, L. A., & Cocking, R. R. (1999). How people learn: Brain, mind, experience, and school. Washington, DC: National Research Council, National Academy Press.
- De Bono, E. (1986). Co.R.T Thinking Program (2nd) Ed. Oxford: Permannon Press.