

## בת"א יפו לומדים אחרת - וממציאים... סיפור התכנית "גם אני ממציא"

נעמי רביע, לימור דאי, רחל אופנהיים, מלכה מנוביץ', יפה גונדה-קרן<sup>1</sup>

"אני לפעמים תוהה איך אני פיתחתי את תורת היחסות. הסיבה לכך, אני חושב, היא, שאדם בוגר נורמאלי לא עוצר לחשוב על מושגים של חלל וזמן. אילו היו הדברים שהוא חשב עליהם בילדותו. למזלי המשכתי לחשוב כמו ילד גם כשהפכתי למבוגר".

אלברט איינשטיין

איך נפטרים מהנפט הזורם לים ממיכליות נפט? איך מתגברים על בעיית הזבובים באזור מגורים הסמוך לבית-ספר שממוקמת בו פינת חי? כיצד ניתן להוציא כדור שנפל לבור שעומקו רב ורוחבו גדול רק במעט מרוחב הכדור?

עם שאלות אלו ואחרות מתמודדים תלמידי בתי-ספר בתל-אביב-יפו, המשתתפים בתכנית "גם אני ממציא", המשלבת יישום של תהליכי פתרון בעיות בתחומי המדע והטכנולוגיה.

יישום תהליך פתרון הבעיות במסגרת התכנית, מבוסס על שיטת חשיבה הידועה כחשיבה המצאתית-שיטתית (הלפמן, 1991). שיטה זו הנה מבנה שלם, מאורגן, מבוקר ושיטתי. עיקרה, בסוגים וכיווני חשיבה מנוגדים, אך משלימים; כגון: חשיבה מסתעפת וחשיבה מתכנסת, היגיון בריא בצד סתירות ויישובן, דיוק לפרטים מחד גיסא, הגזמה והקצנה שלהם מאידך גיסא, הליכה עם הזרם ונגדו (תכסיס הידוע כ**תכסיס** ההיפוך) ועוד... השיטה מאפשרת לפותר הבעיות לעשות שימוש מרבי בכישורים וביכולות החשיבה השונות, הן באלה המתכנסות-אנליטיות (חשיבת עומק) והן באלה המסתעפות-יצירתיות (חשיבת רחב). בדרך זו ניתן להגיע לשלל רעיונות חלופיים, בחלקם יוצאי דופן ומפתיעים (הלפמן, 1991). החשיבה ההמצאתית-שיטתית מאפשרת לעבור באופן מסודר ועקבי בין כיווני חשיבה שונים על מנת למצוא פתרונות מתוכננים, מאורגנים ומבוקרים, מבחינת המודעות והשליטה. הניווט השיטתי נעשה באמצעות אסטרטגיות ותכסיסים, טקטיקות ועקרונות ברורים ופשוטים. לדוגמה:

**עקרון העולם הסגור:** על פי עקרון זה, נעשה שימוש במרכיבים שכבר קיימים במערכת (עולם הבעיה) או בסביבה לפתרון הבעיה.

**עקרון העולם הפתוח:** לפיו, נעשה שימוש במרכיב או במרכיבים מחוץ לעולם הבעיה, על מנת לפתור את הבעיה.

**תכסיס ההיפוך:** על-פיו, כדי לממש רעיון רגיל צריך לעתים לפעול בניגוד לרגיל.

<sup>1</sup> נעמי רביע היא מפקחת להוראת המדעים במחוז תל-אביב יפו  
לימור דאי היא מנהלת אשכול פיס, תיכון א' לאומנויות תל-אביב  
רחל אופנהיים היא מנהלת תחום מט"ס, עיריית תל-אביב יפו, מדריכת מדעים, משרד החינוך  
מלכה מנוביץ' היא מדריכת פרויקט "גם אני ממציא"  
יפה גונדה-קרן היא מנהלת תחום מדעים וטכנולוגיה, מרכז פסג"ה תל-אביב יפו

כאשר אנו "נעולים" על כיוון חשיבה מסוים שבלוני ושגרת, אנו משתמשים בטכניקות המקפצות אותנו ל"מצב ביניים", מצב שממנו ניתן להשקיף בראייה חדשה, מזווית שונה או מהיבט אחר, על המצב, ולשאל: מה היה קורה לו הפכנו את כיוון הפעולה? לו הפכנו את הפנים החוצה? לו היינו עוברים ממנוחה לתנועה, הופכים קשיח לגמיש, סימטרי, לאסימטרי?

### **מטרת התכנית ותרומתה ללימודי מדע וטכנולוגיה**

הנחת היסוד של התכנית היא שבעידן של טכנולוגיה מתפתחת, יש לטפח אצל התלמידים את יכולות החשיבה ההמצאתית, את החשיבה היצירתית וכן את יכולת התכנון למתן פתרונות לבעיות מדעיות-טכנולוגיות הנובעות מצרכי החברה. מטרת התכנית המופיעות להלן הן פועל יוצא של תפיסה זו:

- פיתוח חשיבה המצאתית וכלים לפתרון בעיות בתחום המדע והטכנולוגיה
- עידוד התלמידים להתמודדות עם נושא רב-תחומי בעל היבטים מדעיים וטכנולוגיים מצד אחד וחברתיים-אנושיים מצד אחר
- היכרות עם התהליך הטכנולוגי בדרך של התנסות וחוויה
- עידוד ועירור הסקרנות והיצירתיות אצל תלמידים למדע וטכנולוגיה

לתכנית "גם אני ממציא" חשיבות גם בהגברת הזיקה בין בתי-הספר היסודיים לאשכולות הפיס, שבהם מתבצעת התכנית. אחד מתפקידי אשכול הפיס הוא לאפשר סביבה לימודית עשירה, חווייתית ומאתגרת המתאימה ללימוד המקצוע מדע וטכנולוגיה. התכנית מעוררת את סקרנות התלמידים ומטפחת אצל התלמידים הן את יכולת החשיבה היצירתית וההמצאתית והן את יכולת התכנון למתן פתרונות לבעיות טכנולוגיות הנובעות מצרכי החברה. אין זו עוד תכנית ייחודית העומדת בפני עצמה, אלא תכנית המאפשרת יישום היבטים טכנולוגיים ומדעיים שבתכנית הלימודים בצורה רלוונטית, ובכך ייחודה (לוין, 1998).

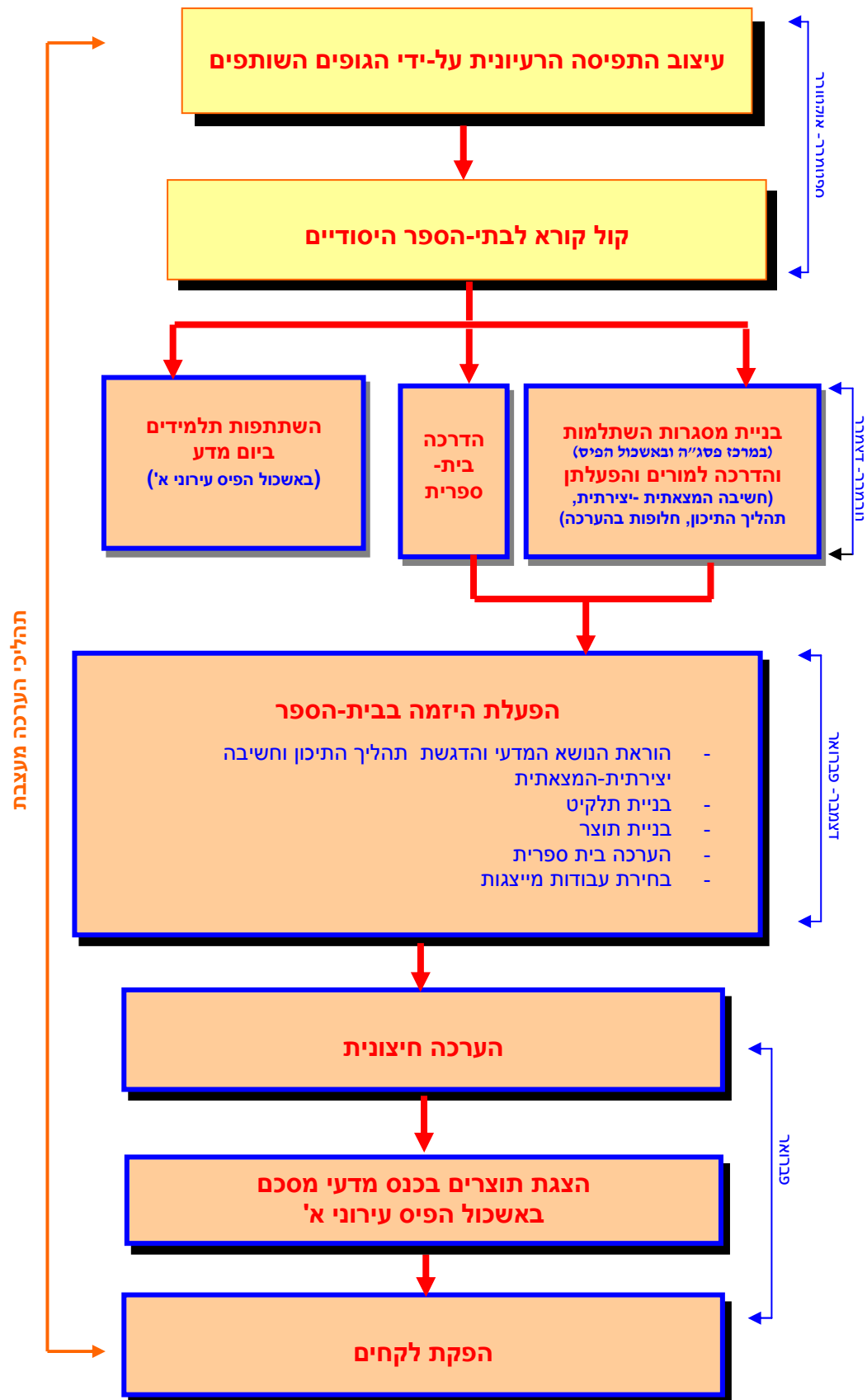
התכנית מופעלת בעיר תל-אביב-יפו ב-15 בתי-ספר זו השנה הרביעית. היא מיועדת לכלל בתי-הספר היסודיים בתל-אביב-יפו כבחירה, ומלווה בהשתלמות מורים ובהדרכה פרטנית בבתי-הספר.

לומדים אותה תלמידי כתות ה'ו' במסגרת לימודי מדע וטכנולוגיה ומלמדים אותה מורים שהוכשרו ללמד את התכנית.

### **הגופים השותפים לפרויקט**

הגופים שיזמו את התכנית, קבעו את הרציונל ושותפים בוועדה המלווה של התכנית הם: בית-הספר עירוני א' לאמנויות, אשכול הפיס-מרכז למדעים ואמנויות, משרד-החינוך, הפיקוח על הוראת-המדעים והטכנולוגיה מחוז תל-אביב, מינהל החינוך והתרבות, המחלקה לבתי-ספר יסודיים והמחלקה לבתי-ספר על-יסודיים בעיריית תל-אביב-יפו ומרכז פסג"ה תל-אביב-יפו – מדעים וטכנולוגיה.

כל אחד מן הגופים השותפים תורם בתחום המקצועי שלו, החל בהכשרת המורים ובלווי שלהם בהפעלת התכנית בבתי-הספר, דרך ליווי התלמידים לאורך התהליך כולו ועד ליצירת קשרים עם גופים מקצועיים ומסחריים התורמים ידע ומשאבים כספיים לפרויקט. השנה יזמו קשר עם גופים ציבוריים שונים: חברת החשמל – המחלקה לקשרי קהילה והמוזאון הפתוח בתפן. במסגרת שיתוף הפעולה ילמדו התלמידים על הנעשה בשטח ממקור ראשון, מפי התעשיינים עצמם. התלמידים יתייעצו בהם במהלך תכנון הרעיון ופיתוחו על הדרכים לפתרון הבעיה ולפיתוח ההמצאה.



תרשים מס' 1: שלבים בהפעלת התכנית גם אני ממציא

## פתרון בעיות – הלכה למעשה

במהלך הפרויקט, בוחרים התלמידים בעיה מחיי היומיום, הנמצאת בזיקה לתחומי התוכן הנלמדים במסגרת תכנית הלימודים "לימודי מדע וטכנולוגיה לבית הספר היסודי". התלמידים מתמודדים עם הבעיה באמצעות יישומם של עקרונות ותכסיסים הלקוחים מן החשיבה ההמצאתית – חשיבה אחרת – לא קונבנציונלית במהותה המעודדת העלאת פתרונות רבים ויצירתיים המצטיינים בפשטות, מקוריות ובעלות נמוכה.

להלן דוגמה לפרויקט שהתבצע בבית-ספר שז"ר בתשס"ד: הבעיה שעמה בחרו התלמידים להתמודד היא – **כיצד אפשר להתגבר על זיהום הים בנפט הזורם ממיכליות נפט**, אירוע הקורה במקומותינו חדשות לבקרים.

התלמידים נרתמו לתהליך בהתלהבות וגילו יזמה ומוטיבציה גבוהה. תחילה התנסו התלמידים בתהליך הטכנולוגי במטרה להכיר את האסטרטגיה למציאת פתרונות טכנולוגיים. בשלב הבא ביצעו תהליך חקירה מדעית, החיונית להבנת הבעיה האקולוגית והשלכותיה על היצורים החיים, בכללם האדם והסביבה. לאחר מכן יישמו טקטיקות חשיבה הלקוחות משיטת החשיבה ההמצאתית-שיטתית כדי להעלות רעיונות לפתרונות טכנולוגיים. השימוש ב"עיקרון העולם הסגור" (הלפמן, 1991) הוביל את התלמידים לרעיון של בניית דופן כפולה למכלית (תכסיס "ההכפלה", בתוך הלפמן, 1991), כדי לאסוף את הנפט בין שתי דופנותיה. וכך למנוע את זליגתו לים.

על-פי "עקרון העולם הפתוח" (הלפמן, 1991), הציעה קבוצה תלמידים פתרון אחר לאותה בעיה, אותו כינו: "דופן הפלאים של המכלית". הם הציעו שהחלק הפנימי של דופן המכלית יצופה בחייידקים זוללי נפט, המשתמשים בנפט לצורך הפקת אנרגיה ומפרקים אותו בתהליך זה. פתרון זה הוצע על-ידי התלמידים לאחר שהתעמקו בהיבט המדעי של הנושא ולמדו על מיקרואורגניזמים אנארוביים בשירות האדם (ראו תיאור עקרונות החשיבה בפתחת הכתבה).

לאחר מכן בדקו התלמידים את הפתרונות השונים ובחרו את הפתרון המתאים ביותר. בשלב הבא, עברו לביצוע – בניית דגם או מצגת המתארים את הפתרון שבחרו. הבנייה לוותה במחווך, מה שאפשר לתלמידים ולמורה לבצע את ההערכה במקביל. בסיום התהליך, הוצגו כל הדגמים/המצגות והתלקיטים בתערוכה שהתקיימה באשכול הפיס עירוני א'. התלמידים הציגו בתערוכה את הבעיה שהטרידה אותם ושיתפו את קהל המבקרים בשלבים שעברו בדרך למציאת הפתרון: הצורך שעלה, הדרישות שהציבו למוצר וכיצד נעזרו בכלי החשיבה ההמצאתית כדי להגיע לפתרון.

גם תלמידי בית-ספר אחריו, נתקלו בבעיה שחייבה פתרון מקורי. תלונות חוזרות ונשנות על מכת זבובים שהיוותה מטרד קשה לשכנים, הגרים בקרבת פינת החי המצויה בבית-הספר, חייבו אותם לנקוט פעולה מהירה.

התלמידים, אשר פינת החי קרובה ללבם, חיפשו פתרון הולם לבעיה. בשלב הראשון החלו בחקירה שכללה מעקב אחר התנהגות הזבובים: ריחות מועדפים, צבעים וסוגי מזון המועדפים עליהם, אורח חייהם ויחסי-הגומלין בינם לבין יצורים אחרים בסביבה: צמחים ובעלי-חיים. בתהליך הבירור גילו התלמידים כי חומר ריח המשוחרר על-ידי צמח הלוף הדומה לריח בשר מקולקל, הוא זה שמושך אליו את הזבובים. עוד גילו התלמידים כי זבובים נמשכים לצבע כחול. נערך דיון מעמיק בממצאי החקירה, ומשמעויותיה לפתרון המומלץ. בדיון, נפסלה ההצעה לעשות שימוש בצמח הלוף, היות שפריחתו עונתית. הפסילה נבעה מהבנה שהפתרון חייב לתת מענה לבעיה לאורך השנה כולה. הפתרון שהתקבל בסופו של דבר הושג באמצעות שימוש בטקטיקה הנקראת בלשון אסטרטגית החשיבה ההמצאתית-שיטתית בשם "עקרון העולם הסגור", דהיינו חיפוש הפתרון בסביבת מחייתם של הזבובים. בסופו של דבר, החליטו התלמידים לנסות ולמרוח צבע כחול על נייר דבק אשר הוצמד לכלובי בעלי-החיים מבפנים. הזבובים, שנמשכו לצבע הכחול, התקרבו אל פסי הדבק ונדבקו אליו. כך נפתרה בעיית המטרד הסביבתי ללא צורך בשינוי מהותי בפינת החי.



**דגם המראה את הדופן הכפולה של המיכלית**  
 בית-ספר שז"ר < מורה: סיגלת הבר < תלמידים: עדי רומנו, דניס וורנוקוב, אבי אברמוב, מנשה לביאב



**דגם של פינת החי והפתרון הטכנולוגי שהתקבל עוף (blue) זבוב**  
 בית-ספר אלחרזי < מורה: עינבר צמח מדינה < תלמידים: עינבל טליס, איתי פת-יה, דניאל קובונט, יובל שר

ראוי לציין כי במשך כל תהליך הלמידה מתקיים בין המורה לתלמידים דיאלוג רציף. המורה מכוון (איפה ניתן למצוא חומר רלוונטי), מסייע (מפנה למומחים) ועוזר (מסביר ומפרש במידת הצורך). נושאי הלימוד מוכתבים על ידי הפתרונות העולים בתהליך, והמורה אינו יכול לצפות מראש. כל מושג חדש נלמד בכיתה. התהליך כולו מתועד בתלקיט שהמורה חוזר ובודק במהלך הלמידה. התוצר הסופי הוא, אפוא, פרי של הערכה מעצבת המתרחשת לאורך כל התהליך.

דגש מיוחד ניתן לשילובה של התכנית "גם אני ממציא" בתכנית הלימודים "לימודי במדע וטכנולוגיה" באופן אינטגרלי ומעמיק.

השימוש בשיטה זו במסגרת תכנית הלימודים בבית-הספר, מאפשר שילוב "טבעי" רחב ומקיף של ידע בנושאים מדעיים וטכנולוגיים, הנלמדים פעמים רבות בנפרד. השילוב נעשה בשיטה ייחודית ויצירתית, תוך כדי פתרון בעיות קונקרטיות, אמיתיות ורלוונטיות לתלמידים.

פיתוח מיומנויות החשיבה נעשה בהקשר מדעי וטכנולוגי, תוך מתן דגש למיומנויות המאפשרות יישום גמיש של הידע הנרכש והרחבתו אל מעבר לנושאים הנלמדים בכיתה (הלפמן, 1991, 1992). (Perkins, 1992).

### תגובות מהשטח

התכנית מזמנת למורים ולתלמידים שינוי בגישת ההוראה והלמידה ותורמת ליצירת אקלים חברתי המעודד שיתוף פעולה ועבודת צוות לאורך כל התהליך. מתגובות התלמידים והמורים ניתן ללמוד, שהלמידה מלווה ברגשות הנאה וסיפוק הנובעות מהעמידה באתגרים שהציבו לעצמם. הציטוטים הבאים מעידים על התחושות המלוות את המורים והתלמידים השותפים לפרויקט:

### מורים:

- "...לא מורה מול תלמיד(ה), אלא מורה עם תלמיד(ה)... ביחד!"
- "גם המורים צריכים לעבוד כמו התלמידים וזה הקושי"
- "הנושא מלמד אותם (את התלמידים) לחשוב אחרת וגם להיות סקרניים"
- "סיפוק וקשר עם הילדים... מרגישה ביחד עם הילדים כי עוברת איתם את אותו תהליך"

### תלמידים:

- "היה כיף שכולנו הצלחנו במשימה והיינו חברים."
- "למדנו לחשוב"
- "בהתחלה לא האמנתי שנצליח לתכנן את ההמצאה שלנו"
- "למדתי המון מהפרויקט "גם אני ממציא"
- "הכי היה כיף השנה ביגם אני ממציא, המצאנו המצאות ואת עזרת לנו, זה היה קשה, אבל בסוף הצלחנו"

## לסיכום

התכנית "גם אני ממציא" מבוססת על היסוד המארגן – פתרון בעיות. ההתמודדות עם הבעיה מצריכה יישום אסטרטגיות של פתרון בעיות. היות שכל בעיה ניתן לבחון מהיבטים רבים, נוגעים התלמידים תוך כדי החקירה בתחומי תוכן מגוונים: התלמידים אוספים מידע, מיישמים את תהליך התיכון ומתנסים באסטרטגיות מתחום החשיבה ההמצאתית-שיטתית, בדרך לחיפוש הפתרון.

הם לומדים להפעיל חשיבה ביקורתית בשלב בחינת הפתרונות ומקבלים החלטות מושכלות לבחירת הפתרון המתאים ביותר. תהליך הלמידה כולו מלווה בדיאלוג מתמשך עם המורה ובין התלמידים לעמיתיהם. מודל זה מאפשר חופש רב למורה בתכנון ההוראה. הוא מושתת על מידע וידע הרלוונטיים לחיי היומיום ומצריך גמישות רבה של המורה. גם בתחום האפקטיבי ניכר שהתלמידים מסיימים את הפרויקט בתחושת סיפוק עמוקה הנובעת מן ההישגים שהשיגו. משובי התלמידים מעידים כי תהליך הלמידה היה מהנה ומאתגר עבורם.

## ביבליוגרפיה:

הלפמן, י., (1991), *חשיבה המצאתית שיטתית*, הוצאת האוניברסיטה הפתוחה.  
לוי, ת., (1998), *מתכנון לימודים קווי למרחב-למידה: מדוע וכיצד?* בתוך: ש. שרון, ח. שחר, ת. לוי, *בית הספר החדשני ארגון והוראה*, הוצאת רמות, אוניברסיטת תל-אביב

Perkins, D., (1992) (Ed.), *Inventive Minds, Creativity in Technology*, Oxford Press