

# נספחים



## יחסי גומלין בין מדע לטכנולוגיה<sup>3</sup>

ד"ר טוביה דרסלר

ד"ר מיקי דביר

- בעשורים האחרונים חלה התקרבות בין תחומי הדעת של המדע הקלסי (פיזיקה, כימיה, ביולוגיה) ובין תחומי הדעת של הטכנולוגיה: המדע הוא עתיר טכנולוגיה והטכנולוגיה היא עתירת מדע. בהתקרבות זו אין רמיזה לטשטוש שחל במאפיינים התחומיים של כל אחת מהדיסציפלינות אלא הצבעה על קשרי גומלין סימביוטיים ביניהם: המדע מושפע מן הטכנולוגיה והטכנולוגיה מושפעת מן המדע. השימוש הרווח בביטוי "מדע וטכנולוגיה" עשוי להתפרש כמעביר מסר שאלה הם שני מרכיבים של מהות אחת ושההבדלים ביניהם אינם משמעותיים. האמנם?
  - אפשר לתאר את קשרי הגומלין בין מדע וטכנולוגיה על קורצף שבקצהו האחד מצוי המדע הקלסי הטהור ובקצה האחר מצויה הטכנולוגיה נטולת המדע. נשאלת אפוא השאלה: מהו אופי יחסי הגומלין שבין המדע ובין הטכנולוגיה? מענה לשאלה פילוסופית זו מחייב על פי Gardner (1994) התייחסות לשני ממדים: לממד האונטולוגי ולממד האפיסטמולוגי.
  - **הממד האונטולוגי:** בחינה של מהות המדע ומהות הטכנולוגיה וניתוח הפרמטרים שלפיהם הם דומים או שונים. ממד זה מעלה את השאלה:
  - האם מדע וטכנולוגיה הם מהות אחת או שיש הבדלים ביניהם?
  - **הממד האפיסטמולוגי:** בחינה של הדרך שבה נרכש ומתוקף הידע בתחום הדעת מדע ובתחום הדעת טכנולוגיה. ממד זה מעלה את השאלות הבאות:
  - האם הטכנולוגיה באה בעקבות המדע ונובעת ממנו או שמא קיימים יחסי גומלין הדדיים ביניהם?
  - האם יחסי הגומלין (אם הם קיימים) דטרמיניסטיים כלומר, האם כל פיתוח טכנולוגי תלוי בידע מדעי? או האם כל ידע מדעי סופו למצוא ביטוי בפיתוח טכנולוגי?
  - האם אנשים בעלי ידע מדעי יהיו בהכרח יותר יצירתיים בטכנולוגיה? או האם אנשים בעלי ידע ומיומנויות בטכנולוגיה ידעו לפתור בעיות במדע?
- לשאלות פילוסופיות אלה יש השלכות על ההחלטות המתקבלות בדרג לאומי בעניין הפניית משאבים לפיתוח מחקר מדעי וקידום פיתוחים טכנולוגיים מחד גיסא; ועל החלטות קוריקולריות המתקבלות בדרג החינוכי בנושא תכניות לימודים הקשורות להוראת תחומי דעת אלה ולקשרים הבין-תחומיים ביניהם מאידך גיסא. חלקו הראשון של המאמר יעסוק בממד האונטולוגי וחלקו האחר בממד האפיסטמולוגי.

3 הערת המחברים: מאמר זה מבוסס בעיקר על מאמרים של: Gardner, 1994; Naughton, 1997; Rustum, 2000 ועל עבודות נוספות כפי שמפורט ברשימת המקורות שבסוף המאמר. דביר מיקי, דרסלר טוביה, 2002, **יחסי גומלין בין מדע וטכנולוגיה**, בתוך: **עיני ערך מדע וטכנולוגיה**, המרכז הארצי למדע, אוניברסיטת תל-אביב. יצא לאור במימון ובפיקוח האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים במשרד החינוך ומטה המרכז הישראלי לחינוך מדעי וטכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט, חוברת **דרך הטכנולוגיה – אל המקורות**, עמ' 17 – 24. כל הזכויות שמורות למשרד החינוך. אנו מודים לד"ר מירי דרסלר ולמרכז המורים הארצי למדע על הרשות להשתמש במאמר, המובא כלשונו.

## הממד האונטולוגי: מהות הטכנולוגיה ומהות המדע

### מהות הטכנולוגיה<sup>4</sup>

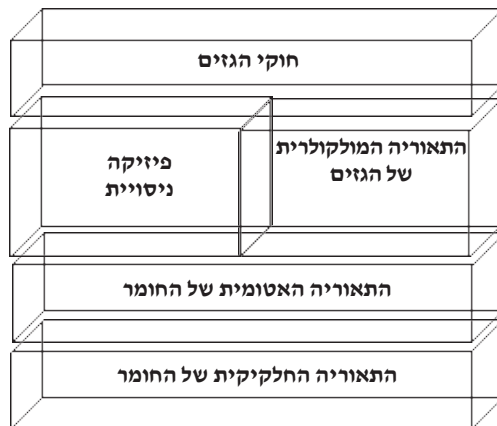
- הטכנולוגיה היא תחום דעת הומני – נוצר על ידי האדם, למען האדם, החברה והתרבות. הגדרה מכלילה לטכנולוגיה מוצעת להלן: "כלל המוצרים והשירותים שבני האדם יוצרים כדי לענות על צורכיהם: הידע, המערכות הארגוניות, והתהליכים שבהם הם משתמשים כדי לפתח את המוצרים והשירותים הללו" (Gardner, 1994).
- הטכנולוגיה היא מרכיב חיוני בתרבות האנושית כיוון שהיא עוסקת בהישגים הקשורים למגוון מטרות וצרכים אנושיים. בכל אלה מסתמכת הטכנולוגיה על ידע רב-תחומי ועל מיומנויות חשיבה ועשייה – מה שמוגדר בספרות כיכולת טכנולוגית (technological capability).
- גיון נוטון (Naughton, 1997) במאמרו מהי טכנולוגיה מבהיר באמצעות סיפור הנחיתה של החללית אפולו על הירח מהי טכנולוגיה. תהילת התכנית תוארה כ"הישג גדול של הטכנולוגיה המודרנית". נשאלת השאלה אפוא האם אפשר להגדיר טכנולוגיה רק במונחים של מכונות? אף על פי שבפרויקט "אפולו" נעשה שימוש במכשור מתוחכם, האם רק המכשור אחראי להנחתת בני אדם על הירח ועל החזרתם בשלום לכדור הארץ? מובן מאליה שמהו נוסף, מעבר למכשור חייב היה להיות מעורב בתהליך מורכב זה. גיון נוטון מונה ארבעה מרכיבים חשובים שהביאו להצלחת הנחיתה של האדם על הירח:
- הגדרת מטרה ומשימות ביצוע: מטרת הפרויקט הוגדרה על ידי הנשיא קנדי כמשימה להנחתת אדם על הירח עד לסוף שנות הששים של המאה ה-20. כדי להשיג את המטרה היה צורך לפרוט מטרה זו למשימות ביצוע רבות: בניית טילים, שילוח אסטרונאוטים להקיף את כדור-הארץ, יצירה של כלי רכב ובחינתם בתנועה על הירח ועוד.
- אנשים: בפרויקט זה היו מעורבים למעלה מארבעים אלף אנשים בעלי מומחיות מקצועית גבוהה: מדענים, מהנדסים, טכנאים, מומחי מחשבים ועוד רבים אחרים.
- ידע: נעשה שימוש בידע רב-תחומי ובמיומנויות שאותם הוציאו אל הפועל המומחים המעורבים בפרויקט.
- ארגון חברתי: היה צורך לתאם ולארגן את מכלול העובדים כדי שבמשותף יוכלו להוציא אל הפועל את המטרה שהוצבה. במקרה זה היה זה הארגון של סוכנות החלל האמריקנית – נאסא.
- מדוגמה זו עולה שטכנולוגיה היא יותר ממכונות וחפצים. הטכנולוגיה מבטאת אינטראקציה מורכבת בין בני אדם מתחומי דעת שונים וכן בין ארגונים חברתיים להשגת יעד אנושי משותף.

### מהות המדע

המדע הוא תחום דעת שמטרתו ליצור כללים ותאוריות שישמשו להסביר תופעות ותהליכים בעולם הטבעי. תוצרי המדע (כללים ותאוריות) נתפסים כתוצרים של אנשי מדע אשר הושגו באמצעות פעילות אנליטית וסינתטית. תאוריות אלה מבוססות על תהליכי חקר אמפיריים ומבוקרים. תוצרי המדע הם ידע סיסטמטי ציבורי המפורסם בכתבי-עת מדעיים, בספרים ובאנציקלופדיות והמדען הוא שאחראי ליצירת הידע המדעי.

גיון נוטון (Naughton, 1997) במאמרו מהי טכנולוגיה מתאר שיחה דמיונית המתקיימת בין שני ילדים בני 10 כאשר אחד מהם מתקשה לנפח את צמיג האופניים באמצעות משאבה ידנית: ילד א: אוי, המשאבה הזו מתחממת... ילד ב: שמת לי לב לכך שמשאבות תמיד מתחממות. ילד א: אבל למה הן מתחממות?

2 הרחבה נוספת בדבר תפיסות של מהות הטכנולוגיה ראו במאמרים: סיפורה של הטכנולוגיה, טכנולוגיה וחברה ותפיסת הטכנולוגיה בעיני התלמידים (א), שבערכה עיין ערך מדע וטכנולוגיה



תרשים מס' 1:  
תאוריות מדעיות נשענות על תאוריות מדעיות כלליות יותר

להאיר את מה שכבר קיים בעולם הטבעי; ואילו הטכנולוגיה חותרת למצוא פתרונות טכנולוגיים כדי לענות על הצרכים של בני האדם בעולם שבו הם מתקיימים. מטרת המדען היא לייצר ידע תקף בעוד שמטרת הטכנולוג או המהנדס היא להפוך ידע לטכניקות וארטיפקטים שיש לאדם צורך בהם. רוסטום, (Rustum, 2000) מציג מטפורה המחדדת את ההבדל שבין מהות המדע למהות הטכנולוגיה. מטפורה זו מיוצגת באמצעות שני עצים. העץ האחד מייצג את המדע הקלסי הטהור והעץ האחר מייצג את הטכנולוגיה. על פי רוסטום, אם יטופל כראוי, יניב עץ המדע הבסיסי פירות בצורת תאוריות וחוקים מדעיים ואילו העץ המייצג את הטכנולוגיה יניב את פרות הטכנולוגיה בצורת פתרונות טכנולוגיים. לחידוד המאפיינים התחומיים של המדע ושל הטכנולוגיה נמשיך להשוות אותם על פי שני ממדים נוספים: ממד המטרה וממד ההערכה.

#### ממד המטרה

המדע הוא אנליטי ומופשט בטבעו; הטכנולוגיה היא בעיקרה מוחשית ומעשית. המטרה של הטכנולוג היא להגיע לתוצאה מוחשית רצויה בעוד שהמטרה של המדען היא לייצר ידע מדעי תקף. הטכנולוג (או המהנדס) מונע על ידי צורך להפוך ידע ומיומנויות לטכניקות ומוצרים שיש

ילד ב: מה, ת'לא יודע? ככה הן מתנהגות! מן השיחה אפשר להסיק שילד ב יש ידע באשר להתנהגות של משאבת אופניים בעת ניפוח גלגל. נשאלת השאלה האם זהו ידע מדעי? התשובה לשאלה זו היא חד-משמעית: "לא!". הרמז טמון בתשובה שילד ב נתן לחברו כפי שיתבהר בהמשך. נוטון ממשיך את הסיפור: תארו לכם שבדיוק ברגע זה מגיעה האחות הגדולה של אחד הילדים משיעור פיזיקה שהתקיים בבית הספר ונחלצת להסביר את התופעה: "בוודאי שהמשאבה מתחממת! בעת פעולת הניפוח נדחס האוויר שבמשאבה ועל פי חוקי הגזים טמפרטורה של גז תלויה בנפחו ובלחץ המופעל עליו". נוטון טוען שהתשובה של הילדה לא הביאה לפיתוח התובנות של הילדים בני ה-10, בהקשר זה, אולם עבורנו המתבוננים מן הצד, תשובתה מצביעה על שימוש בידע מדעי. הילדה ידעה לתאר התנהגות של גזים בעת דחיסה בעזרת ידע מדעי ולהחילו על מקרה פרטי: ניפוח אוויר בגלגלי אופניים. חוקי הגזים הם דוגמה לחוק מדעי מאחר שהם ניתנים לבדיקה אמפירית באמצעות ניסויים ומאחר שהם יכולים להסביר מגוון רחב של תופעות באמצעות חוק כללי-מופשט אחד. חוקים מדעיים ותאוריות הם לרוב מופשטים ומוסברים באמצעות תאוריות בסיסיות יותר (ראו תרשים מס' 1). את חוקי הגזים אפשר להסביר למשל באמצעות תאוריה בסיסית יותר, "התאוריה המולקולרית של הגזים"; וזו יכולה להיות מוסברת על ידי תאוריה בסיסית יותר – "התאוריה האטומית של החומר"; וזו על ידי "התאוריה החלקיקית של החומר".

#### ההבדל בין מדע ובין טכנולוגיה

באמצעות הדוגמה הטכנולוגית והדוגמה המדעית שהביא נוטון הוא מצביע על שני תחומי דעת בעלי מאפיינים תחומיים ייחודיים שלכל אחד מהם ערך חברתי-תרבותי משלו. המדע חותר לפתח תאוריות שתעזורנה להבין ולהסביר את התופעות בעולם הסובב אותנו,

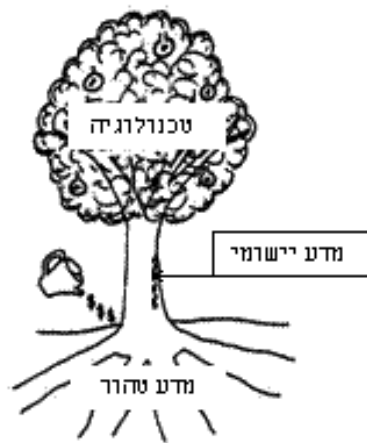
- לאדם צורך בהם בעוד שהמדען מונע על ידי סקרנות ומאמץ אינטלקטואלי להסביר תופעות ותהליכים שהנסתר בהם רב על הנגלה. לסיכום: המדע מתבסס על תאוריות ושואף ליצור רעיונות, הסברים והבנות בעוד שהטכנולוגיה מתבססת על רעיונות שהם רק תחילת תהליך היצירה והשיפור הטכנולוגיים.

#### **ממד ההערכה**

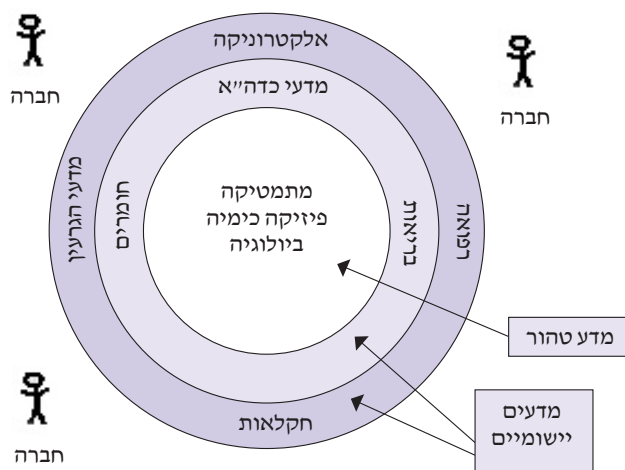
- המדע מנסה להאיר את מה שכבר קיים בעולם הטבעי בעוד שהטכנולוג שואף להראות איך משהו שאיננו קיים יכול מכאן ואילך להתקיים.
- הטכנולוג והמדען גם יחד עושים שימוש בתאוריות, אלא שהמדען מונחה על ידי השערות הנגזרות באופן דדוקטיבי מהתאוריות שעליהן הוא מתבסס בעוד שהטכנולוג מתבסס על ידע ומיומנויות הנשענות על ניסיון קודם או על ניסוי וטעייה.
- בעולם המודרני, הטכנולוגיה נסמכת במקרים רבים על ידע מדעי (ראו בהמשך). הטכנולוגיה היא רב-תחומית במהותה ומערבת שיקולים כלכליים, חברתיים וחוקתיים בתהליכי פתרון בעיות טכנולוגיות.
- הצלחת המדע נבחנת ביכולת להחליף תאוריות קיימות בתאוריות אחרות פשוטות יותר, אוניברסליות יותר, מפורטות יותר, בעלות יכולת הסבר טובה יותר או כל אלה ביחד.
- התקדמות טכנולוגית נבחנת ביכולת לייצר מספר רב של אובייקטים מגוונים יותר, בעלי תכונות ומאפיינים מעניינים יותר, בדרך יעילה יותר. אובייקטים טובים יותר נבחנים על פי הקטגוריות הבאות: עמידות, אמינות, רגישות, מהירות תגובה, עלות, זמן ייצור או שילוב של כל אלה.

## הממד האפיסטמולוגי: יחסי גומלין בין מדע לטכנולוגיה

הפילוסוף האנגלי פרנסיס בייקון (המאה ה-16) היה חסיד גדול של תפיסה זו וטען שידע טכנולוגי צריך לצמוח מתוך הידע של התכונות והתהליכים של המדע. המצאת המצפן ואבקת השרפה הן דוגמות שהוא מביא לחיזוק טענתו. טענה זו הייתה מקובלת משני עברי האוקיינוס מאז המאה ה-16 ומקובלת בחוגים נרחבים גם כיום.



תרשים מס' 2:  
הרצף בין מדע טהור ובין טכנולוגיה



תרשים מס' 3:  
הרצף בין מדע טהור- מדע יישומי ובין טכנולוגיה

אחת השאלות המתעוררות בתחום זה: איך ידע מתחום אחד משפיע על הידע בתחום האחר?

התפיסה הרווחת והמקובלת לקשר שבין מדע לטכנולוגיה היא שהטכנולוגיה היא יישום של המדע (Technology as Applied Science). על פיתופסה זו, פיתוחים טכנולוגיים הם יישום של רעיונות שהם תוצאה של מחקר מדעי. הדיון בתפיסה זו מחייב התייחסות למושגים מדע טהור, מדע יישומי וטכנולוגיה ולקשרים ביניהם.

המדע הטהור מוגדר כ"שיטה לחקר הטבע העושה שימוש בגישות ניסוייות, שמטרתה לספק את יצר הסקרנות לדעת" (Feibelman, 1961). בעוד שהמדע היישומי הוא "שימוש במדע טהור למטרות מעשיות". המדע היישומי בעצם מהותו מחפש יישומים לתאוריות של המדע הטהור. פייבלמן מאמין שבעידן המודרני הצטמצם מאוד ההבדל בין טכנולוגיה ובין מדע יישומי. הרצף שבין מדע טהור ומדע יישומי לבין הטכנולוגיה תואר על ידי רוסטום (Rustum, 2000) כמתואר בתרשימים מס' 2-3.

תרשים מס' 2 ותרשים מס' 3 מציגים תפיסה אחת המתארת את יחסי הגומלין שבין המדע הטהור ובין הטכנולוגיה באמצעות עץ: אם נשקה את שורשי העץ המייצגים את המדע הטהור, הרי שפרותיו המיוצגים על ידי הטכנולוגיה יהיו רבים (TAS). תרשים מס' 3 מרחיב תפיסה זו. עיסוק במדע הטהור (מתמטיקה, פיזיקה, כימיה וביולוגיה) מוביל להתפתחות של מדעים יישומיים (כמו בריאות, חומרים, מדעי כדור הארץ ועוד) המוליכים להתפתחות של מקצועות טכנולוגיים (כמו אלקטרוניקה, רפואה, חקלאות, מדעי גרעין ואחרים) המשפיעים על החברה.

אפשר למצוא אותה בהגדרות מילוניות, בהנחות יסוד של תכניות לימודים, בחומרי הדרכה ובספרי לימוד.

ההשלכה המידית של תפיסה זו היא שיש להשקיע בפיתוח המדע כדי לקדם את היכולות הטכנולוגיות.

התפיסה נשענת על דוגמות רבות מן העבר הרחוק והקרוב המצביעות בברור על הקשר. לדוגמה אפשר להביא את משקפי הראייה (פותחו לראשונה ב- 1290) ועד לפיתוח פצצת האטום.

אגסי (Agassi) טוען שראיית הטכנולוגיה כמדע יישומי היא ראייה צרה ולא נכונה. הטכנולוגיה יכולה אמנם לשאוב מהמדע הטהור ומהמדע היישומי אך היא מתבססת גם על המצאה ועל היכולת לתמוך בפעולה של מערכת טכנולוגית ולקיים אותה בתנאים משתנים. שבין הידע המדעי ליכולת הטכנולוגית.

לדוגמה הוא מביא את תומס אדיסון שהציע להאיר את רחובות הערים. הרעיון לעשות שימוש במתח גבוה והתנגדות גבוהה יכולים להיחשב כהמצאה טכנולוגית, אך את החישוב למציאת כמות תיילי הנחושת הנחוצים, עשה איש מדע, הפיזיקאי (אפטון) בהסתמך על חוק אוהם.

במהלך חמישים השנה האחרונות החלה במקביל להתפתח תפיסה שונה לתיאור יחסי הגומלין שבין מדע לטכנולוגיה המפריכה את תפיסת TAS. התפיסה החדשה מתבססת על עדויות היסטוריות, על מהות תהליך התיכון ועל שיקולים אונטולוגיים ביחס לקשר שבין פעולה לידע. עדויות היסטוריות. העדויות ההיסטוריות היו הראשונות שהביאו את החוקרים לטעון שהמדע והטכנולוגיה הם תחומי דעת נפרדים. כתמיכה לגישה זו אפשר להראות

ששני תחומי הדעת – מדע וטכנולוגיה – התפתחו לחלוטין באופן בלתי תלוי זה מזה. לדוגמה: היוונים בעת העתיקה הובילו את המדע בלי לקדם את הטכנולוגיה בעוד שהרומאים פיתחו את הטכנולוגיה בלי להגיע להישגים מדעיים ניכרים כלשהם. יתרה מזאת, באותם מקרים שבהם היה קשר בין יכולת טכנולוגית לבין ידע מדעי, הקדימה הטכנולוגיה את המדע. לדוגמה: בני האדם כרו ברזל אלפי שנים לפני שחוקי הכימיה היו ידועים. היו אלה האנשים המעשיים ולא הכימאים שתכננו את השימוש בפחם והתחילו בתהליך ייצור הברזל. ככללניתן לומר שמאז העת העתיקה ועד לזמן החדש, היו ההמצאות והתגליות מבוססות רובן ככולן על תובנות וניסיון יום-יומי אמפירי של העוסקים במלאכה (שימוש בפחם כמקור אנרגיה, הנעת ספינה בקיטור, שימוש בברזל לבנייה, תכנון מכונות לייצור טקסטיל וכו', כולן תגליות של המאה ה-18). קיימות עדויות שחידוש טכנולוגי יכול להתמש גם אם התאוריה המדעית שאמורה לתמוך בו שגויה. לדוגמה: מתכנני הכדור הפורח הראשון הסתמכו על עקרונות מדעיים שגויים באשר לכוח העילוי של הבלון ובכל זאת הצליחו להמריא בו ואף לשכללו.

אפשר לומר שרק בעידן המודרני שבו התפתחו האלקטרוניקה, האווירונאוטיקה, הכימיה והביולוגיה היישומיים, השפיע המדע בצורה מכרעת על ההתפתחות הטכנולוגית (Brooks 1965).

לסיכום: גילויים מדעיים וחידושים טכנולוגיים יכולים לקרות בלי שיהיו תלויים זה בזה. ההיגד הבא מסכם זאת בצורה ברורה ביותר: "המדע חייב למנוע הקיטור יותר ממה שמנוע הקיטור חייב למדע!"



**התפתחות מנוע הקיטור  
דוגמה ליחסים מורכבים בין מדע  
לטכנולוגיה**

הסיפור של פיתוח מנוע הקיטור מדגים את המורכבות של יחסי הגומלין שבין המדע לטכנולוגיה: הוא מראה שבעת ובעונה אחת יכולה הטכנולוגיה להתפתח בעקבות המדע, להשתכלל ללא המדע ולתרום למדע. הפטנטים הראשונים שנרשמו בנושא מנועי הקיטור תוכננו לשאוב מים ממכרות. הם התבססו על עקרונות מדעיים: עקרון החום הכמוס ועקרון מעברי אנרגיה בגז או בנוזל, שני עקרונות מדעיים טהורים. כדי להפוך את הפטנטים למוצר שגם עובד בפועל היה צורך להתגבר על קשיים טכנולוגיים רבים בהסתמכות על ניסיונות טכנולוגיים שלא הונחו על ידי תאוריות מדעיות.

מהותו של תהליך התיכון. התכונה הבולטת ביותר של הטכנולוגיה היא העיסוק שלה בתיכון מוצרים. התיכון בא לידי ביטוי במוצר אך אינו זהה למוצר עצמו. השלבים הראשונים של תהליך התיכון מתחילים בתפיסה, בתמונה המנטלית המצויה בראשו של המתכנן המתורגמת לתכנון (הכולל התייחסות לפרטים). רק בשלב האחרון של תהליך זה עובר הדגש מהתכנון לטכניקה כלומר לשימוש בכלים ובחומרים בדרך אל המוצר (Layton, 1974).

בתהליך התיכון ניתנת חשיבות רבה לידע ולמיומנויות של הטכנולוגים. חלק מההכשרה של מהנדס כולל יצירת "ספרייה" בראש שיש בה תסריטים של פתרונות מוצלחים שניתן ליישם בפתרון בעיה חדשה. במקרים רבים תהליך התכנון מושפע מן הידע המדעי אך מרכיבים כמו צורה, ממדים, עיצוב נקבעים על ידי טכנולוגים.

אנשי הטכנולוגיה: ממציאים, אומנים, מהנדסים ואחרים עושים שימוש בדרכי חשיבה שאינן בהכרח מדעיות לתכנון ארטיפקטים, החל מסכינים, גשרים, שעונים ועד תכנון מטוסים או תמונה אומנותית הנעשים ב"mind" של המתכננים בתהליך שאינו מילולי.

שיקולים אונטולוגיים ביחס לקשר שבין ידע לפעולה. בנוסף לשיקולים פילוסופיים אפשר להצביע גם על שיקולים אונטולוגיים העומדים בבסיס ההתנגדות לתפיסת TAS. הנחת היסוד האונטולוגית היא שהעשייה (יכולת ביצוע ויכולת פעולה) תלויה בחשיבה מודעת מקדימה. נושאי הדגל של תפיסה זו שפותחה בשנות השבעים, הם בעיקר דון אידה (Ihde, 1983) והנרי פטרוסקי, היסטוריון של מדעי ההנדסה. הטיעון המרכזי שלהם הוא שהטכנולוגיה קדמה למדע לא רק מההיבט ההיסטורי (האדם הקדמון כבר עסק בטכנולוגיה) אלא גם מההיבט האונטולוגי: הפרקטיקה מקדימה את התאוריות. בפיתוח של כל מוצר טכנולוגי, המודל המנטלי והתסריטים שבראשו של הטכנולוג מקדימים את העקרונות המדעיים שישתלבו אם בכלל רק בשלב מאוחר יותר (פטרוסקי, 1992). הצורה, הפעולה, הממדים והעיצוב של רוב המוצרים, תוכננו בידי אומנים, אנשי טכנולוגיה, מתכננים, מהנדסים וממציאים שלא עשו שימוש בדרכי חשיבה מדעיות.

במקרים רבים בא הידע המדעי בעקבות הפיתוחים הטכנולוגיים ומשמש כלי הכרחי בדרך לשיפורם ושכלולם. תאוריות של פעולה מקדימות תאוריות של ידע. ההתפתחות הטכנולוגית המרשימה שאפיינה את ימי הביניים כמו למשל בתחום הבנייה (הקמת קתדרלות) אמצעי הלחימה, החקלאות (מחרשה), המכשור (המצאת השעון, טחנות רוח) השפיעו על המרקם החברתי ועל יכולת הייצור; הם בעצמם היו מצע

הגל), על צורות עננים ועל תנועות כוכבים וציפורים. הניסיון היום-יומי שלהם השפיע על התייחסותם לעולם ואפשר להם לגבור על איתני הטבע בעזרת תחושת הביטחון שהעניקה להם ההתנסות המעשית המוצלחת שלהם בעולם בעת ההתמודדות עם בעיות טכנולוגיות.

להתפתחויות נוספות. ביסוס נוסף לטענה שתאוריות פעולה מקדימות תאוריות של ידע רואה אידה (Ihde, 1983) למשל בפיתוח של שיטות הניווט אצל הפולינזים. למרות שהיו חסרי אמצעים טכנולוגיים הצליחו הפולינזים לפתח מערכת ניווט מתוחכמת שהתבססה על דגמי גלים (דגם השבירה של

## יחסי גומלין בין מדע לטכנולוגיה

יש להביא בחשבון את הסוגים השונים של הטכנולוגיות (De Vries, 1996).

1. טכנולוגיות המבוססות על ניסיון (Experience based technologies). המדע מוגבל כאן לידע על תופעות טבעיות שנגזר מהתנסות ולא מתאוריות מדעיות.
2. מקרוטכנולוגיות (Macrotechnologies). בפיתוח טכנולוגיות מסוג זה נעשה שימוש בידע מדעי הנגזר מתאוריות בסיסיות קלאסיות (מכניקה, תרמודינמיקה, אלקטרו-מגנטיות).
3. מיקרוטכנולוגיות (Microtechnologies). בפיתוח טכנולוגיות מסוג זה נעשה שימוש בידע מדעי הנגזר מתאוריות בסיסיות הקשורות לעולם המיקרוסקופי.

חשוב לציין שרוב המוצרים הטכנולוגיים הם שילוב של אלמנטים שמקצתם הם תוצר של סוג הטכנולוגיה הראשון, מקצתם תוצר של מקרוטכנולוגיות ומקצתם תוצר של מיקרוטכנולוגיות או שילוב ביניהם. המרכיב של הטכנולוגיה הקרוב ביותר לחקר מדעי הוא ההנדסה. ההנדסות למיניהן, ביטוי ליישום הסיסטמטי של ידע והבנה מדעית בטכנולוגיה, הפכו כיום ממקצוע למדע. הדבר מתבטא בכך שידע מדעי מאפשר לנו "לדעת" כיצד יתנהגו "דברים" עוד לפני שבנינו או הפעלנו אותם. יתרה מזאת, המדע מאפשר לנו לחשוב על התנהגויות שלא חשבו עליהן לפני כן

חשיבותה של הטכנולוגיה היא בכך שהיא מאגדת בתוכה את עולם העשייה ואת עולם הידע ומחברת את ההיסטוריה האינטלקטואלית שלהאדם עם ההיסטוריה של התפתחותו (Drucker, 1961). קשה מאוד לקבוע חד-משמעית מהם קשרי הגומלין שבין מדע לטכנולוגיה. אפשר להביא דוגמות כראיה לכך שהטכנולוגיה אינה יישום של המדע כיוון שגורמים אחרים מלבד השימוש בידע על תופעות טבעיות היו בעלי משקל בהתפתחות הטכנולוגית הספציפית. גם כאשר נעשה שימוש בידע מדעי לעתים הוא דומיננטי בשלבים הראשונים המכריעים של הפיתוח הטכנולוגי ובמקרים אחרים הוא חסר בכלל. אפשר לומר שבעצם יש מקום ליותר מסוג אחד של קשר בין מדע לטכנולוגיה. לעתים תוך כדי תהליך הפיתוח חל גם שינוי בדרך שבה המוצרים מפותחים. אם ניקח לדוגמה פיתוח גשרים הרי שבמשך דורות רבים התבססו המתכננים על "חוקי אצבע" המבוססים כמעט לחלוטין על הניסיון המעשי שלהם. בהמשך עברו מהנדסים אזרחיים לתכנן גשרים תוך כדי התבססות על משוואות חוקי ניוטון. ובכל זאת יש גם היום מקום לידע המבוסס על ניסיון בתכנון גשרים, בעיקר בכל הקשור לאורך הכבלים הנושאים את הגשר ומידת המתוחות שלהם הנקבעים תוך כדי הבנייה. בקביעת התרומה של המדע להתפתחות הטכנולוגית

וכך מביא ליצירה של טכנולוגיות חדשות. המהנדסים עושים אם כן שימוש בידע מדעי וטכנולוגי המשולב באסטרטגיות תיכון כדי לתת מענה לבעיות מעשיות.

במובן הרחב, ההנדסה מבוססת על התמודדות עם בעיה ותכנון פתרון בעבורה. השיטה הבסיסית היא קודם כל לתכנן גישה כללית לפתרון ואחר-כך להיכנס לפרטים של האובייקט (צעצוע מכני, מנוע מכונית) או התהליך (השקיה, בדיקת מוצר). למדע ולהנדסה הרבה מכנים משותפים: השימוש במודלים מתמטיים, יחסי הגומלין שבין יצירתיות וחשיבה לוגית, הרצון להיות אורגני, היכולות המקצועיות הספציפיות הנדרשות, האחריות הציבורית וכו'. באוכלוסייה יש יותר מהנדסים ממדענים אלא שמדענים רבים עושים כיום עבודה שאפשר לתארה כהנדסה ולעומתם מהנדסים רבים עוסקים בעצם במדע. אלא שמבין שני התחומים הללו משפיעה ההנדסה על מערכות חברתיות ועל התרבות באופן ישיר יותר מן המדע, עם השלכות מיידיות לעניין ההצלחה או הכישלון של מיזמים אנושיים, לטובת הפרט או לרעתו. החלטות בתחום ההנדסה מערבות תמיד ערכים אישיים וחברתיים כמו גם שיקול דעת מדעי בין אם מדובר בתכנון חלק למטוס או בתכנון מערכת השקיה. האם הטכנולוגיה תורמת למדע?

אפשר לראות את הטכנולוגיה כ"עיניים" וכ"אוזניים" של המדע וכחלק מה"בשר" שלו. המחשב למשל קידם קידום ניכר את היכולת לחזות את מזג האוויר, לצפות התפתחות של מערכות דמוגרפיות, של מבנה הגנים ושל מערכות מורכבות אחרות שבלעדיו לא היה אפשר להגיע אליהן. הטכנולוגיה היא חיונית למדע למטרות של מדידה, איסוף נתונים, טיפול בדגימות קטנות, שינוע לאתרי מחקר (אנטארקטיקה, הירח, רצפת האוקיינוס),

איסוף דגימות, הגנה מחומרים מסוכנים בזמן עבודה אתם ותקשורת. יותר ויותר מכשירים חדשים וטכניקות חדשות מפותחים בעזרת הטכנולוגיה ומאפשרים תוך כדי כך לקדם כיוונים שונים במחקר המדעי. אך הטכנולוגיה אינה רק מספקת כלים ומכשירים למדע. היא גם מספקת כיוון ומוטיבציה לתאוריה ולמחקר.

התאוריה שמאחורי חוק שימור האנרגיה למשל צמחה מתוך עיסוק בבעיה הטכנולוגית של התמודדות עם שיפור היעילות של מנועי הקיטור. פרויקט הגנום, מיפוי הגנים על ה-DNA, הונע על ידי הטכנולוגיה של הנדסה גנטית שאפשרה מיפוי כזה וסיפקה גם את הסיבה והמניע להיכנס לפרויקט מסוג זה. ככל שטכנולוגיות נעשות יותר מתוחכמות הקשר שלהן למדע מתחזק. בכמה שטחים כמו הפיזיקה של המצב המוצק, המערכת טרנזיסטורים ומוליכים למחצה, היכולת לעשות והיכולת לחקור תלויות זו בזו עד שלא ניתן להפריד את ההנדסה והמדע. טכנולוגיות חדשות דורשות לעתים קרובות הבנות חדשות. מחקרים חדשים דורשים לעתים קרובות טכנולוגיות חדשות.

הטכנולוגיה בעידן הפוסט-מודרני נתפסת כתחום דעת רב-תחומי הנמצא בקשרי גומלין עם המדע. תחומים כמו ביו-טכנולוגיה ואלקטרוניקה אין להם קיום ללא קשרי גומלין סימביוטיים בין המדע לבין הטכנולוגיה. כך למשל, הנדסה גנטית מחייבת ידע בתחום הביולוגיה המולקולרית (מבנה הדנ"א, תהליך שעתוק של גנים, שיבוט גנים וכד'). ללא תשתית זו הטכנולוגיה (כמו השתלת גנים) לא תוכל להשיג את יעדיה. כל תהליך החקר המדעי הקשור בהנדסה גנטית לא יתאפשר אף הוא ללא המכשור הטכנולוגי המאפשר למשל גידול תאים בתרבית רקמה, מיצוי דנ"א, סימון גנים באמצעות חומרים

רדיואקטיביים ועוד.

יחסי גומלין ברמה סימביוטית שכזו מקשים על העברת קו חוצץ בין מדע לבין טכנולוגיה. עם זאת, חשוב להתייחס למאפיינים הייחודיים של כל אחד מתחומי הדעת כדי לא לאבד את השלמות ואת המהות של כל אחד מהם.

### מקורות

- Agassi, J., 1966, The confusion between science and technology in the standard philosophies of science, *Technology and Culture*, V7, 348-366.
- Brooks, H., 1965, The interaction of science and technology: another view, in: Warner, A.W., Morse, D. and Eichner A.S., (editors), **The Impact of Science on Technology**, Columbia University press, New York, 37-62.
- DeVries, M.J., 1996, Technology Education Beyond the "Technology is Applied Science" Paradigm, *Journal of Technology Education*, V8, 1045-1064.
- Drucker, P.F., 1961, The technological revolution: notes on the relationship of technology, science and culture, *Technology and Culture*, V2(4), 342-351.
- Feibleman, J.K., 1961, Pure science, applied science, technology, engineering: an attempt at definitions, *Technology and Culture*, V2(4), 305-317.
- Gardner, P.L., 1994, The relationship between technology and science: some historical and philosophical reflections, part 1, *International Journal of Technology and Design Education*, V4, 123-153.
- Ihde, D., 1983, The historical ontological priority of technology over science, in: Durbin, P.T., and Rupp, F., (editors), *Philosophy and Technology*, Reidel D., publishing company, Dordrecht, The Netherlands.
- Layton, E., 1974, Technology as knowledge, *Technology and Culture*, V15(1), 31-41.
- Naughton, J., 1997, what is technology?, in: Banks, F., *Teaching technology*, Routledge, London and New York.
- Rustum Roy, (2000) Real Science Education: Replacing "PCB" with S(cience) through STS throughout all levels of K-12 "Materials" as one Approach, in: Kumar and Chubin, editors, **Science, Technology and Society a Source Book on Research and Practics**, Kluwer Academic/Plenum Publishers, P 9-19.

פטרסקי ה., 1992, **חפצים שימושיים**, עם עובד.

## מעגל ההפנמה – עקרונות ושלבי עבודה<sup>3</sup>

מודל **מעגל ההפנמה** (רייטר, 1997) הוא הבסיס לדרך ההוראה בתכנית האב ובתכניות הלימודים של האגף לחינוך מיוחד. מקור המודל בתכנית **אני והקהילה** (רייטר, גולדמן וליבליך, 1997). במודל מוצגים שלבים ותהליכים של שינוי אצל תלמיד וכמסקנה מכך מוצע למורה ארגון ההוראה בעבודה שיטתית, בהתאם לשלבים מוגדרים מראש. לפי מודל **מעגל ההפנמה** הלמידה היא תהליך של הפנמה המתרחש כל הזמן. מטרת ההוראה היא להביא את הלומד לא רק לקליטת ידע, אלא להפנמתו וליצירת שינוי בהתנהגותו. על הידע להפוך לחלק בלתי נפרד מהתנהגותו ומסגנון חייו של הלומד, מתפיסת עולמו ומדרכי התקשורת הבין-אישית שלו, כדי שיוכל להגיע לתובנות משלו על עצמו.

**רקע עיוני:** מודל **מעגל ההפנמה** מעוגן בפילוסופיה ובחינוך ההומניסטיים וכן בתאוריית למידה קונסטרוקטיביסטית סוציו-תרבותית.

ההנחה העומדת בבסיס הפילוסופיה ההומניסטית היא כי האדם הוא מיסודו רציונלי ובעל יכולת קוגניטיבית. הוא מסוגל להגיע להבנה של סביבתו ושל עצמו. בתור שכזה הוא ניחן ביכולת לשלוט על עצמו ועל התנהגותו, להציב לעצמו יעדים, לתכנן את ביצועם ולפעול למען השגתם. החינוך ההומניסטי חותר לטיפוח אישיות אותנטית של התלמיד, מתוך תחושת מימוש עצמי. עניינו בפיתוח ובחיזוק האמונה של היחיד בכוחו לממש ולהביע את היחודי שבו. עוד מתמקד החינוך ההומניסטי בטיפוח האוטונומיה של הפרט; המטרה היא להעצים את כוחו של היחיד כדי שיפעל באופן בלתי מותנה ובלתי תלוי, ויוכל לעשות את הבחירות וההחלטות בחייו מתוך בחינה של מציאות חייו והפעלת שיקול דעת באשר לחלופות. הגישה הקונסטרוקטיביסטית רואה את הלומדים בתור בונים פעילים של ידע, ומעגנת את הלמידה בהבנה. ההנחה היא שכדי להגיע להפנמה של ידע – עיוני או מעשי – שיהפוך לחלק מאישיותו של התלמיד, על הלמידה להיות משמעותית ולהתקשר לחוויות החיים גם בתכניות לימודים פורמליות.

על פי תאוריית הלמידה הקונסטרוקטיביסטית הסוציו-תרבותית תהליך הלמידה מתקיים בקהילת לומדים, מורה וחברים מקבוצת השווים. באמצעות השיח הכיתתי ויחסי הגומלין בין המשתתפים, נוצרת ההזדמנות להפנמה של ידע. ההנחה היא כי במצב שבו מתקיימים יחסי גומלין בקהילת הלומדים, מוצגת החשיבה החברתית בעת פעולתה, וממצב חברתי היא הופכת להיות חלק מתפקוד החשיבה התוך-אישי (Vygotsky, 1978).

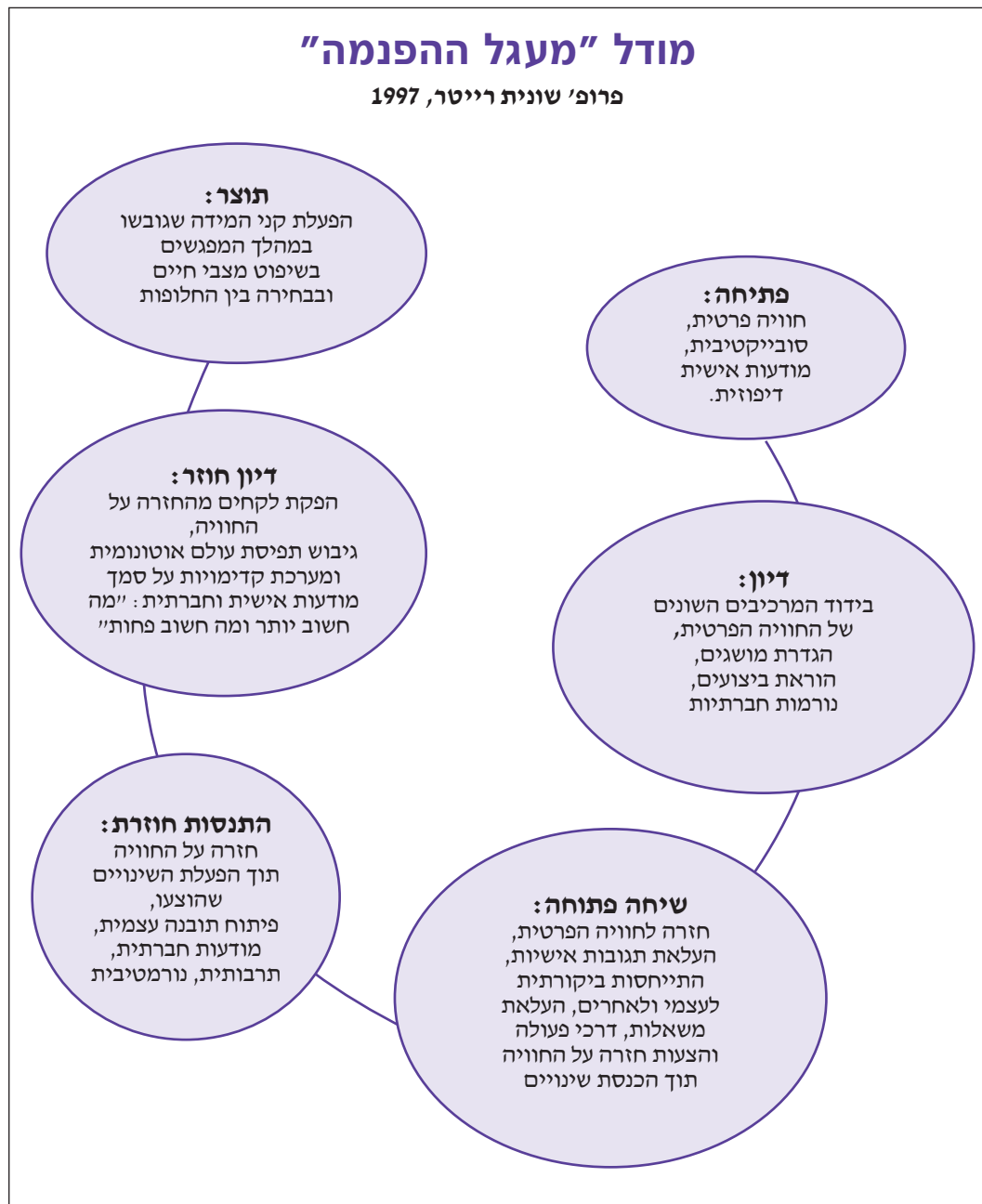
**החידוש של מודל "מעגל ההפנמה" בתור מודל הוראה** הוא בכך שמתקיימים בו תהליכים אישיים ובין-אישיים, והלמידה מתקיימת בהוויה חברתית בקהילת לומדים, שהמשתתפים חותרים בה במשותף, באקלים של הדדיות, להבנת הנושא הנלמד. קהילת הלומדים היא

<sup>3</sup> המאמר נכתב בידי ד"ר **פנינה שביט**, מדריכה ארצית לתכניות הכנה לחיים, האגף לחינוך מיוחד, המכללה האקדמית בית ברל.

אנו מודים לד"ר שביט על הרשות להשתמש במאמר. כל הזכויות הקשורות בו, שמורות למחברת.

מסגרת להוראה ולמידה שבאה להחליף את הכיתה המסורתית. בתהליך ההוראה-למידה נוצרים בכיתה יחסי הגומלין בין המורה לתלמידים ובין התלמידים לבין עצמם. במהלך הדיונים בנושא הנלמד המורה והתלמידים תורמים ידע לקבוצה. המורה הוא אמנם בעל הידע העיקרי אך תפקידו משתנה ממורה המקנה ידע למורה המשתתף בתהליך הלמידה.

להלן פירוט שלבי ההוראה-למידה במודל מעגל ההפנמה, המתארים מה מתרחש אצל התלמיד בכל שלב:



להלן פירוט העבודה הנעשית לפי שלבים אלה<sup>4</sup>:

### א. פתיחה – הצגת הנושא

המורה מציג את הנושא שנבחר לפי שני מקורות: הצרכים ועולמם של הלומדים מחד גיסא, ותכנית הלימודים של בית הספר מאידך גיסא. המשתתפים מעלים חוויות פרטיות ואסוציאציות שלהם העוסקות בנושא. בשלב זה הלומד אינו מודע לצורך ואינו מעוניין לשנות את התנהגותו. כמו כן, בשלב זה תלמידים רבים אינם מודעים לקשייהם, והם בעלי מודעות אישית דיפוזית. הלומד אינו מודע עדיין למקור קשייו ואינו יודע כיצד להתמודד עמם.

העיקרון המנחה את המורה בשלב זה הוא: העלאת בעיות בעלות רלוונטיות ראשונית לתלמידים, בעיות שמקורן הוא בתכנים של תכנית הלימודים הפורמלית (למשל תכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה), או בעולמם האישי של התלמידים, לדוגמה: אירוע אישי-חברתי שקרה להם. ההנחה היא כי אם תלמידים רואים בפעילות רלוונטיות לחיי היום-יום שלהם, העניין שלהם בלמידה גדל, ועמו גדל הסיכוי להפנמה של ידע, של מיומנויות ושל ערכים.

### ב. דיון

בשלב זה המורים ילמדו מושגים, הגדרות, הכללות, מיומנויות, נורמות וערכים באמצעות עיסוק במגוון התכנים של הנושא ושל החוויות הפרטיות של המשתתפים. הלומד מודע לקשייו ורוצה בכנות להתגבר על קשייו. בשלב זה מתקיימים תהליכי רכישת הידע וההמשגה. הלומד רוכש ידע על עצמו ובד בבד עולה רמת מודעותו העצמית גם למאמצים ולכוחות הנדרשים לו כדי להתגבר על הקשיים ועל הדילמות שעלו בשלב הקודם.

העיקרון המנחה את המורים בשלב זה הוא הבניית הלמידה סביב רעיונות גדולים או מושגי יסוד, כלומר: ארגון של המידע סביב אשכולות מושגיים של בעיות, שאלות ופערים בין הידע והחוויות של התלמיד לבין הידע הקיים בקהילת הלומדים (תלמידים ומורה). המורים לא יסתפקו בהוראת מיומנויות או נורמות וידע, אלא יקפידו לדון עם התלמידים בכל נושא בשלוש הרמות של התנהגות חברתית: מיומנויות, נורמות וידע וערכים. הידיעה מה התלמידים יודעים ומה הם חושבים על אודות מושגים מסייעת למורים לעצב את השיעורים בכיתה, ולהתאים את ההוראה לצרכים ולעניין של התלמידים. תפקיד המורה אינו רק העברת מידע, אלא גם הקשבה ומתן תשומת לב קפדנית לדברי התלמידים. ההנחה היא שהעניין של תלמידים מתעורר בייחוד אם בעיות או רעיונות מוצגים כמכלול ולא בחלקים נפרדים. בדרך זו התלמידים יכולים לבחור בגישות ייחודיות לפתרון בעיות ולהשתמש בהן בתור קרש קפיצה ליצירת הבנות חדשות.

### ג. שיחה פתוחה

המורים ינחו דיון בנושא הנלמד, יזמינו את התלמידים להתייחס איש לדברי חברו, ייצרו אינטראקציה בתוך הקבוצה, ייצרו תנאים לשיח קבוצתי, ידגישו את בחירתו של התלמיד,

4 בסעיף דוגמאות ליחידות הוראה מעובדות, בחלק ג' של התכנית, מפורטות שתי הצעות לעבודה על פי מודל מעגל ההפנמה, בנושאים התמודדות עם סוכרת ומודעות לחומרים מסוכנים.

ישתמשו במונח בחירה וייחסו ערך לנקודת מבטם של התלמידים. לאחר מכן יחזרו לעסוק בדברים שעלו במפגש הראשון (בשלב הפתיחה – הצגת הנושא) ובחוויות ובאסוציאציות הפרטיות של התלמידים.

על בסיס הידע שנרכש ועל בסיס חוויותיהם האישיות של התלמידים, יוזמנו התלמידים להציע דרכים המאפשרות לחזור על החוויה הראשונית. כעת עליהם לעשות זאת תוך כדי הכנסת שינויים לפי בחירתם, בהתאם להצעות ולרעיונות שהועלו. בשלב זה טרם הושג השינוי המיטבי שהם מעוניינים בו, אף שכבר החל תהליך כלשהו של שינוי.

#### **ד. התנסות חוזרת**

המורים יצפו בהתנסות החוזרת ויציינו לעצמם שינויים שחלו באשר לביצוע, ליישום הפתרון ולמידת התאמתו לתלמיד. כמו כן יעריכו את הלמידה שנעשתה בשלבים הקודמים בהקשר לנושא הנלמד.

שלב זה הוא הפרק הפעיל של הלמידה, והוא מתבצע בסביבות למידה מגוונות בהתאם לנושא הנלמד. התלמידים חוזרים ומיישמים את ההצעות והרעיונות שהועלו בשלב הקודם, אך זאת תוך שהם משנים את התנהגותם, את ניסיונם או את הסביבה שהם מעורבים בה, כדי להתגבר על הקשיים שבהם נתקלו. השינוי בהתנהגות בשלב זה הוא נראה לעין ואפשר לזהותו מיידית.

#### **ה. דיון חוזר**

המורים ינחו תהליך רפלקטיבי, ישתמשו בשפה המאפשרת לתלמיד לקיים השוואה, יסייעו לו לשחזר מצבים שמטרתם לשקף השתנות, יאפשרו לו להגיע לתובנה של השינוי שחל בהתנהגותו ובידע שלו בכל אחת משלוש הרמות: מיומנויות, ידע ונורמות וערכים. המורים יזמנו תקשורת ויחסי גומלין בין התלמידים. לאחר ההתנסות בפועל שהתקיימה בשלב הקודם ייערך דיון נוסף בקבוצה, הפעם לשם הפקת לקחים מהחזרה על הנושא הנלמד. המורים ינחו דיון ויעודדו את המשתתפים לגבש תפיסת עולם אוטונומית ומערכת קדימויות אישית. בשלב זה התלמידים ינהלו שיח רפלקטיבי תוך כדי השוואה בין השלב הראשון (הפתיחה) אשר התאפיין בהיותם בעלי מודעות אישית דיפוזית לבין אופן פעולתם בשלב ההתנסות החוזרת. השיח הנוצר בקבוצה, הוא שיח השוואתי המשתמש במונחים של אז לעומת עכשיו.

#### **ו. תוצר**

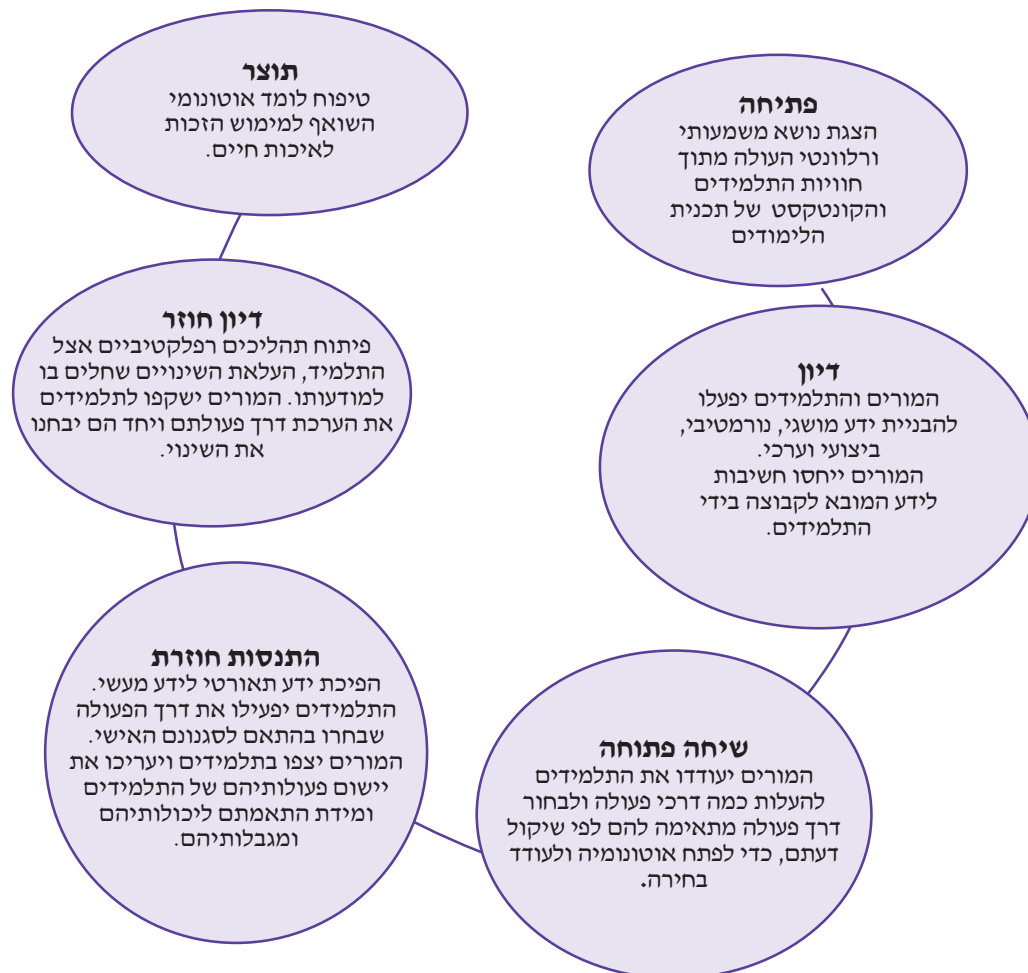
המורים יצפו בהתנהגות התלמידים ויציינו לעצמם מה מידת האוטונומיה ושיקול הדעת שמפעילים כעת כל תלמידה ותלמיד. **במעגל ההפנמה** הדגש איננו רק על הישגים לימודיים פורמליים, שכן לפי גישה זו התוצרים המובהקים ביותר של החינוך הם יכולתו של הפרט ליישם ערכים שגיבש לעצמו בתהליך החינוכי, בתור קני המידה שלו, הדרושים לו כדי לבקר את מצבי החיים שלו, כדי לבחור בין חלופות וכדי לקבל החלטות לגבי עצמו. התלמידים משמרים את השינוי שחל בהם ומוֹדְעִים לעצמם ולהישגיהם. אין זה מצב סטטי, אלא שלב מתמשך של השתנות תוך כדי הפנמת המודעות האישית וסגנון הפעולה האוטונומי (רייטר, 2004).

לנוחיות התכנון מפורטת ומתוארת בתרשים שלהלן **פעילות המורה בכל אחד משלבי העבודה.**



# תפקיד המורה בשלבים השונים של מודל מעגל ההפנמה

ד"ר פנינה שביט, 2007



לסיכום, שיטת העבודה על פי מודל **מעגל ההפנמה** מתחילה בפתיחות של המורה לשינוי שעליו לעשות בדרכי ההוראה המסורתיות המקובלות בחינוך המיוחד. כדי להפעיל את דרך ההוראה החדשנית המוצעת, על המורה להניח מאחור את דרך ההוראה המוכרת לו, בה מושם דגש על הקניית מימונויות, כישורים וידע. ההנחה בדרך ההוראה המסורתית, היא שרוב הידע וההבנה שרוכש התלמיד בכיתה נובעים מ'חומר' המוצג לו באופן מילולי בתהליך של 'למידת קבלה', שבה 'מקבל' התלמיד ידע חדש מהמורה. ב'למידת קבלה' מכלול הידע הנלמד מוצג לתלמיד בצורה הסופית שלו, והמשימות שלפניו אינן כוללות למידת גילוי עצמאית. המורה הוא בעל הידע והוא המקנה אותו לתלמידיו (Ausubel, 1968). לעומת זאת בדרך העבודה החדשנית על פי מודל **מעגל ההפנמה** המורה וגם חברים בקבוצת השווים, מבנים את הידע החדש. בכיתה נוצרת תרבות של יצירת ידע בדרך של גילוי עצמאי והקשבה, שבה המורה וגם התלמידים החברים בקבוצת השווים תורמים להתפתחותו, באמצעות דיונים ושיתוף בחוויות ובהתנסויות אישיות. זאת, תוך הקפדה על יחסי הגומלין ועידוד השיח בין התלמידים עצמם ולא רק בין התלמידים למורה. בדרך ההוראה על פי מודל מעגל ההפנמה נוצרת תרבות כיתתית שבה תלמידים יודעים כי אפשר ללמוד מניסיונו של חבר כמו גם מהידע ומן הניסיון של המורה. הם מפתחים סגנון אישי בהתמודדות עם חוויות מחיי היום-יום ובהתמודדות עם ידע פורמלי חדש, סגנון אשר מטפח תחושת מימוש עצמי ואוטונומיה (שביט, 2007).

## התאמת מטרות ויעדים – ערכים, עמדות והתנהגויות – ללומדים עם צרכים מיוחדים

- להלן רשימת הערכים, העמדות וההתנהגויות<sup>5</sup> שאותם אפשר וחשוב לטפח אצל לומדים עם צרכים מיוחדים, תוך לימוד כל תחומי התוכן במדעים ובטכנולוגיה, בכל שכבות הגיל:
- א. אוטונומיה של הפרט – סקרנות, הישגיות (הכרה בהישג אישי ורצון ויכולת 'לחגוג' אותו) ויצירתיות (האומץ להפיק ביטוי אישי, לאו דווקא באופנים קוגניטיביים או מילוליים, למשל: בתנועה, באמנות פלסטית וכיוצא באלה), התעניינות ורצון להרחבת הידע בתחום התקשורתי, ההכרתי, המוטורי והריגושי
  - ב. סובלנות, פתיחות, הקשבה ומתן כבוד לרעיונות, להצעות ולדעות של הזולת. סובלנות ופתיחות להשקפות עולם שונות ביחס לבעיות שונות במחלוקת
  - ג. שיתוף פעולה וקבלת אחריות אישית בביצוע משימה קבוצתית (תוך התחשבות במקרים של הפרעות התנהגותיות על רקע רגשי)
  - ד. נטילת אחריות אישית לעצמם ולבריאותם: שמירה על ניקיון אישי, על ניקיון סביבתי ועל כללי בטיחות במהלך עבודתם, יחד עם מודעות לגבולות היכולת ולגבולות האחריות האישית
  - ה. נטילת אחריות להתנהגויות הקשורות לצריכה נבונה של מוצרים
  - ו. פתיחות, הסתגלות, גמישות ויכולת לתפקד בסביבה משתנה
  - ז. כבוד האדם וקדושת החיים – היבטים ביו-אתיים של סוגיות שונות (כגון: ניסויים בבני אדם ובבעלי חיים, הנדסה גנטית, גידול אוכלוסיית האדם, השלכות השימוש בממצאי פרויקט הגנום האנושי, קביעת רגע המוות, יחס חיובי ליצורים חיים ומניעת צער בעלי חיים)
  - ח. אהבת הארץ, תחושת שייכות לסביבה, יחס חיובי לאתרי נוף, לצמחים, לבעלי חיים. אחריות לשימור ערכי הטבע ולהגנה עליהם ועל איכות הסביבה
  - ט. קיימות: מודעות לחשיבות של קיימות (פיתוח בר-קיימא) ואימוץ אורחות חיים הדוגלים בשמירה על הסביבה, הקרובה והרחוקה, גם כדי לאפשר לדורות הבאים לשרוד ולהתקיים
  - י. אחריות, רגישות ומעורבות ביחס לבעיות אקטואליות בחיי היום-יום
  - יא. אחריות לקיום עקבי של התנהגויות התואמות את חוקי המדינה, את תקנותיה ואת ערכיה, כגון: חוקים ותקנות בנושא עישון וסביבה
  - יב. יחס חיובי לידע ולאנשי מקצוע לעבודה וליצירה
  - יג. אחריות לשימוש מבוקר בידע (בייחוד ידע מדעי וטכנולוגי) ויושרה בדיווח על ממצאים ועל מקורות מידע.

הערכים המנויים לעיל אמורים להיות קווים מנחים שאפשר לחתור להשגתם גם במסגרת הוראה ללומדים עם צרכים מיוחדים, תוך התחשבות במגבלות ובצרכים הייחודיים והמגוונים של כל תלמידה ותלמיד.

במפרטי התכנים של התחומים השונים מצויות הצעות לשילוב הטיפוח של ערכים, עמדות והתנהגויות בנושאים שונים. המוסיפים דוגמאות ושילובים נוספים – יבורכו.

5 הרשימה מתבססת על רשימת המטרות בתכנית הרגילה.

## פירוט אסטרטגיות, מיומנויות וכישורים במדע ובטכנולוגיה

מיומנויות הלמידה והביצוע הן חלק אינטגרלי של תכנית הלימודים ושל ההישגים המצופים. הערכת הביצוע של המיומנויות נעשית אמנם במשולב עם ההקשרים התוכניים, אך מיומנויות אלו ופיתוחן מהוות יעד בפני עצמו. למשל, אנו רואים כמטרה לא רק את יכולתו של תלמיד להשוות בין שתי קבוצות בעלי חיים – כחלק מהוכחת הידע שלו בתחום היצורים החיים. חשובה לא פחות היא היכולת שלו לערוך השוואה, על פי קני מידה מוגדרים, תוך הבחנה בין נקודות משותפות ובין הבדלים. אי לכך פיתוח מיומנויות משולב בלימוד תחומי התוכן ומוגדר במפורש בציוני הדרך המתארים את הביצועים הנדרשים מן הלומדים. ברור כי לא כל נושא בתחום התוכן מתאים לפיתוח כל אחת מהמיומנויות. לכן מצוינות בראש כל תת-נושא אותן מיומנויות המתאימות במיוחד לשילוב באותו נושא. בפירוט על פי קבוצות גיל ועל פי רמות ביצוע, יש הפניות או דוגמאות מפורטות. מעבר לאלה, אפשר ליזום שילובים נוספים לפי שיקול הדעת של המורה, בהתאם לדרך ההוראה ולנתוני התלמידים. פיתוח המיומנויות יתבצע באופן ספירלי במהלך שנות הלימוד, בסביבות למידה הולמות. הלמידה תתבצע הן על ידי יחידים – אם באופן עצמאי ואם תוך הסתייעות בגורמים שונים – והן בעבודת צוות. עבודת צוות כוללת מיומנויות תקשורת בין-אישית, כגון האזנה, התחשבות בזולת ובעצתו, קבלת אחריות על העבודה בצוות, מתן משוב והעברת ביקורת, פתיחות לקבלת ביקורת ועוד. המיומנויות לסוגיהן יפותחו תוך הכרת המיומנויות והתנסות בהן בהתאם ליכולות התלמידים, למוכנותם ההכרתית, התקשורתית והמוטורית ולמצבם הרגשי.

בשלושה תחומים עיקריים הוגדרו היעדים שלהלן:

1. **טיפול במידע:** התלמידים ירכשו, כיחידים ובעבודת צוות, מיומנויות טיפול במידע בתחומי המדע והטכנולוגיה: איסוף מידע, הערכה, עיבוד, ייצוג והצגת המידע והידע.
2. **פתרון בעיות בתהליכי חקר ותיכון:** התלמידים ירכשו, כיחידים ובעבודת צוות, מיומנויות של פתרון בעיות (בתהליכי חקר ותיכון) תוך הכרה והתנסות בחשיבה יצירתית, ביקורתית והגיונית.
3. **מיומנויות ביצוע:** התלמידים ירכשו, תוך הכרה והתנסות, כיחידים – בעצמם או תוך קבלת עזרה – ובעבודת צוות, מיומנויות מעשיות בסיסיות הקשורות לביצוע עבודת חקר מדעית, לפעולות טכנולוגיות ולחיי העבודה.

בתהליך הפיתוח של כל מיומנות יש להתייחס לשלבים אלה:

- התלמידים ירכשו את המיומנות הנדרשת ואת מרכיביה.
- התלמידים יזהו מצבים המזמנים יישום של המיומנות הנדרשת.
- התלמידים יבצעו מיוזמתם את המיומנות הנדרשת בהקשרים חדשים.

להלן פירוט של כל אחד מהיעדים:

**יעד 1:6<sup>6</sup> טיפול במידע: התלמידים ירכשו כיחידים – בעצמם או תוך היעזרות באחרים – ובעבודת צוות, מיומנויות טיפול במידע בתחומי המדע והטכנולוגיה: איסוף מידע, הערכה, עיבוד, ייצוג והצגת המידע והידע.**

התלמידים יגלו ערנות לתופעות סביבם. התלמידים יגדירו רקע וסיבה כנקודת מוצא לאיסוף המידע: שאלה, בעיה או צורך. שאלה נובעת מסקרנות ומערנות לתופעות בסביבה, ומתקשרת לחקר ולגילוי. בעיה או צורך מניעים לחיפוש פתרון וזה מוליך לתהליכי תיכון.

### 1.1. איסוף מידע

התלמידים יאספו מידע בדרכים שונות:

- התלמידים יערכו תצפיות וידווחו מה הם רואים.  
**מדרגים אפשריים:** מתצפית בלתי מכוונת לתצפית מכוונת וממוקדת, עלייה במידת הפירוט והדיוק של המידע מתוך התצפית, מעבר מתצפית איכותנית או חצי כמותית לתצפית כמותית ולמדידה, מעבר מתצפיות בודדות למעקב שיטתי, מעבר מתצפית בהוראת גורם חיצוני לתצפית יזומה אישית ולהנמקה אישית לעריכת התצפית.
- התלמידים יערכו ניסויים וידווחו על התוצאות.  
**מדרג אפשרי:** מעבר, חלקי או מלא, מביצוע של ניסוי מתוכנן ודיווח על התוצאות ועד לתכנון ניסוי, הגדרת מטרתו, הסקת מסקנות ופירוש.
- התלמידים יערכו ריאיונות וידווחו על הממצאים.  
**מדרג אפשרי:** מעבר מריאיון ושאלת שאלות מוכנות לניסוח עצמאי של השאלות, ולקביעת שאלות תוך ניסוח מטרת הריאיון.
- התלמידים יזהו סוגי אמצעים ומקורות מידע שונים, ישתמשו במידע מילולי, כתוב או מושמע, ממקורות שונים (ספרים, עיתונים, אינטרנט, רדיו, טלוויזיה) ויספרו על מידע זה.
- התלמידים ישתמשו במידע חזותי: יפיקו מידע מתמונה או מסרט, יכירו סמלים, יקראו נתונים מגרף או מתרשים, ויספרו על מידע זה.
- התלמידים יתקשרו עם עמיתים באמצעים שונים (בשיחה ישירה, במכשירי טלפון או באמצעים אחרים כגון אינטרנט) לצורך החלפת מידע, ויכלו לצטט מידע שהתקבל.
- התלמידים ישתמשו במרכזי מידע ובמאגרי מידע מסוגים שונים (ספרייה, מאגרי מידע מתוקשבים ועוד), ובהדמיות במחשב.
- התלמידים יבחרו בדרכים שונות לאיתור המידע וינמקו את בחירתם.  
**מדרג אפשרי:** מעבר מבחירה פשוטה, בין שתי דרכים שונות מאוד, עד לבחירה מורכבת יותר ולבחירה מנומקת ומעבר ממתן נימוקים אישיים לשימוש בנימוקים המבוססים על ידע.
- התלמידים יגדירו את מטרות איסוף המידע  
**מדרג אפשרי:** מעבר מחזרה על הגדרה כפי שניתנה מראש, לניסוח עצמאי של אותה מטרה ועד לניסוח עצמאי של מטרת איסוף המידע.

6 למרות ההצגה הנפרדת של יעד הטיפול במידע, של יעד החקר והתיכון ושל יעד הביצוע, הם כמובן קשורים זה בזה. היעד הראשון מפרט מבחר מגוון של מיומנויות הקשורות בטיפול במידע. בשלבים שונים של חקר ותיכון מתעורר בדרך כלל צורך במיומנויות אלו. היעד השלישי מפרט מיומנויות ביצוע ששליטה בהן, בדרגות שונות, היא תנאי להתנסות משמעותית בתהליכי חקר ותיכון.

## 1.2. הערכת מידע

- התלמידים יעריכו את הרלוונטיות של מקורות המידע בהתאם למטרות איסוף המידע.
- התלמידים יעריכו את עדכנות המידע (לדוגמה: חוסר רלוונטיות של תחזית מזג אוויר מעיתון ישן).
- התלמידים יבחינו בין עובדות לבין דעות.
- התלמידים יבחינו באמצעים שבהם יש ניסיון להשפיע על דעותיהם (פרסומת ותעמולה).

## 1.3. עיבוד מידע והצגתו

- התלמידים יזהו נושא מרכזי.
- התלמידים ישוו נתונים ויערכו את ההשוואה בסוגי מידע שונים, ממקורות מידע שונים: החל בתצפיות, המשך בטבלאות, בגרפים ובתרשימי זרימה, במדרג להשוואה, בציון נקודות משותפות ובציון הבדלים, להבחנה בין נקודות משותפות ובין הבדלים ועד לציון אמות מידה להשוואה.
- התלמידים יצרפו מידע ממקורות שונים.
- התלמידים יציגו את המידע והידע בדרכים מגוונות (למשל: עבודה כתובה, שיחה, שקפים, מצגת, פוסטר, דגם, סרט, אתר אינטרנט).
- התלמידים יציגו את מקורות המידע (ובהם: אנשים, ספר, עיתון, רדיו, טלוויזיה, מחשב ועוד). מדרג אפשרי: מציון סוג המקור עד ציון פרטי המקור.

**יעד 2<sup>7</sup>: התלמידים ירכשו בתור יחידים – בעצמם או תוך היעזרות באחרים – ובעבודת צוות, מיומנויות של פתרון בעיות (בתהליכי חקר ותיכון) תוך יישום חשיבה יצירתית, ביקורתית והגיונית.**

## 2.1 תכנון

- התלמידים יזהו בעיה או צורך הדורשים פתרון<sup>8</sup>.
- התלמידים יבחינו בין בעיה שרוצים ללמוד עליה ובין צורך שרוצים לתת לו מענה.
- התלמידים יאספו מידע רלוונטי לפתרון הבעיה או למענה על הצורך.
- התלמידים ינסחו שאלות הקשורות בנושא.

7 שני התהליכים – תהליך החקר ותהליך התיכון – הם תהליכים רב-שלביים של פתרון בעיות, אבל יש הבדלים עקרוניים ביניהם: תהליכי חקר עוסקים בפתרון בעיות או שאלות מדעיות, ומובילים לגילוי מדעי או למענה על שאלה מדעית, ואילו תהליכי תיכון עוסקים במענה על צרכים ומובילים למוצר או פתרון טכנולוגי. הפרקים "יחסי גומלין בין מדע וטכנולוגיה" ו"פתרון בעיות במדע ובטכנולוגיה", בחוברת **דרך הטכנולוגיה**, למדע, 1999, עוסקים בפירוט בהבחנות אלה. במסמך זה, המתמקד בלומדים עם צרכים מיוחדים, מובאים במקביל זה לזה מיומנויות ושלבים של תהליך החקר ושל תהליך התיכון. בסעיף 2.1 אפשר לציין יעדי משנה משותפים, אך הראשון בהם הוא היכולת להבחין בין שאלה מדעית ובין צורך או בעיה. סעיפים 2.2 ו-2.3 מותאמים יותר למיומנויות חקר מדעי, וסעיפים 2.4 ו-2.5 מותאמים למיומנויות פתרון בעיות בטכנולוגיה. בהמשך המסמך מובאים הדברים בצורת טבלה, כשסעיפים 2.2 ו-2.3 מקבילים לסעיפים 2.4 ו-2.5 בהתאמה. המורים יבחרו את המיומנויות הרלוונטיות בהתאם לאופי השאלה או הבעיה שבה עוסקים.

8 למרות ששלב זה קודם למעשה לכל פעולות התכנון, הוא מובא כאן כדי להדגיש שהוא נקודת המוצא שממנה מתחיל התהליך. כמו כן יש שאלות ששואלים אותן כדי לקבל פריט מידע – ולא כל שאלה שילד מעלה צריכה להוביל אותו לחקר – ייתכן שתוביל אותו למציאת מידע העונה על השאלה.

- התלמידים יעלו תשובות ופתרונות אפשריים לבעיה או לצורך כפי שהוגדרו.
- התלמידים יבחרו בדרכים המתאימות לפתרון הבעיה או למענה על הצורך (תצפיות וניסויים למענה על שאלות, בניית אב-טיפוס ובדיקות).
- התלמידים ישערו מה תהיינה תוצאות הפעולה שהציעו.
- התלמידים יתארו את רצף השלבים בדרך לפתרון.
- התלמידים יבחרו את הפתרון המתאים ביותר וינמקו את בחירתם.

## **ביצוע חקר מדעי כמענה לשאלה**

### **2.2 ביצוע**

- התלמידים יבצעו את תהליך פתרון הבעיה בהתאם לשלבים שהציעו בתכנון.
- התלמידים יערכו תצפיות וניסויים תוך ביצוע חזרות.
- התלמידים ישתמשו בכלים ובמכשירי מדידה בביצוע תצפית או ניסוי ויקראו תוצאות.

### **2.3 הצגה והערכה**

- התלמידים ישוו את הממצאים שקיבלו עם ההשערות שעלו, ויצינו האם הממצאים מתאימים להשערות.
- התלמידים יעריכו את מהלך כל שלבי הפתרון והביצוע ויציעו, במידת הצורך, הצעות לשיפור.
- התלמידים יציגו את הפתרון ואת שלביו בדרכים שונות (עבודה כתובה, שיחה, שקפים, מצגת, פוסטר, דגם, מוצר, תצלומים, סרט, אתר אינטרנט).

## **גיבוש ובדיקה של פתרונות לבעיות ולצרכים**

### **2.4 העלאת פתרונות והערכתם**

- התלמידים יאספו מידע רלוונטי באמצעים שונים לפתרון הבעיה.
- התלמידים יציעו רעיונות להתמודדות עם בעיות.
- התלמידים ימנו פתרונות אפשריים לבעיה.
- התלמידים יציגו יתרונות וחסרונות, מסוגים שונים (כלכלי, בטיחותי, סביבתי, אסתטי וכיוצא באלה) של כל אחד מהפתרונות שהציעו.
- התלמידים יציגו את הידע המדעי שעליו התבססו בגיבוש הפתרון או בבניית המוצר, ויביאו דוגמאות מתאימות.
- התלמידים יבחרו בפתרון המתאים ביותר וינמקו את בחירתם.

### **2.5 בניית דגם או מוצר והערכתם**

- התלמידים יתכננו את שלבי הביצוע של הפתרון.
  - התלמידים יציגו אמצעים טכנולוגיים כגון: כלי עבודה, מכשירים וכיוצא באלה. הם ישתמשו באמצעים אלה תוך התאמת האמצעי לצורך ולפעולה הנדרשת, ותוך שמירה על כללי הזהירות והבטיחות.
  - התלמידים יבנו אב-טיפוס או דגם של המוצר.
  - התלמידים יעריכו את מהלך הביצוע ויציעו, במידת הצורך, הצעות לשיפור.
- הטבלה שלהלן חוזרת ומפרטת את ציוני הדרך של יעד 2, תוך הבלטת ההבדלים בין תהליך החקר המדעי ובין תהליך התיכון, הטכנולוגי במהותו.

**יעד 2: התלמידים ירכשו, כיחידים ובעבודת צוות, מיומנויות של פתרון בעיות (בתהליכי חקר ותיכון) תוך יישום של חשיבה יצירתית, ביקורתית והגיונית.**

|  |  |
|--|--|
| <b>2.0 זיהוי בעיה</b>  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• התלמידים יזהו בעיה או צורך הדורשים פתרון.</li> <li>• התלמידים יבחינו בין בעיה שרוצים ללמוד עליה ובין צורך שרוצים לתת לו מענה.</li> </ul>  |  |
| <b>2.1 תכנון</b>   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• התלמידים יאספו מידע רלוונטי לפתרון הבעיה או למענה על צורך.</li> <li>• התלמידים ינסחו שאלות הקשורות בנושא.</li> <li>• התלמידים יעלו תשובות ופתרונות אפשריים לבעיה או לצורך כפי שהוגדרו.</li> <li>• התלמידים יבחרו בדרכים המתאימות לפתרון הבעיה או למענה על הצורך (תצפיות וניסויים למענה על שאלות, בניית אב-טיפוס ובדיקתו למענה על צורך).</li> <li>• התלמידים ישערו מה תהיינה תוצאות הפעולה שהציעו.</li> <li>• התלמידים יתארו את רצף השלבים בדרך לפתרון.</li> <li>• התלמידים יבחרו בפתרון המתאים ביותר וינמקו את בחירתם.</li> </ul> |  |
| <b>ביצוע חקר מדעי כמענה לשאלה או לבעיה</b>   | <b>גיבוש ובדיקה של פתרונות לבעיות ולצרכים</b>  |
| <b>2.2 ביצוע</b>   | <b>2.4 העלאת פתרונות והערכתם</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• התלמידים יבצעו את תהליך פתרון הבעיה בהתאם לשלבים שהציעו בתכנון.</li> <li>• התלמידים יבצעו תצפיות וניסויים תוך ביצוע חזרות.</li> <li>• התלמידים ישתמשו בכלים ובמכשירי מדידה בביצוע תצפית או ניסוי ויקראו תוצאות.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• התלמידים יציעו רעיונות להתמודדות עם בעיות.</li> <li>• התלמידים ימנו פתרונות אפשריים לבעיה.</li> <li>• התלמידים יציגו יתרונות וחסרונות, מסוגים שונים (כלכלי, בטיחותי, סביבתי, אסתטי ועוד) של כל אחד מהפתרונות שהציעו.</li> <li>• התלמידים יבחרו בפתרון המתאים ביותר וינמקו את בחירתם.</li> <li>• התלמידים יביאו דוגמאות לידע מדעי שעליו התבססו בגיבוש הפתרון או בבניית המוצר.</li> </ul> |
| <b>2.3 הצגה והערכה</b>   | <b>2.5 בניית דגם או מוצר והערכתם</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• התלמידים ישוו את הממצאים שקיבלו עם ההשערות שהעלו, ויציינו האם הממצאים מתאימים להשערות.</li> <li>• התלמידים יעריכו את מהלך כל שלבי הפתרון והביצוע, ויציעו, לפי הצורך, הצעות לשיפור.</li> <li>• התלמידים יציגו את הפתרון ואת שלביו בדרכים שונות (עבודה כתובה, שיחה, שקפים, מצגת, פוסטר, דגם, מוצר, תצלומים, סרט, אתר אינטרנט).</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• התלמידים יתכננו את שלבי הביצוע של הפתרון.</li> <li>• התלמידים יבנו אב-טיפוס או דגם של המוצר.</li> <li>• התלמידים יעריכו את מהלך הביצוע ואת טיב התוצר שהתקבל (דגם או מוצר) ויציעו, במידת הצורך, הצעות לשיפור.</li> </ul>   |



**יעד 3: התלמידים ירכשו, תוך הכרה והתנסות, כיחידים ובעבודת צוות, מיומנויות ביצוע בסיסיות הקשורות לעבודה בבית הספר ולחיי העבודה בעתיד.**

- התלמידים ישתמשו לביצוע תצפית בשיטות ובכלים המתאימים לנושא הנבדק ולמטרת התצפית.
- התלמידים יבצעו בפועל, במעבדה או בשדה, ניסויים, תוך שימוש זהיר ובטוח במכשירים ובכלים השונים, ותוך הימנעות מפגיעה בעצמם ובאחרים.
- התלמידים יערכו מדידות שונות, תוך זיהוי של נקודת האפס והסימונים המראים על הגדלים הנמדדים, ויתאימו את מכשירי המדידה לסוג הגודל הנמדד (למשל: מדחום למדידת טמפרטורה, סרגל או סרט מידה למדידת אורך) וכן לסדרי הגודל הנמדדים (למשל: מדחום רפואי לעומת מדחום של תנור, מאזניים במרכול לעומת מאזני אדם). התלמידים יקראו בכל אחד מהמכשירים את הגודל, תוך ציון היחידות.

## גיוון דרכי הוראה בהתאמה ללומדים עם צרכים מיוחדים

במבוא צוינה חשיבות הגיוון בדרכי ההוראה ובאמצעי ההוראה הן בלימודי מדע וטכנולוגיה והן בהוראה ללומדים עם צרכים מיוחדים. להלן תיאור מפורט של שתי דרכי הוראה והתאמתן ללומדים אלה.

### המחשב – שילובו בהוראה ובלמידה ופיתוח מיומנויות השימוש בו

בתקופתנו מהווים כלים ממוחשבים ומתוקשבים (באינטרנט), חלק בלתי נפרד מהחיים, ולכן השימוש במחשב ופיתוח מיומנויות הקשורות בו הם חלק חיוני מההכנה המעשית לחיים בקהילה. כמו כן המחשוב, על אמצעיו השונים, מגביר את הנגשת התכנים ללומדים עם צרכים מיוחדים, ומוסיף להם אמצעים לתקשורת ולביטוי עצמי.

הכלים הממוחשבים והאינטרנט מאפשרים מגוון דרכים חדשניות להוראה-למידה ולהערכה. באמצעות תיווך נכון יכול המחשב לשמש סביבה נוחה להוראה-למידה לתלמידים עם צרכים מיוחדים, מכיוון שהוא מספק משוב וחיזוקים מידיים, מאפשר ללומדים טעייה ותיקון ומאפשר לכל מורה מעקב רציף אחר ההתקדמות של כל תלמידה ותלמיד. כלים ממוחשבים מרחיבים את יכולות האיסוף, העיבוד והצגת הנתונים. הרחבה זו חשובה לכל לומדת ולומד, אך ללומדים עם צרכים מיוחדים היא מאפשרת לא פעם להתגבר על מגבלות וקשיים אישיים.

בלמידה של מדע וטכנולוגיה השימוש בטכנולוגיית המידע הוא חלק בלתי נפרד וחיוני בכל תהליכי ההל"ה.

להלן סקירה של השימושים ושל הדרכים השונות לשילוב המחשב והאינטרנט בלימודי מדע וטכנולוגיה<sup>9</sup>:

- **נגישות למידע:** אחד השימושים העיקריים של המחשב בתהליכי הוראה ולמידה הוא הגישה למאגרי ידע עדכניים, לחדשות בתחום המדע, לספריות מקוונות, לעיתונים ברשת, למוזאונים וירטואליים ולאתרים המספקים ללא הרף נתונים אותנטיים על תופעות ותהליכים במדע ובטכנולוגיה בארץ ובעולם. המידע מוצג בדרכים מגוונות, ולכן לומדים שונים יכולים לאתר ולאסוף סוגי מידע בהתאמה ליכולותיהם.
- **ייצוג חזותי של מידע:** לטכנולוגיית המידע יתרון חשוב בייצוג חזותי של מושגים, של תופעות ושל מערכות מורכבות בטבע. אנימציות והדמיות ממוחשבות מסייעות לתלמידים להבין תופעות מורכבות במציאות. זאת, באמצעות מודלים דינמיים שהתלמידים יכולים לצפות בהם, לשנותם ולבדוק בעזרתם שאלות בתחומים שבהם ניסויים במעבדה אינם אפשריים. כמו כן אפשר להיעזר בחומר חזותי רב, במגוון רמות מורכבות, בהתאמה לצורכי התלמידים, לנטיותיהם וליכולות שלהם.
- **ייצוג מגוון טקסטואלי, חזותי וקולי, של מידע ומקורות:** תוכנות מולטימדיה מספקות

9 סעיף זה מעובד לפי סלע, ל' ודרסלר, מ' (2005). *משעולי הוראה בסביבות למידה*, חלק ג'-ד', למדע, ת"ל, עמ' 14-16.

אמצעים טכנולוגיים מתקדמים, לא רק לאיסוף חומר אלא גם לעיבודו הטקסטואלי, הקולי והחזותי ולהצגתו בצורה מעניינת ומשמעותית לתלמידים. תוכנות מחשב שונות כמו גיליון אלקטרוני, כלים לבניית מצגות, כלים לבניית אתרים וכיוצא באלה, מאפשרות ארגון, מיון, יצירת טבלאות וגרפים ויצירת מידע המשלב צורות ייצוג שונות. צורות הצגה חלופיות עשויות להקל על תלמידים המתקשים להתרכז או לעקוב אחר מידע כשהוא מוצג בעיקר באופן מילולי.

- **עבודת צוות:** לתלמידים שונים יש יכולות שונות הקשורות לעבודה במחשב (למשל: הקלדה, חיפוש חומר), ועבודת הצוות עשויה לסייע לכל חברי הקבוצה בנגישות לתכנים.
- **אחסון מידע ושליפתו:** למחשב יתרונות כאמצעי לאחסון מידע, לשליפתו ולארגונו. האמצעים הממוחשבים עשויים להקל על ארגון המידע ולחזק בלומדים תחושה של שליטה בדברים.
- **תקשורת:** המחשב בתור כלי תקשורת מבטל גבולות של מקום וזמן בתהליכי ההליכה. כיום מאפשר האינטרנט תקשורת בין תלמידים, מורים ומומחים בנושאים שונים. המחשב יעיל במיוחד לתלמידים הנעזרים בתקשורת תומכת חלופית.

## הלמידה החוץ-כיתתית בלימודי מדעים וטכנולוגיה – תרומתה והתאמתה ללומדים עם צרכים מיוחדים<sup>10</sup>

לסביבה החוץ-כיתתית יש פוטנציאל חינוכי רב בקירוב תחומי המדע והטכנולוגיה לעולמם של לומדים בכלל ושל לומדים עם צרכים מיוחדים בפרט. סביבת הלימוד החוץ-כיתתית מאפשרת ללומדים התנסות אישית, מוחשית ורלוונטית עם תופעות ותהליכים בסביבה. לסביבת לימוד חוץ-כיתתית יש חשיבות רבה נוכח התפיסה המדגישה את יחסי הגומלין בין תחומי המדע והטכנולוגיה בהקשר חברתי-תרבותי, ובהקשר של מציאות החיים הקונקרטיים והרלוונטיים לחיים. חשיבות נוספת של למידה חוץ-כיתתית, נובעת מהדגש המושם בתכנית זו על ההכנה לחיים.

במסגרות החינוך המיוחד יש מגוון של סביבות המשמשות מוקד ונקודת מוצא לפעילויות לימודיות: פינות חי שבהן משולבת ההוראה, גינות, חממות, אדניות לימודיות, סיורים מחוץ לכותלי בית הספר, הכנה לדיור ועוד.

סביבת הלימוד החוץ-כיתתית משמשת בסיס למגוון התנסויות המדגישות הבנייה של תכנים במדע וטכנולוגיה במשולב עם מיומנויות חשיבה ועשייה ועם מיומנויות מוטוריות וחושיות. לדוגמה: הפעלה רב-חושית, תצפיות, התנסות ידנית בשימוש בכלים ובמכשירים, ביצוע הוראות, פעילויות חקר ופתרון בעיות.

המפגש של הלומדים עם תופעה בסביבה אינו ערובה להבנייה מושגים במשמעותם המדעית, הטכנולוגית או החברתית. על המפגש החווייתי להיות מלווה בהתנסות קוגניטיבית ובתיווך של המורה, תוך שימוש בדרכי הוראה-למידה בגישה הבנייתית (קונסטרוקטיביסטית). תהליך התיווך בסביבה החוץ-כיתתית מבוסס על תקשורת בין-אישית (מילולית ולא-מילולית) המדריכה את הלומדים בהתנסות המוחשית ומותאמת לקצב ההתקדמות של הלומדים, כל אחת ואחד מהלומדים חווה בדרכו חוויה של התנסות חדשה. על בסיס זה אפשר להתאים דרכי עיבוד של ההתנסות ופעילויות למידה מותאמות ליכולות ולצרכים.

10 סעיף זה מתבסס על מאמרו של פרופ' ניר אוריון **סביבת הלימוד החוץ-כיתתית: למה ואיך**, אאוריקה 17, אוקטובר 2003, ראו באתר האינטרנט: [http://www.matar.ac.il/eureka/newspaper17/article1\\_5.asp](http://www.matar.ac.il/eureka/newspaper17/article1_5.asp)

לצורך למידה מיטבית בסביבה החוץ-כיתתית וממנה, והתקדמות מהשלב החווייתי לשלב הלמידה' מומלץ להקפיד על דברים אלה :

### **בחירת סביבה לפעילות חוץ-כיתתית (סיור וכדומה) ומרכיבי הפעילות שיש להביא בחשבון**

הסביבה החוץ-כיתתית מורכבת ועמוסה בגירויים חיצוניים המקשים על יכולת הריכוז וההקשבה. להלן כמה קריטריונים שעל פיהם אפשר להחליט מה כדאי וראוי ללמד מחוץ לכותלי הכיתה :

- **נושא הפעילות:** נושאים שההתנסות הרב-חושית והמוחשית חיונית ליצירת למידה משמעותית של מושגים מדעיים וטכנולוגיים הנכללים בהם, למשל: התאמה של בעל חיים לסביבתו.
- **אופי הפעילות:** מומלץ לצאת מחוץ לכיתה רק כאשר לסביבה שבחוץ יש יתרון על הסביבה הכיתתית בהמחשת המושגים ובהתנסות בלתי אמצעית איתם.
- **מידת הזמינות של הנושא הנלמד מחוץ לכיתה:** מומלץ לבחור באתרים זמינים, למשל: בחצר בית הספר או בקרבתו, כדי לצמצם מגבלות טכניות ולוגיסטיות כמו: צורך באישור ביטחוני, שינויים במערכת השעות, תכנון הוצאות כספיות (למשל: הסעה) ועוד.
- **ישימותו של נושא הפעילות בחיי היום-יום:** הקשר והחשיבות של הסביבה החוץ-כיתתית להקשרים יישומיים של הנושא, למשל: יחסי גומלין עם נותני שירות (למשל ביקור במרפאה), בחירת מזונות (למשל סיור במרכול), התמצאות במרחב (למשל נסיעה באוטובוס).

תפקיד חשוב ומקום ייחודי בתחום זה יש ל**מוזאונים**, ובהקשר של התכנית הזו – למוזאונים של מדעים, טכנולוגיה וטבע. הביקורים במוזאון כזה הם בגדר למידה חוץ-כיתתית, שיש בה מפגש בלתי אמצעי של תלמידים עם מוצגים מקוריים ואותנטיים. מה שמאפיין תצוגה במוזאון הוא ארגונם של המוצגים מראש בהקשר מסוים, תוך הבניה והכוונה אשר מעניקות משמעות לכל מוצג, ויתר על כן: משמעות למכלול השלם. דברים אלה אמורים הן באופן הצגת הדברים והן בהדרכה ובפעילויות הנלוות. כל אלה תורמים לבנייתה של התנסות לימודית פורייה, בתנאי שנלוות אליהם פעילויות מתאימות של תיווך.

ביקור במוזאונים הוא דוגמה ללמידה שעתידה ללוות את התלמיד גם בבגרותו. רצוי ומומלץ לשלב ביקורים במוזאונים כאלה, במידת האפשר, בתכניות ההוראה. ברוב המוזאונים מופעלת כיום תכנית חינוכית, שמראש מוצעים בה נושאים ופעילויות המשתלבות בתכניות הלימודים.

בחלק גדול מהמוזאונים יש התאמה, הן בפעילויות והן בהכשרת מדריכי המוזאון, להדרכת לומדים או מבקרים עם צרכים מיוחדים.<sup>11</sup>

11 לדוגמה: פעילות מתמשכת של המוזאון למדע בירושלים, המשותפת למוזאון ולפיקוח על החינוך המיוחד במחוז ירושלים, במשרד החינוך.

## התאמת מטרות חינוך לבריאות ללומדים עם צרכים מיוחדים<sup>12</sup>

התפקוד המצופה מהבוגרים מפורט בכל אחד מהמישורים והתחומים שלהלן:

- מישור ההתנהגויות
- מישורי הידע, ההבנה והמודעות
- מישור הכישורים והמיומנויות
- מישורי העמדות והרגשות.

### מישור ההתנהגויות

- הבוגרים יאמצו התנהגויות של שמירת בריאות וקידומה, יתמידו בקיומן ויהפכו אותן **להרגלים בסיסיים שהם 'טבע שני'**, גם אם אינם מסוגלים להמליך את הדברים (למשל: הרגלי תזונה נבונה, הרגלי מנוחה ופעילות גופנית, הרגלי שמירה על היגיינה אישית וסביבתית, הרגלי בטיחות וזהירות בדרכים ועוד).
- הבוגרים יפתחו **דפוסי התנהגות מורכבים יותר**, וביניהם: יכולת להגמיש את ההתנהגות בהתאמה למצבים חדשים (למשל: הכנסת שינויים בתפריט של ארוחה או בתפריט היומי, לפי השינויים בתנאים ובצרכים), שימוש בשיקול דעת (למשל: מתי לפעול לבד ומתי לפנות לייעוץ או לעזרה), הרגלי חשיבה ביקורתית ובחינה ביקורתית של מצרכים ושל שירותים. הבוגרים יישמו דפוסיים כאלה בהתאמה ליכולתם האישית ותוך קבלת עזרה מאחרים במידת הצורך.

### מישורי הידע, ההבנה והמודעות

- הבוגרים ירכשו ידע, יבנו לעצמם מושגים ותפיסות בנושאי בריאות ואיכות חיים, יפנימו ויישמו אותם בעקביות ובמודע, על פי הפירוט שלהלן:
- תפיסת הבריאות וקידומה כטיפול רווחה גופנית, נפשית וחברתית, לשיפור איכות החיים של האדם, ולא רק כמצב של מניעה ושל היעדר מחלה
- הבנה כי האדם יכול להשפיע על בריאותו, על איכות חייו ועל איכות סביבתו, תוך שימוש באמצעים התנהגותיים, טכנולוגיים וחברתיים
- הכרת צורכי הגוף והתנאים הדרושים לקיומו (מים, אוויר, מזון ועוד)
- הכרה של מבנה גוף האדם (חיצוני ופנימי) ושל יחסי הגומלין בין מערכות שונות בגוף
- הכרת תהליכי גדילה והתפתחות המשותפים לכל בני האדם, תוך מודעות לשוני ביניהם
- זיהוי מאפיינים של בעיות, של לקויות ושל מחלות נפוצות, והכרת דרכים למניעתן ולטיפול בהן.

12 המטרות והיעדים בנושא **האדם, בריאותו, התנהגותו ואיכות חייו** נגזרים ממטרות **תכנית המסגרת לחינוך לבריאות**. פירוט של תפקודים אלה בתכנית הרגילה אפשר למצוא באתר האינטרנט של **התכנית לחינוך לבריאות**, בקישור זה:

[http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot\\_Limudim/Briut/TfisaRaayonit/.MatrotHatochnit.htm](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Briut/TfisaRaayonit/.MatrotHatochnit.htm)

## מישור הכישורים והמיומנויות

הבוגרים ישלטו במיומנויות אלה :

- מיומנויות מדידה בהקשרים הנוגעים לבריאות, מבדיקות פשוטות, כגון בדיקות גדילה, (גובה, משקל), מדידת טמפרטורת גוף (מדידת חום) ומדידת דופק, עד בדיקות מורכבות, על פי הצורך והיכולת
- מיומנויות טיפול במידע (איסוף, עיבוד וייצוג) בסוגיות הקשורות לקידום בריאותם (למשל: שאלות לרופא, קריאת סימון תזונתי ועוד), תוך יכולת ליישמן בחיי היום-יום שלהם
- מיומנויות של פתרון בעיות ושל קבלת החלטות הנוגעות לשמירה על בריאותם ולקידומה ויישומן בחיי היום-יום שלהם: זיהוי הבעיה, הצעת אפשרויות לפתרון ובחירת חלופה מתאימה (למשל: התאמת ביגוד למזג האוויר, בחירת מוצרי מזון ועוד)
- מיומנויות הקשורות בצרכנות נבונה של מוצרים ושל שירותים, תוך יישום מיומנויות כאלה בחיי היום-יום (למשל: ביקורת פרסומות, בדיקת תאריך תפוגה ועוד).

## מישורי העמדות והרגשות

- הבוגרים יפתחו דימוי גוף עצמי חיובי וריאלי (בתור מרכיב של מודעותם העצמית), יקבלו את עצמם בממד הגופני, תוך הכרה ביכולות ובמגבלות האישיות, ובשונות הבין-אישית.
- הבוגרים יקבלו אחריות על בריאותם, ישמרו עליה ויטפחו אותה, באמצעות הימנעות מודעת מהתנהגויות מזיקות ובאמצעות אימוץ של התנהגויות המקדמות את בריאותם.
- הבוגרים יגלו נכונות ורצון להתמודד עם מגבלות, עם לקויות ועם מצבי מחלה וישאפו לתפקד באופן מיטבי גם במסגרת המגבלות, תוך מיצוי הפוטנציאל האישי.
- הבוגרים יפתחו יחס של כבוד לגופם ולגוף זולתם ויימנעו מפגיעה ומהיפגעות.
- **בחינוך הממלכתי-דתי:** התלמידים יפנימו את חשיבות הכרת האדם את עצמו ואת ערכו, מתוך הכרה ואמונה כי אלוהים יצר את האדם בחכמה.
- הבוגרים יתייחסו בחיוב לאורח חיים בריא ופעיל וישתדלו לקיים אותו.
- הבוגרים יגלו גמישות ונכונות לשינויי התנהגויות נוכח שינויים בנסיבות ובצרכים.
- הבוגרים יקבלו שינויים החלים בגוף בהבנה ובטבעיות, ויתמודדו עם פחדים, בעצמם או תוך היעזרות באחרים.
- הבוגרים יפתחו אמון בנותני שירותים שונים ויגלו נכונות לפנות אליהם לקבלת עזרה בהתאם לצורכיהם.

## רשימת מקורות

- אוריון, נ' (2003). סביבת הלימוד החוץ-כיתתית: למה ואיך, *אאוריקה* 17, אוקטובר 2003  
 ראוגם באתר האינטרנט: [http://www.matar.ac.il/eureka/newspaper17/article1\\_5.asp](http://www.matar.ac.il/eureka/newspaper17/article1_5.asp)  
 בירנבוים, מ' (1997). *חלופות בהערכת הישגים*, רמות ואוניברסיטת תל אביב
- דרסלר ט' ודביר מ' (2002). יחסי הגומלין בין מדע לטכנולוגיה בתוך דרך הטכנולוגיה, מ' דביר וט' דרסלר (עורכים) תל אביב: מט"ח, עמ' 17 – 24
- אוריון, נ', אבן, נ', בן-שלום, ר', גרטל, ג' ווי מדין. (2002). באוטובוס סביבה אנושית (יישוב) שיעור בנושא תחבורה ציבורית בתוך: *סביבת הלימוד החוץ-כיתתית מיפוי הוראתי למורה*, טל א' (עורך), מל"מ מכון ויצמן למדע רחובות, ת"ל, משרד החינוך, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, עמ' 98-100
- יחידת הלימוד ניתנת להורדה כקובץ PDF בקישור: [http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth/geogroup/pdf\\_siurim.zip](http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth/geogroup/pdf_siurim.zip)  
<http://stwww.weizmann.ac.il/g-earth/geogroup/book99.html>
- בר, ו', בן חור, י', דקן, י', ושי לבני (1997). *מחוץ לחדר הכיתה*, ירושלים: המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית
- חן, ד' (1994). מדע וטכנולוגיה בראי החינוך והחברה, עיונים בטכנולוגיה אורט ישראל, 21, עמ' 8 – 11
- יועד, צ' (2004). *קווים מנחים לכתובת תכנית לימודים (סילבוס)*, ירושלים: ת"ל, משרד החינוך, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים
- מיודוסר, ד' (1998). מסגרת מושגית לחקר הלמידה ולתכנון ההוראה של פתרון בעיות בטכנולוגיה, בתוך: *תאוריה ומעשה בהוראת מתמטיקה*, מדע וטכנולוגיה, ר' סתוי, וד' תירוש, (עורכות) תל אביב: רמות, אוניברסיטת תל אביב
- מרגלית, מ' וצוותה (1990). *יש לי פתרון – תכנית לפיתוח ולהעמקת ההבנה החברתית*, תל אביב: רמות, אוניברסיטת תל אביב
- סלע, ל' ודרסלר מ' (2005). *משעולי הוראה בסביבות למידה*, חלק ג'–ד', תל אביב: למדע, ת"ל עמ' 14-16
- רונן, ח' (2005). *פיגור שכלי – עיון, דרכי עבודה והוראה*. קרית ביאליק: הוצאת אח בע"מ
- רונן, ת' (1992). *שליטה עצמית ותושייה נלמדת*, תכנון, יישום והערכת התערבויות, תל אביב: פפירוס
- רייטר, ש', גולדמן, ט' וליבליך נ' (1997). *אני והקהילה*, תכנית הכנה לחיים אוטונומיים לצעירים עם ליקויים פיזיים שהופעלה על ידי אחווה, איגוד נכי חיפה והצפון, ממצאי

המחקר המלווה. סוגיות בחינוך מיוחד ובשיקום, הוצאת אחווה, 12, 5

רייטר, שי (2004). מעגלי אחווה לשבירת הקשר בין מוגבלות לבדידות. הוצאת אחווה

שביט, פי (2007). טיפוח נחישות עצמית בקרב תלמידים עם ליקויים קוגניטיביים באמצעות למידה בקהילות לומדים. חיבור לשם קבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה", אוניברסיטת חיפה.

Ausubel, D. (1968). *The psychology of meaningful verbal learning: An introduction to school learning*. New York and London, Grune & Stratton..

Browder, D. Flowers, C., Ahlgrim-Dezell, K., Karvonen, M., Spooner, F. & Algozzine, R. (2004). The alignment of alternate assessment content with academic and functional curricula. *The Journal of Special Education*, 37 (4), 211-223.

Cronin, M. E, & Patton, J. (2001). *Life skills curriculum for students with special needs. A guide for developing life skills* (2nd ed). Austin, Tx, Pro-Ed.

Deshler, D. D., & Schumaker, J. B. (2006). *Teaching adolescents with disabilities: Accessing the general education curriculum*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Hilton, A. & Ringlaben, R. R. (eds.) (1998). *Best and promising practices in developmental disabilities*. Austin, Tx, Pro-Ed.

Hoover, J. J. & Patton, J. R. (2004). Differentiating standards-based education for students with diverse needs. *Remedial and Special Education*, 25 (2), 74-76.

Obiakor, F. E., Utley, C. A. & Rotatori, A. F. (Eds.) (2003). *Effective education for learners with exceptionalities*. Oxford, England: Elsevier Science/JAI Press.

Hallahan, D. P., & Kauffman, J. M. (2006). *Exceptional Learners: Introduction to Special Education*. New York: Pearson Education, Inc..

Mastropieri, M. A., Scruggs, T. E., Norland, J. J., Berkeley, S., et al., (2006). Differentiated curriculum enhancement in inclusive middle school science: Effects on classroom and high-stakes tests. *The Journal of Special Education*, 40 (3), 137-140.

Nagle, K. Yunker, C. & Malmgren, K.W. (2006). Students with disabilities and accountability reform. *Journal of Disability Policy Studies*. 17(1), 28-39

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, (Eds. and trans) Cambridge, MA :Harvard University Press.

Williamson, P., McLeskey, J., Hoppey, D. & Rentz, T. (2006). Educating students with mental retardation in general education classrooms. *Exceptional Children*, 72 (3), 347-361.

Wehmeyer, M. L., Lattin, D.L., Lapp-Rincker, G. & Agran, M. (2003). Access to the general curriculum of middle school students with mental retardation. *Remedial and Special Education*, 24, 262-272



## תכניות לימודים

**תכנית לימודי מדע וטכנולוגיה בבית הספר היסודי ירושלים:** משרד החינוך, ת"ל, התשנ"ט גרסה מעודכנת בקישור זה: [http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot\\_Limudim/science\\_tech/AlHatochnit](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/science_tech/AlHatochnit)

**לימודי מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים,** מהדורת ניסוי, ירושלים: משרד החינוך, ת"ל, התשנ"ו.

**תכנית הלימודים המעודכנת,** גירסת טיוטה תשע"א בקישור זה: [http://www.education.gov.il/tochniyot\\_limudim/mada/tochnit\\_new.htm](http://www.education.gov.il/tochniyot_limudim/mada/tochnit_new.htm)

**מדעי הטבע** תכנית לימודים לתלמידי שילוב בחטיבות הביניים בבית הספר הממלכתי והממלכתי-דתי, ירושלים, משרד החינוך, ת"ל, תשנ"ה

**לקראת בגרות לב 21,** יחידה א: חינוך חברתי, תכנית לימודים לבני גיל 16-21 בחינוך המיוחד, ירושלים: משרד החינוך, ת"ל, התשנ"ט

קישור ליחידה א': [http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot\\_Limudim/Special/tochniyot/LikratBagrut/ChinuchChevrati.htm](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Special/tochniyot/LikratBagrut/ChinuchChevrati.htm)

**לקראת בגרות מינית: היבטים בחינוך מיני בראייה חברתית,** מדריך לצוותים במסגרות החינוך המיוחד, ירושלים: משרד החינוך, ת"ל, מעלות, תשס"ז, 2007.

**תכנית מסגרת לחינוך לבריאות** לגן ולבית הספר הממלכתי והממלכתי-דתי, ירושלים: משרד החינוך, ת"ל, תשנ"א. גרסה מעודכנת בקישור זה: [http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot\\_Limudim/Briut/BonimTochnit/TichnonBmagalim.htm](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Briut/BonimTochnit/TichnonBmagalim.htm)

**תשתית לקראת קריאה וכתובה,** לגן הילדים הממלכתי והממלכתי-דתי, תשס"ח, ירושלים: משרד החינוך, ת"ל. קישור להורדת התכנית ורשימת המקורות: [http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot\\_Limudim/KdamYesodi/TochniyotLimudim/Tashtit.htm](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/KdamYesodi/TochniyotLimudim/Tashtit.htm)

**עברית – שפה, ספרות ותרבות,** חינוך לשוני לבית הספר היסודי הממלכתי והממלכתי-דתי, התשס"ג, ירושלים: משרד החינוך, ת"ל. קישור לתכנית: [http://cms.education.gov.il/EducationCMS/UNITS/tochniyot\\_limudim/Chinuch\\_Leshoni](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/UNITS/tochniyot_limudim/Chinuch_Leshoni)

**עברית לבית הספר העל-יסודי הממלכתי והממלכתי-דתי** תשס"ג, ירושלים: משרד החינוך, ת"ל. קישור לתכנית: [/http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot\\_Limudim/Ivrit](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Ivrit)

## דוגמאות לחומרי למידה

בן דוד, ל' וברנד, ר' (1998). ללכת על כוכב לכת יחידת לימוד בנושא אדמה, ספר לתלמיד, חוברת עבודה לתלמיד, ומדריך למורה.

מל"מ, תל אביב: רמות, אוניברסיטת תל אביב נמצא גם במאגר ספרים סרוקים בקישור: [http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot\\_Limudim/MaagarSfarim/MadaTech/Kitot34/CochavLechet.htm](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/MaagarSfarim/MadaTech/Kitot34/CochavLechet.htm)

ברגלס-שפירא, ט' וברדוגו-ביטון ק' (2007). מדע בעידן טכנולוגי, חלק שלישי, ספר לתלמיד ומדריך למורה. קדימה: רכס פרויקטים חינוכיים בע"מ

ברק, מ' וכץ-שדה-חן ה' (2007). מדע בעידן טכנולוגי חלק חמישי, ספר לתלמיד ומדריך למורה, שער 2 מחזוריות, קדימה: רכס פרויקטים חינוכיים בע"מ

דגני-רז א' (2002). סוד עצום לי וליקום, תל אביב: רמות, אוניברסיטת תל אביב

יאיר, י', מינץ ר', ליטבק, ש' ושחר ז' (1998). לגעת בשמים, לומדת מחשב, מט"ח, תל אביב: רמות, אוניברסיטת תל אביב

מרבך-עד, ג' וקורלנד ח' (1993). יום-יום מים, תל אביב: מט"ח, תל אביב: רמות, אוניברסיטת תל אביב

קדרון, ר' (ח"ת). מדידה בשיטה העשרונית, בהוצאת שמע

שדה, ר' ונחמיאס-אייזקס ו' (1998). ניפגש בסיבוב, לומדת מחשב, מט"ח, תל אביב: רמות, אוניברסיטת תל אביב.