

סקירה מדעית בנושא

'שילובי תכנים ומיומנויות בהוראה ולמידה של מדעי הטבע

על פי תכניות הלימודים בישראל, (*)

מאת

ד"ר שרה קליין

מוגש לוועדת מומחים בנושא:

'מחקר מתווה-דרך: הצעה לארגון לימודים מחודש'

היזמה למחקר יישומי בחינוך

האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים

(*) סקירה מדעית זו הוזמנה על ידי ועדת מומחים לנושא: "מחקר מתווה דרך: הצעה לארגון לימודים מחודש" מטעם היזמה למחקר יישומי בחינוך, כדי שתשתמש חומר רקע לדיוני הוועדה.

- הדברים מתפרסמים על דעת המחברת ובניסוחה.
- בכל שימוש בסקירה או ציטוט ממנה, יש לאזכר את המקור כדלקמן: ד"ר קליין ש., (2011) שילובי תכנים ומיומנויות בהוראה ולמידה של מדעי הטבע על פי תוכניות הלימודים בישראל, סקירה מוזמנת כחומר רקע לעבודת ועדת "מחקר מתווה דרך: הצעה לארגון לימודים מחודש", <http://education.academy.ac.il>

© כל הזכויות שמורות לאקדמיה הישראלית הלאומית למדעים

שבט, תשע"א

נכתב לבקשת היזמה למחקר יישומי בחינוך, האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים.

הדברים הנאמרים הם על אחריות המחברת.

תוכן העניינים

1	הקדמה
2	א. תאור מקצועות הלימוד בתחום מדע וטכנולוגיה ומדעי הטבע
2	1. מבוא
3	2. מבנה התכנית בישראל
4	2.1 מקצוע 'מדע וטכנולוגיה' (גן הילדים, בית הספר היסודי וחטיבת הביניים)
4	2.1.1 התפיסות הרעיוניות בתכנית הלימודים
5	2.1.2 נושאים מרכזיים בתכניות הלימודים ומסגרת שעות ההוראה
5	2.1.2.1 נושאים מרכזיים בתכניות הלימודים לגיל הרך
5	2.1.2.2 נושאים מרכזיים בתכניות הלימודים לבית הספר היסודי
6	2.2 מקצועות מדעיים וטכנולוגיים למתמחים בחטיבה העליונה
7	2.2.1 מקצועות ההתמחות במדעי הטבע: מבנה התכנית, דוגמאות לתכנים
7	2.3 רצף הלימוד של מקצועות המדע והטכנולוגיה גן – י"ב
	2.3.1 רצף ההוראה של מקצוע 'מדע וטכנולוגיה' בגן הילדים
7	ובבית הספר היסודי
8	2.3.2 דוגמא: מקצוע הכימיה
9	3. מיומנויות בתכניות הלימודים
10	3.1 מיומנויות המקצוע 'מדע וטכנולוגיה' בגן הילדים
10	3.2 הירארכיה של מיומנויות במקצוע 'מדע וטכנולוגיה' בבית הספר היסודי
10	4. שילוב של ידע ומיומנויות
11	4.1 דוגמה מכיתה ג
11	4.2 דוגמה מכיתה י"א
12	5. עקרונות מארגנים
13	ב. סקירת ספרות
13	1. העברה (Transfer)
13	1.1 מבוא - העברה מהי?
15	1.2 סוגי העברה
16	1.3 גישות שונות להעברה

17	1.4 קשיים בביצוע העברה
	1.5 דרכי הוראה של תכנים ומיומנויות וסביבות למידה בעלות פוטנציאל
18	לפיתוח של מיומנויות העברה
20	1.6 מחקרים על העברה
21	1.6.1 תחום פיסיקה
22	1.6.2 תחום ביולוגיה-אקולוגיה
23	1.7 העברה של מיומנויות מהחיים אל הלמידה הבית-ספרית וההפך
24	1.7.1 העברה בין בית הספר לבין חיי היום-יום
	2. מיומנויות רלוונטיות הנרכשות במקצועות לימוד שונים הנלמדים במהלך
24	שנות הלימודים גן הילדים-י"ב
26	3. למידה באמצעים חוץ בית-ספריים
26	3.1 למידה בסביבות חוץ-כיתתיות
26	3.1.1 מבוא
26	3.1.2 שיתוף הקהילה והמשפחה בלמידה
27	3.1.3 סיור לימודי במוזיאון-מדע
	3.2 שימוש באמצעי תקשורת דיגיטליים עכשוויים בלמידה :
29	סביבה מקוונת ללמידה
29	3.2.1 טכנולוגיות ממוחשבת-מתוקשבת
29	3.2.2 מחשב נייד כאמצעי ללמידה בכיתה
30	3.2.2.1 מחשב נייד במערכת החינוך בישראל
30	3.2.2.2 מחשב נייד במערכת החינוך בארה"ב
31	3.2.3 טלפון נייד (Mobile) כאמצעי להעברת מסרונים במסגרת הלמידה
33	סיכום
34	תאור הכתיבה של הסקירה המדעית
36	רשימת ספרות
43	ביבליוגרפיה מוארת
49	רשימת נספחים
50	נספחים

סקירה מדעית בנושא

'שילובי תכנים ומיומנויות בהוראה ולמידה של מדעי הטבע על פי

תכניות הלימודים בישראל'

נכתב על ידי ד"ר שרה קליין, תשע"א - 2010

הקדמה

הסקירה מוגשת בזאת על פי פנייה של היזמה למחקר יישומי בחינוך, הפועלת בחסותה של האקדמיה הישראלית במדעים. הסקירה מהווה חלק מההכנה לעבודתה של ועדת מומחים העוסקת בין היתר בחשיבה ודיון בארגון מחדש של לימודי מדע וטכנולוגיה בהיבט של שילוב תכנים ומיומנויות. הסקירה עוסקת בהוראה ולמידה של מדעי הטבע והטכנולוגיה בשני היבטים: א. תמונת מצב כיום: הוראה ולמידה של מקצועות מדע וטכנולוגיה על פי תוכניות הלימודים העדכניות בישראל, בדגש על תכנים ומיומנויות; ב. לקראת הארגון מחדש בעתיד: הפוטנציאל לשינוי, הן מצד המקצוע ועקרונות הלימוד הייחודיים לו, והן מצד מיומנויות ומשאבים חוץ-בית-ספריים. מטרת הסקירה היא לספק מידע לוועדה אודות הוראת המדעים בישראל, וכן להציג ידע מחקרי שייתן כיווני חשיבה לאפשרויות שינוי וארגון מחדש של לימודי התחום, במגמה לבחון יצירת הקשרים ושילובים בין תחום המדעים והטכנולוגיה לבין תחומי דעת אחרים, וכן בין התחום לבין 'החיים' שמחוץ לבית הספר.

לסקירה שני חלקים עיקריים: א. תיאור הפריסה, הרציונל והגיון הרצף של לימודי המקצועות של מדע וטכנולוגיה והמקצועות הקשורים בתחום (כמו מדעי הסביבה ומדעי כדור הארץ) בכל שנות הלימודים בישראל: החל מגן הילדים ועד בית ספר התיכון (K-12), כפי שמוצהר בתוכניות הלימודים; ב. סקירת ספרות מתחום הוראה המדעים בשני נושאים: 1. פוטנציאל ההעברה (transfer) של תכנים ומיומנויות בתוך תחום המדעים והטכנולוגיה, ובינו לבין תחומים אחרים; 2. פוטנציאל ההרחבה של מעגל הלמידה של תכנים ומיומנויות של המדעים מתחומי בית הספר אל הסביבה החוץ-בית-ספרית וחזרה. הסביבה החוץ-בית-ספרית כוללת מספר אפשרויות: סביבה פיסית (יציאה מתחום בית הספר), סביבה חברתית – מעורבות המשפחה והקהילה וסביבה וירטואלית-דיגיטלית תוך שימוש בטכנולוגיות מתקדמות. סקירה זו איננה כוללת תמונת מצב של היישום בפועל של תוכניות הלימודים והמלצות שונות שניתנו עבור הוראת המדעים בגני הילדים ובבתי הספר¹. בסקירה זו גם לא ניתנת התייחסות מפורטת לדרכי הערכה ומדידה.

עיון בסקירה עשוי להוות בסיס לחשיבה אודות הבניה מחודשת של לימודי המדעים והטכנולוגיה בישראל, כך שתאפשר הפריה הדדית בינם לבין תחומי דעת אחרים. כמו כן, יתאפשרו הוראה ולמידה תוך מיצוי התכנים והמיומנויות הגלומים בתחום, יחד עם ניצול משאבים טכנולוגיים מתקדמים (דיגיטליים). באופן זה ישודרגו הלמידה וההוראה של מקצועות התחום, יעודכנו וכך יהיו משמעותיים עבור הלומדים.

¹ ראה בנספח 13 ידו"חות על יישום תכניות לימודים.

א. תאור מקצועות הלימוד בתחום מדע וטכנולוגיה ומדעי הטבע

1. מבוא

תוכנית הלימודים במדעים בישראל מבוססת על דו"ח הוועדה העליונה לחינוך מדעי טכנולוגי משנת 1992 "מחר 98". הדו"ח התייחס לשדרוג הרמה של לימודי המדעים בישראל בכל הגילאים, החל מגן הילדים ועד החטיבה העליונה^{2, 3}.

המקצוע 'מדע וטכנולוגיה' נלמד כיום באופן ספיראלי סביב ציר אורך, החל מגן הילדים, דרך בית הספר היסודי ועד לחטיבת הביניים ואף ללא-מתמחים בכיתה י בחטיבה העליונה. זה מקצוע רב-תחומי, המבוסס על גישה חינוכית אינטגרטיבית, הרואה בפיתוח אוריינות מדעית טכנולוגית דרך חינוכית המשלבת בין מדע, טכנולוגיה וחברה. גישה זו מוכרת בשם Science, Technology, Society = STS (סלע ודרסלר, 2007, עמ' 9).

תוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה מביאה לידי ביטוי את קשרי הגומלין בין שלושה קודקודים, המזינים זה את זה: מדע, טכנולוגיה וחברה. למעשה כל תחום תוכן נלמד בשלושה היבטים אלה: המישור המדעי (בסיס הידע והחקר), המישור הטכנולוגי (רתנימת הידע המדעי לתיכון של מכשירים ומוצרים) והמישור החברתי, הסביבתי והערכי (המציב מטרות וצרכים). מטרת התוכנית היא "לטפח אזרח בעל ידע ומיומנויות המאפשרים לו להתמודד עם מציאות המשתנה באופן מהיר" (מתוך המבוא לתוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה לבית הספר היסודי, 2005)⁴.

בתוכנית הלימודים באים לידי ביטוי שלושה עקרונות: א. ידיעת מושגים והבנתם, הכרת תופעות, עקרונות, תהליכים ופתרון בעיות בתחומי המדע והטכנולוגיה, הבנת העשייה המדעית והטכנולוגית בצד ההכרה בהישגים ובמגבלות בתחומים אלו; ב. עיסוק במשמעות שיש למדע והטכנולוגיה עבור הפרט והחברה, וחשיפה לבעיות אקטואליות שתהליכי קבלת החלטות כרוכים בהן; ג. טיפוח מיומנויות חשיבה ועשייה הקשורות לאופיו של המקצוע, המזמן מעורבות בתהליכי הלמידה בביצוע של תהליכי חקר ופתרון בעיות (משרד החינוך, תשנ"ט, תשס"ה).

² להלן ציטוט המביע בתמציתיות את הרציונל של כלל תכניות הלימודים במדעים בישראל: "מתמטיקה, מדע וטכנולוגיה הם חלק מההשכלה הכללית הדרושה היום, ותידרש עוד יותר בעתיד, לכל אדם המסוגל לתרום לחברה... יכולת מסוימת של חשיבה כמותית ומדעית, יכולת להבין וללמוד סוגיה מדעית או טכנולוגית והבנה של הכללית הבסיסיים של שפת המתמטיקה, המדע והטכנולוגיה, המרכיבים חיוניים בהכשרתו של כל מי שיהיה פועל מקצועי, מורה, איש צבא, מוסיקאי, חקלאי, איש עסקים, מנהל, פוליטיקאי או כל בעל עיסוק אחר הדורש השכלת יסוד" (שם, עמ' 9). לאור קביעה זו המליצה הוועדה: "יש להרחיב את היקף הוראת המתמטיקה, המדע והטכנולוגיה לכל התלמידים בגן הילדים, בבית הספר היסודי ובחטיבת הביניים, ולא את תלמידים שאינם לומדים מדע בהיקף רחב בחטיבה העליונה, הם בחינוך העיוני והן בחינוך הטכנולוגי..." (משרד החינוך והתרבות, 1992, עמ' 9).

³ ההמלצות העיקריות של הוועדה הנוגעות למקצוע 'מדע וטכנולוגיה': א/1: מתמטיקה בבית הספר היסודי (התמקצעות המורים); א/2: מתמטיקה בחטיבת הביניים (העלאה לחמש שעות שבועיות בכל השנה); א/3: מדע בחינוך הקדם-יסודי (הרחבה והעמקה של נושאים); א/4: מדע וטכנולוגיה בבית הספר היסודי (שדרוג המקצוע: שיפור והעמקה, בדיקה מחדש של תוכנית הלימודים, התמקצעות המורים ועוד); א/5: מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים (היקף של שש שעות שבועיות בכל השנה) (משרד החינוך, 1992).

⁴ בתכניות לימודים נוספות מצוינות מטרות דומות. למשל: מוטי"ב - "מטרת העל של תוכנית מוטי"ב היא להקנות אוריינות מדעית לכלל התלמידים" (משרד החינוך, 2010, עמ' 7); מדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים - "כבר בשלב לימודים קודם, בהוראת המקצוע 'מדע וטכנולוגיה' בחטיבת הביניים, שמה לה התכנית למטרה לפתח את האוריינות המדעית בקרב התלמידים. אוריינות מדעית כוללת גם אוריינות כימית וגם פיתוח אוריינות בתחומי הפיסיקה, הביולוגיה, כדור הארץ והטכנולוגיה" (משרד החינוך, 2009, עמ' 12); ביוטכנולוגיה: "פיתוח ראייה כוללת של מערכות מורכבות והבנת יחסי הגומלין בין המדע, הטכנולוגיה והחברה" (משרד החינוך, 2006, עמ' 5).

תכניות הלימודים של מקצועות מדעי הטבע בחטיבה העליונה מכוונות אף הן לקשר הדינמי שבין המדע, הטכנולוגיה והחברה, דהיינו לאופי הבינתחומי של תחום מדעי הטבע ולרלוונטיות לחי יום יום. (ראה דוגמאות במטרות המקצועות בנספח 1.)

בתכניות הלימודים, בכל מסגרות הגיל, יש התייחסות מוצהרת גם לסביבה. ניתן להיווכח כך במטרות המוצהרות של התכניות וכן בנושאי הלימוד: בשני מישורים אלו הסביבה מופיעה הן כגורם יחיד - הסביבה פיסית, והן יחד עם החברה.⁵

2. מבנה התוכנית בישראל

למידת תחום המדע והטכנולוגיה ניתנת לחלוקה בישראל לשתי חטיבות גיל, כדלהלן:

- גן הילדים, בית הספר היסודי, חטיבת הביניים וחינוך מיוחד⁶: מקצוע 'מדע וטכנולוגיה' הנלמד באופן ספירלי לאורך השנים.
- חטיבה עליונה: א. תלמידים לא מתמחים באחד ממקצועות מדעי הטבע: מקצוע מוטי"ב (מדע וטכנולוגיה בחברה)⁷; ב. מתמחים - 1. במקצועות המדעים השונים: פסיקה, כימיה, ביולוגיה (מדעי החיים), מדעי הסביבה, ביוטכנולוגיה ומדעי כדור הארץ; 2. במקצועות הטכנולוגיה.⁸

להלן נתייחס לתוכניות של מקצוע 'מדע וטכנולוגיה' וכן למקצועות מדעי הטבע.

⁵ ישנם נושאי לימוד השייכים לתחום מדעי הסביבה, למשל: בבית הספר היסודי: 'מרכיבים בסביבה' (כיתות א, ב), 'שינויים בסביבה' (כיתות ג, ד), 'קשרי גומלין בסביבה' (כיתות ה, ו); בחטיבת הביניים: 'מערכות אקולוגיות', 'הכרת תכונות חומרים' (כולל חומרים בסביבה ומשאבי טבע); במדעי החיים: הנושא: 'אקולוגיה'; בכימיה: נושאים לבחירה: 'סביבות ואיכויות', 'כימיה ירוקה - אדם וסביבתו'.

יחד עם זאת, במספר תכניות לימודים ניתן לראות שהסביבה מופיעה יחד עם 'חברה', למשל: במפרט התכנים המתואר בתוכנית הלימודים למשל במפרט התכנים של מדעי החיים: "רמת החברה - פרק "אקולוגיה" (האורגניזם בסביבתו)" (משרד החינוך, 2006); בטבלת ההיבטים של הנושא המרכזי 'חומרים' בחטיבת הביניים כותרת הטור היא: "היבט חברתי", והפירוט השייך לנושא 'הכרת תכונות חומרים' הוא: "אדם וסביבה. האדם משתמש במשאבי טבע: הבנת מחזור חומרים והצורך במיחזור, תוך שמירה על איכות החיים על איכות הסביבה" (משרד החינוך, 1996); בביוטכנולוגיה: אחת המטרות היא: "פיתוח מודעות סביבתית חברתית" (משרד החינוך 2006).

אחת ממטרות ההוראה בבית הספר היסודי מתייחסת לסביבה חברתית בצד סביבה פיסית - הטבע: "התייחסות למקומו של האדם בטבע, הבנת קשרי הגומלין בין האדם לסביבתו והבנת השפעתו של האדם על הסביבה הטבעית והחברתית". מטרה אחרת מתייחסת לסביבה ללא אזכור החברה: "פיתוח תחושה של שייכות לסביבה והזדהות עם טבע הארץ; פיתוח יחס חיובי לאתרי נוף, לתשתיות הפיסיות, לבעלי חיים ולצמחים; הבנת ייחודו של אדם, פועלו והשפעתו; טיפוח אחריות ומעורבות שמירה ובהגנה על ערכי הטבע ואיכות הסביבה" (משרד החינוך, תשנ"ט, תשס"ה).

מטרות ההוראה בחטיבת הביניים גם כן מתייחסות לחברה ולסביבה לחוד וביחד: "הבנת ההשפעות ההדדיות שבין תחומי המדע, הטכנולוגיה והחברה: הכרת הסביבה הפיזית והטכנולוגית הקרובה, הבנת מרכיביה וההקשרים שביניהם; הבנת חשיבות מדעי הטכנולוגיה, הבנת משמעותו והשימוש בו לחיי הפרט והחברה, תוך ראייה דינמית של שינוי הסביבה ותנאי החיים בהיסטוריה האנושית; הכרת אפשרויותיהם ומגבלותיהם של המדע והטכנולוגיה בפתרון בעיות הקשורות בסביבה, באדם ובחברה, תוך התחשבות בהיבטים מוסריים, ערכיים, כלכליים ואסתטיים" (משרד החינוך, 1996).

⁶ בתוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה לתלמידים בעלי צרכים אורגנו שבעה הנושאים המרכזיים המופיעים בתוכנית הרגילה לארבעה נושאים: 'האדם, גופו, התנהגותו, בריאותו ואיכות חייו'; 'חומרים ואנרגיה' (שני נושאים אלה לקוחים מהתוכנית הרגילה); 'עולם היצורים החיים וסביבתם'; 'טכנולוגיה, מידע ותקשורת'.

⁷ זוהי התוכנית שהתוותה בשנת 1996, ועודכנה כטיטה משנה"ל תשע"א, אך כיום יש הצהרת כוונות לשינוי מסוים, בדבר חובת לימודי מדעים וחובת ההיבחנות בבחינת ברות במדעים בנתיב העיוני. משרד נערך בהדרגה ליישום חובה זו [אתר מפמ"ר של מקצוע מוטי"ב משנת 2007 (משרד החינוך, 2010)].

⁸ כולל מדעי המחשב. ראה סעיף 2.2, הערות שולים 21 - 23.

2.1 מקצוע 'מדע וטכנולוגיה' (גן הילדים, בית הספר היסודי, חטיבת הביניים ותוכנית מוט"ב לחטיבה העליונה)

תכניות הלימודים מתייחסות לתכנים, למטרות בתחומי התכנים והמיומנויות, ולדרכי השגתן באמצעות סטנדרטים שנקבעו להם (להלן: 'סטנדרטים וציוני דרך')⁹. ההתייחסות היא למקצוע אחד, הנלמד במשך 15 - 16 שנים (גן ילדים (גילאי 3 - 5), בית הספר היסודי (כיתות א - ו), חטיבת הביניים (כיתות ז - ט) ובחטיבה העליונה ללא מתמחים (כיתה י). למשמעות של 'מקצוע אחד' יש מספר ביטויים: 1. התוקף הניתן למקצוע 'מדע וטכנולוגיה' בגן הילדים (פיקוח, חומרי הלמידה לגנת סדרת 'מב"ט לגן', מרכז ארצי להוראת 'מדע וטכנולוגיה' בגן הילדים: 'דע-גן')¹⁰; 2. הרצף: לימודי המקצוע בכל שלב מהווים בסיס ידע ומיומנויות לשלב הבא. הרציפות בולטת במיוחד בקשר שבין תוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים לבין התוכנית בבית הספר היסודי. התוכנית בחטיבת הביניים מהווה, באופן מוצהר, המשך ללימודי המקצוע ביסודי. ניתן להיווכח בכך בתכנים¹⁰ והן במיומנויות (ראה סעיף 3.2).

2.1.1 התפיסות הרעיוניות בתוכנית הלימודים

ככלל, תוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה מבוססת על **התיאוריה הקונסטרוקטיביסטית** ללמידה, המטפחת לומד עצמאי, המסוגל להבנות ידע בלמידה משמעותית, ומקנה חשיבות מרובה ליחסי גומלין הדוקים ודינמיים בין תהליכי ההוראה-למידה-הערכה (סלע ודרסלר, 2007). בשלוש חטיבות הגיל, גן הילדים, בית הספר היסודי וחטיבת הביניים מופיעים רעיונות מרכזיים דומים, שהבנתם מביאה לפיתוח תפיסות עולם דומות¹¹.

תוכנית הלימודים בבית הספר היסודי מונחית על ידי עקרונות מנחים¹² הבאים לידי ביטוי ברעיונות מרכזיים הן ברמת התוכן והן ברמת הערכים¹³. העקרונות והרעיונות מהווים אבני בניין לפיתוח תפיסות עולם מרכזיות, המקיימות ביניהן קשרי גומלין: תפיסת מהות המדע- הכרת השיטה המדעית; תפיסת מהות הטכנולוגיה- הכרת תהליך התיכון הטכנולוגי, עולם שכולו מעשה ידי אדם (סלע ודרסלר, 2007, עמ' 10); תפיסה מערכתית (System Thinking)- הבנת תופעות ומערכות מורכבות; תפיסת הבריאות (שלומות- Well Being)- פיתוח אורח חיים והתנהגות מקדמת בריאות ותפיסת הקיימות (Sustainability)- שימוש מושכל

⁹ בגיל הרך לא נקבעו סטנדרטים, אלא נוסחו התנהגויות המצופות מהתלמידים בהקשר למטרת ההוראה, ניתנו ביטויים להתנהגות המצופה וכן דוגמאות לפעולות יזומות על ידי הגנת. לדוגמה: נושא עולם היצורים החיים – מטרה 1: 'הילדים יכירו בעלי חיים בסביבתם ויגלו עניין בהתנהגותם'; התנהגות מצופה: 'הילדים יזהו בעלי חיים הנפוצים בסביבתם'; ביטוי להתנהגות המצופה: א. 'הילדים מזהים ומשיימים בעלי חיים בסביבתם: בגן, בבית ובעלי חיים שאותם פוגשים בביקור בטבע או בגני חיות'. ב. 'מזהים בעלי חיים נפוצים בצילומים, בסרטים או במחשב; פעולות יזומות על-ידי הגנת: 'ליזום ולעודד סיורים בחצר הגן ובשדה, הפניית תשומת ליבם של הילדים לבעלי חיים, כגון: נמלים, שבלולים וכד'. משרד החינוך, 2009.

¹⁰ בשנת 2009 הוכן אוגדן מבניות לימוד על ידי המרכז הארצי למדע וטכנולוגיה בבית הספר היסודי 'למדע': 'עם המבט קדימה - מדע וטכנולוגיה מביה"ס היסודי לחט"ב. האוגדן מכיל 10 מבניות לפי נושאים, ובהן מודגשת ההלימה בין התכנים שנלמדים ביסודי, והמשכם – בחטיבת הביניים. לדוגמה: המבנית 'אור – צורה של אנרגיה'. המבניות מיועדות למורים בבית הספר היסודי, כך שיבנו את רצפי ההוראה של הנושאים, כך שהתלמיד יגיע לחטיבת הביניים עם ידע הולם בנושא. <http://www.matar.ac.il/lamda/ogdan.asp>

¹¹ תפיסת עולם המופיעה בהדגשה בכל הגילים היא תפיסת הקיימות (ראה למשל, משרד החינוך, 2008).

¹² להלן דוגמאות לעקרונות המנחים את התוכנית: "המדע הטכנולוגיה הם יצירת אנוש, המאפשר את קיומו של האדם ומרחיבה את דעתו, את הבנתו ואת יכולתו; המדע והטכנולוגיה הם מרכיבים מרכזיים ומהותיים ביצירה התרבותית האנושית; האדם משנה את הסביבה ומתאים אתה לצרכיו באמצעות שימוש במשאבי הסביבה הטבעיים, המלאכותיים, החברתיים והתרבותיים" (סלע ודרסלר, 2007, עמ' 9).

¹³ הרעיונות המרכזיים ברמת התוכן: אחידות וגיוון, שימור ושינוי, מבנה וארגון, התאמה, התפתחות היסטורית, הרחבת יכולת ויחסי גומלין. הרעיונות המרכזיים ברמת הערכים – פתיחות, ענווה, טיפוח, שיתוף, סובלנות, יצירה, פלורליזם, אחריות, אסתטיקה וכבוד (סלע ודרסלר, 2007, עמ' 10).

במשאבי הטבע, תוך אימוץ טכנולוגיות חדשניות לשמירה על הסביבה, לשם הבטחת קיומה של החברה האנושית בהווה ובעתיד (סלע ודרסלר, 2007, עמ' 10-11).

2.1.2 נושאים מרכזיים בתכניות הלימודים ומסגרת שעות ההוראה

הנושאים המרכזיים לקוחים מחמישה תחומי תוכן: מדעי החומר, מדעי החיים, מדעי כדור הארץ והיקום, מדעי הסביבה וטכנולוגיה¹⁴. כותרות הנושאים מנוסחות בצורה דומה בחטיבות הגיל השונות. לכל נושא מרכזי יש רעיונות מרכזיים שיש להנחיל לתלמידים. להלן דוגמה מהנושאים לגן הילדים ולמקצוע מוטי"ב.

2.1.2.1 הגיל הרך

הנושאים המרכזיים: 'מדעי הטבע – חקלאות, צומח, בעלי חיים, חומרים'; 'מדעי כדור הארץ והאטמוספירה – פני הנוף, אקלים'; 'כלים ומכשירים'; 'האדם ובריאותו'; 'עולם מעשה ידי אדם'; 'תקשורת'; 'מידע'; 'איכות הסביבה'. בשנת הלימודים הנוכחית נכתבה תוכנית לימודים חדשה לגיל הרך. התוכנית החדשה (משרד החינוך, 2009) מתמקדת בשלושה נושאים מרכזיים: 'עולם היצורים החיים – צמחים ובעלי חיים'; 'גרמי השמים ומזג האוויר'; 'עולם מעשה ידי אדם – מוצרים בסביבתנו'. [הנושא 'גוף האדם' מטופל בגיל הרך במסגרת 'תוכנית הלימודים בחינוך הגופני לגיל הרך' (משרד החינוך, 2007)].¹⁵

2.1.2.2 מקצוע 'מדע וטכנולוגיה' לתלמידים לא-מתמחים בחטיבה העליונה

התוכנית היא מודולרית, בכך שהיא מורכבת נושאי בחירה (מבניות לימוד) משני תחומי תוכן: מדעי החומר ומדעי החיים. הנושאים לבחירה הם: בתחום מדעי חומר – אנרגיה, כוחות ותנועה, קרינה וחומרים; בתחום מדעי החיים – תורשה, אבולוציה, אקולוגיה ובריאות. לימודי מוטי"ב יתקיימו בהיקף של 2 יח"ל או 3 יח"ל בחטיבה העליונה. ניתן ללמוד את המקצוע בהיקף של שתי יח"ל (180 שעות לימוד) או שלוש יח"ל (270 שעות לימוד) (סה"כ 5 - 7 מבניות מתוך מאגר של מבניות לימוד למקצוע מוטי"ב).^{16, 17, 18} מסגרת השעות המומלצת: כיתה י, או י – י"א, או י – י"ב, סה"כ 8 ש"ש. (ראה בנספח 2 רעיונות מרכזיים ונושאים מרכזיים במסגרות גיל נוספות).

¹⁴ בתוכנית הלימודים ליסודי המיומנויות מוגדות כתחום תוכן, על אף שהמגמה היא שילוב המיומנויות בתכנים.

¹⁵ בנוסף, קיימת תוכנית מסגרת לחינוך לבריאות לגן ולבית הספר היסודי, הממלכתי והממלכתי-דתי: 'בשבילי החל"ב' (תשנ"א, מעודכן ל-2009). ראה:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/KdamYesodi/TochniyotLimudim/Briut.htm

¹⁶ הלימודים בהיקף של 2 יח"ל יתפרסו על פני שנתיים. לימוד היחידה השלישית, שהיא השלמה ל-2 יח"ל, יתבצע בכיתה י"א בתוספת של שלוש שעות שבועיות או בכיתה י"ב.

¹⁷ הערכת התלמידים היא בחלקה הערכה חלופית, המבוססת על הגשת תלמידי ו/או כתיבת עבודה עיונית המבטאת מיומנויות חשיבה. בכך מתאפשר ביטוי רב-גוני של יכולות התלמידים ללמוד נושאים מתוך עניין וסקרנות ואולי אף מתוקף הרלוונטיות של הנושאים הנלמדים בתוכנית.

¹⁸ דוגמאות למבניות מוטי"ב: 'אור, צבע וראיה', 'מוח וסמים', 'אוצרות היס', 'לבריאות מכל הלב' ועוד.

2.2 מקצועות מדעיים וטכנולוגיים למתמחים בחטיבה העליונה

בלימודי המדעים בחטיבה העליונה באה לידי ביטוי בעיקר המלצה ב/2 של הוועדה העליונה לחינוך מדעי וטכנולוגי (מחר 98) שהיא פיתוח תוכניות למקצועות בחירה מדעיים נוספים למקצועות הבסיס - פיסיקה, כימיה וביולוגיה. מקצועות הבחירה הם לימודי המשך ויישום של עקרונות הבסיס. (המקצועות שהומלצו הם: מדעי הסביבה והאנרגיה, מדעי כדור הארץ, מתמטיקה שימושית, מקצוע טכנולוגי כללי, מדעי המחשב לימודי חשיבה ופתרון בעיות) (משרד החינוך, 1992, עמ' 46 – 47).

המלצה ב/2 מיושמת הלכה למעשה במגוון של מסלולי התמחות במדעים: פיסיקה, כימיה, ביולוגיה- מדעי החיים, מדעי הסביבה, מדעי כדור הארץ וביוטכנולוגיה (אלו, בנוסף למתמטיקה). הבחירה בהתמחות נעשית בכיתה י (התלמידים הלא-מתמחים במקצועות מדעיים, לומדים תוכנית מוט"ב). קיימות זיקות בין המקצועות מבחינת תכנים ומיומנויות, אך הבחירה במקצועות ההתמחות היא חופשית (בתלות במדיניות ובמשאבי בית הספר) ובחירת מקצוע מסוים איננה מותנית מלכתחילה בלימוד מקצוע אחר, אלא בהמלצה¹⁹,²⁰. יש לציין שלימודי הנדסה לא מהווים מקצוע התמחות או מקצוע בחירה בחטיבה העליונה בבתי הספר העיוניים, אלא מהווים חלק מלימודי טכנולוגיה, על פי רב, בבתי הספר הטכנולוגיים²¹,²²,²³,²⁴.

¹⁹ לדוגמה במקצוע 'מדעי כדור הארץ', כפי שמצוטט מתוך תוכנית הלימודים: "הקשר והזיקה למקצועות ולנושאים אחרים: "מדעי כדור הארץ והסביבה מושתתים על דיסציפלינות מדע כדור הארץ. מדע כדור הארץ הוא דיסציפלינה מדעית עצמאית, בעלת שיטות וגישות מחקר המייחדות אותה משאר המדעים. עם זאת, מדע כדור הארץ מאופיין בזיקתו לתחומי המדע השונים, לטכנולוגיה ולהיבטים חברתיים. הבנה מעמיקה של נושאים רבים במדעי כדור הארץ והסביבה מצריכה שימוש במושגים ובכלים מתחום הפיזיקה והכימיה. היות והגיאוכימיה והגיאופיזיקה הם שני ענפים מרכזיים בתחום מדע כדור הארץ, מקצוע מדעי כדור הארץ והסביבה יכול להיות מוקד לשיתוף פעולה עם תלמידים הלומדים פיזיקה וכימיה בהיקף של 3 ו-5 יחידות לימוד. יש יתרון רב לכך שתלמידי כדור הארץ והסביבה בהיקף של 5 יחידות לימוד ילמדו במקביל מקצוע מדעי נוסף לבחינות הבגרות, כגון כימיה, פיזיקה או ביולוגיה, אך הוועדה ממליצה להשאיר את ההחלטה בנידון לרמת בית הספר. הניסיון המצטבר מוכיח שתלמידים שהגיעו למגמת מדעי כדור הארץ עם רקע קלוש ואפילו עם רתיעה מפיזיקה או מכימיה, מצאו שתחומים אלו מעניינים ומובנים להם אם נלמדו בהקשר רלוונטי של תופעות מוחשיות בכדור הארץ" (משרד החינוך, 2004).

²⁰ למעט מקצוע הפיסיקה, שלגביו קיימת המלצה ללמוד מתמטיקה בהיקף של 4 יחידות לימוד, לפחות, יחד עם לימודי הפיסיקה.

²¹ בחינוך הטכנולוגי ובבתי ספר שבהם קיימת מגמה טכנולוגית נלמד מקצוע 'מדעי הטכנולוגיה', שמטרתו להעניק רקע מדעי ללימודי הטכנולוגיה. התוכנית מכוונת ל-5 יח"ל: יחידה 1: בסיס מדעי בביולוגיה, כימיה, פיסיקה ומדעי כדור הארץ והיקוס; יחידה 2: מערכות מידע, בקרת תהליכים ומערכות, יזמות וחשיבה עסקית; יחידה 3: מערכות תקשורת אלקטרוניקה ומכניקה במערכות, מערכות ארגוניות; יחידות 4, 5: לבחירה מבנית אחת מתוך המבניות הבאות: הנדסת תכנון ובקרה, טכנולוגיות עתירות מידע, מערכות עתירות ידע ותקשורת, מערכות ניהול וחברה, עיצוב (משרד החינוך, 2008). קיימות תוכניות לימודים לכל נושא:

<http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Scitech/TchumTechnologia/Reforma/MkzotMadaeHatechnologia.htm>

ראה גם נספח 19.

²² מקצועות הטכנולוגיה (5 יח"ל) נלמדים בבתי ספר נבחרים, העומדים בקריטריונים, כגון אלו השייכים לרשת אורט או רשת עמל. כיום קיימת תוכנית לימודים במקצוע האלקטרוניקה ומחשבים לבית הספר התיכון (העיוני) וכן למסלול טכנאים ומסלול הנדסאים. דוגמאות: א. ברשת עמל קיימות שתי מגמות לימוד בתחום הטכנולוגיה: אומנויות העיצוב והנדסת הבנייה ואדריכלות <http://www.amalnet.k12.il/ArtMegama/>. ב. במינהל לחינוך התיישבותי ועלית הנוער יש התמחויות לפי צבירי מגמות, על פי המגמות של רשת עמל: הנדסה, תכנון ובקרה (הנדסת מכונות, מערכות ייצור ממוחשבות, בקרה במכונות, מכטרוניקה ומערכות ימיות), טכנולוגיות עתירות מידע וידע (הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים, מיקרו מעבדים וחומרת מחשבים, ביוטכנולוגיה, ביונוטק), מערכות תקשורת וחברה (הנדסת תוכנה, טכנולוגיות תקשורת, מדיה ופרסום, תקשורת וחברה), מערכות ניהול ותעשייה (ניהול עסקי, תעשייה וניהול, ניהול מערכות ימיות, תיירות ופנאי, מלונאות) ועיצוב (הנדסת בנייה ואדריכלות, אומנות העיצוב, עיצוב אופנה ותלבושות, טיפוח החך)

<http://www.mchp.gov.il/School/TechnologyCom/techedu/Pages/megemottt.aspx>

²³ בנוסף, קיימת מגמת מחשבים ואלקטרוניקה, המכוונת לבתי הספר התיכוניים, למסלול טכנאים ולמסלול הנדסאים. מוצעות שתי מגמות בבתי הספר התיכוניים: מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים ומגמת מערכות בקרה ואנרגיה http://elecomp.cet.ac.il/elecomp/page1.asp?nameImage=subjects&InIframe=subjects/new_programs.asp&status=subjects

²⁴ החל משנה"ל תשע"א מוצע מסלול עבודה מדעית-טכנולוגית לתלמידים נבחרים מכיתות ז ו-י. המסלול מיועד לרבע מתלמידי ז – י"ב, על מנת להעמיד דור של תלמידים המצטיינים בתחומי המדעים וטכנולוגיה (משרד החינוך, תש"ע, 2010).

מקצועות הלימוד מכוונים להקניית אוריינות מדעית בהתאם למקצוע (פיסיקה, כימיה, ביוטכנולוגיה, ביולוגיה)²⁵. לכל מקצוע רעיונות מרכזיים המכוונים לפי התפיסה הרעיונית, למשל: במקצוע ביולוגיה - הרעיונות הביולוגיים המרכזיים המשמשים כיסודות מארגנים של התוכנית ומהווים את ליבת התוכן הם: ארגון במערכות ביולוגיות, ויסות והומיאוסטזיס, יחסי גומלין וקיום שיווי משקל דינמי, אחידות בעקרונות המבנה והתפקוד ושוני בצורה, התאמה בין מבנה לתפקוד, המשכיות תורשתית ורבייה, העברת מידע מדור לדור, גדילה והתפתחות ותיאורית האבולוציה (משרד החינוך, 2006ב).

2.2.1 מקצועות ההתמחות במדעי הטבע בחטיבה העליונה: דוגמה לתכנים

מספר השעות המומלץ לכל מקצוע הוא 15 שעות שבועיות (בכיתה י – 3 ש"ש, ובכיתות י"א, י"ב – 6 ש"ש כל אחת). נציג לדוגמה את הנושאים במקצוע **פיסיקה**. רוב תכני הפיזיקה הבסיסיים משותפים לתכניות של 3 ו- 5 יח"ל, אולם היקף התכנים ורמת ההעמקה שונה מהותית. התוכנית של 3 יח"ל לא שמה דגש על עומק מתמטי של עקרונות הפיזיקה, ולפיכך היא מאפשרת גם לתלמידי 3 יח"ל במתמטיקה להשתלב בה (משרד החינוך, 2010ב)²⁶.

יחידות לימוד	נושאים
1	לבחירה אחת מהתוכניות: פיסיקה של מערכות טכנולוגיות (למשל: חשמל בבית, מנוע של מכונת), או: פעימ"ה (פיסיקה פעלתנית יחידנית בשרות המקצוע): תורת החום, זורמים, מכניקה.
3	מכניקה (1 יח"ל), אלקטרומגנטיות (0.5 יח"ל), קרינה וחומר (0.75 יח"ל), מעבדה (היקף כולל של 5 יח"ל)
5 (450 שעות לימוד)	מכניקה (1.5 יח"ל), אלקטרומגנטיות (1.5 יח"ל), קרינה וחומר (1 יח"ל), מעבדה (היקף כולל של 1 יח"ל).

דוגמאות נוספות ראה בנספח 3.

2.3 רצף הלימוד של מקצועות המדע והטכנולוגיה גן – י"ב

2.3.1 רצף ההוראה של מקצוע 'מדע וטכנולוגיה' בגן הילדים ובבית הספר היסודי

רצפי ההוראה נבנים באופן אוטונומי על ידי צוותי המורים. ניתן ליצור צירופים קוריקולריים מתכנים בתחומי התוכן השונים בכל שנת לימוד. בכל צירוף נמצא את תחומי התוכן: מדעי החיים, מדעי החומר, מדעי כדור הארץ בממשק עם הסביבה והטכנולוגיה וההכוונה אליהן. להלן דוגמה לסדר הנושאים, כפי שמופיע בספרי הלימוד בסדרת מב"ט²⁷, ²⁸, ²⁹. נושאים אלה מפורטים גם בטבלאות הסטנדרטים וציוני הדרך (כל נושא- בהתאם לתחום התוכן שאליו הוא שייך) (משרד החינוך, 2004א).

²⁵ מוצהר במטרות של תוכניות הלימודים בהתאמה.

²⁶ שני המסלולים הם נפרדים ואינם תלויים זה. למעשה, רוב התלמידים לומדים במסלול של 5 יח"ל (ידע על סמך שיחה עם מורה ותיקה, המצויה בתחום ופעילה במרכז המורים).

²⁷ יש לציין שזהו סדר הנושאים בלבד ולא רצף.

²⁸ ספרי 'מדע וטכנולוגיה' מסדרת 'מב"ט חדש'. אלו הם ספרי הלימוד בהוצאת המרכז לטכנולוגיה חינוכית, והם מהווים המשך לספרי מדע וטכנולוגיה לגן הילדים (סדרת 'מב"ט לגן'). יש ספר לימוד לכל שנת לימודים א-ו. לכל ספר לתלמיד חובר 'מדריך למורה'. הספרים יצאו לאור בשנים תשס"ט – תש"ע.

²⁹ סדרה נוספת, המקיפה את הנושאים המרכזיים בתוכנית הלימודים ובבתי ספר שונים: 'מסע מדעי': לכיתות ב, ג, ד, ה - ספר לכל שנת לימודים (מעודכן לשנת תשע"א).

כיתה	הנושאים
א	חישת הסביבה בארבע עונות השנה : מזג האוויר, צמחים בעונה, בעלי חיים בעונה, התנהגות האדם בעונה, קידום הבריאות בעונה.
ב	הכרה ואפיון הסביבה : יצורים חיים ודוממים (הבחנה) : סימני חיים בסביבה, חיים בסביבת חיים, תכונות של חומרים (דוממים), מוצקים ונוזלים מסביב, השפעת האדם על הסביבה ; קידום הבריאות : שיניים.
ג	חומרים מן הארץ : תכונות חומרים, הכרה, זיהוי, חומרים בסלעים וקרקות, חומרים ביצירה (חשיבה טכנולוגית : צורך ומוצר) ; צמחים : מאפייני חיים בצמחים, מבנה הצמח ותהליכים : נביטה, גדילה, רבייה ; אנרגיה בפעולה : דליקות של חומרי דלק, חשמל בפעולה ; כדור הארץ בחלל : תנועות של גרמי השמים (הקפת כדור הארץ סביב השמש, הקפת הירח את הארץ) ותופעות מחזוריות : יממה, חודש, שנה.
ד	בעלי חיים : מאפייני חיים בבעלי חיים, יסודות הסיסטמטיקה, מגוון המינים ; מים : מים באטמוספירה, תופעות מזג האוויר הקשורות במים (משקעים), מים - שינויי מצבי צבירה, מים במחזור המים ; גוף האדם : מערכות בגוף ; עור, שלד ושרירים, נשימה ; טכנולוגיה : מערכות טכנולוגיות בפעולה, תהליך התיכון.
ה	משאבי טבע : מן הדומם – מתכות ודשנים, מן החי – צמחים ובעלי חיים (קיימות) : ממשאבי הטבע אל חומרים-מעשה-ידי-אדם (טכנולוגיה) ; גוף האדם (המשך מכיתה ד) : המים בגוף, מערכת העיכול, מערכת ההובלה (לב וכלי דם) חשיבות הבריאות ; מערכת השמש והיקום : חקר היקום : האדם בחלל : טכנולוגיות חלל. ³⁰
ו	קשרי קיום : התנאים לקיום חיים על פני כדור הארץ, אחידות ושוני בטבע, מינים מוגנים, התאמה לסביבה : צמחים ובעלי חיים, סביבות חיים : שימור לעומת פיתוח, אחריות האדם, חשיבות שמירת הטבע ; אנרגיה : סוגי אנרגיה, מקורות אנרגיה לייצור חשמל ; מידע ותקשורת : חשיבות המידע, סוגי תקשורת, טכנולוגיות מידע ותקשורת, אור ושמיעה ; טכנולוגיה : מהות הטכנולוגיה, תיכון תעשייתי.

ההיגיון ברצף הוא³¹ :

לימוד המדע והטכנולוגיה מן המוחשי, החווייתי (הקונקרטי) אל המופשט, מן הקרוב אל הרחוק (מן הסביבה הקרובה אל הסביבה הרחוקה), מן הזמין (צמחים) אל הפחות נפוץ (בעלי חיים), (מן החומרים שבסביבה, אל חומרי הסלעים).

יסודות מארגנים : פרט, כלל ופרט : הכללה מתוך פרטים, וחזרה מן הכלל אל הפרטים.

רצפי ההוראה בכל מסגרות הגיל נקבעים למעשה על ידי צוותי המורים, שלהם ניתנת האוטונומיה לכך (דוגמאות מובהקות לכך הן : רצף הלימוד בחטיבות הביניים, וכן רצף הלימוד בתוכנית מוט"ב, שהיא מלכתחילה מודולרית). (ראה נספח 4 : רצף ההוראה של תחום התוכן 'מדעי החומר' בחטיבת הביניים).

להלן דוגמה לסדר הנושאים במקצוע כימיה, שיש בו נושאי חובה ונושאי בחירה, כמו ביתר המקצועות בחטיבה העליונה.

2.3.2 דוגמה : מקצוע הכימיה

ניתן להיווכח ביסוד מארגן אחר של התכנים, מן היחידה הראשונה ועד היחידה החמישית :³²

- מעבר מן התיאוריה (והיבט העיוני) (התפתחות הכימיה או 'עולם עתיר טכנולוגיה') אל הפרקטיקה (יישום) (חומרים ותגובות בהיבט כמותי)
- מעבר מן המקרו (חומרים) אל המיקרו (מרכיבי התגובה הכימית)
- שילוב מיומנויות בתכנים : עבודת מעבדה וקריאת מאמר מדעי (בנוסף למיומנויות אחרות).

³⁰ ניתן לראות בסדר הנושאים מעבר בין הטבע והאדם : טבע (משאבים) – אדם (גוף האדם) וחזרה אל הטבע (כדור הארץ והיקום). כמו כן בתכנים השייכים לטבע יש גם התייחסות להשפעת האדם ומעורבותו בטבע : בחומרים ובחקר החלל.

³¹ על פי הבנתי, מתוך עיון מעמיק בספרי הלימוד, בתוכנית הלימודים ובמסמך הסטנדרטים.

³² על פי הבנתי, מתוך עיון בתוכנית הלימודים.

נושאי החובה :

ביחידת הלימוד הראשונה (לפי הסדר הרשום בתוכנית הלימודים) :

התפתחות הכימיה

עולם עתיר טכנולוגיה.

ביחידת הלימוד השנייה והשלישית : חומרים ותגובות בהיבט כמותי

אנרגטיקה ודינמיקה – שלב ראשון.

ביחידת הלימוד הרביעית : אנרגטיקה ודינמיקה – שלב שני.

ביחידת הלימוד החמישית : מעבדה.³³

נושאי בחירה : ביחידת הלימוד הראשונה הבחירה היא בין נושאים שונים שאין ביניהם, מלכתחילה, מכנה משותף, למשל: 'בריאות וחולי ומה שביניהם', 'עולמן של מולקולות הענק', 'תהליכים על פני כדור הארץ'. ביחידה השנייה והיחידה השלישית : נושאי הבחירה נובעים מסוגיות (נושאי-על). פירוט הנושאים והסוגיות בנספח 5.

3. מיומנויות בתכניות הלימודים

ככלל, המגמה היא לשלב מיומנויות בתכנים. (בתוכנית הלימודים לבית הספר היסודי, המיומנויות אומנם רשומות כנושא מרכזי ראשון, אך הן משולבות במהלך ההוראה של התכנים.)³⁴

המיומנויות בחטיבות הגיל השונות הן דומות, אך מנוסחות או מודגשות באופנים שונים בתכניות. בכל התוכניות יש הצהרה מפורשת על שילוב של פיתוח וטיפוח מיומנויות בהוראת התכנים. נפרט להלן מיומנויות של מקצוע 'מדע וטכנולוגיה' בגן הילדים, כפי שנוסחו בתוכנית הלימודים החדשה (סעיף 3.1) והירארכיה של מיומנויות בבית הספר היסודי (סעיף 3.2).

³³ קיימת אופציה ללימוד יחידה רביעית ויחידה חמישית לתלמידים הלומדים ביוטכנולוגיה. נושאי החובה הם: מבוא: מקרומולקולות ביולוגיות והתא החי; חומצות גרעין וביוסיתתזה של חלבונים – מבנה ותפקיד; פחמימות, ליפידים וממברנות ביולוגיות.

³⁴ להבנתי, מתוך עיון בתכניות הלימודים, בגן הילדים ובבית הספר היסודי התכנים מזמנים למידת מיומנויות, ואילו בחטיבת הביניים ובתוכנית מוט"ב מוצהר שהמיומנויות יילמדו גם באופן מפורש (explicit). למשל, באתר הארצי של מדעים וטכנולוגיה בחט"ב מפורט פרויקט ניסויי: 'דגמי הוראה משלבי תכנים ומיומנויות' חלק מהפרויקט הוא דגמי הוראה לפי מיומנויות (כאשר התכנים מהווים בסיסי נתונים), למשל: 'חקירה מדעית: גורמים משפיעים ומושפעים', 'מעריכים מידע מתוקשב', 'מסבירים מדע', 'תכנון חקר מדעי', 'טוענים מדע' מייצגים מידע ועוד (http://space.ort.org.il/@home/scripts/frame.asp?sp_c=547409039).

בנוסף, בתוכנית הלימודים החדשה לחט"ב (טיוטת תשע"א) מודגש, כי הערך המוסף של הגרסה החדשה הוא בהעצמת המיומנויות: אינטגרציה בין מיומנויות לתכנים - חקר ופתרון בעיות בתחומי המדעים, חקר ופתרון בעיות בתחום הטכנולוגיה (תיכון) ומידענות. כמו כן יינתנו בתוכנית דוגמאות לפעילויות המזמנות שילוב מיומנויות בנושאי תוכן. בתוכנית הלימודים למקצוע מוט"ב ניתן גם כן דגש רב להוראת מיומנויות, וזאת בשלושה אופנים: א. בשילוב תכנים; ב. בצורה מפורשת; ג. בתרגול בתחומי תוכן מגוונים לשם העברה ויישום בתחומים חדשים (משרד החינוך, 2010). המיומנויות: חשיבה ביקורתית ויצירתית, קבלת החלטות, חשיבה מערכתית; אוריינות מידע: איתור, ניתוח והצגת מידע; מיומנויות חקר: הגדרת בעיה, הצגת שאלות, ניתוח ממצאים והסקת מסקנות. במפרט התכנים של המקצוע מוטב" מופיע פירוט לשילוב מיומנויות בתכנים, כאשר המיומנויות צמודות לפריטי תוכן (ולא כתובות באופן כללי בלבד)

(משרד החינוך 2010). http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Mutav/Mifrat

3.1 מיומנויות המקצוע 'מדע וטכנולוגיה' בגן הילדים

בתוכנית החדשה לגיל הרך חולקו המיומנויות לשתי חטיבות עיקריות:

- חקר (מדע) - פיתוח מיומנויות הדרושות לביצוע תהליך חקר: שאילת שאלות, העלאת השערות, עריכת תצפיות, איסוף נתונים, מיון, השוואה, תיעוד והסקת מסקנות.
- תיכון (טכנולוגיה) - פיתוח מיומנויות הדרושות לביצוע תהליך של תיכון טכנולוגי: זיהוי צורך/בעיה, העלאת רעיונות לפתרונות, תכנון (הכולל גם ייצוג גרפי, בחירת חומרים תוך מיון והשוואה, בנייה והערכת המוצר).

בכל אחד משלושת הנושאים המרכזיים ישולבו פעולות חקר, וכן תשולב טכנולוגיה. למשל בנושא גרמי השמים ומוג האוויר: פעילויות חקר - בדיקת כיוון הרוח; בדיקת חלחול המים בקרקעות מסוגים שונים. שילוב טכנולוגיה: בניית שבשבת; בניית מד-גשם.

3.2 הירארכיה של מיומנויות במקצוע 'מדע וטכנולוגיה' בבית הספר היסודי

כפי שנכתב לעיל, תחומי המיומנויות זהים בכל מסגרת לימוד, אך רמת הדרישות שונה, בהתאם ליכולות המצופות מהתלמידים. נציג להלן הירארכיה במיומנויות בבית הספר היסודי. ניתן לראות שבהדרגה נדרשות מיומנויות חשיבה מתקדמות יותר ויותר מן הרמה הקונקרטית בכיוון רמת החשיבה הפורמלית (formal reasoning). דוגמה: מיומנות **התכנון**- המרכיבים: **מטרת החקר, שאלות והשערות** - ציוני הדרך הם כדלהלן:

כיתות א-ב: שאילת שאלות על יצורים, עצמים ותופעות בסביבה

כיתות ג-ד: שאילת שאלות על יצורים, עצמים ותופעות בסביבה ומיון

כיתות ה-ו: שאילת שאלות על יצורים, עצמים ותופעות בסביבה, הניתנות לבדיקה בניסוי או בתצפית וזיהוי שאלה מרכזית בטקסט המתאר חקר. העלאת השערות וביסוסן והבנת ההבדל בין השערה לבין ניחוש.

כיתות ז-ט: הכרת המאפיינים של שאלת חקר, שאילת שאלות חקר על יצורים, עצמים ותופעות בסביבה, הניתנות לבדיקה בניסוי או בתצפית וזיהוי שאלת חקר בטקסט המתאר חקר. הכרת המאפיינים של השערה, ניסוח השערות וביסוסן, והבנת ההבדל בין השערה לבין ניחוש (משרד החינוך, 2010).³⁵

(ראה בנספחים 7 - 11 פירוט מיומנויות המקצוע בבית הספר היסודי, בחטיבת הביניים, במקצוע מוט"ב³⁶ ובמקצועות המדעים למתמחים לחטיבה העליונה.)

4. שילוב של ידע ומיומנויות

להלן שתי דוגמאות לתכנים שלגביהם מוצהר על אפשרויות לפיתוח מיומנויות בלמידה (כלומר, התכנים מזמנים מיומנויות).

³⁵ דוגמאות נוספות בתוכנית הלימודים החדשה במדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים, טיוטת תשע"א (משרד החינוך, 2010).

³⁶ בחטיבת הביניים וכן בתוכנית מוט"ב מושם דגש רב על מיומנויות

4.1 דוגמה מכיתה ג

נושא: 'חומרי דלק בפעולה'

מיומנויות*	ידע
איסוף מידע: ניתוח טקסט, השוואה, אבחנה, זיהוי בעיה, העלאת רעיונות לפתרונות	חומרי דלק בעבר, כיום ובעתיד
איסוף מידע ועיבוד הכרתי של מידע + עשייה וביצוע: שימוש באמצעי מדיה ממוחשב, מיון, אבחנה, ארגון	חומרי דלק שונים
שימוש באמצעי מדיה ממוחשב, מעקב אחר תהליך סדרתי רציף, ניתוח טקסט, קריאת הוראות וביצוען	הנפט הגולמי
מיומנויות עשייה וביצוע (התנסות עם החומרים): העלאת השערות, ייצוג מידע: באופן גרפי - ארגון תוצאות בטבלה, דיווח, תיאור, עיבוד הכרתי של מידע: הכללה, העברה והסקת מסקנות.	הכרת חומרי דלק בפעולה: חומרים בעירים וחומרים שאינם בעירים

4.2 דוגמה מכיתה י"א

נושא: 'מערכות הובלה, נשימה, הפרשה והגנה'

מיומנויות**	ידע
פענוח מידע המצוי בטקסט ובאיור מדעי; קריאת הוראות עבודה, מיומנויות בעבודה במעבדה (ניתוח לב של תרנגול הודו): שימוש בכלים ומכשירים, פיתוח מוטוריקה עדינה, עבודת צוות, הסתכלות וביצוע תצפית מכוונת, דיווח (על ידי ציור), תאור.	מערכת ההובלה באדם: הלב – מבנה הלב
מיומנויות עבודה במעבדה: מוטוריקה עדינה, דיווח, הצגת מידע בטבלה, קריאת טקסט, יכולת זיהוי רעיונות, ופענוח מידע מהטקסט. פענוח מידע המיוצג בגרף ובטבלה, בדיקת התאמה בין נתונים המוצגים באופנים שונים (גרף, טבלה), מיזוג מידע, הבחנה בין עיקר לטפל והסקת מסקנות.	הלב – תפקוד הלב
פענוח איורים, חילוץ נתונים מטבלאות וגרפים והתאמה ביניהם, מיזוג מידע, קישור ידע חדש לידע קודם, ועבודת מעבדה – מוטוריקה עדינה.	זרימת הדם ולחץ דם

* המיומנויות רשומות על פי ניסוחן בתוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה לבית הספר היסודי.

** המיומנויות רשומות על פי ניסוחן בתוכנית הלימודים בביוכימיה לחטיבה העליונה.

בנספח 12 מובא פירוט של התפתחות מקצוע במהלך שנות הלימוד, תוך ציון סטנדרטים וציוני דרך.

5. עקרונות מארגנים

על פי הסקירה לעיל ניתן להבחין בשני סוגים של עקרונות הקיימים בתחום המדעים והטכנולוגיה³⁷:

א. עקרונות בתחום התוכן: רמות ארגון, התאמה בין מבנה לתפקיד, התפתחות ושינוי לאורך זמן, ארגון, סדר ויחסי גומלין במערכות, מחזוריות בתופעות ובתהליכים, כיווניות בתהליכים (הפיכות, לינאריות ומעגליות).

ב. עקרונות בתחום מיומנויות חשיבה: מידענות, חקר, פתרון בעיות, שימוש בייצוגים חזותיים כמו גרפים וסמלים ויצירת מודלים.

ניתן למצוא הקבלה בין עקרונות אלו לבין הסטנדרטים של המועצה הלאומית למחקר בארה"ב (NRC=National Research Council) עבור גן - י"ב (K12). הסטנדרטים הם: מערכות, סדר וארגון; הוכחות, מודלים והסבר; תמידיות, שינוי ומדידה; אבולוציה ושינוי משקל; צורה ותפקוד (NRC, 1996), עמ' 115).

³⁷ על פי הבנתי.

ב. סקירת ספרות

מהסקירה שלעיל עולה שמקצוע 'מדע וטכנולוגיה' נלמד כמקצוע אחד, אך האומנם מתקיימים בקרב התלמידים הקישורים בין רעיונות מרכזיים ועקרונות משותפים בתוך תחום? האם התלמידים רותמים ידע ותפיסות מתחום אחד ומבצעים הכללה בתחום אחר (למשל: מביולוגיה לכימיה)? האם יש העברה כלשהי בידע, מיומנויות ורעיונות בין תחומי התוכן של מדע וטכנולוגיה ותחומי תוכן אחרים? בסקירת הספרות להלן נכיר את מושג ההעברה, נדון בגישות שונות להעברה, העולות ממחקרים העוסקים בסוגיות אלו, כמו כן נבחן אפשרויות להרחבת הסביבה הלימודית הכרוכה בהעברה בין תכנים ומיומנויות מן הכיתה, החוצה ובחזרה.

1. העברה (Transfer)

1.1 מבוא - העברה מהי?

שאלת ההעברה היא אחת מהשאלות היותר עתיקות וחשובות המעסיקות את החוקרים בתחום התיאוריות החינוכיות (Ausobel & Robinson, 1969, מצוטט אצל Keiler, 2007, עמ' 152). העברה היא אחד מביצועי ההבנה, שהם: פעולות שכליות על ידע באמצעות ידע, החושפות התמצאות של הלומדים בנושא שבו הם עוסקים ובונות אותה (הרפז, 2000)³⁸. ההעברה היא גורם משמעותי בהבנה³⁹.

מחקרים בהקשר ללמידה של תפיסות מדעיות עוסקים לרוב בתפיסות קודמות של הנושא וכן בתהליך הלמידה עצמו בכיתה, ומיד עם תום הלמידה. קשה יותר למצוא מחקרים העוסקים במה שקורה לאחר הלמידה: העברה בתוך התחום, ופחות מזה באפשרות ההעברה של הידע לתחומים אחרים. מחקרים אלה דנים בהעברה הן מן ההיבטים התיאורטיים של הוראה ולמידה, והן במחקר אמפירי משדה ההוראה (למשל במדעים ובשפות).

במחקרים השונים החל מראשית המאה ה-20 מובעות עמדות ותיאוריות שונות ואף סותרות בנוגע להעברה⁴⁰.

החוקרים Thorndike ו-Woodworth פיתחו ב-1901 מבחני העברה על מנת לבחון הנחות אודות למידה. החוקר Thorndike היה הראשון שקבע שרמת ההעברה בין למידה ראשונית לבין למידה הבאה אחריה תלויה במידת ההתאמה בין מרכיבים ספציפיים של ידע ומיומנויות בשתי הלמידות (Bransford, Brown & Cocking, 1999).

העברה איננה פעולה חשיבתית אוטומטית הנובעת מרכישת מיומנויות בסיסיות כמו קריאה, כתיבה ואריתמטיקה פשוטה (Dewey, 1938, מצוטט אצל Keiler, 2007, עמ' 152; Perkins & Salomon,

³⁸ הגדרה מפורטת ויישומית יותר מצוטטת על ידי Krathwohl (2002; אצל Schnborn & Bogenholz, 2009, עמ' 932), לפי הטקסונומיה המשוחזרת של בלום (Bloom's taxonomy):

"...to 'understand' is the ability to determine the meaning of instructional messages, including oral and graphic communication" (p. 215).

³⁹ "Students demonstrate understanding when they are able to connect existing with new knowledge during the (flexible) transfer of knowledge to meet the demands of novel situation" (Schnborn & Bogenholz, 2009, p. 932).

⁴⁰ להלן ציטוט המצוטט אצל Lobato, 2006, עמ' 431:

"...there is little agreement in the scholarly community about the nature of transfer, the extent to which it occurs, and the nature of its underlying mechanisms" (Barnett & Ceci, 2002, p. 612).

(1988). Detterman (1993) טוען שהעברה היא פעולה נגזרת (derivative) ולא פעולה בסיסית ובלתי תלויה. זוהי פעולה המכוונת על ידי הוראה (instruction) ואיננה כישרון מולד. בנוסף, העברה מושפעת חיובית מלמידה לשם הבנה ואיננה נובעת מזיכרון בלבד (Barnsford, Brown & Cocking, 1999). גם כיום מקובל שהעברה לא מתרחשת מעצמה בין תחומים, כלומר, מלכתחילה הידע ממוקד והוא ספציפי לתחומו המקורי. המורים כיום אכן חותרים לכך שהידע שהם מלמדים 'יצא מבידודו', יבוא לידי ביטוי, ייושם וישפיע באופן חיובי על הבנה ופתרון בעיות בתנאים ומצבים אחרים בתוך התחום, בתחומי דעת אחרים, ואף מחוץ לכותלי הסביבה הלימודית הבית-ספרית (Bransford & Schwartz, 1999, מצוטט אצל Keiler, 2007, עמ' 152).

בעבר ההתייחסות להעברה היתה בנוגע לחומר המועבר בלבד, ובעיקר לידע כפי שנלמד בהקשר הראשוני, ללא התחשבות ביכולות של הלומדים ומאפייני מצב הלמידה שלהם, כמו: מוטיבציה, יצירתיות בפתרון בעיות וכיו"ב (Barnsford, Brown & Cocking, 1999). כיום נחקרת ההעברה כחלק מתהליך הלמידה ובהתבסס על מאפיינים המתאימים לכל תהליך למידה. בניסיון לענות על השאלה "האם התרחשה העברה?" מתחשבים החוקרים באופי החומר הנלמד, מבחינת הפוטנציאל שלו לעורר העברה, כמו רלוונטיות ומשמעותיות ללומד. כמו כן הם מתייחסים למצב הלומד ומעורבותו בלמידה שיתופית או יחידנית (ראה סעיף 1.5).

ישנן מספר הגדרות להעברה והן שונות זו מזו בהדגשיהן (ההגדרות מצוטטות אצל Georghiades, 2000, עמ' 123): McKachie (1987) הגדיר העברה כ**שימוש בידע** במערך או בנושא שהינו **שונה** מן הקונטקסט, שבו נלמד הידע בראשונה; Fleming (1991) התייחס ל**מטה-מיומנות** (כישורי-על): מיומנות שניתן ליישמה בהקשר רחב יותר, ואילו Adey, Shayer ו-Yates (1991) נקטו בביטוי '**גישור**', כיכולת ליישם עקרון מסוים בהקשר חדש (ראה להלן בסעיף 1.2).

העברה חיונית בחינוך בכלל⁴¹ ובהוראת המדעים בפרט. אם הידע והמיומנויות הנרכשים בבית הספר לא מסייעים בפתרון בעיות במסגרות או במצבים יומיומיים, אזי לא תושג המטרה של הצמחת תלמידים בעלי ידע ומיומנויות המתאימים להתמודדות בעולם עתיר-מדע וטכנולוגיה (Fortus, Krajcik, Dersheimer, Marx & Mamlok-Naaman, 2005).

יש תחומי תוכן שהעברה ביניהם חיונית במיוחד, למשל כימיה ומתמטיקה, וכן פיסיקה ומתמטיקה, כי יש צורך בהפעלת ידע מתימטי ומיומנויות מתימטיות לשם הבנת נושאים במדעים כמו כימיה ופיסיקה. כראיה לכך, תלמידים הלומדים כימיה מתקשים בנושאים שיש להם בסיס מתמטי (למשל שיווי משקל כימי ומשוואת חומצה-בסיס), כי כפי הנראה לא מתרחשת אצלם העברה בין מתימטיקה לכימיה (Potgieter, Harding, & Engelbrecht, 2008). על מנת לגרום להעברה שהיא חיונית הן להבנת הכימיה, והן להעלאת המשמעותיות של המתמטיקה, הומלץ בדו"ח של NSF⁴² על לימוד המבוסס על שיתוף של שני המקצועות ('interdisciplinary collaboration') (Wright & Chorin, 2000, מצוטט אצל Potgieter, Harding, & Engelbrecht, 2008)⁴³.

⁴¹ העברה חיונית בחינוך בכלל, להלן ציטוט:

"A central and enduring goal of education is to provide learning experiences that are **useful beyond** of initial learning. For example the design of innovative curricular materials and pedagogical approaches is often aimed at helping students develop robust understanding that will **generalize** to decision making and problem solving in **other situations, both inside and outside the classroom**" (Lobato, 2006, p. 431).

⁴² National Science Foundation

⁴³ להלן הציטוט:

1.2 סוגי העברה

בספרות מופיעים אפיונים רבים להעברה, ועל פיהם ניתן לסווג מיומנות זו לסוגים.

א. **העברה קרובה** [near (proximal) transfer] – אל דפוס מוכר לתלמידים **בתוך תחום התוכן** הנלמד; **העברה רחוקה** [far (distal) transfer] – **אל תחום תוכן חדש** או דפוס חדש ולא מוכר לתלמידים (Detterman, 1993).

ב. **Low road transfer** – העברה בין סיטואציות דומות ומיומנויות דומות, עד כדי כך, שההתנהגות מופעלת באופן ספונטני ואוטומטי בסיטואציה החדשה (ללא גיוס של חשיבה רפלקטיבית). המוצא והיעד הם ברמה שווה. דוגמאות: העברה הנדרשת מנהיגת רכב פרטי אל נהיגת משאית (Perkins & Salomon, 1988), ובביולוגיה – בהבנת קרומים ביולוגיים: מממברנת התא אל ממברנות אברונים בתא, כמו גרעין התא והמיטוכונדריה (Schnborn & Bogenholz, 2009). העברה זו מקבילה במידה מסוימת להעברה קרובה.

High road transfer – העברה הדורשת הפשטה (mindful abstraction)⁴⁴, הכללה ומעבר לסיטואציה חדשה ולא מוכרת. (אין דמיון בין שני התחומים.) בסוג זה של העברה ניתן להבחין בשני אופנים של העברה: **התכוונות מתוכננת ומכוונת להעברה** (forward) – התלמיד לומד במכוון נושא ומפשט אותו כהכנה ליישום (שימוש) בתחום אחר לחלוטין. דוגמה לכך היא: כלכלן הלומד קורס במתמטיקה, במחשבה שהידע המתמטי שהוא רוכש יסייע לו במקצוע הכלכלה; **הגעה להעברה מתוך לימוד בעבר** (backwards) – גיוס ידע מן העבר. דוגמה לכך היא: פוליטיקאי המפתח אסטרטגיות נגד יריבים פוליטיים מגייס טקטיקות ממשחק שחמט שלמד בעבר. שתי הדרכים משקפות חשיבה רפלקטיבית והפשטה מתחום אחד לתחום אחר. העברה זו מקבילה במידה מסוימת להעברה רחוקה (Perkins & Salomon, 1988).

הגדרות ג – ה להלן מצוטטות אצל Schnborn & Bogenholz, 2009, עמ' 932 - 933:

ג. **העברה ספציפית** – של ידע תוכן ספציפי או מיומנות ייחודית אל קונסטלציה שונה; **העברה לא-ספציפית** – של אסטרטגיות או עקרונות להקשר שונה.

ד. **העברה רוחבית** (horizontal) – הכללה באותה רמת ארגון, באותה רמת מורכבות, אף בין תחומי תוכן מדעיים שונים כמו כימיה פיסיקה וביולוגיה; **העברה אנכית** (vertical) – יקשרי צילוב' מורכבים (cross-linking או interconnectedness) היוצרים מארג בין רמות ארגון שונות אף באותו התחום (למשל, בביולוגיה).

ה. **העברה חיובית**, מעוררת, מעודדת למידה; מצב של **אי-העברה** (no transfer); **העברה שלילית** מעכבת למידה.

פוגרתי, פרקינס וברל (1992) מציעים כלים ללמד העברה בשתי דרכים: קירוב (hugging) וגישור (bridging) (Perkins & Salomon, 1988).

"...it is obvious that students of mathematics should be able to understand problems in science, and that students of science should understand the power and roles of mathematics. Each area of science has its own unique features, but the different areas share common features that are often of a mathematical nature" [(Wright & Chorin, 2000, in: Potgieter, Harding, & Engelbrecht, 2008, p. 197).

⁴⁴ "explicit conscious formulation of abstraction in one situation that allows making a connection to another" (Salomon & Perkins, 1989, p. 118-119, in: Fortus, 2002, p. 20).

קירוב התלמיד ליישום הצפוי, אל היעד נעשה באופן קונקרטי, חווייתי-התנסותי. בדרך הקירוב מודגשת **חווית הלמידה** (experiencing). הקירוב מתאים להעברה קרובה. הוא כרוך בהתאמה להקשר החדש, הדמיה וסימולציה של תחומי תוכן שאליהם תבוצע העברה, וכן לימוד המבוסס על פתרון בעיות השייכות לתחום (problem-based learning). דוגמה: לימוד אנטומיה באמצעות תאור מקרה של חולה הזקוק לדיאגנוזה רפואית. הקירוב מתאים ל-low-road transfer.

גישור בין ידע הקיים בקונטקסט מסוים לבין אפשרויות שונות ומגוונות ליישום כרוך ב**פעילויות חשיבה פורמלית** (לעומת פעילות הלמידה החווייתית-מעשית בדרך הקירוב). פעילויות אלו הן: העלאת השערות בנוגע ליישומים אפשריים של הידע הנידון, הכללה, ניסוח עקרונות, אימון באנלוגיות, פתרון בעיות באופן תיאורטי ובמספר נושאים במקביל, רפלקציה מטאקוגניטיבית (בחינה חשיבתית התומכת ומעריכה את תהליך הלמידה). דרך זו מתאימה להעברה רחוקה ול-high-road transfer.

Georghiadis (2000) ניסח גישה אחרת לארבעה שלבים בתהליך ההעברה: **זיהוי הדמיון** שבין שני ההקשרים שביניהם מתבצעת ההעברה⁴⁵, **ההכרה בפוטנציאל** של תפיסה או מיומנות מסוימת **להתאים** או 'לענות על צרכי' ההקשר החדש, **דימוי מנטלי** של התפיסה או המיומנות 'במקומה החדש' ו**יישום מעשי** (application) בהקשר החדש (Georghiadis, 2000).

1.3 גישות שונות להעברה

לגישה הקלאסית להעברה יש שני פנים, המשקפים גם את ההתפתחות ההיסטורית של הגישה הקלאסית להעברה. פן אחד הוא 'סביבתי'- העברה תתרחש במידה שיש אלמנטים זהים ב'אזור' הלמידה (domain, situation) הראשוני וב'אזור' החדש. זוהי הגישה הראשונה שהוצגה על ידי Thorndike בראשית המאה ה-20. הפן האחר הוא קוגניטיבי- העברה מתרחשת כאשר הלומד יכול ליצור ייצוגים סמליים מוחיים ואף חזותיים בלמידה הראשונית, והם יתאימו להקשר החדש וייצגו אף אותו. מכל מקום, מדובר על דמיון עד כדי זהות בין שני מצבי הלמידה⁴⁶.

הגישה הקלאסית מאופיינת בכך שהיא מציגה את ההעברה כ**סטטית**, ואיננה מתייחסת ל**תהליך** ההעברה. כמו כן, ההתייחסות היא ל'פיסת' ידע המועברת **ממוצא אל יעד**, ללא קישור למשמעותיות של העברת הידע. ניתן לומר שעל פי הגישה הקלאסית ניתן לקבוע האם היתה העברה, על פי **התוצאה** ('result qualities') (Lobato, 2006, עמ' 442).

התייחסויות אלו משפיעות גם על מחקרים האמפיריים המציבים שאלות מחקר כמו: א. מה הם התנאים המאפשרים העברה? ב. האם ההעברה מעוכבת על ידי קונטקסט ראשוני שהוא צר מידי? על מנת לענות על השאלות הללו בודקים המחקרים לרוב את **ביצועי התלמידים** (performance) הנמדדים בהישגים (ציונים). ברנספורד ושוורץ (1999) מציעים על סמך מחקרים קודמים להם גישות להגדרת העברה, המאפשרות גם ניטור ומעקב אחר התרחשותה: א. היכולת לפתור בעיות 'מבודדות' (SPS= sequestered problem) (solving) כלומר, נעשית העברה **מבעיה אחת, ספציפית- לאחרת**; ב. **יישום ישיר** של לימוד קודם

⁴⁵ שלב זה חשוב ביותר להתחלת ההעברה והוא מודגש גם אצל חוקרים אחרים: העברה תתרחש, כאשר התלמיד יכול לעשות אנלוגיה בין התחום הראשוני ('המוצא') שבו נמצא הידע שנרכש לבין התחום האחר ('היעד'). אנלוגיה קיימת, כאשר יש דמיון חלקי או מלא בין התחומים (Gilbert, Bulte, & Pilot, 2010).

⁴⁶ חיזוק לגישה זו נמצא בדו"ח של המועצה הלאומית למחקר בארה"ב: NRC (National Research Council): "Transfer between tasks is related to the degree to which they share common elements, although the concept of elements must be defined cognitively" (Lobato, 2006, p. 433).

בקונטקסט חדש (DA=direct application); ג. גישה כוללנית (המכילה למעשה את א ו-ב): מידת המוכנות ללמידה עתידית (PFL=preparation for future learning)- זוהי היכולת להשתמש באופן מושכל במשאבים ללמידה, כמו חומר מילולי, תוכניות מחשב, עמיתים למקצוע וכיו"ב. כלומר, זוהי **היכולת ללמוד מצב חדש על בסיס וכפונקציה של מצב קודם** ידוע (הכולל כמובן ידע ומיומנויות) (Singley & Anderson, 1989, מצוטט אצל Bransford ו- Schwartz, 1999, עמ' 10).

Lobato (2006) מציין גישות דומות, אם כי בניסוחים שונים⁴⁷. הוא מוסיף שתי גישות נוספות: (2006) מציין גישות נוספות להעברה, העולות ממחקרים אחרים (עמ' 432): א. העברה ה'מתחשבת' בחומר ובלומד שהוא 'סוכן ההעברה', תוך מודעות לאילוצים ולגבולות של פוטנציאל ההעברה של הידע המסוים ('affordance and abilities' או 'affordance and constraints' approach); ב. גישה המכוונת למבצע ההעברה הישחקן' באירוע ('actor-oriented' perspective). גישה זו מתמקדת בהשפעת הידע הקודם של הלומד וכלל פעילות הלמידה הראשונה של הלומד על כלל פעילות הלמידה שלו ב'מצב' (או ב'אזור') החדש. כלומר, יש כאן הסתכלות רחבה על תהליך הלמידה האישי לשם הכללה.

ניתן לאפיין את מגוון הגישות הללו המתייחסות להעברה כתהליך דינמי המתפתח אצל הלומד על סמך ידע והתנסויות קודמות בנושא. כלומר, גישה זו מסיטה את הדגש מן הגורמים החיצוניים המעודדים העברה (בגישה הקלאסית) אל הגורמים הפנימיים הקשורים ללומד, כמו מוטיבציה, יצירתיות, רקע חברתי, ידע קודם וידע קיים בהקשר רחב. זוהי גישה רב-ממדית להעברה⁴⁸. יותר מכך, ההעברה גורמת להבניה מחדש של הידע ב'אזור היעד'. כלומר, הדינמיות באה לידי ביטוי בתהליך הקוגניטיבי העושה את ההעברה, וכן בעיצוב-מחדש של הידע בקונטקסט החדש (Carraher & Schliemann, 2002, אצל Lobato, 2006).

על היחס בין העברה (transfer) לבין תרגום (translation) ראה בנספח 15.

1.4 קשיים בביצוע העברה

במקורות ספרות רבים אודות העברה מסתמנת ביקורת אודותיה, בכך שהיא קשה מידי לביצוע ובכך שיש דוגמאות רבות לכישלון בהעברה (Georghades, 2000; Potgieter, Harding, & Engelbrecht, 2008)⁴⁹. מכל מקום, יש קריאה לחשיבה מחודשת אודות ההעברה, בהתמקדות על הדרכים לזהות, לאפיין, למדוד ולהעריך תהליך של העברה, אם אכן התרחש אצל הלומד (Bransford & Schwartz, 1999). אכן, כפי שנכתב, ההעברה היא מיומנות חשיבה גבוהה ואיננה מובנת מאליה. לרוב, הקשיים נובעים מארגון הלמידה בתכניות הלימודים של המקצועות המדעיים וכן ממהלך ההוראה⁵⁰: א. יש עומס רב (overload) בנושאים עתירי-מושגים ועובדות, הנלמדים כל אחד בנפרד וכן מושגים (concepts) שלא ממוקמים באופן הירארכי ויחסי בחשיבותם למושגים אחרים. כלומר יש קושי ביצירת דימוי מנטלי ומבט-על על נושא; ב.

⁴⁷ הגישות הדומות שמציג Lobato (2006) (עמ' 432): א. מעבר תכליתי, תמציתי וממוקד מ'פיסת ידע' ב'אזור' מוצא' אל יעד ('consequential transitions') ב. גישת פעילות תיאורטית ('theoretic activity') המתייחסת להעברה כמערך שלם של פעילויות מופשטות או מוחשיות (בהתאם לנושא ולקונטקסט), וכן למערך של קשרים בין מרכיבי הקונטקסט החדש, וחלוקת עבודה. הרעיון הוא הבחנה מוחלטת בין שרשרת פעולות (=actions) לבין מערך של פעילות (=activity).
⁴⁸ כתב העת The Journal of The Learning Sciences יצא בפרויקט שהתפרסם על שלוש שנים, החל מ-2006. במסגרת הפרויקט מפורסמים מאמרים אודות העברה ומתנהל דיאלוג פורה בנושא (Lobato, 2006, עמ' 445).

⁴⁹ להלן ציטוט:

"...researchers are too worried that transfer is *too hard to find*—that are too many examples of transfer failure" (Bransford & Schwartz, 1999, p. 6); "*transfer is rare, and its likelihood of occurrence is directly related to the similarity between two situations*" (Detterman, 1993, p. 15).

⁵⁰ כמובן שאין בכך הכללה, אלא תיאור המצבים שבהם לא תיתכן הכללה, והם לא נדירים.

תכנים מקוטעים וממודרים (compartmentalized) הגורמים לחוסר רצף ובהירות בתוך נושא ובין נושאים; ג. ידע שאיננו רלוונטי לחיי היום-יום של התלמידים, מה שלא מאפשר פתח להעברה (Gilbert, Bulte, & Perkins & Salomon, 2010); ד. ידע לוקלי ומיומנויות הספציפיות לתוכן הראשוני שבו נלמדו (Perkins & Salomon, 1988). אחת הסיבות לידע לוקלי היא שימוש בדוגמאות במהלך ההוראה: מחד, דוגמאות קונקרטיות מסייעות בהחלט לתלמידים להבין את הרלוונטיות של הנושא הנלמד, אך מאידך, ריבוי בדוגמאות היצמודות' מידי לנושא מעכב את ההעברה של המושג הרחב, העמוק (concept) (Bransford & Schwartz, 1999)⁵¹; ה. התוכן והמיומנויות של תחום התוכן הראשוני לא נלמד היטב, כלומר אין למידה התחלתית (initial learning). התוצאה היא, שהתוכן איננו מובן, ומלכתחילה איננו יכול לשמש מקור להעברה. (ייתכן ומיומנויות מסוימות לא נלמדו כלל, או שאינן מתאימות כלל ליעד ההעברה (Perkins & Salomon, 1988)⁵².

הקושי מסוג ה הוכח לדוגמה במחקר שנערך בנושא ההעברה ממתמטיקה לכימיה. נבדקה שליטת התלמידים במיומנויות גרפיות - שרטוט גרפים ופרשנות של גרפים במשימה מתמטית בתחום האלגברה בלבד, בהשוואה למשימה בכימיה, שהבנתה כרוכה בהפעלת מיומנויות אלגבריות וגם מיומנויות גרפיות. התלמידים הראו ביצועים משביעי רצון בתחום האלגברה בשני סוגי המשימות (מתמטית וכימית-מתמטית), אך בתחום הגרפים - ההישגים היו נמוכים בשתי המשימות. ממצאים אלה לימדו על כשלים מקדימים בלימוד הידע המתמטי ולא על בעיה בתהליך ההעברה (Potgieter, Harding, & Engelbrecht, 2008).

1.5 דרכי הוראה של תכנים ומיומנויות וסביבות למידה בעלות פוטנציאל לפיתוח של מיומנויות העברה

מה עשוי להניע העברה? Georghiades (2000) הציע שהוראה מטאקוגניטיבית עשויה להוביל להעברה וכן להתקיימות ארוכת-טווח של תפיסות מדעיות בקרב התלמידים. הוראה מטאקוגניטיבית מכוונת את הלומד לחשיבה רפלקטיבית, בחינה חוזרת של החומר הנלמד ומודעות לתהליך הלמידה ולקשיים. חשיבה מטאקוגניטיבית מביאה את התלמיד לבחון את הבנתו, תפיסותיו ומיומנויות שרכש. באופן זה הוא שולט על ידע, מה שמביא להתקיימות הידע לזמן ארוך. כך יוצר סיכוי שיוכל לבצע העברה באופן ספונטני אוטומטי (low-road) או אף באופן שכלתני מודע (high-road).

החוקר ביצע מחקר במטרה לבחון את השפעת ההוראה המטאקוגניטיבית על הישגי התלמידים, בדגש על מיומנות העברה. המחקר בוצע במדגם בקרב תלמידי כיתה ה שלמדו תכנים בנושא החשמל. נבדקו שתי קבוצות בקורת (הוראה רגילה, N=4, N=30) ושתי קבוצות ניסוי (הוראה מטאקוגניטיבית, N=4, N=30) מן המחקר עלו מספר ממצאים הנוגעים הן להוראה מטאקוגניטיבית כאסטרטגיה, והן לידע התלמידים לאורך זמן וליכולת ההעברה של החומר הנלמד, כדלהלן: א. הוראה רגילה וגם מטאקוגניטיבית יעילה יותר בקבוצות קטנות (הוראה מטאקוגניטיבית אפשרית ובעלת פוטנציאל רב בקרב תלמידים צעירים); ב. הוראה מטאקוגניטיבית יעילה יותר בנוגע לידע הנושא בקרב התלמידים וכן בנוגע להעברה. יחד עם זאת, התלמידים בשתי הקבוצות (הוראה רגילה והוראה מטאקוגניטיבית) התקשו בהעברה; ג. יכולת העברה

⁵¹ להלן ציטוט:

"*Knowledge that is overly contextualized can reduce transfer; abstract representations of knowledge can help promote knowledge*" (Bransford et al., 2000, p. 53 in: Lobato, 2006, p. 441).

⁵² להלן ציטוט:

"...*learning with understanding is important for enhancing performance on subsequent transfer tasks*" (Bransford & Schwartz, 1999, p. 4).

היתה **יציבה לאורך זמן**. זאת, בהשוואה לידע החומר שפחת ככל שעבר זמן מאז הלימוד⁵³. כלומר, ניתן להסיק בזהירות, שאם התלמידים מצליחים בהעברה מיד בתום הלימוד, אזי יכולת זו נשמרת ובאה לידי ביטוי גם מאוחר יותר.

העברה מוצלחת תתרחש במסגרת של **למידה משמעותית**⁵⁴, כאשר התלמיד נוכח ברלוונטיות של למידת הנושא המסוים לחי היום יום שלו, מה שנותן לגיטימציה ו'מצדיק' לכאורה את הלימוד (Gilbert, Bulte, & Pilot, 2010). החוקרים לעיל מציעים לבנות את תכניות הלימודים בתחומי התוכן המדעיים על **למידה מבוססת-הקשר** (context-based), כלומר למידת נושא תהיה סביב סוגיה אותנטית הדורשת פתרון או אירוע אקטואלי המתרחש בסביבה הקרובה או הרחוקה של התלמידים⁵⁵.

תחום התוכן שבו נערכים מחקרים עדכניים בנוגע להעברה הוא כימיה. זאת, מכיוון שמקצוע הכימיה הוא רלוונטי בחיי יום יום, וההעברה היא חיונית לפיתוח אוריינות מדעית-כימית⁵⁶. דיווח על מחקרים על העברה שבוצעו בתחום כימיה ומזון וכימיה-פיסיקה-טכנולוגיה מובא בנספח 16.

החוקרות ששון ודורי (2006) בחנו את השפעתה של סביבת למידה ממוחשבת מבוססת-חקר אירועים על פיתוח מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה, שאחת מהן היא ההעברה⁵⁷. נבחנה העברה קרובה והעברה רחוקה (כשתי מיומנויות בשתי משימות נפרדות). בחקר האירועים, שכל אחד מהם הוא 'סיפור כימי מן החיים', יש צורך בהעברה 'הלוך ושוב' בתוך התחום בין ארבע רמות ארגון המאפיינות את מקצוע הכימיה: רמת הסמל, רמת המקרו, רמת המיקרו ורמת התהליך⁵⁸. נמצא שבעקבות הלמידה של מבנית הלימוד השתפרה יכולת ההעברה הקרובה ויכולת ההעברה הרחוקה של התלמידים (בהשוואה בין היכולת לפני למידת המבנית ליכולת שלאחריה).

העברת מיומנויות חשיבה נבחנה על ידי החוקרת זוהר (1994). נחקרה ההשפעה של מסגרת הלמידה-**קבוצתית** (עם הנחייה חלקית) או **יחידנית** על **העברה בתוך תחום והעברה בין תחומים**, בנוגע למיומנות 'בקרת משתנים'. מיומנות זו נלמדה על ידי הדגמתה בביצוע של חקר בעיות משני תחומים: בעיה מתחום

⁵³ ידע הנושא וכן העברה נבדקו בשלוש נקודות זמן: שבוע, חודשיים ושמונה חודשים מאז הלימוד.

⁵⁴ בניגוד ל-'*senseless learning*' ול-'*rote learning*' (Fortus, 2002, p. 8). למידה משמעותית: איננה שרירותית, איננה שינון 'מילה במילה', כרוכה בהטמעת ידע חדש במוח הלומד, כרוכה בחיבור הידע החדש אל הידע הקודם, כרוכה בעיבוד הידע תוך שימוש בחשיבה מסדר גבוה. למידה משמעותית מתקיימת תוך חוויה או מעורבות באירועים ואינטראקציה עם אנשים (עפ"י Ausobel & Robinson, 1969 בתוך Ivie, 1998).

⁵⁵ למידה סביב פתרון בעיות עשויה להניע העברה. להלן ציטוט:

"*Appropriate problem representations increase positive transfer and decrease the probability of negative transfer*" (Bransford & Schwartz, 1999, p. 5).

⁵⁶ להלן שתיים ממטרות ההוראה של מקצוע הכימיה:

- 'להאיר ולהבהיר את הקשר של הכימיה לחיי היומיום, ליישומים טכנולוגיים שונים ולתחומי דעת ועניין נוספים.
- לתת מענה לצורך ההולך וגדל של הפרט ושל החברה להבין טוב יותר עקרונות בתחום הכימיה, המהווים חלק מסוגיות סביבתיות, רפואיות, משטרטיות וכד' שבהן דרושה מעורבות הציבור' (משרד החינוך, 2009א, עמ' 1).
להלן ציטוט מתוך הרציונל לתוכנית הלימודים בכימיה:
"מנקודת הראות התועלתית-יומיומית, הכימיה תורמת את ההיבט היישומי שלה – כיצד משתמשים בידע המדעי שצברנו לגבי חומרים ותהליכים כדי ליצור חומרים חדשים על פי צרכינו? השפעת הכימיה והידע הכימי ניכרת בכל תחומי החיים: חקלאות, בריאות, בישול, כביסה, קוסמטיקה, תעשיית המיקרו-אלקטרוניקה ועוד, ובכל סוגי החומרים הדרושים לנו – חומרי מזון, חומרי דלק, תרופות, דשנים, פולימרים, שבבים ועוד ועוד" (משרד החינוך, 2009א, עמ' 9).

⁵⁷ המחקר ליווה למידה של יחידת לימוד בכימיה, העוסקת במיומנויות (ולא בתכנים חדשים): 'מעבדות חקר ממוחשבות והדמיה מולקולרית בכימיה' (CCL=Case-based Computerized laboratory). המבנית מיועדת לתלמידי י"ב הלומדים 5 יחידות לימוד בכימיה בישראל. התוכנית מתאפיינת בלמידה שיתופית-קבוצתית באמצעות מעבדה ממוחשבת (ביצוע ניסויים באמצעות חישנים ושרטוט גרפים on line), הדמיה מולקולרית וחקר אירועים - כל זאת בליווי הנחיה ברמות שונות (scaffolding). המיומנויות שבאו לידי ביטוי בתהליך הלמידה היו: שאילת שאלות, ניתוח גרפים, הבנת מודל, חקר והעברה.

⁵⁸ האירועים מתוארים בהיבט הכימי בפירוט רב במבנית. אחד האירועים היה: 'עצים גורמים לזיהום אוויר – האם זה אפשרי?' באירוע מתוארים חומרים הנפלטים מן העצים וגורמים לזיהום אוויר. משימת ההעברה הקרובה היתה להסביר את מסיכותם של שני חומרים מסוימים במים ובממס אורגני; משימת ההעברה הרחוקה היתה להסביר את העובדה ששני החומרים הללו מתווכים תקשורת בין בעלי חיים.

הפיסיקה ובעיה מתחום החברה⁵⁹. תוצאות המחקר הצביעו על העברה מלאה בתוך תחום בקרב התלמידים שלמדו באופן קבוצתי, אך העברה בין התחומים בוצעה במידה קטנה יותר. הגורם לכך היה קושי התלמידים להבחין במבנה הלוגי המשותף לבעיות בשני התחומים. השלכות המחקר בנוגע להוראת מיומנויות: דרושה **הוראה מפורשת של מיומנויות** חשיבה הכרוכות בחקר, על מנת להבין מבנה של בעיות ולבצע העברה (Zohar, 1994).

בתחום הגנטיקה נבחנה העברה בין תחומים (=העברה רחוקה) על ידי החוקרות זוהר ונמט (2002). נחקרה ההשפעה של **הוראה מפורשת** (explicit instruction) של **מיומנות הטיעון** (argumentation), כחלק מהקניית פעולות חשיבה מסדר גבוה. מיומנות זו נבדקה על **ידע** של **תוכן** מדעי בגנטיקה ועל **יישום** של מיומנות הטיעון בדילמות בתחום הגנטיקה של האדם והעברה מהן- אל דילמות מוסריות בתחומים אחרים מחיי יום-יום (כמו תחום בית הספר)⁶⁰. מן המחקר עלה כי ההוראה המפורשת של מיומנויות חשיבה מסייעת לשיפור הידע המדעי וכן להעברה מוצלחת של מיומנות הטיעון בקונטקסט המדעי-גנטי, וממנו- הלאה אל הקונטקסט של דילמות מוסריות שונות. מאפייני הלמידה היו: למידה שיתופית ופעילה, המלווה בדיונים; עיסוק בדילמות ביאותיות מציאותיות ורלוונטיות, שהדיון עליהן מחייב ידע מדעי בגנטיקה ובטכנולוגיה (למשל: יעוץ גנטי, הורשת תכונות, תרפיה בגנים ושיבוט). כמו במחקר הקודם, יש למחקר הנדון השלכות על הוראת מיומנויות לשם שיפור ידע והעברת המיומנויות, הן על ידי **ההוראה המפורשת** והן על ידי **מתן האפשרות למעורבות** של התלמידים בלמידה. המעורבות **מעלה את המוטיבציה**, וזו **משפרת את ההעברה**. בנוסף, מיומנות הטיעון במיוחד כרוכה בחשיבה מטאקוגניטיבית, המסייעת אף היא להעברה מוצלחת (Bransford, Brown & Cocking, 1999).

בתחום המתמטיקה נערכו מחקרים רבים אשר בדקו את התהליכים החשיבתיים הכרוכים בביצועי פעולות מתמטיות. נבחנה גם **החשיבה האנליטית**. החשיבה האנליטית באה לידי ביטוי בכך שהלומד חושב על גורמים (סיבות) לאירועים ומפענח את דרך התרחשותם, **מבלי שהוא חווה אותם** (מה שדורש הפשטה). חשיבה אנליטית מבחינה בין מאפייני אירועים לבין הגורמים להם. (בבעיה מתמטית חשיבה אנליטית מבחינה בין **המאפיינים של טכניקת פתרון** לבעיות מתמטיות מסוימות לבין **מאפייני הבעיות** אשר נפתרות בעזרת הטכניקה המסוימת.) חשיבה מעין זו מאתגרת את התלמיד לפצח ולהבין אירועים נוספים, כלומר הוא חותר להיות מעורב בלמידה, מפני שהוא **רוצה לבחון את הבנתו**. הוכח שחשיבה אנליטית טובה מסייעת להעברה חיובית (Brown, 1997, מצוטט אצל Sieglar, 2003, עמ' 229). ממצא זה קשור לתובנות שנכתבו קודם אודות למידה פעילה, הבנה מעמיקה ומוטיבציה גבוהה המעודדות העברה. הדרך לעודד חשיבה אנליטית היא על ידי שאילת שאלות על תשובות שהתלמיד משיב: לנמק מדוע תשובה היא נכונה, או מדוע תשובה איננה נכונה. מתן התשובות כרוך גם בחשיבה מטאקוגניטיבית, שאף היא מסייעת להעברה (Sieglar, 2003).

1.6 מחקרים על העברה

להלן יוצגו שני מחקרים העוסקים בחקר תפיסות של תלמידים, כאשר הרמה הגבוהה ביותר של תפיסת המושג היא העברתו להקשרים אחרים ותפיסתו כמושג אינטגרטיבי, חוצה תחומים⁶¹.

⁵⁹ היו עשר בעיות בעלות מבנה איזומורפי בכל תחום. הבעיות נחקרו בשני סבבים של למידה.

⁶⁰ המחקר נערך בישראל בקרב תלמידי חטיבת הביניים (ז-ט).

⁶¹ במחקרים אלו לא נבחנה ההשפעה של סביבת לצמידה או שיטת למידה ספציפית על יכולת ההעברה.

1.6.1 תחום פיסיקה

המושג 'אנרגיה': הבנת המושג 'אנרגיה' בכללותו מתפתחת דרך הבנה של היבטים שונים של המושג, מן המוחשי (הנראה והמוכר) אל המופשט (החישובי): מקורות אנרגיה (sources), העברת אנרגיה (transfer), גלגולי אנרגיה (transformation) ושימור אנרגיה (conservation). המושג נחקר רבות אודות העברתו ויישומו בתחום הפיסיקה (נפילה חופשית, מסלול טיל), הטכנולוגיה (מכשירים כמו מאוורר, טחנת רוח) והביולוגיה (מארג מזון בבית גידול, פוטוסינתזה ונשימה תאית). מן המחקרים עלה שהיבט השימור של אנרגיה לא ניתן להעברה. היבט זה, למרות היותו רלוונטי ובסיסי, מסתבר שהוא איננו מהווה חלק אינהרנטי מעולם הידע של התלמידים אודות המושג 'אנרגיה'. (אינו בא לידי ביטוי באופן ספונטני בתשובות התלמידים). ההסבר לקביעה זו נעוץ לפי החוקרים בכך שנושא שימור האנרגיה התפתח כנושא תיאורטי ופילוסופי. זאת, בניגוד לחוקי שימור אחרים כמו שימור חומר ושימור תנע, שניתן להמחישם ואף לחוות אותם. זוהי כפי הנראה הסיבה לכך שהנושא קשה להבנה, ולפיכך לא מועבר מן הפיסיקה אל תחומים אחרים (Lee & Liu, 2009). (ראה קושי ה בסעיף 1.4).

דוגמה למחקר בנושא 'אנרגיה': המחקר נערך בקרב תלמידי בית הספר היסודי בקפריסין (גיל 11 – 14) במטרה לבדוק באיזו מידה התלמידים יודעים את מעורבותו של מושג האנרגיה בשינויים המתרחשים במערכות פיסיקליות וכן במערכות אחרות לא פיסיקליות, כלומר, עליהם לבצע העברה מן התחום הראשוני שבו למדו אנרגיה אל תחומים אחרים. מן המחקר עלה, שהתלמידים לא מבינים את 'גודלו' (מידת הפריסה) של המושג, כלומר היותו רב-תחומי ובינתחומי.⁶²

קשיים בהעברה נובעים מהבנה לקויה של המושג ותפיסה מצומצמת שלו. ניתן לאפיין את הקשיים בתפיסת המושג 'אנרגיה' בקרב התלמידים (יש אפיונים כלליים המצביעים על הבנה לקויה של מהות המדע, ויש אפיונים ספציפיים לתפיסת המושג 'אנרגיה'): א. הקושי בתפיסת האחידות של המושג, והיותו גורם המסביר מגוון של תופעות בעולם. כמו כן, התלמידים מתקשים להכיר באפשרות של קיום הסבר אחד לתופעות רבות בתחומים שונים (תפיסה שגויה של טבעו של המדע); ב. הקושי להבין שהמושג אנרגיה קיים במערכות שונות, למשל במערכת מכאנית (למשל מכונית) כמו במערכת חשמלית. מלכתחילה התלמידים קושרים את המושג למערכת אחת, ומתקשים להתנתק ממנה. (באופן טיפוסי זוהי המערכת החשמלית הנתפסת כשוות ערך לאנרגיה). (ראה קושי ד בסעיף 1.4). ג. הקושי בהבחנה בין 'גירוי' (starter, trigger) ל'גורם' (cause)⁶³; ד. קשיים בהבנת נושא מקורות האנרגיה⁶⁴; ה. קושי בהבחנה בין 'אנרגיה' לבין 'כוח', לבין 'זרם חשמלי'; ו. קושי רב בתפיסה הכמותית של אנרגיה, מה שמביא לבעייתיות בתפיסה של שימור האנרגיה בעולם (Papadouris, Constantinou, & Kyratsi, 2007).

לסיכום, קשיים אלה לא מאפשרים העברה. לפיכך, במעשה ההוראה יש לטפל בקשיים אלה. כמו כן, ניתן להשליך מכך לגבי פוטנציאל ההעברה של נושאים מדעיים אחרים, מבחינת קשיים בלמידה ההתחלתית של נושא (initial learning), עוד לפני שהוא מועבר.

⁶² "...the transphenomenological and unifying nature of energy" (Papadouris, Constantinou., & Kyratsi, 2007, p. 444).

⁶³ למשל: הפעלת מקדחה מתחילה על ידי לחיצה על מתג ההפעלה, אך המשך הפעולה הוא גלגול אנרגיה חשמלית לאנרגיה מכאנית. התלמידים סוברים שהמשך הפעילות גם כן נובע מן הלחיצה על המתג.

⁶⁴ למשל, תלמידים מאמינים שמקור האנרגיה הוא בחוט חשמל של מכשיר חשמלי.

1.6.2 תחום ביולוגיה-אקולוגיה

הנושא: בתי גידול. המחקר נערך בקרב תלמידים צעירים בבית הספר התיכון (גיל 13 – 14) במטרה לבחון את יכולת ההעברה שלהם בתוך תחום אקולוגיה: באיזו מידה התלמידים מעבירים ומכלילים את הידע שלמדו אודות בית גידול אחד (יער) - אל בית גידול אחר (ביצה). מטרת העל היא פיתוח היכולת של התלמידים 'לקרוא טבע' ('read nature') (Magntorn & Hellden, 2007, p. 68). נבחנה ההשפעה של דרך ההוראה על יכולת ההעברה⁶⁵.

תהליך ההוראה של הנושא: הכרת בית גידול היער כוון להיות 'הוראה לשם העברה', וכן זוהי הדגמה לגישת ה'קירוב' (hugging), המתאימה להעברה קרובה (near transfer). (ראה סעיף 1.2). הוראת הנושא תוכננה על בסיס שלוש הנחות יסוד: א. העברה מוצלחת תתרחש לאחר שליטה בידע של התוכן ומיומנויות הנושא (ראה קושי ה בסעיף 1.4)⁶⁶; ב. העברה מוצלחת תתרחש כאשר נושא נלמד במספר הקשרים (בנושא הנידון: לימוד בתוך הכיתה ומחוץ לכיתה – סיור לימודי ביער); ג. העברה מוצלחת תתרחש כאשר התלמיד מארגן את הידע בסכמות: זהו ייצוג תמציתי של רעיונות מופשטים, הבאים לידי ביטוי בדוגמאות קונקרטיות (תוצר של הכללה והפשטה)⁶⁷. המחקר בוצע בצמוד ובמקביל למהלך ההוראה בשלבים: א. פתיחה: רקע תיאורטי לאקולוגיה ואימון בכתיבת מפת מושגים, המהווה כלי לימודי באקולוגיה, בשל האופי ההירארכי של התחום; ב. לימוד תיאורטי של הנושא: מעבר האנרגיה מהשמש אל הסוכר (יצירת סכמה); ג. לימוד ביער (outdoor study) (חוויה והמחשה); ד. קישור בין התיאוריה וה'שדה'- היער (יישום הסכמות ליצירת מודל). ההעברה נבחנה לאחר שלושה חודשים מתום הלימוד בבית הגידול: הביצה (pond), שהתלמידים מעולם לא בקרו בה. ההעברה נבחנה בשלושה תחומים (רמות): מבנה, התנהגות ותפקיד: SBF= Structure, Behaviour, Function (Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004, Magntorn & Hellden, 2007, עמ' 85): מבנה בית הגידול- ניכר קושי בשל חוסר בידע לגבי בעלי החיים הספציפיים המאכלסים את בית הגידול החדש: הביצה. הועברה הסכמה של מארג המזון בבית גידול (כמבנה כללי), אך ניכר קושי בהעברה של ראיית גורמים א-ביוטיים כחלק ממבנה בית הגידול (גורמים א-ביוטיים לא 'נראים' מיידית או באופן אינטואיטיבי); התנהגות: תהליכים בבית הגידול ושינויים לאורך זמן - הועבר רעיון המחזור של אנרגיה או של חומרים (לרוב כמעגל יחיד single-step). לא הועבר רעיון ההדדיות והתלות בין אורגניזמים בבית הגידול מבחינת מארג המזון ו"אפקט דומיננט" (חסר או עודף בגורם אחד המשפיע בהדרגה על כל יתר המרכיבים). כמו כן לא היתה העברה של חיזוי שינויים לאורך זמן בבית הגידול החדש - הביצה; פונקציה: תפקידים של מרכיבים בבית הגידול - יש העברה של הבנה כללית של התאמה בין מבנה (פיזיוגנומיה) לתפקיד בעל החיים (או קבוצות של בעלי חיים) ומיקומו ההירארכי בבית הגידול. לרמת ההבנה של הפונקציה יש חשיבות רבה בהעברת היכולת 'לקרוא בית גידול' (שהיא הבסיס לאקולוגיה). אם התלמיד מכיר בעלי חיים ויודע לשייכם לקבוצות סיסטמטיות ופונקציונליות, אזי הוא יצפה למצוא אותם בכל בית גידול, ואף יחפשם (לדוגמה המפרקים שהם מיקרואורגניזמים מיקרוסקופיים שאינם נראים באופן מייד, אלא בעזרת מיקרוסקופ). בכך התלמיד מפגין שליטה בידע אודות בית הגידול, מה שמקנה לו אוריינות אקולוגית (Magntorn & Hellden, 2007).

⁶⁵ המחקר איכותני ומבוסס על ראיונות בעל-פה ובכתב (מפות מושגים).

⁶⁶ "The first factor that influences successful transfer is the degree of mastery in the original ability" (Magntorn & Hellden, 2007, p. 71).

⁶⁷ דוגמה מתחום האקולוגיה: תהליכים גלובליים עקרוניים, כמו מחזור חומרים, זרימת אנרגיה בין הרמות בבית הגידול המתרחשים בבית גידול ספציפי.

1.7 העברה של מיומנויות מהחיים אל הלמידה הבית-ספרית וההפך

ניתן לזהות מיומנויות רבות המשותפות לכל מקצועות המדעים והטכנולוגיה, ואף תקפות בתחומי דעת אחרים. קבוצת המיומנויות הבולטת בהקשריה הרחבים, במקצועות לימוד רבים כמו: היסטוריה, מדע וטכנולוגיה, וגיאוגרפיה אורבנית, ובכל תחומי החיים היא: **פתרון בעיות וקבלת החלטות**⁶⁸ (דרסלר, 2009). אחת המטרות המרכזיות בלימודי מדע וטכנולוגיה היא טיפול באסטרטגיות חשיבה של פתרון בעיות וקבלת החלטות. ניתן וליישם ולהעביר מודלים כלליים של פתרון בעיות ומודלים של קבלת החלטות אל מקצועות הלימוד שיש להם היבט ערכי ומוסרי לחברה ולסביבה, למשל: גנטיקה, מדעי הסביבה, מדעי כדור הארץ, טכנולוגיה, אימונולוגיה (תורת החיסון). ההעברה והיישום של אסטרטגיות קבלת פתרון בעיות וקבלת החלטות באים לידי ביטוי בסוגיות שיש בהן דילמות אותנטיות, שבהן משולב הצורך להביע עמדות ולהבין ערכים. בנוסף, יש סוגיות אותנטיות הקשורות בנושא מדעי מסוים, אך הטיפול בהן בדרך של פתרון בעיות וקבלת החלטות מחייב מיצוי הידע וההבנה של הנושא, תוך קישור להיבטים שונים (בדרך כלל היבטים סביבתיים או היבטים חברתיים). כלומר, יישום המיומנויות הללו עשוי לסייע להבנה מעמיקה יותר של הנושא המדעי עצמו, וכן להבנתו בהקשר הרב-תחומי. כלומר, יש כאן שילוב של עולם התוכן (content) ויצירת ההקשר (context), תוך אימון במיומנויות מועברות. משימות הלמידה הניתנות לתלמידים, ושלצורך ביצוען התלמיד צריך לבצע העברה, ניתנות בדרך כלל בסוף הלימוד של הנושא, שכן הבסיס לפוטנציאל ההעברה הוא **ידע אינטגרטיבי של כל מרכיבי הנושא** (דרסלר, 2009).

בתוכנית הלימודים 'כישורי חיים' לכיתות הגן עד י"ב ישנם רעיונות חינוכיים ומיומנויות שונות אשר מהווים תכנים בתוכנית לימודים ייחודית זו, ומאידך מהווים חלק מהתפיסות המרכזיות של תוכנית הלימודים במדעים וחלק ממטרותיה בתחום הערכים והמיומנויות. התכנים בתוכנית 'כישורי חיים' הם במסגרת התפיסה הרעיונית 'מיטביות' (שדמי, 2007).

תפיסת ה**מיטביות** (רווחה נפשית - wellness): תפיסה זו מתייחסת לרווחה נפשית, המבטאת תפיסה חיובית של בריאות נפשית, שחלק ממנה הוא שמירה על בריאות הגוף, על ידי התנהגות מתאימה כמו מניעת מחלות, פעילות גופנית, תזונה מאוזנת וכיו"ב.⁶⁹ תפיסה זו כוללת בתוכה את תפיסת ה**בריאות (שלומות) - well being** שהיא אחת מחמש התפיסות המרכזיות העומדות בבסיס תוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה לבית הספר היסודי. כמו כן, אחד מתחומי המשנה בתחום התוכן 'מדעי החיים' הוא 'האדם, בריאותו, התנהגותו ואיכות חייו'. להלן ציטוט מרציונל התוכנית: "אחת המטרות המרכזיות של תוכנית מב"ט היא לפתח אצל התלמידים אורח חיים והתנהגויות מקדמות בריאות, בשאיפה להביא לשיפור איכות החיים האישית והחברתית שלהם... תפיסת הבריאות היא מצב של רווחה גופנית, נפשית וחברתית ולא רק מצב של היעדר מחלה" (סלע ודרסלר, 2007, עמ' 1).

תפיסת המיטביות כוללת תכנים ומיומנויות, שפיתוחן מהווה גם חלק ממטרות התוכנית בתחום פיתוח המיומנויות בלימודי מדע וטכנולוגיה: פיתוח חשיבה רפלקטיבית, פתרון בעיות וקבלת החלטות (על ידי היחיד ובצוות), שיתוף פעולה, עבודת צוות, יצירת ידע, רכישת מידע חדש ושימוש בו, חשיבה ביקורתית, חשיבה יצירתית, הצבת מטרות ותכנון פעולות (חקר), קידום הבריאות: תזונה נכונה, פעילות גופנית ומניעת שימוש בחומרים מסוכנים (שדמי, 2007, עמ' 115-116).

⁶⁸ מיומנויות בתחום פתרון בעיות (משרד החינוך, 2005): איתור צרכים אנושיים-חברתיים והגדרתם, הגדרת מטרות מחקר או פרויקט, אפיון המוצר או המערכת, תכנון פתרונות אפשריים והצעתם, בחירת פתרון אופטימלי, פירוט שלבי הפיתוח וביצועו, הערכת הפתרון או המוצר המוגמר.

⁶⁹ Myers וחובריו (2000, מצוטט אצל שדמי, 2007, עמ' 19) הגדירו: "אורח חיים מכוון כלפי בריאות ומיטביות אופטימליים. אורח חיים המממש אינטגרציה בין גוף נפש ורוח לצורך חיים מלאים יותר במסגרת הקהילה האנושית והטבעית".

כיווני הלמידה של התכנים שונים בהדגשיהם בשתי התוכניות. בתוכנית 'כישורי חיים' הדגש הוא על יצירת המודעות ואימון בהפעלת המיומנויות, ואילו במקצוע 'מדע וטכנולוגיה' הדגש הוא על בניית ידע שניתן יהיה לרתום אותו להתנהגות המתאימה למיטביות. יחד עם זאת, נראה שניתן לבצע העברה בין 'מקצוע' אחד לאחר, מה שייצור **סינרגיזם** בכיוון של **חיזוק התכנים והמיומנויות** מכיוון הידע ומכיוון האימון.

1.7.1 העברה בין בית הספר לבין חיי היום-יום

העברה בין בית הספר לחיי יום-יום מלווה בקשיים שמקורם **בסתירות** בין הלמידה הבית-ספרית לבין חיי היום יום. נפרט: א. **אופי הלמידה**: בבית הספר הלמידה היא מלכתחילה יותר אינדיבידואלית מאשר בכל סביבה אחרת. מסגרות החיים מחוץ לבית הספר הם בשיתוף: המשפחה, החברה והעבודה. העבודה המדעית והטכנולוגית כיום מתבססת על עבודת צוות, וקבלת ההחלטות מתנהלת אף היא בשיתוף. ב. **כלי הלמידה**: בבית הספר הלמידה היא עיונית ומחשבתית לרוב. (השימוש בכלים טכנולוגיים הוא מועט יחסית, אם כי גובר והולך.) הסביבה החיצונית כיום היא עתירת-טכנולוגיה ודיגיטציה. יש להטמיע בבית הספר את הלמידה בסביבה דיגיטלית, על מנת להקל על ההעברה והמעבר מן הלמידה הבית ספרית אל החיים מחוץ לכותלי בית הספר. ג. **הוראת התכנים**: בבית הספר הלמידה היא לרוב תיאורטית, ואילו בחוץ – הלמידה היא בהקשר של בפתרון בעיות. על מנת לגשר על הפער, יש למקד את הלמידה סביב בעיות אותנטיות הנוגעות לתלמידים ולסביבתם הקרובה והרחוקה. המסקנה הנגזרת מסתירות אלו היא שיש לבדוק את הסביבה ואת המערך הבית-ספרי, על מנת להכין את התלמידים לקראת הלמידה העתידית מחוץ לבית הספר (Bransford, Brown & Cocking, 1999).

2. מיומנויות רלוונטיות הנרכשות במקצועות לימוד שונים הנלמדים במהלך שנות הלימודים גן הילדים-י"ב

בסקירת תוכניות הלימודים של מקצועות שונים אנו מוצאים במטרות ההוראה של כל מקצוע מטרות בתחום הקניית מיומנויות, הרלוונטיות גם למקצועות המדע והטכנולוגיה. המקצועיות שנסקרו הם: היסטוריה (לכיתות ו – ט), לימודי ארץ ישראל וארכיאולוגיה (לחטיבה העליונה), כלכלה (לחטיבה העליונה), יזמות (לחטיבה העליונה), יזמות עסקית (מקרה של עמק חפר, לחטיבה העליונה), מתודולוגיה-מבוא למחקר חברתי (לחטיבה העליונה, בחירה לרמה מוגברת) ומתמטיקה (לכיתות א-ו). המיומנויות הרלוונטיות והמשותפות למקצוע 'מדע וטכנולוגיה' מפורטות בטבלה בנספח 17.

ניתן לראות מיומנויות משותפות ממספר תחומים:

א. חשיבה: חקר מדעי הכולל העלאת השערות, תכנון, ארגון מידע, הסקת מסקנות, אינדוקציה ודדוקציה; טיעון; ניתוח טקסט; שימוש בייצוגים חזותיים 'גולמיים' והפקת מידע מהם, שימוש בייצוגים חזותיים- סמליים (מפות, גרפים) ויכולת להפיק מהם מידע; מיון; השוואה, יישום

ב. מידענות: איסוף מידע, שליפת מידע, שימוש מושכל במידע הרלוונטי לנושא הנלמד, ייצוג המידע

ג. טכנולוגיה: תהליך ייצור מוצר, פתרון בעיות, קבלת החלטות⁷⁰.

⁷⁰ פתרון בעיות וקבלת החלטות הן מיומנויות בינתחומיות הקשורות גם לפיתוח האישיות וכישורי חיים.

להלן פירוט המיומנויות של מקצוע אחד מתוך הרשימה, לימודי ארץ ישראל וארכיאולוגיה, כפי שמובא בצייטוט (משרד החינוך, תש"ע 2010ב, עמ' 5) להלן.

"התלמידים ירכשו ויפעילו אסטרטגיות חשיבה מסדר גבוה וכישורים מטה-קוגניטיביים שתכני הלימוד מזמנים:"

1. ינתחו ניתוח ביקורתי תופעות ותהליכים
2. ישוו תופעות, יבצעו תהליכי חקר
3. יעריכו הערכה ביקורתית תהליכי מחקר ומסקנות של חוקרים שונים
4. ייחשפו לעקרונות אי-הוודאות במדע – גילויים חדשים משנים תפיסות קודמות (למשל: הטיפולוגיה והתיארוך של בתי כנסת עתיקים)
5. יקשרו בין גורמים, ינתחו את המרכיבים המאפיינים כל חבל ארץ, יסבירו את ייחודו של החבל, ויבינו את הקשרים השונים בין המרכיבים המאפיינים כל חבל; ינתחו תופעה למרכיביה ולאחר מכן יצרפו את החלקים לכלל תמונה שלמה; יבינו יחסים בין תופעות במרחב על סמך יכולת התמצאות בשטח
6. יסבירו תופעות בשטח על בסיס עקרונות שנלמדו
7. ירכשו ויפעילו מיומנויות מידענות באמצעות ממצאים בשטח ומקורות היסטוריים להסברת תופעות ותהליכים בסביבות הפיזית והאנושית בארץ ישראל בהווה ובעבר
- א. יפיקו מידע מממצאים ארכיאולוגיים ומחפירות ארכיאולוגיות ויעבדו את המידע
- ב. יעריכו את תקפותם ואת מהימנותם של ממצאים ארכיאולוגיים כמקור מידע לעברה של ארץ ישראל (הערכה ביקורתית של מקורות מידע).

יש דמיון רב לכישורים הנדרשים במקצוע 'מדע וטכנולוגיה': א. תהליך החקר (סעיף 2); ב. לימוד עיקרון אי הוודאות של המדע (סעיף 4), עיקרון בסיסי, המלמד על מהותו של המדע (NOS= Nature Of Science); ג. מידענות (סעיף 7), המודגשת בעיקר בתוכנית הלימודים החדשה במדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים וכן בתוכנית מוט"ב; ד. פיתוח תפיסה מרחבית (סעיף 5); ה. פיתוח תפיסה מערכתית (סעיף 5). כישורי תפיסה של מערכות מורכבות (complex system thinking) מפורטים בשלביהם, כפי שקיים במיוחד בלימודי ביולוגיה, מדעי הסביבה, מדעי כדור הארץ וטכנולוגיה (מערכות טכנולוגיות).

המיומנויות המשותפות הללו למקצועות 'רחוקים' זה מזה, כמו מדע וטכנולוגיה ולימודי ארץ ישראל, עשויות להצביע על אפשרות העברה של מיומנויות⁷¹. כלומר, תלמיד יכול להיעזר במיומנות שרכש במקצוע אחד ולהשתמש בה בהקשר הנכון במקצוע האחר. מודעות למיומנויות המשותפות עשויה להצמיח שיתוף פעולה בין מורי המקצועות, באופן של תכנון הוראה של נושא בינתחומי, שבו יש היבטים מדעיים, טכנולוגיים, ארכיאולוגיים וגיאוגרפיים (כדוגמה).

⁷¹ גם ידע הנלמד במקצוע אחד יכול להיות מועבר למקצוע האחר, למשל בדוגמה שלעיל: לימודי הסביבה – הנושא 'מבנה סלעים וקרענות, מופיע גם בלימודי ארץ ישראל.

3. למידה באמצעים חוץ בית-ספריים

3.1 למידה בסביבות חוץ-כיתתיות⁷²

3.1.1 מבוא

למידה בכלל ולמידת מדעים בפרט היא מצטברת, מתפתחת לאורך זמן במהלך חוויות רבות שאדם חווה בסביבות שונות, החל בלמידה פורמלית בבית הספר, דרך סיורים לימודיים במוזיאון ועד לפעילויות 'פתוחות' כמו: צפייה בטלוויזיה, קריאת עיתונים וספרים, שיחה עם חברים ועם בני משפחה וכן, במידה מתעצמת והולכת- אינטראקציות מגוונות באינטרנט. זוהי ראייה רחבה של הלמידה, כמארג סינרגיסטי בין למידה בבית הספר לבין למידה מחוצה לו (Dierking, Falk, Rennie, Anderson, & Ellenbogen, 2003)⁷³.

חוקרים בתחום הוראת המדעים תומכים בהטמעת משאבי למידה חוץ-בית-ספריים לתוך תוכניות הלימודים, כהשלמה חשובה ויעילה⁷⁴.

הפוטנציאל הטמון בלמידה חוץ-בית-ספרית מבוסס על מספר נקודות מוצא: **הלמידה היא תהליך אישי; למידה משמעותית היא בהקשר; למידה משמעותית דורשת השקעת זמן** (Rennie, 2003). ללמידה החוץ בית-ספרית ארבעה מאפיינים: א. הנוכחות והמעורבות הם לבחירה ולא חובה; ב. התכנים לא נקבעים מראש אלא נתונים לבחירה ולשיקול דעת של הלומדים; ג. מלכתחילה, הפעילויות אינן תחרותיות ולא ניתנים ציונים בסופן; ד. האינטראקציה החברתית במהלך הפעילויות הלימודיות היא מגוונת ומתנהלת מתוך בחירה ובאופן חופשי בין גילאים שונים. המאפיינים מצביעים על כך שהמניעים ללמידה זו הם פנימיים ("learner-led and intrinsically motivated", Rennie, 2003, p. 127).

3.1.2 שיתוף הקהילה והמשפחה בלמידה

למשפחה ולקהילה עשויות להיות מעורבות בלמידה בשני אופנים: חיזוני – מתן גיבוי כספי וסיוע לתלמידים בהכנת משימות לימודיות (מבלי להיות לומדים יחד איתם); פנימי – השתתפות פעילה כחלק מקבוצת הלימוד עם התלמידים.

החוקרות דורי וטל (2000) תארו פרויקט חקר לימודי (פתרון בעיות) שנערך בבית ספר קהילתי, הנמצא ביישוב קהילתי, הסמוך לפארק תעשייה אזורי בישראל (פארק תפן בגליל העליון המערבי). בפרויקט נבחרו סוגיות סיבתיות הנוגעות לקשר בין היישוב ופארק התעשייה הסמוך, במטרה לשפר את הממשק שביניהם. בפרויקט השתתפו התלמידים והוריהם, תושבי הקהילה וכן בעלי תפקידים ומומחים מפארק התעשייה. הפרויקט מהווה מודל ללמידה רלוונטית, הבאה לפתור בעיות אותנטיות (real-life) והמדגימה ומחזקת

⁷² כינויים אחרים ללמידה חוץ-בית-ספרית:

"informal learning, non-formal learning, learning in out-of-school contexts, settings or environments" (Rennie, 2003, p. 126).

⁷³ להלן ציטוט:

"In this view learning is an **organic, dynamic, never-ending, and holistic phenomenon** of constructing personal meaning. This broad view of learning recognizes that much of what people come to know about the world, including the world of science content and process, derives from the **real-world experiences** within a diversity of appropriate physical and social contexts **motivated by an intrinsic desire to learn**" (Dierking, Falk, Rennie, Anderson, & Ellenbogen, 2003, p. 109).

⁷⁴ Bybee (2001, בתוך Rennie, 2003, עמ' 127) המליץ שהסטנדרטים של המועצה הלאומית למחקר (NRC) יהוו גשר בין סביבת הלמידה (setting) הפורמלית והמחייבת לבין הסביבות הפתוחות לבחירה (free-choice): "...the free-choice learning community must be included in any view of achieving scientific literacy".

את הזיקה בין התלמידים לבין הסביבה האקולוגית והסביבה החברתית שבה הם חיים. הפרויקט הלימודי כלל גם למידה תיאורטית בכיתה, וכן סיורים בסביבה, באתרים שאליהם השתייך הנושא הנחקר על ידי כל קבוצה. השותפות של כלל הקהילה היתה בתמיכה ובמתן משוב על תוצרי הלמידה. הצלחת הפרויקט באה לידי ביטוי בחיזוק הקשר בין התלמידים להוריהם ובביטויי התלהבות מצד כל המשתתפים. למידה בדרך זו מבטאת את התפיסה החינוכית של בית הספר הקהילתי, בסביבה שתושביה מודעים לחשיבות השימור הסביבתי בצד הקידום הטכנולוגי-התעשייתי (Dori & Tal, 2000).
[ראה הרחבה אודות הלימוד בסביבה החוץ-כיתתית (field-trip) בנספח 18.]

בהונג קונג נערך סיכום וניתוח של ממצאי מבחן PISA משנת 2006, אודות השפעת המשפחה על הישגי התלמידים. נבדק הקשר בין מידת המעורבות של ההורים והשקעתם בלימודי המדעים של ילדיהם, קרי בהקניית אוריינות מדעית בקרב ילדיהם. ככלל, ניתן להסיק, שתלמידים אשר כבר בהיותם צעירים היו הוריהם מעורבים איתם ועם בית הספר בבניית הסביבה הלימודית המתאימה ללימודי מדעים וכן בארגון פעילויות לימודיות מגוונות, היו בעלי אוריינות מדעית גבוהה יותר⁷⁵. הפעילויות הלימודיות הללו כמו צפייה משותפת בתוכניות טלוויזיה העוסקות בנושאים מדעיים, קריאת ספרים ע"י בני המשפחה אודות תגליות והמצאות, קריאה או האזנה לסיפורי מדע בדיוני, נמצאו יעילות עבור למידת מדעים וכן עבור העלאת המסוגלות העצמית של התלמידים. כמו כן נמצא, שתלמידים שגדלו בבתי עתירי משאבים תרבותיים ללמידה, הראו ביצועים גבוהים יותר באוריינות מדעית (Ho, 2010).

3.1.3 סיור לימודי במוזיאון-מדע

תערוכה במוזיאון עשויה לתרום לפיתוח האישיות, בכלל וללמידה בפרט, בכך שהיא מהווה מקור ל:
א. מגוון הזדמנויות לחוויות והתנסויות; ב. סקרנות, הפתעה, גירויים להמשך למידה; ג. ביטחון ותחושה של יכולת (competence); ד. שליטה ובקרה וכן הכוונה עצמית (self determination); ה. הנאה ממשחק; ו. תקשורת תוך אינטראקציה חברתית משמעותית; ז. מוטיבציה פנימית אצל הלומד. כמו כן, תערוכה מציעה ייצוגים מוחשיים וייצוגים סמליים רבים של נושא, המאפשרים למידה יעילה בקרב תלמידים בעלי סגנונות למידה שונים ובדרכים שונות של למידה "*multiple modes of learning*" (ייצוגים המעוררים חושים שונים) (Semper, 1990, מצוטט אצל Rennie, 2003, עמ' 138).

ממצאים התומכים במאפייני התרומה החינוכית של תערוכה במוזיאון עלו ממחקר שנערך בקרב תלמידים מחוננים הלומדים בבית הספר היסודי בארה"ב (לוס אנג'לס). נחקרה פעילות חקר לימודית המקבילה לעבודת היועצים המדעיים של המוזיאון. נמצא כי התלמידים הבינו במידה רבה יותר את מקומם של מקצועות מדעיים שונים בעבודה (work) (כדוגמת ייעוץ מדעי למוזיאון), מהות העבודה המדעית, ואף הביעו רצון רב להמשיך לחקור עיסוקים מדעיים נוספים. כמו כן היתה עליה ברמת הידע של התלמידים (בהשוואה למבחן מקדים) (Melber, 2003).

ממצאים מנוגדים לקביעות אלו עלו ממחקר רחב-הקף (30 קבוצות) נערך בארה"ב (קליפורניה) ב-2003 אודות סיורים מודרכים שנערכו עבור תלמידים במוזיאון 'ההיסטוריה של המדע'. ממצאי המחקר העלו, כי תלמידים נהנו מן הביקור ומאופן ההדרכה, אך לא יכלו לדווח כי למדו תוכן כלשהו במדעים. כלומר, לא

⁷⁵ מעורבות ההורים נמדדה על פי המדדים הבאים: התקשורת עם בית הספר, ההשתתפות בפעילויות בבית הספר, התקשורת עם הורים אחרים, התקשורת עם הילדים בבית: השתתפות עם הילדים בקריאת ספר או בצפייה בסרט, ניהול שיח או דיון אודות סרט או ספר, או סוגיה חברתית (Ho, 2010).

היה חיבור לנושאים הנלמדים במסגרת תוכנית הלימודים הנהוגה בבית הספר (Cox-Peterson, Marsh,) (Kisiel & Melber, 2003)⁷⁶.

ב- 2008 נערך מחקר אודות למידה מטאקוגניטיבית, כפי שבאה לידי ביטוי בסיוור לימודי בפארק מדעי-שעשועים העשיר במתקנים ומציע פעילויות מתחום הפיסיקה. (חשיבה מטאקוגניטיבית מתבצעת על אובייקט או נושא שאודות פעילות בו היא מבוצעת). במסגרת הסיוור בפארק הפיסיקה התלמידים קיבלו משימות לימודיות של פתרון בעיות, איתן התמודדו בקבוצות. מן המחקר עלה שהתלמידים פיתחו הבנה עמוקה בתחום הקינמטיקה, וגם למדו על עצמם כלומדים. הלמידה החוץ-כיתתית סיפקה עבורם סביבה עשירה ללמידה חווייתית, תוך התנסות ממשית בתופעות פיסיקליות. אופי המשימות הלימודיות עודד חשיבה רפלקטיבית בקרב התלמידים, בעת שקיימו דיונים לימודיים קבוצתיים. הפעילות בפארק השעשועים גם העלתה את המוטיבציה של התלמידים ללמוד וכן את המסוגלות העצמית שלהם ללמידה (Nielsen, Nashon & Anderson, 2009).

עדות נוספת להצלחת לימוד במוזיאון באה ממחקר שנערך בגרמניה (מינכן) (Stavrova & Urhahne,) (2010). במחקר בוצעה השוואה בין שתי קבוצות תלמידים הלומדים בבית הספר התיכון, אשר השתתפו בסיוור מודרך בנושא 'צורות אנרגיה ושימושיהן'. תכני הביקור הותאמו לתוכנית הלימודים. מהלך הסיוור היה שונה בשתי הקבוצות: קבוצה אחת שהיוותה 'קבוצת ביקורת', סיירה במוזיאון לפי מודל הסיוור הלימודי המקובל עד כה, ואילו הקבוצה השנייה היוותה 'קבוצת ניסוי', ומהלך הסיוור שלה היה על פי המודל החדש הנבחן במחקר. עיקרו של המודל המקורי הוא סיוור המודרך באופן פרונטלי, ואין אינטראקציה פעילה והדדית בין המדריך והתלמידים: המדריך מרצה והתלמידים שומעים. המודל החדש הוא מודל שעיקרו למידה פעילה, חווייתית, מתוכננת ומתוזמנת, של המדריך והתלמידים גם יחד⁷⁷. במחקר נבדקה ההשפעה של המודל החדש לסיוור הלימודי על היבטים שונים של למידת הנושא בקרב התלמידים, למשל: ידע, מוטיבציה פנימית, דימוי עצמי אודות יכולות למידה (perceived competence), מידת העניין בסיוור, שביעות הרצון (רגשות חיוביים), מידת הכעס על הלמידה במוזיאון ומידת השעמום (רגשות שליליים)⁷⁸. ממצאי המחקר העלו שסיוור לימודי על פי המודל החדש, שבו התלמידים פעילים בקבוצות והם מתלהבים ונהנים בעת מילוי המשימות הלימודיות הקצרות, הביא לעלייה במספר מדדים: מידת המעורבות של התלמידים בלמידה, שיעור העמדות החיוביות כלפי למידת הנושא המדעי, מידת העניין, המוטיבציה הפנימית ואף העוררות שגילו התלמידים בעת הלמידה. יש לציין, שלא היה הבדל ברמת הידע של התלמידים בשתי הקבוצות⁷⁹.

ניתן להסיק ממחקר זה ומיתר המחקרים העוסקים בנושא, כי יש לתכנן את הפעילות במוזיאון באופן מושכל ומוקפד, תוך הלימה לתוכנית הלימודים, ושילוב של הנחיה מובנית, תוך גילוי רגישות להתנהגות

⁷⁶ כנגזר מממצאי המחקר החוקרים המליצו על הידוק הקשר בין אופן ההדרכה והתכנים במוזיאון ותוכנית הלימודים, זאת במגמה לשלב את הלמידה החוץ-בית-ספרית בלמידה הפורמלית.

⁷⁷ הן במודל המקורי והן במודל החדש הסיוור מתחיל בחקר ראשוני, תוך מילוי דפי פעילות (בקבוצות) המסכמים את ההתרשמות הראשונית מהמוצגים בנושא הנלמד. המשך הסיוור נבדל במידת הפעילות של התלמידים בלמידה. במודל המקורי המשך הסיוור הוא הרצאה של המרצה (כלומר, התלמידים פסיביים במידה רבה). במודל החדש – בסיוור המודרך שזורות פעילויות לימודיות בצורת חידון מאתגר ותחרות ובניית פאזל. פעילויות אלה מונחות על ידי המרצה, באופן של מתן משוב ושדרוג של תשובות התלמידים. שילוב הפעילויות מתוכנן מראש בקפידה ומוקצב בזמן. המודל החדש הוא פרגמטי, ומכוון ללמידה פעילה, תמציתית, מפעילת חושים, חווייתית ומגוונת, המעצימה את חוויית הלמידה במוזיאון, מחוץ לכותלי בית הספר.

⁷⁸ התוכנית החדשה, שהיא בעצם ההתערבות במחקר (intervention), הותוותה לאור המלצות ממחקרים קודמים לתכנון מוקפד של סיוור לימודי במוזיאון, בהתאם ל'מודל הלמידה בהקשר' (Stavrova & Urhahne,) 'Contextual Model of Learning' (2010, עמ' 2293, 2301).

⁷⁹ מחברי המאמר מסבירים זאת, בכך ששתי הקבוצות למדו את הנושא, אלא שמקור הידע היה שונה. במודל המקורי הידע ניתן על ידי המרצה ואילו במודל החדש, הידע נבנה תוך הרצאה המשולבת בשיח קבוצתי פעיל.

הלימודית, הרגשית והחברתית התלמידים בסביבה מורכבת ועתירת גירויים כמו מוזיאון (אוריון, 2003; Stavrova & Urhahne, 2010, עמ' 2301).

3.2 שימוש באמצעי תקשורת דיגיטליים עכשוויים בלמידה: סביבה מקוונת ללמידה

הוראה ולמידה בסביבה מקוונת משמעותה ניצול טכנולוגיות המידע והתקשורת כאמצעי הוראה-למידה דיגיטליים כשגרת עבודה- למידה⁸⁰. כיום, מתרבים והולכים הניסיונות להטמיע בכיתות לימוד אמצעים דיגיטליים, השימושיים בסביבה החוץ-בית-ספרית, שלא עד כה בבית הספר, למשל: מחשב אישי נייד, טלפון נייד לשליחת מסרונים, שימוש באינטרנט לצורך למידה סינכרונית וניהול פורום on-line. להלן נסקור מספר מחקרים בנושאים אלו.

3.2.1 טכנולוגיות ממוחשבת-מתוקשבת

טכנולוגיות תקשוב פתחו אפשרויות חדשות להגברת היעילות של תהליכי הוראה ולמידה. "טכנולוגיה ממוחשבת-מתוקשבת מדגישה חשיבה מסתעפת ורב-ממדית והמחשה של תופעות מורכבות" (רוזן, 2009, עמ' 3).

מחקר שמומן על ידי חברת 'Brain-Pop' בחן את ההשפעה של לימוד בעזרת סרטוני אנימציה בנושאים מדעיים שמופקים על ידי החברה על שני היבטים בלמידה: היבט קוגניטיבי והיבט אישיותי-רגשי. המחקר נערך בקרב תלמידי בית הספר היסודי (נושא 'כדור הארץ והיקום') וחטיבת ביניים (נושא 'חומרים ותכונותיהם') בישראל.

ממצאי המחקר העלו שההתנסות בלמידה משולבת בסרטוני אנימציה השפיעה על הלמידה בשני היבטים שבהם התמקד המחקר. בהיבט הקוגניטיבי - הלמידה הגבירה באופן משמעותי את מיומנויות החשיבה הגבוהות של התלמידים. זאת, בהשוואה לתלמידים שלמדו ללא צפייה בסרטונים. יתירה מזאת, הממשק הגרפי של הסרטונים מעורר בו-זמנית גירויים של קול ותמונה, ובכך מטפח חשיבה חזותית-צילומית. בהיבט האישיותי-רגשי - הלמידה בדרך הממוחשבת-מתוקשבת העלתה את המוטיבציה ללמידה. (לעומת זאת, בקרב התלמידים שלמדו באופן מסורתי, ירדה המוטיבציה במהלך הלימודים). בנוסף, בעקבות ההתנסות בלמידה משולבת- סרטוני אנימציה חל בקרב התלמידים שינוי תפיסתי בנוגע ללימודי מדע וטכנולוגיה. הם ראו עצמם במרכז הלמידה (מה שגם כן מעלה גם מוטיבציה ומסוגלות עצמית) (רוזן, 2009).

3.2.2 מחשב נייד כאמצעי ללמידה בכיתה

סקירת מידע על שילובם של מחשבים ניידים במערכת החינוך ובבתי ספר מעלה, כי ההטמעה במערכת החינוך היא עדיין בחיתוליה, וכך גם הקף המחקרים המלווים אותה (פז וסלנט, 2010). רבות מן היוזמות להטמעת מחשב נייד בבית הספר הן מקומיות ולא ממשלתיות.

⁸⁰ להלן ציטוט באשר למורים שתפקידם חשוב ביותר בהוראה בסביבה דיגיטלית: "מורה מקוון הוא מורה הפועל בסביבת למידה חדשנית, הוא מורה בעל תפיסת תפקיד עדכנית, בה הוא מנהיג, יוזם ומיישם תהליכי הוראה-למידה פוריים, המשלבים למידה אישית, חשיבה גבוהה ולמידה בצוות, תוך שימוש משמעותי בסביבה מקוונת, ובמיוחד תוך ניצול הפוטנציאל הטמון בכלי הדור השני של האינטרנט – Web 2.0 ובכלים עתידיים, שאת ניצניהם ניתן למצוא כיום. כל זאת במסגרת שיעור המתקיים בתחילתו בין כותלי הכיתה הפיסיים, אשר המשכו ופעילויות נוספות הנגזרות ממנו נעשות במרחב מקוון ייעודי, ללא אילוצי מרחב וזמן נתונים" (רותם, 2010, עמ' 5).

3.2.2.1 מחשב נייד במערכת החינוך בישראל

בישראל קיימות שתי יוזמות **יישוביות** (מקומיות) – פרויקט מ.ש.י ופרויקט כתו"ם⁸¹. מחקר המלווה את פרויקט מ.ש.י מעלה שביעות רצון גבוהה בקרב התלמידים מהלימוד באמצעות המחשבים הניידים, המורים הרגישו שהתמקצעו בתחום התקשוב ושהוראתם השתפרה, והמנהלות הרגישו שהיישוב עלה על הדרך הנכונה בשילוב התקשוב בהוראה-למידה **כשגרה**. בפרויקט כתו"ם- נערך משוב בקרב התלמידים והמורים ממנו עולה שביעות רצון של התלמידים הן מבחינה לימודית והן מבחינה חברתית. כמו כן בלטה העזרה ההדדית בין התלמידים בתקשורת דרך האתר בשעות אחר-הצהרים (שעורי בית, סיכומי שעור). גם המורים ראו שיפור במוטיבציה, בעזרה הדדית בין התלמידים ובריבוי של פעילויות העשרה. כמו כן בלט שימוש ביישומי מחשב ברמה גבוהה יותר משאר הכיתות. הדבר ניכר במיוחד ברמת חשיפה גבוהה של התלמידים למידע ולמאמרים, ולכן הישגיהם גבוהים יותר.

בישראל קיים פרויקט 'מחשב נייד לכל מורה', החולש על 21 ערים ומועצות אזוריות. במעקב אחר ההשפעה של יוזמה ניתן ללמוד על אופן השימוש במחשבים על-ידי המורים, כדלהלן: כללית, המורים חשו שיפור בתפקודם; 75% טענו כי יכולת ההוראה שלהם השתפרה וכי רמת העניין של תלמידיהם בשיעור גברה בעקבות השימוש במחשב הנייד בשיעורים; 35% מן המורים טענו שחלה ירידה תלולה בבעיות המשמעת של תלמידיהם; המורים דיווחו שהם מפעילים את המחשב הנייד גם בשיעורי הלמידה הפרטנית במסגרת 'אופק חדש', וכי הוא מאפשר להתאים לכל תלמיד את השיעורים שהוא זקוק להם; מורים אשר בקשו לשנות את סביבת ההוראה (מרחב הלמידה וארגונו) כך שתהיה מקוונת לא קיבלו תמיכה של מורים עמיתים בבית הספר; המורים דיווחו על עומס יתר בעבודה בשל השקעה בהכנת חומרי למידה ספציפיים ללמידה במחשב, מה שצריך היה להיעשות באופן מערכתי (פז וסלנט, 2010).

3.2.2.2 מחשב נייד במערכת החינוך בארה"ב

בארה"ב, באירופה (פורטוגל- 40% מהתלמידים), בבריטניה, באוסטרליה ובדרום אמריקה (אורגוואי)⁸², מוטמע שילוב מחשבים ניידים עם חיבור לאינטרנט⁸³. היוזמות לכך הן לרוב בית-ספריות ולא ממשלתיות. רק בארה"ב קיימות אלפי תכניות כלל-ארציות ביחס למחשבים ניידים על כל שולחן בכיתה.

⁸¹ פרויקט מ.ש.י (גני תקווה) צוידו כ- 280 תלמידים הלומדים בכיתות ו- 1 ו- 2 וכ- 40 מורים במחשבים ניידים. 'תהליך התקשוב מהווה מנוף לשינוי פדגוגי, ארגוני ומערכתי ביישוב. הלמידה היא קונסטרוקטיביסטית ובמהלכה עולות שאלות כגון: מה המשמעות של "שגרת הוראה מתוקשבת" מהיבט הלומד, המורה והמנהל; מהם השלבים הנדרשים לביסוס תרבות הוראה והלמידה המקוונת; מהם השימושים היומיומיים שעושים המורים והתלמידים במחשבים הניידים והנייחים; מהם המודלים השונים לשילוב התקשוב במסגרת בית הספר כארגון; כיצד משתנה האווירה הלימודית בבית הספר; כיצד משפיע תהליך התקשוב על הישגי התלמידים, ועוד. הפרויקט מלווה במחקר הערכה על ידי צוות מחקר מבר אילן. (נדלה ב- 18.11.10 מ:

<http://sites.google.com/site/estydster/%D7%A4%D7%A8%D7%95%D7%99%D7%A7%D7%98%D7%9E.%D7%A9.%D7%99.%D7%92%D7%A0%D7%99%D7%AA%D7%A7%D7%95%D7%95%D7%94>

פרויקט מחשב כתו"ם (כיתה, תלמיד ומחשב) (חט"ב בכפר סבא) משלב מחשבים ניידים בהוראה ובלמידה בכיתה ובבית, תוך יצירת סביבת למידה, בה יש מחשב זמין להוראה/ למידה לכל מורה ולכל תלמיד בכל מקום ובכל זמן. זהו פרויקט ניסויי הנתמך על ידי מכון דוידסון במכון ויצמן. בחירת הכיתה בחטיבה בוצעה על ידי הגרלה. הכיתה הטרוגנית מבחינת הרכב התלמידים. חולקו מחשבים ניידים לכל תלמידי הכיתה ולכל מורה. מטרת הפרויקט היא לאפשר למורים לפעול בסביבה מתוקשבת ולפתח מיומנויות ביישומי מחשב על פי שיקול דעת פדגוגי, ולזהות תנאים אופטימאליים וכן גורמים התומכים או הבולמים את תהליכי שילוב המחשבים הניידים במערכות חינוך בישראל.

⁸² אורגוואי היא המדינה הראשונה בעולם שפיתחה את היוזמה.

⁸³ בסקירה זו אין נתוני מחקר מאירופה.

מנתונים כוללים שנאספו עולה, כי התרומה הגדולה היא בתחום השימוש במחשבים בהכנת שיעורי הבית⁸⁴. בארה"ב ניכרים ארבעה תחומים מרכזיים בהם היתה השפעה חיובית לשילוב המחשבים הניידים בחינוך: כתיב, כתיבה, קריאה ומתמטיקה. יחד עם זאת, המחסום הגדול ביותר העומד בדרך להצלחת התוכניות הוא חוסר בתמיכה מקצועית במורים בשילוב הטכנולוגיות בהוראה-למידה וכן באי-מחויבות של בתי הספר ליישם את הפרויקטים הללו. חלוקת מחשבים למורים ולתלמידים, בהנחה שיעבדו באופן חופשי ויצירתי, איננה יעילה (כלומר, ההנחה שמחשב אישי של המורה יעודדו לעבודה יצירתית ומלהיבה, לא מאוששת במציאות) (פז וסלנט 2010).

בארה"ב (פנסילבניה) בוצע מחקר ספציפי אודות ההשפעה של הטמעת מחשבים ניידים הכוללים אינטרנט אלחוטי בקרב תלמידי כיתות ו על לימוד מתמטיקה. במחקר הושוו שתי קבוצות של תלמידים שלמדו באמצעות לומדה אינטרנטית מקיפה במתמטיקה: א. תלמידים שלמדו עם מחשבים ניידים; ב. תלמידים הלומדים עם מחשב נייד יחיד בכיתה. מן המחקר עלה כי התלמידים שלמדו בעזרת המחשב הנייד (wireless laptops) התקדמו בקצב אישי בלמידה והוכיחו אחריות רבה ומחויבות ללמידתם; המורים הקדישו זמן רב לכל תלמיד וכן נתנו להם מרחב גדול יותר לאחריות האישית שלהם ללמידתם (קונסטרוקטיביזם); ניתן היה לבצע חשיבה רפלקטיבית על פעולות התלמידים על ידי אפשרות איחזור מהיר של חומר; הישגי תלמידים שלמדו עם מחשב נייד אינטרנטי עלו על הישגי התלמידים בקבוצת הביקורת במבחן ציוני-דרך רבעוני (אך לא במבחן הארצי). בחישוב משוקלל - ממוצע ציוניהם העלה את הדירוג היחסי של מחוזם במדינה (Clariana, 2009).

3.2.3 טלפון נייד (Mobile) כאמצעי להעברת מסרונים במסגרת הלמידה

שימוש בטכנולוגיות תקשורת הכוללות טלפון נייד ואינטרנט נבחן בקרב תלמידים בוגרים של בתי ספר מקצועיים בסין. במחקר נבחנו שימוש בנפרד של כל אחת מהטכנולוגיות: טלפון נייד למשלוח מסרונים (SMS), מייל ופורום סינכרוני (On-line) וכן שימוש משולב של SMS + דואר אלקטרוני (mail) ו-SMS + פורום On-line. נבדקה ההשפעה על הישגי התלמידים, המוטיבציה ומידת הלחץ (stress) שבו הם נתונים בעת בלמידה ובעקבותיה. ממצאי המחקר הראו כי מסרונים שהם מיידיים ופופולאריים גרמו לחיזוק הקשר בין התלמידים והמורים, שיפרו את הרגשתם והעלו את רמתם של רכיבי מוטיבציה ואת הערך העצמי של התלמידים (בשל הרצון לקשר והרגשת הנחיצות). השילוב של מסרונים עם כלי האינטרנט העלה את המוטיבציה הפנימית (intrinsic) והחיצונית (extrinsic) של התלמידים, ואף את הלחץ בקרבם (אם כי במידה קטנה יותר), אך לא היתה השפעה ייחודית על ההישגים הלימודיים⁸⁵. כללית, עוצמת ההשפעה החיובית של המסרונים (SMS) היתה גבוהה יותר מזו של דואר אלקטרוני ופורום סינכרוני (Rau, Gao & Wu, 2008)⁸⁶.

מחקר נוסף שעסק בלימוד מתמטיקה באמצעות טלפון נייד נערך בישראל בקרב תלמידי כיתה ט. התלמידים למדו באמצעות סביבת למידה 'The Math4Mobile'⁸⁷, המהווה פלטפורמה מתמטית, חיובית

⁸⁴ לפני התחלת הפרויקט דווחו 155 מתלמידי כיתות ו על שימוש תכוף במחשבים בשיעורי בית; לאחר שנה של שימוש במחשבים הניידים דווחו 75% מהתלמידים על כך (Clariana, 2009).

⁸⁵ ההשתתפות הצורך לביטוי עצמי בשיח ציבורי בפורום מקשה על התלמידים, זאת בהשוואה לדיאלוג פרטי המתנהל במסרונים ובמייל.

⁸⁶ מגבלת המחקר: השפעת השימוש בטכנולוגיות התקשורת נבחנה מיד לאחר תקופת הלמידה. יש לבחון את ההשפעה בטווח רחוק יותר, על מנת לבחון את מגמתה (Rau, Gao & Wu, 2008).

⁸⁷ האתר הוא יוזמה של המכון לאלטרנטיבות בחינוך בשיתוף עם המחלקה לחינוך באוניברסיטת חיפה.

וגרפית לשימוש בטלפונים ניידים בלימוד מתמטיקה. הלמידה כללה פתרון בעיות מתמטיות אותנטיות. הפרויקט התנהל תוך מעורבות של מנהלי בתי הספר והמורים המלמדים את המקצוע. ממצאי המחקר העלו כי התלמידים נוכחו ברלוונטיות של המתמטיקה בחיי יום-יום וכן פיתחו תפיסות חדשות שונות אודות המקצוע. השימוש בתוכנה המיוחדת דרש ידע ושליטה בה, מה שהשפיע על התנהגות התלמידים במהלך הלמידה, על מידת השיתופיות ביניהם וגם על קשייהם. תלמידים בעלי רמת ידע נמוכה הראו מעורבות קטנה בלמידה ושיתופיות מעטה ביניהם. ההפך נמצא אצל התלמידים אשר גילו שליטה בחומר ויכולת מניפולציה ביישומי התוכנה. כמו כן, תלמידים אלה נהנו ללמוד באמצעות טכנולוגיה חדשנית זו (Baya'a & Daher, 2010)⁸⁸.

מיעוט המחקרים בנושא השימוש במסרונים במערכת החינוך מעיד על כך שהוא רק בתחילת דרכו. מחקרים רבים יותר נערכו אודות שימוש ביישומי תקשורת אינטרנטית (CMC=Computer mediated communication) (Rau, Gao & wu, 2008). נראה, ששינוי מהותי של סביבה הלימודית בבית הספר הוא תהליך הדורש זמן ארוך לביצועו, וכן אורך-רוח מצד מערכות החינוך ברמה הארצית וברמה הבית-ספרית.

⁸⁸ המחקר בוצע על מדגם של 50 תלמידים משני בתי ספר.

סיכום

בסקירת הספרות הוצגה העברה (transfer) במספר היבטים: א. ההיבט העיוני: נסקרו מחקרים עיוניים שבהם נמצאו הגדרות להעברה, סוגים ותנאים לביצוע. כל זאת על מנת לענות על השאלה הקלאסית "האם העברה אפשרית?"; ב. ההיבט המעשי: נסקרו מאמרים אמפיריים שבחנו ביצוע העברה של ידע ומיומנויות למידה וחשיבה בשדה: בתוך תחום מדעי ובין תחומים מדעיים; ג. ההיבט של המיומנויות המשותפות לתחומי דעת רבים ולכישורי חיים: נסקרו תכניות לימודים של מקצועות לימוד שאינם מתחומי המדעים המדויקים. זאת, על מנת לבחון את אפשרויות ההעברה של מיומנויות מתחומי המדעים אל תחומי דעת אחרים ואל תחומים שאינם קשורים למסגרת הלימודים; ד. ההיבט של סביבת הלימוד: היבט זה בוחן העברה מבחינת יכולת הלמידה בקונסטלציה שונה. נסקרו מחקרים אמפיריים אודות שילוב סביבות לימוד חוץ-כיתתיות יחד עם הלמידה הבית-ספרית, ולמידה תוך שימוש באמצעים שאינם תלויים במסגרת בית הספר מבחינת מקום וזמן. זאת, על מנת לבחון את **אפשרות ההעברה של למידה** מן המסגרת המסורתית, הפורמלית המצויה בין כתלי בית הספר (בצמידות של מקום וזמן) אל סביבות חוץ בית ספריות: סביבה פיסית חיצונית: השדה (טבע), המוזיאון, מפעלי תעשייה⁸⁹; סביבה חברתית שונה: המשפחה והקהילה; 'סביבה' טכנולוגית-דיגיטלית שאיננה מתוחמת בגבולות: אינטרנט וטלפון סלולרי.

התנאים להעברה בכלל ההיבטים (אשר נמצאו גם במחקרים שהראו העברה) הם:

- א. למידה ראשונית היא הכרחית, כך **שיהיה ידע** בנושא/תחום/קונטקסט הראשוניים.
- ב. **הנושא יתאים להעברה**. יהיה **בסיס להעברה**. (אנלוגיה מסוימת בין הקונטקסט הראשוני לבין קונטקסט היעד).
- ג. המורים יכוונו את התלמידים **לחשיבה ולתבונה** אודות ההיבטים של נושא המתאימים להעברה.
- ד. **הבנה** היא בסיס מוקדם להעברה.
- ה. **הלמידה צריכה להיות מלכתחילה במספר הקשרים** (ולא צמודה להקשר אחד) (יש לכוון את התלמידים לפתיחות מחשבתית, כך שייווכחו ברלוונטיות הנושא הנלמד למצבים שונים ולדוגמאות שונות).
- ו. **ההוראה תתאים לנושא הנלמד, למרחב הלמידה ולאמצעי הלמידה, כך שמשאביהם ינוצלו באופן מיטבי**.
- ז. **למידה משמעותית** היא תנאי להעברה. התלמידים יהיו **מעורבים** בלמידה ויינתנו להם הזדמנויות ליישום הלמידה **בהקשרים שונים** (על פי Fortus, 2002).

⁸⁹ לימוד מדעים בשילוב של מפעלי תעשייה לא נכלל בסקירה זו.

תאור הכתיבה של הסקירה המדעית

החלק הראשון של הסקירה: 'תאור מקצועות הלימוד בתחום מדע וטכנולוגיה ומדעי הטבע' נכתב בהדרגה על פי ראשי הפרקים שצוינו בהזמנת הסקירה. לקראת הכתיבה ובמהלכה סקרתי את תוכניות הלימודים הקיימות והמתעדכנות במקצועות המדעים והטכנולוגיה בכל הגילאים (גן-י"ב), כולל המקצועות הקשורים בתחום כמו מדעי כדור הארץ ומדעי הסביבה. מתוך התוכניות, הכוללות גם מסמכים נלוים, דליתי את רציונל המקצועות, מטרות ההוראה בתחומי התוכן והמיומנויות וכן נושאי הלימוד. מסמכים נוספים שנסקרו הם: מסמך הסטנדרטים וציוני הדרך במדע וטכנולוגיה לבית הספר היסודי ומסמך עקרונות הקיימות (sustainability) בבית הספר היסודי. (כל המסמכים, כולל טיוטות, מצויים בפורטל תוכניות הלימודים של משרד החינוך).

סקרתי גם מספר תוכניות לימודים מרחבי העולם: ארה"ב - תוכנית הלימודים במדינת מסצ'וסטס (2006) (Science and technology/engineering curriculum), ושינגטון (2008): תוכנית STEM (Science, Technology, Engineering & Math) וצפון קרוליינה (2010), קנדה - אונטריו (2007) ואוסטרליה (New South Wales) (2009). הדוגמה של תוכנית הלימודים במסצ'וסטס מובאת בנספח 14.

החלק השני של הסקירה נכתב לאחר חיפוש מאמרים בנושא העיקרי של חלק זה של הסקירה: העברה (transfer), וזאת, בשני אופנים:

- א. חיפוש ישיר בכתבי העת של תחום הוראת המדעים: Journal of Research in Science Teaching, Science Education ו- International Journal of Science Education.
- ב. חיפוש בשני מנועי חיפוש עיקריים:

1. Eric (CSA: Illumina)
2. Google

מילות המפתח לחיפוש בנושא 'העברה' היו:

'transfer in science education', 'education transfer science', 'teaching for transfer', 'hierarchy of knowledge in science education', 'transfer of skills in science learning', 'Transfer across domains', 'transfer+context-based science teaching', 'transfer+problem solving'.

מילות המפתח לחיפוש בנושא ההרחבה של סביבת הלמידה על ידי שימוש באמצעים 'חוץ בית ספריים' היו: 'outdoors learning science', 'field trip science learning', 'museums+science learning', 'family+science learning', 'mobile communication technology+science learning', 'laptop in science class', 'internet+science education', 'sms+science learning'.

החיפושים התמקדו במאמרים שפורסמו משנת 2000 ואילך.

מאמרים נוספים נמצאו על פי עיון ברשימות ביבליוגרפיות של המאמרים הראשונים. בהמשך החיפוש נעזרתי גם בספרים, שהם על פי רוב ערוכים. הספר 'How people learn' היווה עבורי בסיס לספרים נוספים. כמו כן נעזרתי בספרים אשר צוטטו במאמרים, למשל:

'Handbook of Research in Science Education', 'Transfer on trial', 'The transfer of cognitive skills'.

ניתן לסווג את המאמרים השונים על פי אופיים כמאמרים מחקרניים, מאמרי עמדה על סמך סקירת ספרות, מאמרים תיאורטיים ומאמרי סקירה. במאמרים רבים צוטטו חוקרים שהם 'עמודי תווך' בהבנת הנושא,

למשל: Bransford, Schwartz, Brown & Cocking, Dierking, Detterman, Perkins & Salomon, Singly & Anderson. המפגש החוזר ונשנה עם חוקרים אלו במאמרים חיזק את הידיעה שהחיפוש הביא למציאת אסופה מהימנה של חשיבה ומחקר אודות נושא עקרוני זה.

'העברה' (transfer) הוא תחום עיוני מהותי בחינוך: בהוראה ולמידה. העיסוק בו החל עוד לפני כמאה שנים. הנושא הוא ממוקד ומוגדר ומצאתי חומר רב אודותיו. התמקדתי כמובן בהעברה בתחומי המדעים. העיון במאמרים, הן המחקריים והן העיוניים, בנושא 'העברה' הביא לגיבוש הידע אודות הנושא ולהתוויה של דרך הכתיבה בסקירה המדעית וארגונה מן הכלל (הגדרות, סוגים, גישות, קשיים אופייניים) אל הפרט (הדוגמאות והיישום). לעומת זאת, נושא הרחבת מעגל הלמידה לסביבות חוץ-בית-ספריות הוא נושא רחב מאד ונוגע לגורמים רבים המהווים סביבת לימוד חוץ-בית ספרית. חלקו של הנושא העוסק בלמידה ב'שדה' ובמוזיאונים נחקר מזה שנים רבות, וחלקו האחר, העוסק בסביבות למידה חוץ-כיתתיות וירטואליות-דיגיטליות הוא חדשני, והמחקר בו נמצא בחיתוליו. לפיכך, בנוגע לנושא זה בחרתי מדגם של מאמרים קטן בהיקפו, אך מייצג. גם בנושא זה מגמת הכתיבה היא מן הכלל (מיומנויות הניתנות להעברה בין בית הספר לחיים ובחזרה) אל הפרט (דוגמאות של למידה בסביבות חוץ-כיתתיות).

רשימת ספרות

- אוריון, נ. (2003). סביבת הלימוד החוץ-כיתתית – למה ואיך? *אאוריקה*, 17, נדלה ב- 16 בנובמבר 2010 מ: http://www.matar.ac.il/eureka/newspaper17/article1_2.asp
- גולדשמידט, ר. (2010). *החינוך למדעים וטכנולוגיה*, מוגש לוועדת המדע והטכנולוגיה, הכנסת, מרכז המחקר והמידע. ירושלים.
- דרסלר, מ. (תשס"ח, 2009). *עניין של החלטה, שילוב אסטרטגיות החשיבה קבלת החלטות בלימודי מדע וטכנולוגיה*. תמה, מכון מופ"ת.
- דרסלר, מ. (2010). *השלבת אסטרטגיות חשיבה בתהליכים מידעניים*, *אאוריקה*, 31, נדלה ב- 3 בנובמבר 2010 מ: <http://www.matar.ac.il/eureka/newspaper27/docs/09.pdf>
- הרפז, י. (2000). *לקראת הוראה ולמידה בקהילת חשיבה*. נדלה ב- 4 בנובמבר 2010 מ: cse.proj.ac.il/Kenes2005/communities.do
- ועדת היגוי עליונה ללימודי מדע וטכנולוגיה. (תשס"ה, 2004). *דו"ח הוועדה לבחינת המגמות והמקצועות הטכנולוגיים*. נדלה ב- 9 בינואר 2011 מ: <http://www.csit.org.il/ULVCT/DownLoad/%D7%93%D7%95%D7%97%D7%94%D7%95%D7%95%D7%A2%D7%93%D7%94%D7%9C%D7%91%D7%97%D7%99%D7%A0%D7%AA%D7%94%D7%9E%D7%92%D7%9E%D7%95%D7%AA%D7%95%D7%94%D7%9E.pdf>
- וורגן, י. (2006). *חינוך סביבתי במערכת החינוך*. הכנסת, מרכז המידע והמחקר, קרית בן גוריון, ירושלים.
- וורגן, י. (2009). *לימודי המדעים בחינוך העל-יסודי: מצב לימודי הפיזיקה*. הכנסת, מרכז המידע והמחקר, קרית בן גוריון, ירושלים.
- וורגן, י., וגלעד, נ. (תשס"ח, 2008). *החינוך המקצועי והטכנולוגי בישראל ובעולם*. הכנסת, מרכז המידע והמחקר, קרית בן גוריון, ירושלים.
- זוהר ע. (2007). *שינוי הסטטוס של לימוד המדעים הבסיסיים בנתיב העיוני*. נדלה ב- 19 בדצמבר 2010 מ: chimianet.zefat.ac.il/.../Anat_Zohar_leMnahalim_030607.doc
- טל-לוי, ש. (2007). *חינוך מדעי בגיל הרך*. בתוך: פ. ש. קליין, וי. ב. יבלון (עורכים), *ממחקר לעשייה לגיל הרך* (עמ' 257 – 270). ירושלים: האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, היזמה למחקר יישומי בחינוך
- יועד, צ., אבולעפיה, נ., בן דוד, ע., ברזילי, ש., גרבר, ר., עורבי, נ., ופרידמן, ד. (2009). *אסטרטגיות חשיבה מסדר גבוה*. משרד החינוך, המזכירות הפדגוגית, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים.
- מני-איקן, ע., ואפרתי, ר. (תשס"ז, 2007א). *עמדות מפקחים, מדריכים, מנהלים ומורים כלפי תוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים - מחקר הערכה*. משרד החינוך, המזכירות הפדגוגית, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, מכון הנרייטה סאלד, המכון הארצי למחקר במדעי ההתנהגות. נדלה ב-6 בינואר, 2011 מ: http://meyda.education.gov.il/files/Tochniyot_Limudim/DochotMechkarim/MadaChatab.pdf
- מני-איקן, ע., ואפרתי, ר. (תשס"ז, 2007ב). *מסגרת לתוכנית לימודים 'מדע וטכנולוגיה בחברה' (מוט"ב) לחטיבה העליונה - מחקר הערכה*. משרד החינוך, המזכירות הפדגוגית, האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, מכון הנרייטה סאלד, המכון הארצי למחקר במדעי ההתנהגות. נדלה ב-6 בינואר, 2011 מ: http://meyda.education.gov.il/files/Tochniyot_Limudim/DochotMechkarim/Mutav.pdf
- משרד החינוך והתרבות (1992). *מחר '98 דו"ח הוועדה העליונה לחינוך מדעי וטכנולוגי*, מוגש לשרת החינוך והתרבות.

משרד החינוך (1996). תוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים. המזכירות הפדגוגית, האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, מנהלת מלי"מ- המרכז הארצי לחינוך מדעי טכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט, מכון ויצמן למדע, נדלה ב- 16 בנובמבר, 2010 מ:

<http://clickit3.ort.org.il/apps/ww/page.aspx?ws=5dd54bfd-f1b8-4c5d-834a-1ddecblc789b&page=6aad83bf-20bd-4841-b544-6b3527a9186b>

משרד החינוך (תשנ"ט, תשס"ה). תוכנית לימודים במדע וטכנולוגיה לבית הספר היסודי, האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, נדלה ב- 26 באוקטובר 2010 מ:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/science_tech/Mivne/BechiratTchanim

משרד החינוך (תש"ס, 2001). תוכנית הלימודים ביזמות לחטיבה העליונה. האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, נדלה ב- 16 בנובמבר 2010 מ:

http://www.education.gov.il/tochniyot_limudim/yazamut/home.html

משרד החינוך (2003). מבחן פיזה – רציונאל, נדלה ב- 28 באוקטובר 2010 מ:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/UNITs/Mazkirut_Pedagogit/Chimya/Templates/RegularText.aspx?NRMODE=Published&NRNODEGUID={4626186E-5546-47F5-8EA8-5B7DA71DE451}&NRORIGINALURL=/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/Chimya/HaarachatTalmidim/Piza/&NRCACHEHINT=NoModifyGuest#1

משרד החינוך, התרבות והספורט (2004א). סטנדרטים וציוני דרך במדע וטכנולוגיה לבית הספר היסודי. המינהל למדע וטכנולוגיה- תחום המדעים, הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה, המזכירות הפדגוגית, האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, אגף מפמ"רים, נדלה ב- 19 באוקטובר 2010 מ:

<http://cms.education.gov.il/NR/ronlyres/0634F9A4-FB0C-439D-B316-158C7B167891/17235/alldoc.pdf>

משרד החינוך (2004ב). תוכנית הלימודים במדעי כדור הארץ. האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, נדלה ב- 26 באוקטובר 2010 מ:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Portal/Tochniyot_Limudim/CativaElyuna/MadaSviva.htm

משרד החינוך (תשס"ד 2005). מתודולוגיה מבוא למחקר חברתי, תוכנית לימודים, מקצוע בחירה בחטיבה העליונה בבית הספר הכללי, הערבי והדרוזי, השלמה לרמה מוגברת. המזכירות הפדגוגית, האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, נדלה ב- 16 בנובמבר 2010 מ:

<http://cms.education.gov.il/NR/ronlyres/11A7F01C-2995-4F40-A49C-D1DCCD662DB0/7135/METHOD.pdf>

משרד החינוך (תשס"ה). תוכנית לימודים במקצוע מדעי המחשב לחטיבה העליונה בבתי הספר הממלכתי וממלכתי דתי. המזכירות הפדגוגית, המינהל למדע וטכנולוגי, האגף לפיתוח תוכניות לימודים. נדלה ב- 9 בינואר 2011 מ:

http://www.csit.org.il/default.aspx?MenuShow=DOCS&Doc_ID=55

משרד החינוך (2006א). תוכנית הלימודים בביוטכנולוגיה. האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, נדלה ב- 26 באוקטובר 2010 מ:

<http://biotech.ort.org.il/scripts/frame.asp?pc=139739769&linktype=sp&folder=844206678>

משרד החינוך (2006ב). תוכנית הלימודים בביולוגיה. האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, נדלה ב- 26 באוקטובר 2010 מ:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Biologic/Mavo/Mavo.htm

משרד החינוך (2006ג). תוכנית הלימודים במתמטיקה לכיתות א – ו בכל המגזרים. האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, נדלה ב- 16 בנובמבר 2010 מ:

http://meyda.education.gov.il/files/Tochniyot_Limudim/Math/Yesodi/mavo1.pdf

משרד החינוך (תשס"ו, 2006). כלכלה- תוכנית לימודים 5 יחידות. מקצוע בחירה לבית הספר הכללי, הערבי והדרוזי. האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים. נדלה ב- 16 בנובמבר 2010 מ:

http://cms.education.gov.il/NR/ronlyres/24E0ABED-D2F1-4250-8661-8B8F5C0CC6B6/35326/Kalkala_1_2.pdf

משרד החינוך (תשס"ז 2008). תוכנית הלימודים במדעי הסביבה. האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים. נדלה ב- 22 בדצמבר 2010 מ:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Portal/TochniyotLimudim/CativaElyuna/MadaSviva.htm

משרד החינוך (2008א). חינוך לפיתוח בר קיימא - עקרונות הקיימות לטיפול ערכים והתנהגויות בתחומי לימוד בחטיבות הביניים: טיוטה. נדלה ב- 19 בדצמבר 2010 מ:

http://clickit3.ort.org.il/apps/ww/page.aspx?ws=5dd54bfd-f1b8-4c5d-834a-1ddecblc789b&page=b37cd78e-a8c2-4103-9526-5f053defe42d&fol=a00442e1-acea-4617-892b-e44d1e95c85f&code=a00442e1-acea-4617-892b-e44d1e95c85f&box=ed3c5b81-2b27-423e-a431-8d04188cb013&_pstate=item&_item=741d6e48-5b76-4d1c-8b07-30e9208ff41b

משרד החינוך (2008ב). מדעי הטכנולוגיה, תוכנית לימודים – עדכון. נדלה ב-9 בינואר 2011 מ:

<http://c3.ort.org.il/APPS/Public/GetFile.aspx?inline=yes&f=Files/6202BF2E-DF58-4347-9B32-1ECFD84803A3/FFF072DD-30B8-445F-9CFB-02D62C1EC06F/ED2FCB40-9035-4E26-9072-F474DE2DF8D8/B89F2F9F-83AE-4040-A69C-FF70AEC10F20.pdf&n=%D7%AA%D7%95%D7%9B%D7%A0%D7%99%D7%AA%20%D7%94%D7%9C%D7%99%D7%9E%D7%95%D7%93%D7%99%D7%9D%20%20%D7%9E%D7%93%D7%A2%D7%99%20%D7%94%D7%98%D7%9B%D7%A0%D7%95%D7%9C%D7%95%D7%92%D7%99%D7%94%20.pdf>

משרד החינוך (2009א). תוכנית הלימודים בכימיה. האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, נדלה ב- 19 באוקטובר 2010 מ:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Portal/TochniyotLimudim/CativaElyuna/Chemya.htm

משרד החינוך, התרבות והספורט (2009ב). תוכנית לימודים במדע וטכנולוגיה בגן הילדים ממלכתי וממלכתי-דת (טיוטה). האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, נדלה ב- 19 באוקטובר 2010 מ:

http://meyda.education.gov.il/files/Tochniyot_Limudim/KdamYesodi/MadaTecnologia.pdf

משרד החינוך, (2009ג). מיצ"ב כללי. רשות ארצית למדידה והערכה בחינוך, נדלה ב- 28 באוקטובר 2010 מ:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Rama/MivchaneiHameitzavKlali/Meitzav_Klali.htm

משרד החינוך (2009ד). בשבילי החל"ב. תוכנית מסגרת לחינוך לבריאות ולבית הספר הממלכתי והממלכתי דתי. האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים, נדלה ב- 16 בנובמבר 2010 מ:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/KdamYesodi/TochniyotLimudim/Briut.htm

משרד החינוך (2009ה). ניהול ויזמות עסקית- המקרה של עמק חפר. תוכניות לימודים ייחודיות. האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים. נדלה ב- 16 בנובמבר 2010 מ:

http://meyda.education.gov.il/files/Tochniyot_Limudim/Ichud/YazamutEmekChefer.pdf

משרד החינוך (2009). פרויקט טו"ב (טכנאי ובוגר). מינהל מדע וטכנולוגיה. נדלה ב- 9 בינואר 2011 מ:
<http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Scitech/TchumTechnologia/proyekttov/projekt.htm>

משרד החינוך (2010). לימודי מדע וטכנולוגיה בחברה מוט"ב לחטיבה העליונה. האגף לתכנון לפיתוח תכניות לימודים, נדלה ב- 19 באוקטובר 2010 מ:
http://meyda.education.gov.il/files/Tochniyot_Limudim/Mutav/A.pdf

משרד החינוך (2010). תוכנית הלימודים בפיסיקה. האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, נדלה ב- 19 באוקטובר 2010 מ:
http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Physics/5/AlHatochnit/

משרד החינוך (2010). לימודי מדע וטכנולוגיה ללומדים עם צרכים מיוחדים. האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, נדלה ב- 26 באוקטובר 2010 מ:
http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/Special/tochniyot/MadaTechnologia.htm

משרד החינוך (2010). תוכנית הלימודים בהיסטוריה בבית הספר הממלכתי, כיתות ו – ט. האגף לתכנון ולפיתוח תכניות לימודים, נדלה ב- 16 בנובמבר 2010 מ:
http://meyda.education.gov.il/files/Tochniyot_Limudim/Historia/History.pdf

משרד החינוך (2010). ערכות למורה לתכנון הוראה-למידה-הערכה (ה.ל.ה). מרכז מורים ארצי למדע ולטכנולוגיה בחטיבת הביניים מו"ט-נט. נדלה ב- 20 בדצמבר 2010 מ:
<http://clickit3.ort.org.il/apps/ww/page.aspx?ws=5dd54bfd-f1b8-4c5d-834a-1ddecblc789b&page=b37cd78e-a8c2-4103-9526-5f053defe42d&fol=77faa31f-4a1a-4a87-96b2-7a5eda4cdb5d&code=77faa31f-4a1a-4a87-96b2-7a5eda4cdb5d>

משרד החינוך (2010). תוכנית הלימודים במקצוע מדע וטכנולוגיה לכיתות ז – ט. תוכנית הלימודים המעודכנת – גרסת טיוטה תשע"א. נדלה ב- 19 באוקטובר 2010 מ:
http://www.education.gov.il/tochniyot_limudim/mada/tochnit_new.htm

משרד החינוך (2010). מדע וטכנולוגיה בחברה, פינת המפמ"ר, פרסומים מחוזר מנכ"ל. נדלה ב- 6 בינואר 2011 מ:
http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/Motav/Pinat/HozryMafmar/

משרד החינוך (תש"ע, 2010). עתודה מדעית טכנולוגית, מסמך אב. נדלה ב- 11 בינואר 2011 מ-
http://cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/E0B8F780-137D-4785-969D-208790D983E6/119350/Copyofm_a1.pdf

משרד החינוך (תש"ע, 2010). לימודי ארץ ישראל וארכיאולוגיה, תוכנית לימודים לחטיבה העליונה. המזכירות הפדגוגית, האגף לתכנון ולפיתוח תוכניות לימודים. נדלה ב- 16 בנובמבר מ:
http://www.education.gov.il/tochniyot_limudim/eretz/alHatochnit.pdf

סלע, ל., ודרסלר, מ. (2007). משעולי הוראה בסביבות למידה, מדריך לתוכנית מב"ט. מרכז הארצי למדע, משרד החינוך.

סלע, ל., יערי, י., וכץ- שדה חן, ה. (2003). סביבה חוץ-כיתתית כמצע ללמידה. אאוריקה 17, נדלה ב- 16 בנובמבר מ:
www.matar.ac.il/eureka/.../article2.asp

פז, ד., וסלנט, ע. (2010). שילובם של מחשבים ניידים במערכת החינוך ובבתי ספר – סקירת מידע. נדלה ב- 3 בנובמבר, 2010 מ-
<http://portal.macam.ac.il/ArticlePage.aspx?id=3374&referer=/Default.aspx%3f>

קליין, ש. (2008). אפיון התפיסה של הרעיון הביולוגי המרכזי הומיאוסטזיס הנלמד באופן מפורש ובאמצעות כלים ממוחשבים. חיבור לשם קבלת תואר ידוקטור לפילוסופיה, אוניברסיטת בר אילן, רמת גן.

רוזן, י. (2009). השפעתה של סביבה לימודית מתקשבת מבוססת סרטוני אנימציה על מיומנויות חשיבה מסדר גבוה ומוטיבציה ללימוד מדע, נדלה ב- 2 בנובמבר 2010 מ:

<http://portal.macam.ac.il/ArticlePage.aspx?id=2348&referer=useJsHistoryBack>

רותם, א. (2010). המורה המקוון: למידה-הוראה אחרת. למדע, מרכז מורים ארצי למדע וטכנולוגיה, המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי, אוניברסיטת תל-אביב.

שדמי, ח. (תשס"ז, 2007). כישורי חיים: מתווה לתכנון ולהפעלת תוכנית בית-ספרית - לגן ולכיתות א'-י"ב בחינוך הממלכתי, הממלכתי-דתי, הערבי והדרוזי. מעלות, ירושלים.

Baya'a, M., & Daher, W. (2010). Middle school students' learning of mathematics using mobile phones: Conditions and consequences. *Journal of Interactive learning Research*, 21(1), 165-185.

Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (2002). When and when do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128(4), 612-637.

Bransford, J.D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.) (1999). *How people learn*. National Academy Press. Washington, D.C. (pp. 39-66).

Bransford, J., & Schwartz, D. (1999). Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. In A. Iran-Nejad & P. Pearson (Eds.), *Review of research in education*. Washington, DC: The American Education Research Association.

Clariana, R. (2009). Ubiquitous wireless laptops in upper elementary mathematics. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 28(1), 5-21.

Cox-Peterson, A. M., Marsh, D. D., Kisiel, j., & Melber, L. M. (2003). Investigation of guided school tours, student learning, and science reform recommendations at a Museum of Natural History. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 200-218.

Cronin-Jones, L.L.(2000). The effectiveness of schoolyards as sites for elementary science instruction. *School Science and Mathematics*, 100(4), 203-211.

Detterman, D.K. (1993). The case for prosecution: Transfer as an epiphenomenon. In D. K. Detterman & R. J. Sternberg, (Eds.). *Transfer on trial* (pp. 1-24), Ablex Publishing Corporation.

Dierking, L. D., Falk, J. H., Rennie, L., Anderson, D., & Ellenbogen, K. (2003). Policy statement of the 'Informal Science Education' Ad Hoc Committee. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 108-111.

Dori, Y. J., & Tal, R. T. (2000). Formal and informal collaborative projects: Engaging in industry with environmental awareness. *Science Education*, 84, 95-113.

Fogarty, R., Perkins, D., & Barell, J. (1992). Ten tools for teaching for transfer. In Perkins, D., & Barell, J. *How to teach for transfer*, Palatine, Illinois: Skylight Publishing. Retrieved November, 9th, 2010, from: learnweb.harvard.edu/alps/thinking/docs/10tips.doc

- Fortus, D. (2002). *A review of transfer literature*. Submitted as partial requirement of the preliminary examination, Educational Studies, University of Michigan. Retrieved, December, 22, 2010 from http://ed-share.educ.msu.edu/CCMS2/TE860/A_review_of_the_transfer_literature.pdf
- Fortus, D., Krajcik, J., Dershimer, R. C., Marx, R.W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-based science and real-world problem-solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855-879.
- Georghiades, P. (2000). Beyond conceptual change learning in science education: Focusing on transfer, durability and metacognition. *Educational Research*, 42(2), 119-139.
- Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W., & Pilot, A. (2010). Concept development and transfer in context-based science education. *International Journal of Science Education*, 1-21. DOI: 10.1080/09500693.2010.493185.
- Ho, S. C. (2010). Family influences on science learning among Hong Kong adolescents: What we learned from Pisa. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 409-428.
- Ivie, S. D. (1998). Ausobel's learning theory: An approach to teaching higher order thinking skills. *High School Journal* 82(1), 35-42. Retrieved, December, 22, 2010 from http://imet.csus.edu/imet10/281/docs/ivie_1998.pdf
- Lee, H-S, & Liu, O. L. (2010). Assessing learning progression of energy concepts across middle grades: The knowledge integration perspective. *Science Education*, 94, 665-688.
- Lobato, J. (2006). Alternative perspectives on the transfer of learning: History, issues, and challenges for future research. *The Journal of The Learning Sciences*, 15(4), 431-449.
- Magntorn, O., & Hellden, G. (2007). Reading new environments: Students' ability to generalize their understanding between different ecosystems. *International Journal of Science Education*, 29(1), 67-100.
- Massachusetts Department of Education (2006). *Massachusetts Science and technology/engineering curriculum framework*. Retrieved December, 19, 2010 from <http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2001/0501.pdf>
- Melber, L. M. (2003). Partnerships in science learning: Museum outreach and elementary gifted education. *Gifted Child Quarterly*, 47(4), p. 251-258.
- NRC (National Research Council) (1996). National science education standards. National Academy Press. Washington, DC.
- Papadouris, N., Consantinou, C. P., & Kyratsi, T. (2008). Students' use of energy model to account for changes in physical systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 444-469.
- Nielsen, W. S., Nashon, S., & Anderson, D. (2009). Metacognitive engagement during field-trip experiences: A case study of students in an Amusement Park Physics Program. *Journal*

of Research in Science Teaching, 46(3), 265-288.

- Papadouris, N., Consantinou, C. P., & Kyratsi, T. (2008). Students' use of energy model to account for changes in physical systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 444-469.
- Perkins, D. N., & Salomon, G. (1988). Teaching for transfer. *Educational Leadership*, 37, 22-32.
- Potgieter, M., Harding, A., & Engelbrecht, J. (2008). Transfer of algebraic and graphical thinking between mathematics and chemistry. 45(2), 197-218.
- Rau, P-L. P., Gao, Q., & Wu, L-M. (2008). Using mobile communication technology in high school education: Motivation, pressure, and learning performance. *Computers & Education* 50 (1-22). DOI:10.1016/j.compedu.2006.03.2008.
- Rennie, L.J. (2007). Learning science outside of school. In S. K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research in Science Education*, (pp. 125-167). Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Sasson, I. and Dori, Y.J. (2006). Fostering near and far transfer in the chemistry case-based laborator environment. In: Clarebout, G. & Elen, J. (Eds.) *Avoiding Simplicity, Confronting Complexity: Advance in studying and designing powerful (computer-based) learning environments*. Sense Publication, 275-286.
- Sejonborn, K. j., & Bogeholz, S. (2009). Knowledge transfer in biology and translation across external representations: Experts' views and challenges for learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 931-955.
- Siegler, R. S. (2003). Implications of cognitive science research for mathematics education. In Kilpatrick, J., Martin, W. B., & Shifter, D. E. (Eds.), *A research companion to principles and standards for school mathematics* (pp. 219-233). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics. Retrieved, November, 16, 2010 from <http://www.psy.cmu.edu/~siegler/nctm.pdf>
- Singley, M.K., & Anderson, J. R. (1989). *The transfer of cognitive skill*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London, England.
- Stavrova, O., & Urhahne, D. (2010). Modification of a school programme in the Deutsch museum to enhance students' attitudes and understanding. *International Journal of Science Education*, 32(17), 2291-2310.
- Zohar, A. (1994). Teaching a thinking strategy: Transfer across domains and self learning versus class-like setting. *Applied Cognitive Psychology*. 8, 549-563.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (1), 35-62.

ביבליוגרפיה מוארת

- סלע, ל., ודרסלר, מ. (2007). *משעולי הוראה בסביבות למידה, מדריך לתוכנית מבי"ט (א – ב)*. מרכז הארצי למדע, משרד החינוך.
- הספר הוא מדריך לתוכנית מבי"ט, לכיתות א – ב (קיימים גם שני ספרים נוספים: לכיתות ג – ד ולכיתות ה – ו). בספר מוצגות כמבוא, באופן בהיר ותמציתי, חמש התפיסות הרעיוניות העומדות בבסיס תוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה ליסודי. מטרת הספר היא לפרט את תכני הלימוד בהלימה למטרות ההוראה הפירוט מוצג בתבנית חוזרת מדויקת של: תחום תוכן, תחום משנה, תחומי תוכן, סטנדרט תוכן, סטנדרט משנה, ציוני דרך וסביבות למידה- כתובות וממוחשבות. דוגמה: תחום תוכן- מדעי החומר; תוכן משנה 1- חומרים; תחום משנה 2- אנרגיה. בכל תחום משנה מפורטים הסטנדרטים לפי תת-נושא וציוני דרך. ציוני הדרך הם פרטי התכנים שהתלמיד צריך לדעת במסגרת הלמידה). הספר מיועד לשימוש המורים בתחילת השנה, לפני התוויית התוכנית הבית-ספרית וכן במשך השנה, על מנת לבדוק את מידת ההתקדמות בהשגת המטרות הכלולות התוכנית. הספר מחליף במידה מסוימת את חוברת תוכנית הלימודים. הוא מפורט יותר, ועל פי המורה יודע בדיוק מה עליו ללמד ובאלו סביבות למידה.
- סלע, ל., יערי, י., וכץ- שדה חן, ה. (2003). *סביבה חוץ-כיתתית כמצע ללמידה. אאוריקה 17*, נדלה ב- 16 בנובמבר מ: www.matar.ac.il/eureka/.../article2.asp
- המאמר מתאר יישום הלכה למעשה של שימוש הולם בסביבה החוץ-בית ספרית ללמידה. המאמר מתמקד בתיאור התפיסה החינוכית של בית חינוך 'א.ד.ס וסביבה' בישראל. התפיסה החינוכית היא מימוש הזיקה בין האדם והסביבה והגברת בכיוון של הגברת האחריית של האדם על סביבתו והעצמת הקשר של האדם לאדמה ולטבע- אהבת הטבע. חלק נכבד מן הלמידה בבית החינוך מתבצעת בטבע, בבתי גידול טבעיים בסביבת בית הספר, כיוון שלמידה בדרך זו, הכוללת עבודה שיתופית-דמוקרטית היא המתאימה ביותר למימוש תפיסתו החינוכית של בית הספר. ארגון הלמידה בבית החינוך 'א.ד.ס וסביבה' מהווה דוגמה מצוינת לשילוב של הלמידה בין כותלי בית הספר לבית הלמידה מחוצה לו, מה שמבטא את רעיון הלמידה ההוליסטית: למידה מתמדת, מתמשכת בכל מקום ובכל מצב.
- פז, ד., וסלנט, ע. (2010). *שילובם של מחשבים ניידים במערכת החינוך ובבתי ספר – סקירת מידע*. נדלה ב-3 בנובמבר, 2010 מ- <http://portal.macam.ac.il/ArticlePage.aspx?id=3374&referer=/Default.aspx%3f>
- סקירת מידע עדכנית על ממדי ההטמעה של מחשבים ניידים במערכת החינוך בישראל ובמדינות אחרות בעולם. בסקירה מובאים נתונים בנושא וכן ממצאים העולים ממחקרים ממוקדים, העוקבים אחר כל יוזמה ומנתחים את הגורמים להצלחה און לכישלון. המאמר נותן תמונה כללית המצביע על כך שלרוב מדובר ביוזמות בית-ספריות בשיתוף עם גורמים מתקצבים ו/או אקדמיים. השימוש במחשבים ניידים במערכת החינוך הוא רק בתחילתו. התהליך דורש סבלנות ואורך-רוח מצד כל הגורמים החינוכיים והמנהליים הנוגעים בדבר. כמו כן, לבית הספר יש תפקיד-מפתח בהצלחה של כל פרויקט. המאמר קולח וכתוב בבהירות.
- קליין ש. (2008). *אפיון התפיסה של הרעיון הביולוגי המרכזי הומיאוסטזיס הנלמד באופן מפורש ובאמצעות כלים ממוחשבים*. חיבור לשם קבלת תואר 'דוקטור לפילוסופיה', אוניברסיטת בר אילן, רמת גן.
- עבודת דוקטורט המנתחת לעומק הבנה של רעיון מרכזי ביולוגיה: 'הומיאוסטזיס'. חשיבות העבודה היא בהתייחסות לפילוח הרעיון המרכזי למאפיינים. החלוקה למאפיינים מסייעת להבנת המושג, שהוא קשה להבנה בהיותו מופשט בהגדרתו. כמו כן היא מסייעת למורה לאתר את מוקדי הקושי של התלמידים בהבנת המושג. אחד המאפיינים הוא רמות ארגון, ואכן קיים קושי בהבנה שהומיאוסטזיס קיים בכל רמות הארגון, מרמת הגוף השלם ועד לרמה המולקולרית בכל היצורים החיים. הקושי הוא בהעברה בין הומיאוסטזיס בגוף השלם, כפי שהוא נלמד בלמידה ראשונה (בדוגמה המובהקת: שמירת טמפרטורת הגוף), אל למידה במסגרת תחום הגנטיקה – מערכת האופרון. המטרה היא לבצע העברה בין רמת המקרו אל המיקרו והחזרה, במטרה להבין את עקרון הפעולה המשותף של מערכות הומיאוסטטיות.
- שדמי, ח. (תשס"ז, 2007). *כישורי חיים: מתווה לתכנון ולהפעלת תוכנית בית-ספרית - לגן ולכיתות א-י"ב בחינוך הממלכתי, הממלכתי-דתי, הערבי והדרוזי*. מעלות, ירושלים.
- הספר מציג מתווה לתוכנית הלימודים כישורי חיים בכל הכיתות, גן-י"ב. התפיסה הרעיונית 'מיטביות' המהווה בסיס לכל התכנים, מובהרת באופן אקדמי. מובאות גישות שונות מחקריות המסבירות את מהות התפיסה וכן את התאמתה למאפיינים התפתחותיים של הילדים בגילאים השונים. בהמשכו, הספר מהווה מדריך למורים ומתאר שימוש עקרוני ביכילים שונים כמו: יצירת מטאפורות, יצירת חוויות אישיות בסדנאות למידה שבהם מתנסים התלמידים במיומנויות. חשיבותו של הספר היא בחשיבת- על שהנחתה את מחבריו, בכך שהוא מציג תמונה כוללת של מערך התוכנית על פני כל שנות הלימוד מחד, ומאידך מפורטים נושאי התוכנית על פי גילאים (למשל עמ' 174-172). (במקביל לספר זה יש ספרים שכותרתם 'כישורי חיים' לכיתות היסודי: א – ב, ג- ד, ה – ו) ספר זה חיוני בתוכנית לימודים ייחודית שהיא בינתחומית ואינטגרטיבית, ובהוראתה יש להתחשב ברגישויות רבות של התלמידים ושל המערכת הבית ספרית. המורה צריך לדעת את השלב שבו הוא נמצא בתוכנית, ולבדוק באפן תמידי את ההלימה לגיל התלמידים ולמערך הנפשי והחברתי שלהם.

Baya'a, M., & Daher, W. (2010). Middle school students' learning of mathematics using mobile phones: Conditions and consequences. *Journal of Interactive Learning Research, 21(1)*, 165-185.

מחקר עדכני מצומצם בהיקפו אך ייחודי. המחקר בוצע בישראל, אודות שימוש בטלפון נייד לצורך למידה. נבחנה לומדה שעוצבה בפלטפורמת טלפון נייד ללימוד נושא במתמטיקה. בשל ראשוניות המחקר, החוקרים עקבו גם אחר המעורבות של הנהלת בית הספר ושל המורים במהלך הפרויקט הלימודי. המחקר הוא איכותני וייחודי בתבניות הניתוח. במחקר נערכה השוואה בין שתי קבוצות: האחת למדה בכיתה באופן אינדיבידואלי והאחרת- למדה מחוץ לכיתה באופן שיתופי. נבחנו מאפייני הלמידה והשימוש באופציות הפעולה השונות של הטלפון הנייד. נמצא שבחוף, התלמידים (חטיבת הביניים) ניצלו אופציות רבות יותר של הטלפון הנייד בהשוואה לתלמידים שלמדו בתוך לכיתה. כמו כן נמצא שהתלמידים משתי הקבוצות הבינו טוב יותר את משמעות המתמטיקה לחיים (real life). לאחר קריא המאמר על מחקר זה נראה שהוא ראשוני ביותר, ויש להרחיב את המחקר בנושא שהוא בעל פוטנציאל גדול בלימודי המתמטיקה בפרט ובמקצועות מדעיים אחרים, בכלל.

Bransford, J.D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.) (1999). *How people learn*. National Academy Press. Washington, D.C. (pp. 39-66).

פרק בתוך הספר על למידה, העוסק בהעברה: 'Learning and transfer'. הפרק כתוב בהירות ובאובייקטיביות, תוך מתן דוגמאות מאוירות. בפרק זה מנתחים הכותבים את מאפייני ההעברה על-מנת ללמד לשם העברה. ייחודו של הפרק בכך שהוא מנסח בדייקנות ובצורה זו מאיר זוויות מקוריות של העברה: העבה היא תוצר של הבנה ולא נובעת מזיכרון; העברה דורשת השקעת זמן; העברה מוצלחת תתרחש כשלתלמידים יש מוטיבציה ללמוד; חשיבות הקונטקסט שבו מצוי התוכן (=ידע או מיומנויות) לאפשרות העברתו; החשיבות של לימוד התוכן ושליטה בו לפני העברה; תפקיד ההפשטה בהעברה; חשיבה מטאקוגניטיבית החיונית לביצוע העברה. הכותבים מחדדים את ההבדל בין הגישה הסטטית והפסיבית להעברה לבין הגישה הדינמית והפעילה (מצד התלמיד). חשיבות הפרק היא בהבהרת מאפייני הלמידה, שתאפשר העברה והדגשת המושגים ההכרחיים להעברה: הקונטקסט מחד, ומאידך למידה והבנה, מטאקוגניציה, מוטיבציה ודינמיזם.

Clariana, R. (2009). Ubiquitous wireless laptops in upper elementary mathematics. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 28(1)*, 5-21.

במחקר זה נבחנה למידה של תוכנה מתמטית בבית הספר היסודי בשני אופנים: האחד – במחשב נייד אינטרנטי והאחרת- במחשב כיתתי נייד אינטרנטי. התלמידים שלמדו עם המחשב הנייד הביעו אחריות רבה ללמידתם. הם השיגו הישגים גבוהים יותר באחד מהמבחנים שהועבר, (אם כי במבחן הארצי ההישגים היו דומים). התובנה העיקרית שעולה מהמחקר היא חשיבות האוטונומיה של התלמידים בתהליך הלמידה. האוטונומיה מתבטאת בבחירה במרחב (מקום, בשיטה ובתוכן). האוטונומיה של התלמידים היא גורם מכריע במוטיבציה הפנימית שלו ללמידה. במסקנה זו יש להתחשב בעת קבלת החלטה על הטמעת שימוש בכלים טכנולוגיים אינדיבידואליים שסייעו ללמידה.

Cox-Peterson, A. M., Marsh, D. D., Kisiel, j., & Melber, L. M. (2003). Investigation of guided school tours, student learning, and science reform recommendations at a Museum of Natural History. *Journal of Research in Science Teaching, 40(2)*, 200-218.

במאמר מתואר מחקר נטורליסטי על הסיורים לימודיים הנערכים במוזיאון 'ההיסטוריה של הטבע' קליפורניה. המחקר נסב על 30 קבוצות תלמידים (12 – 32 תלמידים בכל קבוצה). מטרת המחקר היתה לבחון לעומק את מהלך הסיור מבחינת ההדרכה והקשר בין התוכן ואופי ההסבר לתוכנית הלימודים. הממצאים העלו שהתלמידים נהנו מחוויית הביקור במוזיאון אך הקשר לתוכנית הלימודים היה קלוש. ההשלכות של מחקר זה חשובות מבחינת ההמלצות המפורטות המובאות במאמר, למשל: יש לתת תמיכה והנחיה לתלמידים על מנת שיפיקו תועלת בתחום הלימודי המהיקור, או שיש לתכנן למידה אקטיבית של התלמידים במוזיאון על מנת להגביר את מעורבותם. המחקר הוא אכן מקיף מבחינת גודל המדגם, מבחינת מתן ייצוג הולם לנושאים רבים שעליהם ניתנה הדרכה בקבוצות הסיור השונות, וכן מבחינת עומק השאלות שהוצגו בראיונות.

Dierking, L. D., Falk, J. H., Rennie, L., Anderson, D., & Ellenbogen, K. (2003). Policy statement of the 'Informal Science Education' Ad Hoc Committee. *Journal of Research in Science Teaching, 40(2)*, 108-111.

מאמר קצר המתאר מסמך שהוגש לארגון NARST על ידי ועדת אד-הוק לצורך מתן רקע על למידה חוץ-כיתתית. המטרה היא להתוות דרכי הוראה למידה, על מנת למצות את הפוטנציאל הטמון בלמידה מחוץ לבית הספר. הכותבים קורים בתמציתיות רבה ספרות מחקרית על המגבלות והיתרונות של למידה מחוץ לכותלי הכיתה. הדגש הוא על מאפיינים כללים של למידה שיש לבחון אותם בעת למידה חוץ- בית ספרית, כדי להיווכח אם למידה אכן מתרחשת במסגרת לא פורמלית. דוגמאות למאפייני למידה: למידה משמעותית מונעת על-ידי מוטיבציה פנימית, למידה משמעותית מתרחשת מרצון ומנווטת על פי צורכי הלומד ומידת התעניינותו, המיקום הפיסי של הלמידה הוא בעל חשיבות מכרעת להתנהלותה, הלמידה היא תהליך וגם תוצר: יש לבחון את התהליך במקביל לבדיקת תוצאותיו. המטרה הכוללת היא להרחיב את מעגל הלמידה במאה ה- 21 מה שיביא להבנה הוליסטית של לימודי המדעים בהשפעתם על החיים.

Dori, Y. J., & Tal, R. T. (2000). Formal and informal collaborative projects: Engaging in industry with environmental awareness. *Science Education*, 84, 95-113.

מאמר הכתוב בבהירות וביסודיות על פרויקט לימודי המשלב את המשפחה, הקהילה והתעשייה בלימודי סביבה. הפרויקט התקיים בישראל בכפר ורדים הסמוך לפארק התעשייה בגוש תפן. מאפייני הלמידה היו: שילוב של לימוד בתוך בית הספר ומחוצה לו, שיתוף ההורים ואנשי הקבילה בחוויית הלמידה, למידה בהקשר (context-based-learning) סביב בעיות וסוגיות (שנבחרו באופן אוטונומי בקבוצות) בנוגע לקשר בין הסביבות באזור: הסביבה היישובית, התעשייתית והירוקה, למידה שיתופית, תוצרי למידה מקוריים ולא שגרתיים, הערכה חלופית על ידי מומחים ואנשי הקהילה ולא רק על ידי המורים. לפרויקט היו השלכות חיוביות מבחינת חיזוק הקשר הורים-למידים, מורים-תלמידים-קהילה, וכן העמקת ההבנה של גישת STS המדגישה את מעורבות המדע והטכנולוגיה בסביבה. המאמר מעמיק בנושא הלמידה השיתופית המשולבת בסביבה הקרובה לתלמידים: המשפחה, הקהילה ואזור התעשייה המודרני הנמצא בסמך לישובם.

Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W., & Pilot, A. (2010). Concept development and transfer in context-based science education. *International Journal of Science Education*, 1-21. DOI: 10.1080/09500693.2010.493185.

מחקר עיוני המציע לבחון מחדש את תוכנית הלימודים במדעים ולבנות את התוכנית על בסיס הקשר (context-based science education). הרעיון אמור לענות על חמש בעיות בלימוד מדעים: מידור נושאים, הוראת נושאים ומושגים ברצף בלתי ברור, ללא הירארכיה או יחס מפורש ביניהם, חוסר אפשרות לבצע העברה בין תחומים, הידע הנלמד לא רלוונטי ללומדים, מה שמביא לפקפוק התלמידים בנוגע להצדקת הלימוד ולמוטיבציה נמוכה ללמידה בשל כך. במאמר מאופיינת למידה בהקשר, כך שתהיה בעלת פוטנציאל להעברה קרובה או רחוקה. מובאת דוגמה ללמידה הקשורת של נושא בטי: הכנת גלידה. מתוארות מפות ידע של הנושא שעשויות להוות תבנית בסיסית ונקודת מוצא ללמידת נושאים רבים שיש בהם יישום מלבד תיאוריה. במאמר מובא ניתוח של תהליך העברה: במהלך ההעברה התלמידים מבצעים מעברים הדרגתיים בין המודל המנטלי שלהם של ההקשר שממנו יצאו, אל מפת ידע מתקדמת ומבוססת מדעית. בכך התלמידים נהיים שותפים ל'קהילה לומדת' ('community of practicing scientists'). המאמר מצוין בכך שהוא תיאורטי וגם יישומי ולפיכך ניתן ללמוד וליישמו ישירות בהוראה. המאמר מעמיק והוא כתוב בצורה ברורה.

Ho, S. C. (2010). Family influences on science learning among Hong Kong adolescents: What we learned fro Pisa. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 409-428.

מחקר שבוצע בהונג קונג על הקשר בין מעורבות ההורים לבין הביצועים הלימודיים של ילדיהם בתחום המדעים. המחקר מיוחד בכך שסקר את ממצאי מבחן PISA בהונג קונג בשנת 2006 (HKPISA), ואף השווה לנתוני המבחן מאירופה, ממדינות ה-OECD. הונג קונג דורגה במקום שני מבין 56 מדינות. נמצא כי מעורבות הורית העלתה את ההישגים וכן את המסוגלות העצמית של התלמידים כלפי למידת מדעים. המעורבות הורית התבטאה בקשרים הדוקים עם בית הספר לגבי בניית הסביבה הלימודית המתאימה למדעים. כמו כן המעורבות בבית והקשר בין הילדים וההורים בסיטואציות למידה פשוטות כמו צפיה בטלוויזיה או קריאת ספר וניהול שיח ענייני אודותיהם מסייעות ללמידת התלמידים. המחקר רחב ומעמיק בניתוח הממצאים שעלו מן המבחן. מסקנה חשובה היא שככל שהמעורבות מתרחשת בגיל צעיר של הילדים, כך הן יעילות יותר ללמידת הילדים.

Keiler, L. S. (2007). Students' explanations of their data handling: Implications for transfer of learning. *International Journal of Science Education*, 29(2), 151-172.

מאמר מתואר מחקר בנושא העברה (transfer), שנערך בקרב תלמידי בית הספר התיכון על תכנים שהם לומדים בבית הספר במסגרת תוכנית הלימודים במתמטיקה ומדעים (GSCS). שאלות המחקר הן: האם מתרחשת העברה או לא? מה הם התנאים להתרחשות העברה? מהי ההשפעה של טיפוס העברה שונים על ההוראה והלמידה? כלי המחקר היו ראיונות שנערכו לתלמידים ולמוריהם. התלמידים העידו בעצמם על דרך בניית הידע אצלם. התובנות שעלו מן המחקר: התלמידים לא בצעו העברה כפי שיכולתם הקוגניטיבית מאפשרת; לעיתים, התלמידים עשויים לזהות יעדים להעברה ולבצע, מבלי שהמורים מודעים להם ומבלי שיכוונו אותם לכך; העברה תבצע אם התלמיד רוצה בכך מאד, ואם יש לו מוטיבציה לכך (בתלות במידת העניין שהנושא מעורר אצלו), כלומר מימוש פעולות חשיבה גבוהות תלוי גם בגורמים רגשיים ואישיותיים של התלמידים, למשל: דרך ההערכה של ביצועיו וכן מידת הרצון האישי להשקיע; מקצוע המתמטיקה מהווה מקור מובהק לעקרונות ואסטרטגיות המתאימות להעברה; העברה של עקרונות (principles) מותנית בהבנה מעמיקה שלהם בהקשר הראשוני, שבו נלמדו. למאמר השלכות לגבי העלאת המודעות של המורים לגבי פוטנציאל ההעברה של נושאים ועקרונות ומימוש. המאמר מצוין בכך שהוא מדגיש את מאפייני התלמיד כגורם-מפתח בפוטנציאל ההעברה.

Lee, H-S, & Liu, O. L. (2010). Assessing learning progression of energy concepts across middle grades: The knowledge integration perspective. *Science Education*, 94, 665-688.

במאמר מתואר מחקר מקיף אודות תפיסת המושג 'אנרגיה' על היבטים הרבים ומורכבותו. המחקר נערך בקרב 2688 תלמידי יסודי חטיבת הביניים בארה"ב. נבחרו ארבעה היבטים עיקריים של המושג: מקורות אנרגיה (sources), העברת אנרגיה (transfer), גלגולי אנרגיה (transformation) ושימור אנרגיה (conservation). הממוצע הכולל של המושגים היה בינוני. הישגי התלמידים בכיתה ח היו גבוהים מההישגים של תלמידי כיתה ו. כמו כן, הישגי התלמידים שלמדו פיסיקה היו גבוהים מההישגים שלמדו מדעי הסביבה ומדעי החיים. במחקר זה יישמו החוקרים כלי להערכה של תפיסת מושג רחב, בעל היבטים רבים ורב-תחומי, כמו 'אנרגיה'. בכלי זה: 'knowledge integration construct' מוגדרות שש רמות של אינטגרציה של המושג (החל משילוב מורכב ומלא ועד לחוסר בתשובה). בתהליך ההערכה הנעשית בעזרת הכלי ניתן לאתר במדויק את הקושי של התלמיד בהטמעה של רעיון ומרכיב כלשהו של המושג. זיהוי הקושי של התלמיד מהווה נקודת מוצא לסיוע לו בשיפור ההבנה של הנושא. בנוסף, ניתוח התשובות של התלמידים על פי הכלי מאפשר לבחון האם רצף ההוראה אכן מתאים לתלמידים. כלומר, לכלי ההערכה יש השלכות יישומיות למורים לתלמידים (כמטאקוגניציה על מהלך לימודם) וכן למתווי תוכנית הלימודים.

Lobato, J. (2006). Alternative perspectives on the transfer of learning: History, issues, and challenges for future research. *The Journal of The Learning Sciences*, 15(4), 431-449.

מאמר עיוני המסכם ומנתח את ההתפתחות ההיסטורית של הגישות השונות להעברה (transfer), המבטאות את ה'אמונה' של החוקרים בדבר אפשרות העברה. המאמר מסתמך על ספרות רחבה ומנגיד בין הגישה הקלאסית לבין הגישות החדשות המציעות חשיבה מחודשת על העברה ויצאות בביקורת על הגישה הקלאסית. בגישה הקלאסית-העברה היא בעלת אופי סטטי: ידע עובר ממצב אל מצב. בהתאם לכך, העברה נמדדת בהישגים במצב החדש (לאחר שהיתה העברה אליו). הגישות החדשות (מאז שנות ה-80) רואות בהעברה תהליך דינמי התלוי בחומר, אבל יותר מכך, בלומד וברקע קוגניטיבי, רגשי, אישיותי שלו (בדגש על מוטיבציה לביצוע העברה). הכותב תומך אף הוא במגמה זו ומציע כי יש לשים את הלומד במרכז תהליך ההעברה (actor-oriented transfer). הכותב מדגיש את ההפשטה כפעולה מחשבתית חיונית להעברה וכן מציע כי יש ללמד העברה תוך שימוש במשימות רלוונטיות ומשמעותיות ללומד, אשר יגרמו לו לרצות לבצע העברה.

המאמר בהחלט מעורר חשיבה בנושא. כתיבתו היא קולחת וכן הצעותיו ניתנות ליישום ישיר בשדה ההוראה (למשל: למידה מבוססת-תכנון או למידה-מבוססת פתרון-בעיות). אחת התובנות החשובות והחדשות המאמר היא עיצוב-מחדש של הידע לאחר העברתו לקונטקסט החדש. תובנה זו 'מרחיקה' את ההעברה מההקבלה המקובלת בינה לבין יישום. מאמר זה מהווה אחד הנדבכים החשובים בספרות העדכנית על העברה.

Magntorn, O., & Hellden, G. (2007). Reading new environments: Students' ability to generalize their understanding between different ecosystems. *International Journal of Science Education*, 29(1), 67-100.

המחקר עוסק בהעברה בתוך תחום האקולוגיה. הנושא הוא אפיון בית גידול: מרכיבים, תופעות ותהליכים. המחקר התקיים בשבדיה בקרב תלמידים צעירים בבית הספר התיכון (גיל 14 – 13). שאלות המחקר התמקדו ביכולת ההעברה מבית גידול אחד לאחר (היכולת 'לקרוא בית גידול'). התלמידים למדו לעומק את נושא בית הגידול - היער ולאחר מכן נבחנו יכולת ההעברה שלהם לבית הגידול: הביצה. הלימוד של בית הגידול הראשוני שילב חוויות ויצירת סכמות, בהתאם לגישת הקירוב, המתאימה להעברה קרובה (בתוך התחום). ההעברה נבחנה בשלוש רמות: רמת המבנה, רמת ההנהגות ורמת הפונקציה של בית הגידול. רמת הפונקציה חשובה ביותר לצורך העברת היכולת 'לקרוא בית גידול', כי אם התלמיד מכיר בעלי חיים ויודע לשייכם לקבוצות סיסטמטיות ופונקציונליות, הוא יצפה למצאם בכל בית גידול ואף יחפש אותם. בזאת ניכרת היכולת ללמוד את בית הגידול. ניתן לסכם ששלוש סכמות הועברו מן היער אל הביצה: רעיון פירמידת המזון בבית גידול; תפקיד הצמחים כיצרני מזון וחמצן וכן רעיון מיחזור החומרים ואנרגיה. במאמר נידונה גם השאלה: באיזה רצף יש ללמד על מחזור חומרים: האם מהמקרו אל המיקרו או ההפך? נראה שידיעת המיקרו (נשימה ופוטוסינתזה ברמה המולקולרית) חיונית להבנה מעמיקה וכן העברה של מחזור החומרים ושילובו עם שטף האנרגיה הלינארי במערכת בית גידול.

המאמר בהיר לקריאה ומפרט היטב את שלבי הלימוד. כמו כן הוא מפרט באופן מובנה את ניתוח הממצאים האיכותניים, כך שניתן לגזור מסקנות.

Melber, L. M. (2003). Partnerships in science learning: Museum outreach and elementary gifted education. *Gifted Child Quarterly*, 47(4), p. 251-258.

מאמר זה בחן את ההשפעות של פעילות לימודית במוזיאון למדע על קבוצת תלמידים צעירים (יסודי) מחוננים. ההתמקדות בקבוצה זו היא במטרה לטפח אותם כמדענים עתידיים ולקרוב אותם אל התחום מתוך הכרת מהותו ומאפייניו במקצועות שונים במקומות עבודה. בהתאם לכך, ניתנה לתלמידים פעילות-חקר המקבילה לזו של היועצים המדעיים למוזיאון. פעילות מסוג זה העלתה את הערך העצמי של התלמידים וכן את המוטיבציה וההכוונה העצמית. הממצאים מהמחקר העלו, כי אכן התלמידים הבינו לעומק את המדע כמקצוע, את מהות העבודה המדעית וכן את התוכן מדעי עצמו. התלמידים גם הביעו רצון להמשיך ולחקור עיסוקים מדעיים שונים. חשיבות המחקר (על אף היותו קטן בהיקפו) היא בהכוננת פעילות התלמידים למטרה עתידית חשובה ובהתאמת שאלות מחקר מקוריות שאינן נפוצות, על מנת לבחון את הפעילות.

Papadouris, N., Consantinou, C. P., & Kyratsi, T. (2008). Students' use of energy model to account for changes in physical systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 444-469.

במאמר מתואר מחקר על תפיסת המושג 'אנרגיה' בקרב תלמידי בית הספר היסודי וחיבת בנייה בקפריסין. שאלות המחקר התמקדו באופן שבו תלמידים מסבירים תופעות שונות באמצעות מושג האנרגיה. כלומר, האם הם מעבירים את המושג בין מצבים והקשרים שונים (מה שמסקף את הבנת המושג). נמצא שהתלמידים לא תופסים את האופי הרב-תחומי של המושג. מניחות התשובות של התלמידים עולות אפיונים של קשייהם בהבנת המושג. ניתן לחלקם לשני סוגים: אפיונים של הבנת מהות ושל המדע ואפיונים לתפיסת המושג הקונקרטי 'אנרגיה'. אפיונים לדוגמה: א. הקושי בתפיסת האחידות של המושג, והיותו גורם המסביר מגוון של תופעות בעולם. כמו כן, התלמידים מתקשים להכיר באפשרות של קיום הסבר אחד לתופעות רבות בתחומים שונים (תפיסה שגויה של טבעו של המדע); ב. הקושי להבין שהמושג אנרגיה קיים במערכות רבות ושונות, למשל במערכת מכאנית (למשל מכונית) כמו במערכת חשמלית; ג. הקושי בהבחנה בין 'גירוי' (starter, trigger) ל'גורם' (cause). אפיוני הקשיים הללו מהווים נקודות מוצא לשינוי אסטרטגיות ההוראה של המושג, בכיוון של ישוב הקונפליקטים הקוגניטיביים בין הידע האינטואיטיבי של התלמידים אודות המושג והשימוש היום-יומי בו (גם בשפה הפופולארית). כמו כן יש להדגיש בהוראה את ההיבטים של סוגי אנרגיה וגלגולי האנרגיה, כך שיובו בהמשך נושא שימור האנרגיה.

Perkins, D. N., & Salomon, G. (1988). Teaching for transfer. *Educational Leadership*, 37, 22-32.

המאמר הוא עיוני, ומובא בו ניתוח של מושג הטרנספר וייחוסו ללמידה והוראה. הטרנספר הוא בסיס לכל פעולה בחינוך. אנו מעבירים חוויות והתנסויות מתחום אחד לתחום אחר. מדובר בטרנספר של ידע תוכן וידע של מיומנויות (skills). חשיבות הטרנספר לחינוך: ההסברים לתופעות ופעולות רבות נטועים בעולמות תוכן שונים, למשל במדעים: עיר היא בית גידול מלאכותי (אקולוגיה), מעגל הלידה, החיים והמוות, הכוח הגרעיני, הנדסה גנטית ועוד. כלור, להעברה יש תפקיד מפתח בהצמחת תלמידים בעלי ידע ומיומנויות חשיבה, כך שיהיו יצירתיים ובעלי חשיבה ביקורתית בכל תחומי החיים. טרנספר לא מתרחש באופן אוטומטי כמו קריאה, כתיבה ופעולות חשבון בסיסיות (ארייתמטיקה). יש גם קושי בהוכחת העברה, כי יש צורך בבידוד הידע או המיומנות הנבדקים משלל גורמים המשפיעים עליהם. ידע ומיומנויות הם 'לוקליים', כלומר ספציפיים להקשר שבו נלמדו, ולכן טרנספר קשה מאד לביצוע. כיצד ניתן לסווג העברה? ניתן להבחין בין שני סוגים של העברה, לפי מידת המרחק בין 'אזור' המוצא ו'אזור' היעד ולפי מורכבות המשימה: א. Low-road transfer: העברה בין נושאים הנמצאים ברמת ארגון זהה. ההעברה היא כמעט אוטומטית, כיוון שהפעולות והמבנים דומים. זהו ניסוח אחר להעברה קרובה; ב. High-road transfer: העברה בין תחומים שונים ורחוקים זה מזה. ההעברה איננה צפויה. יש צורך בהפשטה ויצירת מודל תיאורטי לשם העברה. החוקרים מציעים דרכים להוראה שלם העברה בהתאמה לשני הסוגים הללו: א. קירוב (hugging): מציאת המשותף בין הנושאים ולמידה חווייתית של הנושא; ב. גישור (bridging): לימוד שכלתני ומופשט: יצירת סכמות, יצירת אנלוגיות, יצירת תבנית לפתרון בעיות במקביל, כלומר יש לבצע פעולות שיגשרו על פני המרחק שבין אזור המוצא לאזור היעד. התנאי העיקרי להעברה טובה הוא שליטה מלאה בחומר המוצא. לסיכום דנים החוקרים ביחס שבין ידע לוקלי לידע שטחי אך ניתן להעברה. יש סינרגיזם בין שני הסוגים של ידע: יש חשיבות ללמידת פרטים ודוגמאות ישירות של נושא, אך יש גם צורך לדעת אותו באופן שטחי אך רחב יותר על-מנת שיהיה בר-העברה.

במאמר יש מטאפורות רבות והוא מצוטט רבות במחקרים עדכניים על העברה.

Potgieter, M., Harding, A., & Engelbrecht, J. (2008). Transfer of algebraic and graphical thinking between mathematics and chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(2), 197-218.

במאמר מתואר מחקר הבוחן העברה בין מתמטיקה לכימיה. נבחנו הפעלת מיומנויות גרפיות ואלגבריות בתחום המתמטיקה בלבד, בהשוואה לתחום הכימיה בנושא שיש לו בסיס מתמטי – משוואת נרנסט (אלקטרוכימיה). התלמידים הראו ביצועים משביעי רצון במיומנויות אלגבריות, הן במתמטיקה והן בכימיה, אך ביצועיהם היו נמוכים בהפעלת מיומנויות גרפיות (שרטוט גרפים ופרשנות שלהם) בשני תחומי התוכן. הממצאים הללו הביאו למסקנה שהגורם לכך הוא קשיים בלימוד מיומנויות גרפיות במתמטיקה. התלמידים התקשו גם בחיבור (connectivity) בתוך התחום, בין גרפים לבין המשוואות האלגבריות. קשיים אלה מונעים העברה לכימיה. למחקר השלכות לגבי הוראת מתמטיקה וכימיה: א. יש לחזק את הוראת המיומנויות הגרפיות המתמטיקה עצמה ולשם העברה; ב. יש להדגיש את הקשר בין גרפים למשוואות במתמטיקה טהורה; ג. יש להגביר את השימוש בגרפים בכימיה, על מנת להסביר את הדינמיקה של תהליכים.

Rau, P-L. P., Gao, Q., & Wu, L-M. (2008). Using mobile communication technology in high school education: Motivation, pressure, and learning performance. *Computers & Education* 50 (1-22). DOI:10.1016/j.compedu.2006.03.2008.

מחקר מעמיק ומקיף שנערך בסין על השימוש בתקשורת ממוחשבת (Computer-mediated- communication) CMC בלמידת מדעים. החוקרים בדקו שימוש בנפרד במסרונים (SMS), בדואר אלקטרוני ובפורום סינכרוני (on-line). בשלב הבא הם בדקו שימוש משולב של מסרונים עם מייל וכן מסרונים עם פורום סינכרוני. נמצא ששימוש יעיל במסרונים מסייע להעלאת הרמה של הישגי התלמידים, להעמקת הקשר בין המורים והתלמידים וכן להעלאת

המוטיבציה של התלמידים. נמצא שהשימוש במסרונים ובמייל יעיל יותר מפורום, שכן השיח הציבורי מהווה מכשלה לתלמידים הנאלצים לשוחח בפני קהל רב (גם אם וירטואלי). המסרונים יעילים בשל המיידיות שלהם, בכך שהם גורמים לתחושה של נחיצות ומשמעות בקרב התלמידים, מה שמעלה את הערך העצמי ומסייע ללמידה. המאמר מצוין בניתוח ובהסבריו לכל גורם והשפעתו, בעיקר בניתוח פסיכולוגי של ההשפעה על המוטיבציה הפנימית והחיצונית של התלמידים. מגבלת המחקר היא בכך שהשאלונים הועברו בקרב התלמידים זמן קצר מאוד לאחר הלמידה. דרוש משך זמן ארוך יותר על מנת לבחון את יעילות ההטמעה של הטכנולוגיות החדשניות במערכת החינוך (בכך גם מודים החוקרים).

Rennie, L.J. (2007). Learning science outside of school. In S. K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research in Science Education*, (pp. 125-167). Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

פרק בתוך הספר המאמרים העוסקים בחקר הוראת המדעים. בפרק מוגשת סקירה מקיפה על ההיבטים השונים של למידה חוץ-בית ספרית. חשיבות המאמר היא בניתוח נקודות המוצא לשילוב הלמידה הלא-פורמלית מחוץ לכותלי בית הספר בלמידה הפורמלית בבית הספר. החשיבות של הנחות יסוד אלו היא, בכך שמורים המודעים להן יתכננו היטב את הלמידה החוץ-בית-ספרית, כך שימוצה הפוטנציאל הספציפי שלה. נקודות המוצא הן: למידה היא תהליך אישי; למידה היא תמיד בהקשר; למידה כרוכה בהשקעת זמן. המשך המאמר הוא בניתוח הסיור הלימודי במוזיאון למדע; אופי ההדרכה וחשיבות הקשרה לתוכנית הלימודים, וכן מקומם של ביקורים משפחתיים במוזיאון ותרומתם ללמידה. המאמר סוקר גם את היתרונות והחסרונות של השימוש בטלוויזיה, ובמחשב המחובר לאינטרנט ללמידה. חשיבות המאמר ברוב הסקירה הספרותית ובעומק הניתוח של כל מרחב למידה חוץ-בית-ספרית.

רשימת נספחים

50.....	נספח 1 :	דוגמאות למטרות מקצוע במדעים לחטיבה העליונה
51.....	נספח 2 :	רעיונות מרכזיים ונושאים מרכזים בתכניות הלימודים במדע וטכנולוגיה
53.....	נספח 3 :	מקצועות ההתמחות במדעי הטבע : מבנה התוכנית, דוגמאות לתכנים
	נספח 4 :	רצף ההוראה של מקצוע 'מדע וטכנולוגיה' בחטיבת הביניים בתחום התוכן :
55.....		מדעי החומר- כימיה, פיסיקה
56.....	נספח 5 :	סוגיות במקצוע הכימיה ונושאי הבחירה שלהן
57.....	נספח 6 :	מבחנים ארציים ובינלאומיים
58.....	נספח 7 :	מיומנויות בלמידת מדע וטכנולוגיה
62.....	נספח 8 :	מיומנויות בלמידת כימיה
63.....	נספח 9 :	מיומנויות בלמידת מדעי הסביבה
64.....	נספח 10 :	מיומנויות בלמידת מדעי כדור הארץ
65.....	נספח 11 :	מיומנויות בלמידת ביולוגיה
	נספח 12 :	מקצוע לדוגמא : סטנדרטים וציוני דרך בהוראת מקצוע (תחום תוכן) במהלך שנות הלימוד גן- י"ב
67.....		
71.....	נספח 13 :	דו"חות על יישום תכניות הלימודים
77.....	נספח 14 :	תכניות לימודים בעולם : דוגמא מארה"ב – מסצ'וסטס
78.....	נספח 15 :	העברה ותרגום : Transfer vs. Translation
80.....	נספח 16 :	מחקרים על העברה בלמידה-מבוססת-חקר
	נספח 17 :	המיומנויות המשותפת למקצועות מדעי הטבע ולמקצועות שאינם מתחום מדעי הטבע
82.....		
86.....	נספח 18 :	למידה חוץ-בית ספרית בסביבות בית הספר (field-trip)
87.....	נספח 19 :	עיקרי הרפורמה בתחום הטכנולוגיה

נספחים

נספח 1

דוגמאות למטרות מקצוע במדעים לחטיבה העליונה

1. כימיה - מטרות העל

- "הכרת הכימיה בחיי היומיום והדגשת הקשר שלה למציאות היומיומית במטרה להפוך אותה לרלוונטית ללומדים.
- קישור הכימיה לחברה שבה הלומדים מתפקדים כך שייבנה קשר בין הכימיה לנושאים שיש ללומד עניין בהם. לדוגמה: הכימיה בשירות המשטרה, הכימיה בייצור תרופות, הכימיה בתעשיית המזון וכדומה.
- הכרת הכימיה כתחום דעת משיק לתחומי דעת מדעיים נוספים כגון: פיזיקה, ביולוגיה, חקלאות, רפואה, מדעי כדור הארץ והסביבה; וכן: הצגת חשיבות הכימיה כצומת מדעים בין הפיזיקה, לביולוגיה, לטכנולוגיה. (דוגמאות: כימיה כחלק אינטגרלי בגיאולוגיה, כימיה כחלק אינטגרלי בביוטכנולוגיה)" (משרד החינוך, 2009א).

2. ביולוגיה - התפיסה הרעיונית:

"לימוד הביולוגיה מקנה ללומד ידע על עצמו כאדם ועל היצורים האחרים שבסביבתו. לימוד זה כרוך בהבנת יחסי הגומלין שבין היצורים לבין עצמם ובינם לבין סביבתם ובהבנת מקומו של האדם במערכת יחסים זו. לימוד הביולוגיה כרוך גם ביישום ידע מתחומי הכימיה, הפיזיקה והמתמטיקה להבנת עולם היצורים החיים. לימוד מקצוע זה עשוי לפתח יחס חיובי לנוף הארץ, לחי ולצומח שבה ולטבע בכלל, ולאפשר ללומד להכיר ולהבין את מעמדו ואחריותו של האדם בשמירת ערכי הטבע. ההתקדמות וההישגים הגדולים בביולוגיה במחצית השנייה של המאה ה-20 ובתחילת המאה ה-21, כגון חקר הגנום האנושי והגנומים של יצורים אחרים, היכולת לבצע התערבות בתהליכים אלה, כגון שיבוט אורגניזמים, וגם הבנת ההשפעה של האדם על מגוון המינים בטבע – כל אלה מעוררים שאלות מוסריות, התנהגותיות וחברתיות נכבדות, שכל אזרח ייחשף אליהן במאה ה-21. לפיכך, אוריינות ביולוגית חייבת להיות חלק בלתי נפרד מנכסיו הרוחניים של כל אדם משכיל בעת הזאת. לימוד הביולוגיה כמקצוע מדעי בחטיבה העליונה של בית הספר העל-יסודי אמור לפתח חשיבה ייחודית לתחום (חשיבה דיסציפלינרית) ולאפשר להבין את השיקולים בפתרון בעיות בביולוגיה. לימוד הביולוגיה כתהליך חקר קשור גם בפיתוח חשיבה ביקורתית. עיסוק בתהליכי החקר ובהבנתם עשוי לתרום לפיתוח מיומנויות חשיבה, אשר יוכלו להועיל לתלמיד בהתמודדותו עם בעיות בחיי יום יום. מטרת התוכנית היא, על כן, לפתח אוריינות מדעית-ביולוגית באמצעות הוראת הרעיונות המרכזיים, מושגי היסוד, התופעות והתהליכים הבסיסיים המתקיימים ביצורים החיים, תוך פיתוח מודעות לשאלות ערכיות ותוך לימוד ויישום עקרונות המחקר המדעי והחשיבה הביקורתית המאפיינים את מדעי הטבע בכלל והביולוגיה בפרט" (משרד החינוך, 2006ב). (ההדגשות במקור.)

נספח 2

רעיונות מרכזיים ונושאים מרכזיים בתכניות הלימודים במדע וטכנולוגיה

א. רעיונות מרכזיים בתכניות הלימודים

- בגן בילדים - תוכנית הלימודים מונחית על-ידי שני עקרונות פדגוגיים-דידקטיים: למידה על ידי עשייה ('Learning by doing'): התנסות והפעלת תחושות, תוך פיתוח מיומנויות כמו: שאילת שאלות, ניתוח נתונים, שימוש במכשירים ועוד; למידה סביב בעיות אותנטיות ('Problem-based learning') מעורבות בתהליך הלמידה על-ידי התמודדות עם בעיה עכשווית, הצורכת פיתרון טכנולוגי מבוסס-ידע מדעי.
- בחטיבת הביניים - הרעיונות המרכזיים מנוסחים בנפרד לכל תחום תוכן (סעיף 2.1.2.3), לדוגמה: שני רעיונות מרכזיים בתחום התוכן מדעי החומר - חומרים: "גוף מאופיין על פי החומר שממנו הוא עשוי, צורתו, מסתו ונפחו; חומרים מאופיינים על פי המקור והתכונות הכימיות והפיסיקליות" (משרד החינוך, 2010). בתוכנית הלימודים החדשה⁹⁰ ניתן דגש מיוחד לנושא הקיימות, כך שתכנון ישולבו בכל תחומי התוכן, בעיקר באלו הנוגעים למעורבות האדם והשפעתו על הסביבה (נושאים מרכזיים: 'מערכות טכנולוגיות ומוצרים' ו'מערכות אקולוגיות')⁹¹.
- בתוכנית 'מוט"ב' קיימת התאמה מירבית לאוכלוסייה המגוונת של תלמידים שלא יתמחו בתחום, וכן למורים בעלי רקע אקדמי מתחומי המדע השונים. תוכנית הלימודים אינטגרטיבית ומשולבים בה נושאים מדעיים רב-תחומיים עם השלכותיהם הטכנולוגיות והחברתיות. הרעיונות המרכזיים מנוסחים בנפרד לכל מבנית לימוד (סעיף 2.1.2.4), לדוגמה: שני רעיונות מרכזיים במבניות הנושא 'אוויר': "כל החומרים בנויים מאוספי חלקיקים. הרכב החלקיקים והקשרים ביניהם קובעים את תכונות החומר; קרינה מגיבה באופנים שונים עם החומר כגון: החזרה, שבירה, בליעה, פליטה, העברה" (משרד החינוך, 2010א)⁹².

ב. נושאים מרכזיים בתכניות הלימודים

בית הספר היסודי הנושאים המרכזיים: 'חומרים ואנרגיה'; 'עולם היצורים החיים'; 'האדם ובריאותו'; 'כדור הארץ והיקום'; 'מערכות אקולוגיות'; 'עולם מעשה ידי אדם'; 'מידע ותקשורת'. כל אחד מהנושאים המרכזיים הוא חובה, אך מפרט התכנים כולל את גרעין החומר וכן הרחבה והעמקה. התוכנית מאפשרת גמישות ויצירתיות של המורים ביצירת רצפי הוראה מגוונים, שימוש בשיטות הוראה שונות כמו תקשוב או למידה חוץ-כיתתית וכיו"ב.

מסגרת השעות המומלצת: 3 - 4 ש"ש בכיתות א-ב, 4 - 5 ש"ש בכיתות ג-ד, 5 - 6 ש"ש בכיתות ה-ו.⁹³ ריבוי הנושאים המרכזיים והגיוון שבהם מבטאים את **אופיו הרב-תחומי** של המקצוע, אך נושא אינו עומד בפני עצמו, אלא מקושר לנושאים אחרים. הקישור בין הנושאים (זהו בעצם מארג של נושאים) מבטא את **האופי הבין-תחומי** של המקצוע.

במפרט התכנים לבית הספר היסודי מופיעה טבלת קשרים לכל נושא מרכזי, ובה דוגמאות לתכנים אחרים הקשורים לנושא, לדוגמה:

⁹⁰ תוכנית הלימודים החדשה לחטיבת ביניים מופיע בגרסה חלקית של טיוטה - תשע"א (משרד החינוך 2020).
⁹¹ בנוסף, בחטיבת הביניים מושם דגש רב על ההערכה כחלק מהלמידה וההוראה: ה.ל.ה. (משרד החינוך, 2010ה) (גם בתוכנית הלימודים לגן הילדים יש התייחסות לכך).

⁹² תוכנית הלימודים החדשה במוט"ב מופיעה כטיוטה, ללא עריכה לשונית.
⁹³ הדגש הוא על שעות מומלצות. אין בידי במידע על מסי השעות המוקצב למקצוע בבתי הספר, בפועל.

נושא מרכזי	כיתה	תת-נושא	תכנים הקשורים בנושאים מרכזיים אחרים
כדור הארץ והיקום	ג - ד	הידרוספירה	חומרים ואנרגיה : המים משנים את צורתם
		תפוצת המים, תכונתם וחשיבותם	עולם היצורים החיים : תנאים הכרחיים לגידולם של צמחים
עולם מעשה ידי אדם	א - ב	כלים ומכונות להגברת יכולתו של האדם	חומרים ואנרגיה : שינויים בחומר מעשה ידי אדם

חטיבת הביניים (משרד החינוך, 1996, 2010)

הנושאים המרכזיים: 'חומרים, מבנה, תכונות ותהליכים'; 'אנרגיה ואינטראקציה'; 'מערכות טכנולוגיות ומוצרים'; 'מידע ותקשורת'; 'כדור הארץ והיקום'; 'תופעות, מבנים ותהליכים ביצורים חיים'; 'מערכות אקולוגיות'.

בתוכנית הלימודים החדשה המופיעה בשלב זה בטיוטה יש הדגשים שונים, הן במיומנויות (להלן, סעיף 'מיומנויות בתכניות הלימודים'), והן בתכנים (משרד החינוך, 2010). יש התייחסות מפורשת לדיסציפלינות המרכזיות שבבסיס המקצוע, והנושאים מקובצים בארבעה תחומי תוכן: מדעי החומר - פיסיקה; מדעי החומר - כימיה; מדעי החיים - ביולוגיה; מדעי הטכנולוגיה. (תחום 'מדעי כדור הארץ והיקום' משולב בתכנים אחרים.) בשינוי זה ניכרת נטייה לפיצול המקצוע המאוחד "מדע וטכנולוגיה" למקצועות הבסיס שלו. כמו כן, התוכנית החדשה תחתור להלימה טובה יותר עם מפרטי התכנים והמיומנויות המתפרסמים על ידי מוסדות הערכה בינלאומיים. במסגרת זו הודגשו או נוספו נושאים כגון, בריאות האדם, מיון עולם היצורים החיים והמגוון הביולוגי. בתוכנית מודגשים היטב ההיבט המדעי, ההיבט הטכנולוגי וההיבט החברתי-סביבתי בכל תוכן נלמד.

מסגרת השעות: הוקצב מספר שעות שונה לכל נושא מרכזי (למשל: 'מידע ותקשורת' - 30 שעות לימוד; 'חומרים: מבנה, תכונות ותהליכים' - 105 שעות לימוד). סה"כ 600 שעות לימוד, הפרושות על שלוש שנים (כיתות ז-ט).⁹⁴

⁹⁴ יש לציין כי תכניות הלימודים במדע טכנולוגיה לבית הספר היסודי ולחטיבת הביניים והסטנדרטים הנלווים להם מכוונים להלום את הנושאים והמיומנויות, הנדרשים לעמידה במבחנים בינלאומיים, שמדינת ישראל נוטלת בהם חלקן (מבחני PISA, TIMSS ומבחן ישראלי: מיצ"ב (נספח 6)).

נספח 3

מקצועות ההתמחות במדעי הטבע: מבנה התוכנית, דוגמאות לתכנים

• כימיה (משרד החינוך, 2009א)

נושאים לבחירה לדוגמה	נושא חובה לדוגמה	מס' שעות לימוד	יחידות לימוד
בריאות וחולי ומה שביניהם	התפתחות הכימיה	90	1
טעם של כימיה, הכימיה והאדם	חומרים ותגובות – היבט כמותי	180	3, 2
כימיה אורגנית, כימיית פני שטח	כימיה כללית	90	4
	מעבדה או נושא עיוני	90	5
		450 יח"ל (סה"כ ב- 5 יח"ל שעות לימוד)	

הנושאים מייצגים את מהות המקצוע, המסביר את עולם הטבע בשלושה היבטים: מבנה (חומרים ותכונותיהם), אנרגיה ודינמיקה (שיווי משקל ומהירות תגובה) ובאינטראקציה שביניהם.

• ביולוגיה (משרד החינוך, 2006ב)

במקצוע זה קיימים נושאי ליבה, נושאי בחירה נושאים מתחלפים ועבודה מעשית של חקירה או חקר.

עבודה מעשית	נושא מתחלף***	נושאי בחירה**	נושאי ליבה*	יחידות לימוד
מעבדה ותיאור מורפולוגי של צמחים	-	2	3	3
1. מעבדה ותיאור מורפולוגי של צמחים, 2. עבודה אקולוגית. לחלופין: חקר 'ביודעי'.	1	3	3	5

*שלושה נושאי הליבה מייצגים את רמות הארגון בביולוגיה (אחד מהרעיונות המרכזיים של התחום):
א. רמת התא: 'התא'

ב. רמת האורגניזם השלם: 'מבוא לביולוגיה של האדם (הומיאוסטזיס)'. זהו נושא חובה פותח בכיתה י.
ג. רמת החברה: 'אקולוגיה'.

היסודות המארגנים לנושאי הליבה הם הרעיונות המרכזיים של הביולוגיה, למשל: ארגון במערכות ביולוגיות, ויסות והומיאוסטזיס, יחסי גומלין וקיום שיווי משקל דינמי.⁹⁵

** שמונה נושאי בחירה, רבייה, תקשורת ויסות ותיאום, מיקרואורגניזמים, אבולוציה, תורשה, התנהגות בעלי חיים גלגולי אנרגיה ביצורים חיים.

*** נושאים מתחלפים על פי החלטה של וועדת המקצוע: נושאים המצויים בחזית המדע, אשר יילמדו מתוך מאמרים. הנושאים הם בעלי אופי בינתחומי עם השלכות חשובות לחברה (התכוונות למדע וטכנולוגיה בחברה). נושאים לדוגמה: ביוטכנולוגיה (מנקודת מבט ביולוגית), התפתחות עוברית, מגוון המינים. בתוכנית משולבים גם היבטים ערכיים בכל התכנים.

⁹⁵ הרעיונות האחרים הם: אחידות בעקרונות המבנה והתפקוד ושוני בצורה, התאמה בין מבנה לתפקוד 'המשכיות תורשתית ורבייה, העברת מידע מדור לדור, גדילה והתפתחות ותאוריית האבולוציה.

• **מדעי הסביבה** (משרד החינוך, תשס"ז 2008)

5 יחידות לימוד	3 יחידות לימוד	מס' יחידות לימוד	מרכיב
+	+	2	מושגים ועקרונות*
+	+	1	סדנא סביבתית
+		1	התמחות*
+		1	מחקר סביבתי - אקוטופ

נושאים עיוניים, המורכבים מנושא ליבה: 'מערכות אקולוגיות ומגוון ביולוגי' ומנושאים לבחירה (בהתאם למספר יחידות הלימוד: 'משאב המים', 'משאב האוויר', 'רעש וקרינה', 'פסולת מוצקה', 'ניהול ושימור סביבה' ו'אתיקה וסביבה').

מרכיבי התוכנית מבטאים את הרעיונות המרכזיים שבה: הסביבה כמערכת דינמית, יחסי גומלין אדם-סביבה, אחריות האדם על הסביבה – פיתוח בר-קיימא, חשיבה גלובלית ופעולה מקומית ולימוד על הסביבה, בסביבה.

• **מדעי כדור הארץ** (משרד החינוך, 2004)

נושאי-על: הגיאוספירה ומערכות כדור הארץ, ההידרוספירה ומערכות כדור הארץ, האטמוספירה ומערכות כדור הארץ, המערכת הפלנטרית ומערכות כדור הארץ, נושא חתך של נושאי-העל יחסי גומלין בין האדם למערכות כדור הארץ.

נושאים לבחירה (לתוכנית ליבה (3 יחידות לימוד) ולהעמקה (5 יחידות לימוד): מערכות כדור הארץ (מחזור הפחמן כמודל), רעידות אדמה בהיבט סביבתי, הידרולוגיה בהיבט סביבתי, גיאולוגיה כלכלית, אבולוציה בממד הזמן, האוקיינוסים ומערכות כדור הארץ, ביו-גיאוגרפיה על רקע תאורית הלוחות, כדור הארץ ככוכב לכת, גיאומורפולוגיה. לימוד המקצוע כולל גם לימוד בשיטת החקר במעבדה, בשדה או באופן ממוחשב וכן ביצוע מחקר-זוטא – גיאוטופ (ל-5 יחידות לימוד).

נספח 4

רצף ההוראה של מקצוע 'מדע וטכנולוגיה' בחטיבת הביניים (ז – ט) תחום התוכן: מדעי החומר- כימיה, פיסיקה

• נושא מרכזי: חומרים

- א. גופים, חומרים ותכונותיהם והשימושים בהם (כיתה ז)
- ב. תהליכי שינוי בחומרים וחוק שימור המסה (כיתות ז, ח, ט)
- ג. מבנה החומר:
 1. מודל החלקיקים (כיתה ז)
 2. מבנה האטום, היסודות ותכונותיהם; ארגון היסודות בטבלה המחזורית (כיתה ח)
 3. תרכובות ותערובות (כיתות ח, ט)
- ד. השפעת השימוש בחומרים על הפרט, על החברה ועל הסביבה (כיתות ז, ח, ט).

• נושא מרכזי: אנרגיה

- א. סוגי אנרגיה (כיתות ז, ח, ט)
- ב. מקורות אנרגיה, הפקת אנרגיה והשימושים בה (כיתות ח, ט)
- ג. השפעת השימושים באנרגיה על הפרט, על החברה ועל הסביבה (כיתות ח, ט).

תחום התוכן: מדעי החיים – ביולוגיה

• נושא מרכזי: התא

התא כחידת מבנה ותפקוד בסיסית של יצורים חיים (כיתות ז, ח, ט)

• נושא מרכזי: מערכות ותהליכים ביצורים חיים

- א. מאפייני חיים, צרכים לקיום החיים (כיתות ז, ח, ט)
- ב. תפקודן של מערכות ביצורים חיים (כיתות ז, ח, ט)
- ג. בריאות האדם, איכות החיים ודרכים לשמירתן (כיתות ז, ח, ט)

• נושא מרכזי: מערכות אקולוגיות

- א. המגוון בטבע (כיתות ז, ט)
- ב. יחסי גומלין בין יצורים ובינם לבין סביבתם (כיתות ח, ט)
- ג. מערכות האדם במרכיבי הסביבה החיים (הביוטיים) והשלכותיה על הסביבה (כיתות ח, ט)

תחום תוכן: טכנולוגיה

• נושא מרכזי: מערכות טכנולוגיות ומוצרים

- א. מהות הטכנולוגיה וקשרי הגומלין בין הטכנולוגיה לבין המדע (כיתה ז)
 - ב. תהליך התיכון כדרך לפתרון בעיות בטכנולוגיה (כיתה ז)
 - ג. אפיונה של מערכת טכנולוגית: מטרה, מרכיבים, מבנה ותהליכים (כיתה ח)
 - ד. השפעת הטכנולוגיה על החברה והסביבה (כיתות ז, ח).
- תכנים מהנושאים הללו נלמדים גם בחטיבה העליונה במסגרת תוכנית מוטי"ב. זוהי תוכנית מודולרית, המתבססת על מבניות לימוד, שכל אחת עוסקת בנושא מדעי, ומדגישה בו היבטים סביבתיים וטכנולוגיים. המורה יכול צירופים קוריקולריים מן הנושאים שבחר ללמד.

נספח 5

סוגיות במקצוע הכימיה ונושאי הבחירה שלהן

נושא	סוגיה
'חומרים, מבנה ותכונות' בגוף האדם	'הכימיה והאדם'
'חומרים מבנה ותכונות': פולימרים לשרות האדם	'חומרים כבקשתך'
'כימיה של מזון'	'טעם של כימיה'
'כימיה וסביבה'	'כימיה ירוקה – אדם וסביבתו'
ניתוח מאמר מדעי	'הכל כימיה'

גם ביחידה הרביעית נשואי הבחירה נבחרו מתוך ענפי הכימיה. כלומר, המגמה היא להראות לתלמידים את הפריסה הרחבה של הכימיה ולחשפם לנושאים עדכניים בתחום. להלן ענפי הכימיה והנושאים:

נושא	ענף
כיצד אנו חשים בחומרים?	כימיה אורגנית
ביוכימיה של חלבונים וחומצות גרעין	ביוכימיה
ביוכימיה של חלבונים וחומצות גרעין	כימיה פיסיקלית
עקרונות בכימיית פני-שטח	כימיית פני-שטח
עקרונות בכימיה של הסביבה	כימיה של הסביבה

נספח 6

מבחנים ארציים ובינלאומיים להערכת הלמידה

מבחן PISA (Programs for International Student Assessment): זהו מבחן בינלאומי של מדינות ה-OECD הבודק אוריינות של תלמידים בני 15 בשלושה תחומים: אוריינות קריאה, אוריינות מדעית ואוריינות מתמטית. בכל שנה ניתן דגש מיוחד לתחום כלשהו הניתן להערכה. כבסיס להערכה בינלאומית סביר לשאול – כאזרחים: מה חשוב לדעת, להעריך, ולהיות מסוגל לעשות במצבים הקשורים למדע וטכנולוגיה? שאלה זו עמדה במרכז PISA 2006, שליבתו הייתה מדעים. (בשנת 2003 הליבה היתה 'ידע מתמטי'). הרציונל בבסיס השאלות:

א. התלמיד צריך להיות מסוגל להתייחס לשאלות הקשורות למדע בחיי יום יום בהקשר אישי, חברתי וגלובלי.

ב. ההנחה היא שתכניות הלימודים אינן זהות בכל המדינות ולכן המבחן בודק בעיקר אוריינות.

ג. מאחר שאי אפשר לשאול על אוריינות ללא תוכן, ייכללו במבחן גם תכנים בסיסיים ועקרונות שמניחים כי הם נכללים בתכניות הלימודים של כל המדינות (משרד החינוך, 2003).

מבחן TIMSS (Third International Mathematics and Science Studies): מחקר בינלאומי המשווה הישגים במתמטיקה ומדעים. זהו מבחן ארוך-טווח, הנערך בקרב מדגמי תלמידים בכתות ד ו-ח ובוחר את השינוי בידע שלהם במהלך ארבע שנים. המבחן נערך על-ידי IEA - ארגון בינלאומי האחראי להערכת ההישגים הלימודיים במדעים ובמתמטיקה ברחבי העולם.

מבחני מיצ"ב ('מדדי יעילות וצמיחה בית-ספרית'): מבחן של מדינת ישראל, הנערך ומנוהל על ידי 'ראמ"ה-י'רשות ארצית ללמידה והערכה בחינוך'. מערכת מדדים בית-ספריים, המשמשת עבור מנהל בית-הספר וצוותו כלי עבודה מרכזי לתכנון משאבים ולניצולם.

נקודת המוצא המנחה את פיתוח המיצ"ב היא התפיסה כי בית-הספר הוא מכלול המורכב מחלקים רבים שיש ביניהם יחסי גומלין. מדובר בארגון הכולל סביבה לימודית, תכניות לימודים, הישגים, תכניות לפיתוח מקצועי של הסגל, מערכות יחסים רבות (תלמידים-תלמידים, מורים-מורים, מורים-תלמידים, מורים-מורים) ועוד. לפיכך, כדי לקבל תמונה המתארת את סביבת בית הספר, יש לבחון היבטים רבים שיקיפו וישקפו את מורכבותה.

המיצ"ב מתקיים בארבעת תחומי הדעת הנוכחיים - שפת אם (עברית/ערבית), מתמטיקה, אנגלית ומדע וטכנולוגיה - ומלווה בשאלוני אקלים בית-ספרי, סביבה פדגוגית ועוד (להלן "אקלים וסביבה פדגוגית"). דרגות הכתה הנבחנות בכל ארבעת תחומי הדעת הן ה' ו-ח': מתקיים מיצ"ב חיצוני (משרד החינוך) ומי"צב פנימי (בית הספר).

נספח 7

מיומנויות בלמידת מדע וטכנולוגיה

1. מיומנויות המקצוע 'מדע וטכנולוגיה' בבית הספר היסודי

בבית הספר היסודי: פיתוח המיומנויות יהיה ספירלי ומובנה (כמו התכנים), בהתאם ליכולת התלמידים בתחום ההכרתי (קוגניטיבי), התקשורתי והמוטורי. מיומנויות החשיבה והעשייה מחולקות לארבע 'קבוצות': 1. מידע וטיפול בו; 2. תהליכי חקר וגילוי; 3. פתרון בעיות; 4. עשייה וביצוע. קבוצות אלו ניתנות לריכוז בהיבטים הבאים:

- א. מיומנויות למידה ותקשורת הכרוכות גם במיומנויות של למידה עצמית
- ב. מיומנויות חקר, גילוי ופתרון בעיות, הן במדע והן בטכנולוגיה ובמשולב
- ג. מיומנויות הקשורות בעשייה ובביצוע של פעולות פשוטות ומשימות מורכבות. טיפוח מיומנויות אלו יתרום וישפר את ההתנסות החווייתית של התלמידים בלמידה, ויסייע גם להתפתחות המוטורית של הילדים.

להלן ציטוט מתוך תוכנית הלימודים (משרד החינוך, תשנ"ט, תשס"ה).

מיומנויות חשיבה ועשייה

פיתוח מיומנויות נחשב לאחת המטרות המרכזיות בהוראת כל מקצוע, ובהוראת המקצוע מדע וטכנולוגיה בפרט. המיומנויות, שהן אבני יסוד ביכולתו של הפרט לחשוב ולתפקד, חיוניות במיוחד בשל הצורך של האדם לתפקד ולהתפתח בחברה דינמית עתירת ידע. פיתוח המיומנויות ייעשה על ידי תכנון דרכי הוראה המטפלות בפיתוח המיומנויות במשולב עם תוכני הלימוד השונים, ובאמצעות התנסות חווייתית בסביבות המעודדות טיפוח לומד עצמאי, המבצע פעולות חקר ופתרון בעיות תוך שימוש בכלים, בציוד ובאמצעים ממוחשבים ומתוקשבים מתקדמים. מן הראוי לציין, כי פיתוח מובנה של מיומנויות שתהיינה נחלת הפרט הוא תהליך מורכב המחייב תכנון ספירלי רב-שנתי וביצועו כחלק מהוראת כל נושאי הלימוד ובמשולב עמם בכל שכבות הגיל בהתאם ליכולת ההכרתית והמוטורית של התלמידים.

תהליך פיתוח מיומנויות חשיבה ועשייה יכול פיתוח אסטרטגיות וסגנונות חשיבה ובעיקר חשיבה לוגית, ביקורתית ויצירתית, המהווים תשתית הכרתית ליכולת הפרט לתכנן ולבצע פעולות הקשורות בטיפול במידע, בחקירה, בגילוי או בפתרון בעיות. מיומנויות חשיבה ועשייה המפורטות להלן מוצגות ב- 4 "קבוצות" עיקריות, אף על פי שהן משולבות אלה באלה.

'קבוצות' של מיומנויות חשיבה ועשייה

- בכיתות א-ו יש להטיל את מרכז הכובד על פיתוח ספירלי ומובנה של אסטרטגיות וסגנונות חשיבה, כגון חשיבה לוגית, ביקורתית ויצירתית, בכל שכבות הגיל. פיתוח זה ייעשה בהתאם ליכולת התלמידים בתחום ההכרתי, התקשורתי והמוטורי, בשימוש באמצעים ממוחשבים מתקדמים בסביבות למידה הולמות (והתנסות בהם). תהליכי פיתוח מיומנויות ייעשו במשולב עם תוכני הלימוד לפי ארבע "קבוצות" אלה: מידע וטיפול בו, תהליכי חקר וגילוי, פתרון בעיות, עשייה וביצוע.

להלן פירוט.

א. מיומנויות מידע וטיפול בו

איסוף מידע באמצעים מגוונים

- צפייה והקשבה
- שימוש בספרייה ובמאגרי מידע: חיפוש מקורות, קריאת טקסט מדעי-טכנולוגי
- שימוש באמצעי מדיה ממוחשבים ומתקשבים שונים
- איסוף נתונים באמצעות מעבדה ממוחשבת
- איסוף נתונים באמצעות שאלוני סקר, ראיונות וכיוצא בהם

עיבוד הכרתי של מידע בעזרת פעולות שונות

- מיון, השוואה, אבחנה, ארגון
- חישוב, הכללה, העברה, קשרי גומלין
- פתרון בעיה, הסקת מסקנה
- מעקב אחר תהליך סדרתי רציף
- ניתוח טקסט וזיהוי רלוונטיות לחיי היום-יום
- הערכה וקבלת החלטות

ייצוג הידע שנרכש

- בכתב (דו"ח, עבודה, מאמר, טבלה, גרף, כרזה)
- בעל פה (דיון, הרצאה)
- באמצעים אודיאו-ויזואליים (סרט, מצגת)
- המחשה פלסטית (דגם, תערוכה, יריד)

ב. תהליכי חקר וגילוי

- זיהוי בעיות והגדרתן
- הגדרת מטרות וניסוחן
- העלאת שאלות
- העלאת השערות
- תכנון ניסויים (וביצועם)
- פירוט שלבי החקר ותהליך פתרון הבעיה
- קריאת תוצאות, עיבודן וייצוגן
- דיון בממצאים, הסקת מסקנות
- הערכת ממצאים והשלכותיהם

ג. פתרון בעיות

- איתור צרכים אנושיים-חברתיים והגדרתם
- הגדרת מטרות מחקר או פרויקט
- אפיון המוצר או המערכת
- תכנון פתרונות אפשריים והצעתם
- בחירת פתרון אופטימלי
- פירוט שלבי הפיתוח וביצועו
- הערכת הפתרון או התוצר המוגמר

ד. עשייה וביצוע

- עריכת תצפיות שדה
- ביצוע מדידות
- ביצוע ניסויים במעבדה ובשדה
- ביצוע פעולות בסיסיות, כגון סימון, חיתוך חומרים, עיצוב, פירוק והרכבה
- בניית דגמים
- ביצוע פרויקטים בנושאים מגוונים
- ביצוע פעולות הקשורות באיסוף מידע ובייצוגו (טבלאות, גרפים, מצגות וכו')
- עבודה בצוות (תכנון וביצוע של ניסוי או פרויקט, דיון)

את ארבע "קבוצות" מיומנויות החשיבה והעשייה ניתן למקד בהיבטים אלה:

מיומנויות למידה ותקשורת

המאפיינות תהליכי הכשרתו של לומד אשר קולט מידע ומעבדו ומציג את הידע שרכש. הלומד יפתח מיומנויות שישגלו אותו ללמידה עצמית.

מיומנויות חקר, גילוי ופתרון בעיות

המאפיינות במיוחד את תחומי המדע והטכנולוגיה ומבטאות את ייחודו של האדם וכמיהתו לדעת ולהשתמש בידע לפיתוח החברה וטיפוח תפקודה.

נוסף לסקרנותו של האדם להבין תופעות וחוקי טבע ולחקור אותם תוך תהליכי פתרון בעיות בתחומי המדעים השונים, מונע האדם גם על ידי צורך אנושי-חברתי הנוגע למציאת דרכים שנועדו להגביר את יכולתו הטבעית ולשפר את תפקודו ואת איכות חייו.

מיומנויות חקר וגילוי ומיומנויות הקשורות בפתרון בעיות משולבות אלה באלה, וההאבחנה ביניהן (ראו "חלוקה" לעיל) נועדה לסייע למורים לארגן את ההוראה ולתכנן תהליכי למידה המדגישים מאפייני תהליכי חקר, גילוי ופתרון בעיות בתחומי המדע (הגדרת בעיה, העלאת השערות, תכנון ניסוי וביצועו, הערכת ממצאים, הסקת מסקנות ודיון בהשלכותיהן), תהליכי למידה ופתרון בעיות המאפיינים תהליך טכנולוגי (איתור צורך, הגדרת מטרה ודרישות תפקודיות של המוצר או המערכת, בחירת פתרון אופטימלי

והערכתו, מימוש ניסיוני של הפתרון, ביצוע הפתרון, דיון ביישומיו ובהשלכותיו) **ולמידה המשלבת בין שני אלה.**

מיומנויות הקשורות בעשייה ובביצוע

כביטוי התנסותי חוויתי של הלמידה במגמה להמחיש תופעות במדע וטכנולוגיה, במגמה לבדוק תוקפם של תיאוריות ושל מודלים וכדי לסייע להתפתחות המוטורית של התלמידים, מביצוע פעולות פשוטות ועד למשימות מורכבות.

2. מיומנויות המקצוע 'מדע וטכנולוגיה' בחטיבת הביניים

בחטיבת הביניים: בתוכנית החדשה ניתן דגש לחיזוק האינטגרציה בין תכנים לבין מיומנויות, כלומר שילוב מיומנויות בנושאי תוכן. הוגדרו שלוש חטיבות של מיומנויות: חקר ופתרון בעיות בתחום המדעי; תיכון - חקר ופתרון בעיות בתחום הטכנולוגיה; מידענות (זוהי מיומנות חדשה, שלא ניתן לה מקום עד כה בתכניות הלימודים בשכבות הגיל השונות).

דוגמאות: מיומנויות חקר בתחום המדעי: תכנון, ביצוע, עיבוד, ייצוג וניתוח, הצגה והערכה. מיומנויות בתחום התיכון: זיהוי של צרכים ובעיות והגדרתם, העלאת רעיונות לפתרון ובחירת פתרון מתאים, בניית דגם או מוצר והערכתו. (הניסוח דומה לזה שבגן הילדים ובבית הדפדפן היסודי, שהרי זהו מקצוע אחד לכל שנות הלימוד).

על מנת להגיע ליישום מיטבי של המיומנויות הן מפורטות לציוני דרך לכל חטיבת גיל (יסודי עד חטיבת הביניים. דוגמה: מיומנות התכנון- המרכיבים: **מטרת החקר, שאלות והשערות** - ציוני הדרך הם כדלהלן: כיתות א – ב: שאילת שאלות על יצורים, עצמים ותופעות בסביבה; כיתות ג – ד: שאילת שאלות על יצורים, עצמים ותופעות בסביבה ומיון; כיתות ה – ו: שאילת שאלות על יצורים, עצמים ותופעות בסביבה, הניתנות לבדיקה בניסוי או בתצפית וזיהוי שאלה מרכזית בטקסט המתאר חקר. העלאת השערות וביסוסן והבנת ההבדל בין השערה לבין ניחוש.

כיתות ז – ט: הכרת המאפיינים של שאלת חקר, שאילת שאלות חקר על יצורים, עצמים ותופעות בסביבה, הניתנות לבדיקה בניסוי או בתצפית וזיהוי שאלת חקר בטקסט המתאר חקר. הכרת המאפיינים של השערה, ניסוח השערות וביסוסן, והבנת ההבדל בין השערה לבין ניחוש (משרד החינוך, 2010).⁹⁶

3. מיומנויות המקצוע 'מדע וטכנולוגיה' בחטיבה העליונה (תוכנית מוט"ב)

להוראת המיומנויות יש מקום נכבד ברציונל התוכנית ובמטרותיה: המיומנויות יילמדו, כשהן משולבות בתכנים ובצורה מפורשת. כמו כן המיומנויות יתורגלו בתחומי תוכן רבים לשם ההעברה (משרד החינוך, 2010א).

המיומנויות הן בתחומים הבאים: טיפול במידע, ניתוח ביקורתי, שיח טיעוני, חקר ופתרון בעיות.

⁹⁶ דוגמאות נוספות בתוכנית הלימודים החדשה במדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים, תשע"א.

נספח 8

מיומנויות בלמידת כימיה [(משרד החינוך, תוכנית לימודים חדשה לחטיבה העליונה בכל המגזרים,

2009)]

מיומנויות מהותיות לכימיה

- פיתוח חשיבה מדעית-כימית הכוללת הבחנה בין העולם המיקרוסקופי לבין העולם המקרוסקופי, כמו גם יכולת קישור ביניהם, תוך הבנה שהתנהגות העולם המיקרוסקופי מהווה הסבר לתופעות בעולם המקרוסקופי
- פיתוח יכולת מעבר בין ארבע רמות הייצוג בכימיה: מיקרו, מקרו, סמל ותהליך
- הבנת התפתחותה של תיאוריה מדעית ומשמעותה של תיאוריה מדעית
- פיתוח תפיסה מופשטת של מושגים מדעיים
- פיתוח יכולת עבודה במעבדה כימית לסוגיה להבנתן ולרכישתן של שיטות החקר המודרניות.

מיומנויות הקריאה של טקסט מדעי, הבנתו והערכתו הביקורתית

- זיהוי רעיונות מרכזיים
- יכולת לשאול שאלות הנובעות מתוך הטקסט
- יכולת להבחין בין הנחות יסוד, השערות, ממצאים ומסקנות
- יכולת לזהות את הפרמטרים הקבועים, יכולת לבחור את הפרמטרים המשתנים ולהסביר את משמעותם.
- יכולת לבדוק התאמה בין צורות ייצוג שונות של מידע (ייצוג מילולי, מספרי, טבלאי, גרפי)
- יכולת לבדוק קשר והתאמה בין נתונים וממצאים.
- יכולת לבדוק קשר והתאמה בין ניסויים ומסקנות
- יכולת לנסח תשובות לשאלות בנושא הנדון בטקסט.

כישורי מידענות – מיומנויות איתור, מיון, עיבוד, ייצוג מידע והצגתו

- איתור מידע – חיפוש חומר מדעי בספרייה, במאגרי מידע וברשת האינטרנט.
- יכולת לסרוק את המידע סריקה מהירה.
- מיון מידע – יכולת לבחון את רמת המידע ומהימנותו.
- עיבוד מידע וייצוגו – יכולת לעבד את החומר בצורה נבונה ולייצג את התובנות החדשות תוך שימוש בכלים שמעמידה לרשותנו המדיה הדיגיטלית
- חשיבה ביקורתית ושיפוט המסקנות – יכולת הערכה ביקורתית של טיב המידע.
- הצגת התוצר הסופי – יכולת הצגת התוצר (כרזה, הרצאה, עבודה בכתב) בצורה מושכלת.

הערה: מיומנויות הקריאה הביקורתית של טקסט מדעי הן חלק מכישורי מידענות, אלא שהוועדה מצאה לנכון להדגיש את מיומנויות הקריאה של מאמר משום שמוקדשות להן שעות לימוד מיוחדות בתוכנית.

נספח 9

מיומנויות בלמידת מדעי הסביבה (משרד החינוך, תוכנית הלימודים במדעי הסביבה לחטיבה העליונה, 2007).

מיומנויות חשיבה ולמידה

- יכולת לאתר מידע בנושאים סביבתיים במאגרי מידע כתובים וממוחשבים
- יכולת לעבד ולייצג מידע בדרכים שונות, כולל שימוש במחשב
- יכולת לפרש מידע המוצג בדרכים שונות: בטבלאות, בגרפים ובטקסט כתוב
- יכולת לתאר מערכת סביבתית טבעית או אנושית על קשרי הגומלין שבין מרכיביה השונים
- יכולת להשתמש בכלי מחקר שונים בחקר נושאי סביבה: סקרים, מדידות ותצפיות בסביבה החוץ-כיתתית, ניסויים במעבדה, סקירת מקורות ספרותיים וניתוח תוצאות
- יכולת להסיק מסקנות מחקירה של נושא/בעיה סביבתית ולהציע דרכים חלופיות לשיפור איכות הסביבה.
- יכולת לתאר בכתב ובעל-פה את ממצאי החקירה
- יכולת לבחון ולנתח בעיה סביבתית על היבטיה השונים – מדעי, טכנולוגי, חברתי, כלכלי, משפטי ואתי, ולהציע דרכי התמודדות.
- פיתוח חשיבה ביקורתית לגבי מידע בנושאים סביבתיים
- פיתוח יכולות של עבודת צוות.

מטרות בתחום פיתוח עמדות וערכים

- פיתוח מודעות ורגישות לבעיות סביבה מקומיות, ארציות וכלל-עולמיות
- נכונות לתרום, הלכה למעשה, למען הסביבה בקהילה ובמדינה
- נכונות לנקוט עמדה אישית בנושאים ובאירועים סביבתיים
- הזדהות עם פעולות הנעשות במסגרת החוק לשיפור איכות הסביבה ואיכות החיים, ורצון לקחת חלק בפעולות אלה.
- הוקרת ייחודה של הסביבה בארץ, על ערכיה הטבעיים וההיסטוריים, ונכונות לפעול לשמירתם
- פיתוח התנהגויות של צרכנות נבונה המתבססת גם על שיקולים הקשורים בצמצום הנזקים לסביבה.

נספח 10

מיומנויות בלמידת מדעי כדור הארץ (משרד החינוך, תוכנית הלימודים במדעי כדור הארץ

לחטיבה העליונה, 2004ב).

מיומנויות חשיבה הבאות לידי ביטוי מיוחד במדעי כדור הארץ והסביבה

- עריכת תצפית והיכולת להבחין בין תצפית, השערה ומסקנה
- החשיבה התלת-ממדית
- יכולת החשיבה בממד הזמן העמוק
- יכולת חשיבה המשלבת בו-זמנית את ממדי המרחב והזמן
- יכולת הבנתם של תהליכים מחזוריים (חשיבה מחזורית)
- יכולת הבנתן של מערכות והשפעתן ההדדית (חשיבה אינטגרטיבית והוליסטית).

כשרים ומיומנויות כלליים

התוכנית תתמקד בפיתוח היכולות והמיומנויות האלה:

1. שחזור בשדה של רצף התהליכים הגאולוגיים שפעל על האזור תוך הבחנה בין תצפית למסקנה.
2. מיקום תופעה גיאוספרית ברצף התהליכים של מחזור הסלעים.
3. ביצוע חשיבה מחזורית בהקשר של מעגלי חומר במערכות כדור הארץ.
4. זיהוי מרכיבי מערכת מסוימת (ממערכות כדור הארץ) ואפיון כל מרכיב בממדים, כגון גודל, קצב, מורכבות.
5. ביצוע חשיבה מערכתית להבנת יחסי הגומלין בין מרכיבי מערכת מסוימת (ממערכות כדור הארץ) ולבניית מארג של אינטראקציות בין מרכיבי המערכת.
6. זיהוי האינטראקציות בין מרכיבי מערכת מסוימת (ממערכות כדור הארץ) כתהליכים דינמיים של מעברי חומר ואנרגיה.
7. זיהוי ואפיון של מערכת מסוימת (ממערכות כדור הארץ) כמערכת מחזורית-מעגלית, שבה הכמות הכללית של החומר נשמרת ומעברי החומר לא תמיד מתרחשים בקצבי זמן שווים.
8. זיהוי תהליכים דינמיים בממד הזמן תוך הבחנה בין זמנים מסדרי גודל שונים, כגון זמן אנושי, היסטורי וגאולוגי.
9. זיהוי בעיות סביבתיות והצעת פתרונות על סמך הבנת עקרונות יחסי הגומלין בין מערכות כדור הארץ ובתוכן.
10. ביצוע חשיבה מדעית, כגון הבחנה בין תצפית, ניסוי, מסקנה והשערה, היכולת לשער השערות, להסיק מסקנות ולהציע פתרונות.
11. איסוף מידע ממקורות כתובים וממוחשבים, עיבודו בסיוע תוכנות מחשב מתאימות והצגתו באמצעות גרפים, טבלאות, תרשימים, ציורים ומפות מושגים.
12. ייצוג והצגה של ידע בכתב ובעל-פה באמצעים שונים, כגון דוחות חקר, כרזה מדעית, מצגת מחשב.

נספח 11

מיומנויות בלמידת ביולוגיה [משרד החינוך, תוכנית הלימודים בביולוגיה בחטיבה העליונה (למתמחים), 2006].

המיומנויות בנושאי הליבה

המיומנויות הכלולות בליבה הן: מיומנויות למידה, מיומנויות חקר, חשיבה ביקורתית וניתוח מידע וכן מיומנויות עבודה במעבדה ובשדה. בכל אחד מהתחומים פורטו מיומנויות השייכות לתחום. חלק מהמיומנויות חוזרות בכמה תחומים, דבר המדגיש את חשיבותן.

מיומנויות למידה

- ◆ איתור מידע ממקורות שונים (כולל מאגרי מידע ממוחשבים), הערכה של מקורות מידע, מיזוג מידע ממקורות שונים
- ◆ ארגון הידע הנלמד (כולל סיכום ותמצות מילולי, ייצוג גרפי וטבלאי) ויישום של אסטרטגיות מטה-קוגניטיביות
- ◆ יכולת קישור ידע חדש לידע קודם
- ◆ יכולת להבחין בין עיקר לטפל
- ◆ יכולת לזהות רעיונות ולבטאם בכתב ובעל פה בצורה בהירה.

מיומנויות חקר וחשיבה ביקורתית

- ◆ זיהוי שאלה וניסוח שאלה
- ◆ הבחנה בין סיבה לתוצאה
- ◆ יכולת לתכנן ניסוי
- ◆ זיהוי משתנים והיחסים ביניהם
- ◆ ביצוע השוואה: זיהוי נקודות דמיון ושוני
- ◆ הבחנה בין עובדות להשערות
- ◆ הבחנה בין מסקנות להשערות
- ◆ יכולת להסיק מסקנות ולנמק אותן
- ◆ זיהוי הנחות גלויות וסמויות
- ◆ יכולת לנסח ולבסס טיעון על סמך מידע מדעי
- ◆ התייחסות ביקורתית לטיעונים שמבוססים על מידע פגום או שגוי או שיש בהם כשל לוגי
- ◆ יכולת לבחון תקפותה של מסקנה על פי נתונים
- ◆ זיהוי מסקנות שגויות, שאינן תוצר הגיוני של העובדות והנתונים.

מיומנויות ניתוח מידע, ארגונו והצגתו

- ◆ זיהוי רעיונות מרכזיים
- ◆ יכולת להבחין בין עיקר לטפל
- ◆ איתור מידע מתאים
- ◆ פענוח מידע המצוי בטקסט, בטבלאות, בגרפים, זיהוי מגמות בגרף, בתרשימים, במודלים וסיכום המידע בתיאור מילולי
- ◆ בדיקת התאמה בין נתונים המוצגים בטבלאות, בגרפים ובתיאורים מילוליים
- ◆ מיזוג מידע, ארגון מידע והצגתו בטבלאות
- ◆ ייצוג מידע בדרך גרפית, תוך בחירת הצגה גרפית מתאימה וקנה מידה מתאים
- ◆ ארגון מידע והצגתו בדרכים מגוונות, כגון עבודה כתובה, דגם, כרזה, מצגת ותלקיט.

מיומנויות עבודה במעבדה ובשדה

- ◆ שימוש בכלים, מכשירים וחומרים תוך הקפדה על בטיחות בעבודה
- ◆ ארגון עבודה, דייקנות בביצוע הוראות, סדר וניקיון
- ◆ פיתוח יכולת הסתכלות וביצוע תצפית מכוונת
- ◆ עבודה בצוות
- ◆ יכולת לדווח בצורה מסודרת ונאותה על ממצאים מעבודת שדה ומעבדה.

נספח 12

מקצוע לדוגמה: סטנדרטים וציוני דרך בהוראת מקצוע (תחום תוכן) במהלך שנות הלימוד גן-י"ב

להלן ננתח את הוראת תחום התוכן 'מדעי החיים' במהלך שנות הלימוד.

גן הילדים: הנושא נלמד במסגרת הנושא המרכזי 'עולם היצורים החיים' – בעלי חיים וצמחים.

א. בעלי חיים

התנהגות מצופה, לדוגמה	מטרה
יזהו בעלי חיים הנפוצים בסביבתם; יתעניינו בבעלי חיים ובהתנהגותם.	הילדים יכירו בעלי חיים בסביבתם ויגלו עניין בהתנהגותם.
ידעו שכל בעלי החיים נושמים, נעים, ניזונים, בעלי כסות, מתפתחים ומתקשרים.	הילדים יכירו מאפיינים של בעלי חיים.
יזהו צרכי קיום הכרחיים של בעלי חיים. יסבירו את הקשר בין איבר מסוים לתפקודו.	הילדים יכירו את צרכי הקיום של בעלי החיים. הילדים יפתחו הבנה ביחס לקשר בין מבנה גופם ואופן ההתנהגות של בעלי החיים בסביבתם.
ידעו שבעלי חיים תורמים תרומה חשובה לאדם וליצורים חיים אחרים.	הילדים יגלו הבנה לגבי יחסי הגומלין בין היצורים החיים (בעלי חיים-בבעלי חיים / אדם-בעלי חיים / צמחים-בעלי חיים).

ב. צמחים

התנהגות מצופה, לדוגמה	מטרה
יזהו צמחים בסביבתם הקרובה. יזהו את חלקי היסוד במבנה הצמחים: שורשים, גבעולים וכיו"ב.	הילדים יכירו צמחים בסביבתם ויגלו עניין בהם. הילדים יכירו מאפיינים של צמחים.
ישמרו על צמחים בסביבתם ויטפחו אותם. יכירו שימושים שונים של צמחים.	הילדים יזהו את צרכי הקיום של הצמחים. הילדים יגלו הבנה לגבי יחסי גומלין בין היצורים החיים (בעלי חיים-בבעלי חיים / אדם-בעלי חיים / צמחים-בעלי חיים).

בית הספר היסודי: הנושא נלמד במסגרת הנושא המרכזי 'עולם היצורים החיים'.

ציוני דרך לדוגמה	סטנדרט משנה	סטנדרט תוכן
א-ב: חצינו את מאפייני החיים; ב-ג: ימיינו גופים לחי ודונמם ה-ו: ידגימו את העיקרון של אחידות ושני בביטוי של מאפייני חיים באמצעות דוגמאות (למשל: אחידות בתפקוד הנשימה; שוני באיבר: זימים, ראות).	1.3.א: תלמידים יכירו צרכים ותנאים חיוניים לקיומם של יצורים חיים, וידעו מה הם מאפייני החיים הבסיסיים.	1.3: התלמידים יכירו את מאפייני החיים ואת מורכבות עולם היצורים. הם יכירו את מגוון המינים ויפתחו מודעות לחשיבותו
א-ב: יתארו את אורח החיים של מגוון בעלי חיים וצמחים בסביבתם הקרובה. ג-ד: יביאו דוגמאות למגוון של בעלי חיים וישוו ביניהם. ה-ו: יביאו דוגמאות לסביבות חיים של יצורים חיים.	1.3.ב: התלמידים יכירו את קיומו של מגוון המינים בטבע ויפתחו מודעות לחשיבותו.	1.3: התלמידים יכירו מערכות, איברים, תהליכים והתאמות בצמחים ובעלי חיים. יכירו את שימושי האדם בצמחים ובעלי חיים.
א-ב: יזהו חלקי צמח עיקריים. ג-ד: ימיינו צמחים לשלש משפחות לפני צורה ומבנה פרח אופייניים. ה-ו: יסבירו את השפעת האקלים על תפוצת הצמחים.	2.3.א: התלמידים יכירו דרכי מיון של צמחים. יכירו מערכות, אברים ותהליכים בצמחים, בדגש על התאמה של מבנה לתפקיד והתאמה לסביבה.	2.3: התלמידים יכירו מערכות, איברים, תהליכים והתאמות בצמחים ובעלי חיים. יכירו את שימושי האדם בצמחים ובעלי חיים.

א-ב : יציינו חושים עיקריים.
 ג-ד : ימיינו בעלי חיים לקבוצות.
 ה-ו : יסבירו את השפעת האקלים על תפוצת בעלי חיים.
 א-ב : שימושים בצמחים, שימושים בבעלי חיים – יביאו דוגמאות
 ג-ד : שימושים בצמחים, שימושים בבעלי חיים – יסבירו התועלת.
 א-ב : איברים ומערכות בגוף האדם – השיניים
 ג-ד : מערכות בגוף : הגוף כמערכת, שלד ושרירים, העור, מערכת הנשימה
 ה-ו : איברים ומערכות בגוף : המים בגוף, מים, תזונה ומערכת העיכול, מערכת הדם, קשר בין מערכות בגוף וחשיבותו.
 א-ב : אורח חיים בריא – קידום הבריאות : יציינו גורמים המשפיעים על בריאות הגוף.
 ג-ד : אורח חיים בריא – קידום הבריאות : יתארו התנהגויות למניעת הידבקות ממחלות.
 ה-ו : אורח חיים בריא – קידום הבריאות : מים, תזונה ועיכול, מערכת הדם.

ב.2.3 : התלמידים יכירו דרכי מיון של בעלי חיים. יכירו מערכות, אברים ותהליכים בצמחים, בדגש על התאמה של מבנה לתפקיד והתאמה לסביבה.
 ג.2.3 : התלמידים יכירו שימושים שעושה האדם בצמחים ובבעלי חיים. יבינו את חשיבות הצמחים לקיומו ולרווחתו.
 א.3.3 : התלמידים יכירו אברים ומערכות בגוף האדם ויבינו את התאמתם לתפקודם. הם יכירו תהליכים בגוף ויבינו את חשיבותם לקיומו.

ב.3.3 : התלמידים יכירו גורמים ואמצעים שמשפיעים על בריאות הגוף, יפתחו מודעות ואמצו התנהגויות שמקדמות אורח חיים בריא.

3.3 : התלמידים יכירו מבנים בגוף האדם, יבינו עקרונות הקשורים לגוף האדם ויפתחו מודעות לצורך בשמירה ובקידום הבריאות ואיכות חיים.

חטיבת הביניים : הנושא נלמד במסגרת הנושא המרכזי 'תופעות, מבנים ותהליכים ביצורים חיים'. ששה נושאים נכללים בנושא מרכזי זה : התא, משק המים בגוף, רבייה, תורשה והתפתחות, הזנה ואנרגיה, מערכות הובלה, תיווך ותיאום והחושים.

להלן פירוט תת-נושאים לנושאים המרכזיים (משרד, החינוך, 1999):

תת-נושאים

נושא

חשיבות המים ביצורים חיים
 קליטה ופליטה של מים ביצורים חיים
 השמירה על מאזן המים ביצורים חיים
 מאזן המים והחום.

משק המים ביצורים חיים

מושגי יסוד : מין, חד-זוויגי, דו-זוויגי, תא ביצה, תא זרע ועוד)
 רבייה והתפתחות בצמחים
 רבייה בבעלי חיים

רבייה, תורשה והתפתחות ביצורים חיים

תורשה ביצורים חיים : מושגי יסוד (גן, כרומוזום ועוד)
 עקרונות התורשה
 תורשה וסביבה.

הזנה ואנרגיה

המזון וחשיבותו
 נשימה ואנרגיה
 הזנה בצמחים
 הזנה בבעלי חיים

מזון בעידן המודרני.

מערכות הובלה, תיווך ותיאום

קליטה, מעבר ופליטת חומרים
 מערכות הובלה בצמחים
 מערכות הובלה בבעלי חיים
 תיאום וקשר בין מערכות.

חושים

מושגי יסוד (אבר חוש גירוי, תגובה)
 אברי חוש : התאמת מבנה לתפקוד
 מנגנוני תגובה לגירויים.

להלן דוגמה של פריסת נושא ; 'התא' על פי דוגמאות מהיבטים בתחום המדעי, טכנולוגי וחברתי-סביבתי.⁹⁷

תת נושא	היבט מדעי, לדוגמה	היבט טכנולוגי, לדוגמה	היבט חברתי, לדוגמה
התא – יחידת מבנה בסיסית ביצורים חיים התא וסביבתו	הכרת תאי צמחים ותאים של בעלי חיים קשר בין מבנה, צורה ותפקוד	התפתחות המיקרוסקופ ותרומתה	
תהליכים בתא	תנועת תאים ביצור, התרחשות בו-זמנית של תהליכים בתא	אמצעים המאפשרים מערבות האדם בשלבי התפתחות של יצורים רב-תאיים (כמו תרביות רקמה)	
מתא יחיד ליצור רב-תאי	היווצרות תא מתא		
הזדקנות תאים	אורך החיים של תאים לעומת תוחלת החיים של היצור השלם.		פיתוח מודעות להגנה מפני גורמים סביבתיים מזיקים.

חטיבה עליונה

א. **לא מתמחים:** בתוכנית הלימודים מוט"ב מיוצג תחום התוכן 'מדעי החיים' במספר נושאים לבחירה: תורשה, אבולוציה, אקולוגיה ובריאות.

מבניות הלימוד שעוסקות המתייחסות לנושאים אלו: 'אור, צבע וראיה', 'לבריות מכל לב', 'מוח, תרופות וסמים', 'איכות האוויר- כאוויר לנשימה', 'היה היה סוס ננסי' (אבולוציה).

ב. **מתמחים:** להלן פירוט הרעיונות והתופעות בשלושת נושאי החובה לכל המתמחים ב' מדעי החיים:

נושא	רעיון / תופעה, לדוגמה
מבוא לביולוגיה של האדם (בהדגשת ההומיאוסטזיס)	<ul style="list-style-type: none"> האדם הוא יצור רב- תאי, הוא מופרד מן הסביבה ומקיים עמה יחסי גומלין, ושומר על סביבה פנימית יציבה. גוף האדם בנוי מתאים, רקמות, איברים ומערכות איברים. התפקוד הכולל של הגוף מותנה בתיאום ובוויסות כל הפעילויות המתרחשות בו. האדם, ככל יצור חי, זקוק לחומרים לבניית הגוף ולהפקת אנרגיה. חילוף החומרים (המטבוליזם) מאפיין יצורים חיים. לגוף מערך הגנה המסייע לשמירת ההומיאוסטזיס קליטת מידע, עיבודו ותגובה עליו מאפיינים יצור חי. מערכות העצבים וההורמונים משתתפות בקליטת מידע, עיבודו ותגובה עליו ומאפשרות שמירה על ההומיאוסטזיס.
התא, מבנה ופעילות	<ul style="list-style-type: none"> התא הוא יחידת המבנה והתפקוד ביצורים החיים. בכל היצורים ניכרת אחידות רבה במבנה הבסיסי של התאים, בהרכב שלהם ובתהליכי היסוד המתקיימים בהם, בצד שונות בצורה ובתפקוד. בתא מתקיימת סביבה מימית. רוב החומרים הבונים את תאי היצורים החיים הם תרכובות פחמן אורגניות מסוגים שונים. בתאים מצויים גם מינרלים. בתאים מתקיימים תהליכים של פירוק, בנייה ושינוי – חילוף חומרים (מטבוליזם). תהליכים אלה מלווים בשינויים אנרגטיים. התהליכים הכימיים ביצור החי מזורזים על ידי אנזימים. בכל תא נמצא כל המידע התורשתי של היצור, אך לא כולו בא לידי ביטוי בכל אחד מן התאים. קיימת בקרה על ביטוי המידע התורשתי.

⁹⁷ התוכנית החדשה מתשע"א נמצאת בהליכי עדכון (משרד החינוך, 2010),

- הסביבה מאופיינת על ידי גורמים אביוטיים וגורמים ביוטיים, המשפיעים אלו על אלו. כל אחד מהתנאים ומהמשאבים של הסביבה יכול להוות גורם מגביל, אולם כושר הנשיאה של הסביבה נקבע על ידי השפעתם המשולבת של כל מרכיבי הסביבה.
- קיימת התאמה בין המבנה והתפקוד של יצורים חיים לבין התנאים בסביבתם. התאמה זו היא תוצאה של תהליכי ברירה טבעית.
- כל היצורים החיים זקוקים לחומרים ולמקור אנרגיה לקיומם. היצורים קולטים חומרים ואנרגיה מהסביבה ומשחררים לסביבה חומרים ואנרגיית חום. הביוספירה היא מערכת אקולוגית סגורה לחומרים ופתוחה לאנרגיה.
- בין פרטים של אותה אוכלוסייה ובין פרטים של אוכלוסיות שונות באותה חברה מתקיימים יחסי גומלין מסוגים שונים. יחסי הגומלין בתוך האוכלוסיות וביניהן משפיעים על גודלן.
- הגידול הרב במספר בני האדם בעולם מביא למעורבות גוברת והולכת של האדם בטבע וגורם לשינויים בסביבה, שינויים שחלק מהם בלתי הפיכים.
- החקלאות היא סוג של מעורבות האדם בטבע.

הנושאים לבחירה לתלמידים הבוחרים במסלול של 3 יחידות לימוד: 'התנהגות בעלי חיים'; 'מזרע לזרע'.

הנושאים לבחירה לתלמידים הבוחרים במסלול של 5 יחידות לימוד: 'מערכות הובלה, נשימה, הפרשה והגנה'; 'תקשורת, ויסות ותיאוס'; 'הזנה בצמחים ובעלי חיים'; 'תורשה'; 'מיקרואורגניזמים'; 'אבולוציה וטיפוח'.

נספח 13

דו"חות על יישום תכניות הלימודים

להלן דוגמאות לדו"חות על מצב הוראת המדעים בישראל.

- א. **מסמך שהוגש לועדת המדע והטכנולוגיה בכנסת, בינואר 2010** (גולדשמידט, 2010), המציג תמונת מצב של לימודי המדעים בבתי הספר העיוניים (לא בגן הילדים), תוך התייחסות לספר שעות הלימוד, תכני הלימוד, שיעור הלומדים, הישגיהם וכוח ההוראה. המסמך מתמקד בלימודי מדע וטכנולוגיה בלבד ולא במגמות לימוד אחרות הקשורות לתחומי המדעים, כמו לימודי הסביבה, לימודי כדור הארץ וביוטכנולוגיה. להלן ממצאים מתוך הדו"ח:
- מסגרת השעות המומלצת ללימודי מדעים וטכנולוגיה בבתי הספר היסודיים על פי תוכנית הלימודים היא: 3-4 שעות שבועיות (להלן ש"ש) בכיתות א' ו-ב'; 4-5 ש"ש בכיתות ג' ו-ד'; ו-5-6 ש"ש בכיתות ה' ו-ו'. על פי תוכנית הליבה, תלמידי בתי הספר היסודיים בכל המגזרים אמורים ללמוד לא פחות מ-3 ש"ש, בכל כיתה מכיתות א' – ו'. היקפי הלימודים בפועל משתנים בין מגזרים ובין חינוך דתי לחילוני ובחלק מן המקרים היקף השעות איננו הולם אף לא את תוכנית הליבה, בין השאר בשל מחסור בשעות הוראה. על פי תוכנית הלימודים שיעורי מדע וטכנולוגיה אמורים להתקיים, החל מכיתה ג', בחדר מעבדה. לא נתקבלו ממשד החינוך נתונים אודות מידת יישום הדבר בפועל.
 - ועדת הררי המליצה כי היקף לימודי מדע וטכנולוגיה (מו"ט) בחטיבות הביניים יעמוד על כ-6 ש"ש וכך גם הוגדר בתוכנית הלימודים. על פי חוזר מנכ"ל מכסת השעות המינימלית המחייבת בלימודי מדע וטכנולוגיה בחטיבות הביניים היא 4 ש"ש בכיתה ז' ו-5 ש"ש בכל שנה בכיתות ח'–ט'. כיום במקום 6 השעות השבועיות שיועדו למקצוע זה, נלמדות לכל היותר 4 שעות שבועיות בכל אחת מהכיתות ז'–ט' ובמקרים רבים אף הרבה פחות.
 - לפי תוכנית הלימודים אמורים כלל תלמידי התיכון ללמוד בכיתה י' כחלק מלימודי החובה 9 שעות שבועיות בתחומי המדעים (פיזיקה, כימיה וביולוגיה). בפועל בחלק ניכר מבתי הספר לא נלמדים לימודי מדעים בכיתות י', למעט תלמידי המגמות המדעיות.
 - בניגוד להמלצות דו"ח הררי ('מחר 98', משרד החינוך, 1992) כי כל תלמיד שאינו לומד במגמת מדעים ילמד בתיכון לימודי מדע וטכנולוגיה בחברה (מו"ט"ב) בפועל אין כיום חובת לימודי מוט"ב.
 - כיום, אין חובת לימודי מעבדה בכימיה, עקב בעיה של תגמול על העבודה הנוספת של המורים. זאת בניגוד לחובת מעבדה בפיזיקה וביולוגיה.
 - בין 10% ל-15% מכלל הניגשים לבגרות ניגשים לבגרות בכל אחד מתחומי המדעים (פיזיקה, כימיה וביולוגיה). רוב הניגשים בוחרים ברמה הגבוהה (5 יח"ל).
 - שיעור העוברים בהצלחה את בחינות הבגרות במדעים, מכלל הניגשים אליהן, גבוה ושמר על יציבות בשנים תשס"ו-תשס"ח: 99% בביולוגיה; 97%-98% בפיזיקה וכ-97% בכימיה.
 - ציוני בחינות המיצ"ב ומבחנים בינלאומיים משקפים פערים עמוקים במערכת החינוך בין תלמידים ממגזרים שונים ובין תלמידים מרקע חברתי-כלכלי שונה.
 - היקף לימודי המדעים באחוזים מכלל שעות החובה בישראל בהשוואה למדינות נבחרות, בגילאי 9-11, גבוה במעט מממוצע מדינות ה-OECD ודומה למדינות אחרות, אך נמוך מן המקובל באותן מדינות בגילאי 12-14.

■ מספר המורים במקצועות המדעיים פיזיקה, כימיה וביולוגיה, בחטיבה העליונה, ירד לאורך השנים: בפיזיקה מ-967 מורים בשנת 1996 ל-827 מורים ב-2008; בכימיה מ-794 ב-1996 ל-660 ב-2008 ובביולוגיה מ-1,141 ב-1996 ל-1,117 ב-2008. גילם הממוצע של המורים למדעים בחטיבה העליונה עלה. בשנת 2008 היה הגיל הממוצע של מורי הפיזיקה 47.6; של מורי הכימיה 46.2 ושל מורי הביולוגיה 44.8; בשנת 2006 היה גילם הממוצע: 43.2 בפיזיקה; 41.5 בכימיה ו-41 בביולוגיה.

ב. **מסמך שהוגש לוועדת החינוך, התרבות והספורט של הכנסת בשנת 2009** (וורגן, 2009), המציג תמונת מצב על מצב לימודי הפיזיקה בבתי הספר העל-יסודיים. להלן ממצאים העולים מתוך הדו"ח:

■ להערכת ועדת המקצוע לפיזיקה של משרד החינוך, יש מחסור חמור בשעות לימוד להוראת תוכנית הלימודים בפיזיקה בחטיבה העליונה. הסיבות למחסור זה הן בין היתר שבבתי-ספר רבים מקצוע הפיזיקה אינו נלמד בכיתות י, בניגוד להנחיות קודמות של משרד החינוך, וכן שבכיתות י"א-י"ב מספר השעות שהתלמידים לומדים בפועל קטן מהמתוכנן.

■ לאחרונה התבקשה ועדת המקצוע לדון בצמצום היקפה של תוכנית הלימודים בפיזיקה בחטיבה העליונה בשיעור של כ-20%–30%. לטענת יו"ר הוועדה, פרופ' יגאל גלילי, צמצום זה בתוכנית הלימודים יגרום לפגיעה חמורה נוספת ברמת האוריינות הפיסיקלית הבסיסית של התלמידים, אשר כבר כיום היא בלתי מספקת. טרם התקבלה החלטה סופית בעניין זה (נכון ל-2009).

■ נוסף על טענות בדבר מחסור בשעות לימוד בחטיבה העליונה והעדר אכיפה בנוגע לקיום לימודי הפיזיקה בכיתות י, מועלות טענות שונות הנוגעות לצמצום של לימודי הפיזיקה במסגרת לימודי המדעים בחטיבות-הביניים (גם לימודים אלה נלמדים כיום בהיקף מצומצם מהנדרש, עקב קיצוצים תקציביים שונים).

■ בשנת 2009 החליט משרד החינוך על תגבור הקצאת שעות הלימוד למקצועות היסוד בחטיבות-הביניים, ובתוך כך על הקצאת שעות לימוד נוספות ללימודי המדעים. הקצאת שעות זו תיעשה בהדרגה לפי שכבות הגיל (תחילה כיתות ז), משנת הלימודים תש"ע ואילך.

■ שיעור הניגשים לבחינת הבגרות במקצוע הפיזיקה, בכל רמות הלימוד (יחידת לימוד אחת, 3 יחידות לימוד ו-5 יחידות לימוד), נמוך – 13% בלבד מכלל הניגשים לבחינות הבגרות. רוב התלמידים הבוחרים במקצוע הפיזיקה ניגשים לבחינת הבגרות ברמה הגבוהה (5 יח"ל). שיעור העוברים בהצלחה את בחינת הבגרות בפיזיקה, מתוך הניגשים אליה, גבוה מאוד.

ג. **מחקר הערכה** (מני-איקן ואפרתי, תשס"ז, 2007א): **עמדות מפקחים, מדריכים, מנהלים ומורים כלפי תוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים**. מטרת המחקר היא לבחון את ההיקף והאופי של השימוש בתוכנית הלימודים 'לימודי מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים' (1996) במדגם בתי ספר ולעמוד על צרכי הלימוד והוראה של המעורבים בה. המחקר מבוסס על ראיונות עם מפקחים, מדריכים מנהלים ומורים, שבאמצעותם נבחנו עמדותיהם כלפי מסמך תוכנית הלימודים, דרכי יישומו, והפערים הקיימים בין הרצוי המוצהר במסמך, לבין היישום המצוי בשדה. להלן עיקרי הממצאים העולים מתוך הדו"ח בנוגע ליישומה של תוכנית הלימודים:

- הנושאים המרכזיים הנפוצים ביותר בחטיבת הביניים הם: 'תופעות, מבנים ותהליכים ביצורים חיים', 'חומרים' ו'אנרגיה ואינטראקציה'. הנושאים הנלמדים בשיעור הנמוך ביותר: 'כדור הארץ והיקום' ו'מידע ותקשורת'.
 - מנקודת מבטם של המדריכים והמפקחים בחירת המורים בנושאי הלימוד נעשית בעיקר משיקולים אישיים-מקצועיים (העדפת נושאים הקשורים לתחום התמחותו של המורה המלמד מדע וטכנולוגיה), משיקולים הקשורים בצורך להתמקד בנושאים המופיעים במסמכי המבחנים החיצוניים, ומשיקולים הנובעים מרצון להציג בפני התלמידים תמונה כללית ועקרונית יסוד של עלם הידע במדע וטכנולוגיה.
 - רצפי ההוראה הנפוצים ביותר: בכיתה ז': חומרים, משק המים בשילוב הובלה/הידרוספירה ונושא שלישי המשתנה בין בתי הספר: טכנולוגיה/רבייה/ מאפייני חיים; בכיתה ח': חומרים, חשמל ורבייה; בכיתה ט': אנרגיה, תרשה/הזנה ואקולוגיה. השיקול המרכזי המנחה את המורים (לדעת המדריכים והמפקחים) הוא בחירה בנושאים שיהוו בסיס ללימוד נושאים אחרים בתוכנית הלימודים.
 - שעות הלימוד: (נמצאו הבדלים מובהקים) בין המגזרים. במגזר הערבי מוקצות בממוצע יותר שעות להוראת המקצוע בכל שכבות הגיל, בהשוואה למגזר היהודי בכלל, ולמגזר הממלכתי-דתי בפרט (פער ממוצע של 1 – 2 שעות שבועיות).
 - אמצעי הוראה: מעבדות ומחשבים המחוברים לאינטרנט מצויים במידה משביעת רצון.
 - שיטת ההוראה הנפוצה ביותר היא ההוראה הפרונטלית (בכל הרכב של כיתה). ברוב בתי הספר מתקיימים סיורים לימודיים.
 - דרכים נפוצות לשילוב בין מדע וטכנולוגיה: פרויקטים בית ספריים מיוחדים, תוכנית לימודים בית-ספרית הנבנית בשיתוף מורי הדמעים ומורי הטכנולוגיה, הוראה שבה המורה למדעים מלמד הן מדעים והן טכנולוגיה. דווח על פעילות שוטפת משותפת בין מורי דעים ומורי טכנולוגיה.
 - לסיכום, יש פערים לא מבוטלים בין הרצוי לבין המצוי: צמצום בשעות הלימוד המוקדשות ללימודי מדע וטכנולוגיה ביחס לאלו המצוינות במסמך תוכנית הלימודים; התכנים הנלמדים מצומצמים ביחס לאלו המוצהרים במסמך התוכנית; מחסור חלקי בתשתיות פיסיית ולמידה בכיתה מלאה של תכנים המיועדים ללמידה ופעילות במעבדה.
- ג. **מסמך שהוגש לוועדת החינוך, התרבות והספורט של הכנסת בשנת 2008** (וורגן וגלעד, 2008), **בנושא החינוך המקצועי והטכנולוגי בישראל ובעולם**. המסמך מתאר את התפתחות החינוך הטכנולוגי בישראל, לאור המלצות של וועדות והגופים הקשורים לנושא, כמו משרד התמ"ת. המסמך מתאר גם תמונת מצב של החינוך הטכנולוגי והמקצועי בישראל. להלן חלק מן ההמלצות בנוגע לחינוך הטכנולוגי, ובדבר חיזוק הרקע המדעי למקצועות הטכנולוגיה:

1. "דוחות והמלצות בעניין החינוך הטכנולוגי"

דוחות ומחקרים רבים, הן של גופים ציבוריים וגופי מחקר והן של גורמים הנוגעים בדבר, עסקו בשנים האחרונות בהיבטים של נושא החינוך המקצועי והטכנולוגי בישראל. להלן יוצגו עיקריהם של כמה מהדוחות המרכזיים שעסקו בנושא זה.

1.1. דוח הוועדה לבחינת המגמות והמקצועות הטכנולוגיים (ועדת-פרייס)

בשנת 2004 מונתה ועדת משנה לוועדת ההיגוי העליונה ללימודי מדע וטכנולוגיה כדי לבחון את המגמות והמקצועות הטכנולוגיים. בראשה עמד פרופ' קני פרייס (להלן: ועדת-פרייס). הדו"ח המסכם את עבודת ועדת משנה זו הוגש בדצמבר 2004⁹⁸.

בפתח הדוח צוין כי "לימוד במגמה טכנולוגית לא יפחית או יפגע בלימוד נושאי יסוד ומיומנויות הנדרשות לכל אזרח במאה ה-21, כגון: הבנת הנקרא, חשיבה לוגית, ערכים ועוד. וועדה זו לא קובעת את הנושאים האלה, אבל היא מודעת לחשיבותם". עוד צוין כי על המגמות הטכנולוגיות לספק "סביבה לימודית מאתגרת וחוייתית".

בתהליך בחינת המגמות והמקצועות מיינה ועדת-פרייס את המגמות לשלושה סוגים:

□ **מגמה הנדסית-מדעית** – מגמה המשמשת "תשתית להמשך לימודים באוניברסיטאות ובמכללות הטכנולוגיות". במגמה מסוג זה ילמדו כמקצוע מבוא "מדעי יסוד" (פיזיקה, כימיה, ביולוגיה) כמו תלמידים המתמחים בנתיב עיוני-מדעי.

□ **מגמה טכנולוגית** – מגמה המשמשת "תשתית לקידום לימודים ותעסוקה עתידית המבוססת על טכנולוגיה מתקדמת ותורמת לתלמיד עצמו, לקהילתו ולכלכלה הלאומית". בנוגע לתוכניות הלימודים במגמה זו צוין כי הן יתבססו על ההנחה שמהות הידע והמיומנות המקצועיים מן ההכרח שישתנו עם הזמן, וכן, כי הן תהיינה המשך רציף ללימוד מקצוע "מדעי הטכנולוגיה", שהוא מבוא חובה למגמה.

□ **מגמה תעסוקתית** – מגמה המשמשת "תשתית לפיתוח קריירה תעסוקתית במהלך חיי התלמיד, ומאפשרת לו ולמשפחתו ניעות חברתית וכלכלית". גם בנוגע למגמה זו צוין כי תהיה דרישה ללימוד מקצוע מבוא (כמו במגמות הטכנולוגיות), אם כי לא צוין במפורש מה יהיה מקצוע זה. עוד צוין כי הלימודים במגמה זו "ישלבו מרכיב ניכר של התנסות מעשית, רלוונטית ועדכנית, כדי לקדם את התלמיד לתעסוקה יצרנית התורמת לו, למשפחתו ולמשק הלאומי".

בטרם פירטה ועדת-פרייס את המלצותיה בנוגע לכל אחת מהמגמות בחינוך הטכנולוגי ראתה הוועדה לנכון להסביר מדוע היא מצדדת בהמשך קיום החינוך הטכנולוגי על מגמותיו (ולאחר עריכת השינויים שהיא ממליצה עליהם). להלן הנימוקים העיקריים בדוח הוועדה:

- מקצועות טכנולוגיים והנדסיים, הדורשים גם ידע וגם מיומנויות בהפעלת כלים ומערכות טכנולוגיות, הם מרכיב חיוני בכלכלת מדינה מודרנית (וכן בתעשיית טכנולוגיה עילית – היי טק). הגישה החינוכית המומלצת והמוכחת היא שמי שעתיד להיות טכנאי יתרגל הבנה והפעלה של כלים ומערכות טכנולוגיות כבר בגיל הנעורים, ולא בשנות ה-20 לחייו. צורך זה מתחדד לנוכח חיוניותם של בעלי מקצועות טכניים בצה"ל.
- יש חשיבות לכך שהתלמידים יראו במקצועות הטכנולוגיים מקצועות רלוונטיים, חדשניים ובעיקר שימושיים, כאמצעי להעמקת לימודי המדעים.

⁹⁸ ועדת ההיגוי העליונה למדע וטכנולוגיה (תשס"ה 2004). דו"ח הוועדה לבחינת המגמות והמקצועות הטכנולוגיים.

- השאיפה הנפוצה שכל תלמיד יהיה זכאי לתעודת בגרות אינה סיבה "לשלול את האפשרות של לימוד תשתית מקצועית בגיל הנעורים, שתעזור לו בפיתוח קריירה תעסוקתית בהמשך חייו". כך, במדינות מפותחות כמו גרמניה, אנגליה והולנד, לא כל תלמיד לומד לבגרות אלא מתקיימת מערכת חינוך מקצועי מסועפת.
 - ביטול החינוך הטכנולוגי יביא להגדלת ההוצאה הממשלתית, כיוון שעלותה של הכשרה מקצועית בגיל מבוגר יותר תעלה על החיסכון שבביטול המקצועות הטכנולוגיים בלימודים התיכוניים.
- נוסף על כך, ביטול החינוך הטכנולוגי התיכוני (ודחייתו עד לאחר השירות הצבאי) יטיל עומס רב על משפחות הלומדים בו, שכן הדבר יפגע באפשרותם של התלמידים האלה לסייע בפרנסת המשפחה באמצעות המקצוע שרכשו.

בסיכום המלצותיה ציינה ועדת-פרייס כי במגמה טכנולוגית יהיו שלושה מקצועות לימוד:

מקצוע א' – מקצוע מדעי יסודי, או מקצוע "מדעי הטכנולוגיה";

מקצוע ב' – המקצוע המוביל של המגמה;

מקצוע ג' – מקצוע התמחות, שבמסגרתו תוכן בדרך כלל עבודת גמר" (וורגן וגלעד, 2008, עמ' 23 - 24).

ה. **מחקר הערכה** (מני-איקן ואפרתי, תשס"ז, 2007): **מסגרת לתוכנית לימודים 'מדע וטכנולוגיה בחברה' (מוט"ב) לחטיבה העליונה**. המחקר נערך בשנים 2004-2005. מטרת המחקר לבחון את ההיקף והאופי של השימוש במסמך תוכנית הלימודים של המקצוע מוט"ב לחטיבה העליונה (1996) בכל בתי הספר שבהם נלמד המקצוע (n=65). המחקר נועד גם ללמוד על עמדות מורי מוט"ב כלפי המסמך, על דרכי יישומו, על הקשר שבין לימודי מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים לבין לימודי מוט"ב בחטיבה העליונה, על התמודדות מורים מתחומי תוכן מדעיים שונים עם הוראת מוט"ב, על הפערים בין המצוי במסמך תוכנית המסגרת לבין הפעלתה בשטח, וכן ללמוד על עמדות ודעות של תלמידים בנוגע להוראת המקצוע. המחקר בוצע באמצעות ראיונות אישיים ושאלונים למנהלים, מורים ותלמידים מכיתות י"א ו-י"ב. הממצאים מפורטים בדו"ח.

ו. **סקירה על החינוך המדעי בגיל הרך משנת 2007 (טל- לוי, 2007)** מצביעה על היעדר מחקרים על יישום הגישות הנפוצות להוראת המדעים בגיל הרך. לעומת זאת, קיים עושר רב במחקרים, המתייחסים להבנת מושגים מדעיים בקרב הילדים.

ז. דוגמה להמלצה שניתנה ע"י יו"ר המזכירות הפדגוגית במשרד החינוך: **'שינוי הסטטוס של לימוד המדעים הבסיסיים בנתיב העיוני'** (זוהר, 2007):

"בחוזר 'הודעות ומידע' 6/טז סעיף 9.7-9 ובחוזר הוראות קבע ס"ז8(א) פורסמו הצהרת הכוונות בנושא חובת לימודי המדעים וחובת ההיבחנות בבחינת בגרות במדעים בנתיב העיוני (לפי שעה זוהי הצהרת כוונות בלבד ואין היא עדיין בגדר חובה); יחד עם זאת המשרד נערך בהדרגה ליישום חובה זו). לחובה זו תהיינה שתי חלופות:

א. תלמידים שילמדו בכיתה י' נושאי יסוד במקצועות המדע הבסיסיים (פיזיקה, כימיה וביולוגיה, בהיקף של 60 שעות בכל מקצוע, סה"כ 180 שעות). תלמידים שיחליטו שלא להתמחות באחד ממדעים אלה ייבחנו על החומר שלמדו בהיקף של 2 י"ל.

ב. תלמידים שלא ילמדו בכיתה י' את נושאי היסוד במקצועות המדע הבסיסיים (פיזיקה, כימיה וביולוגיה, בהיקף של 60 שעות בכל מקצוע, סה"כ 180 שעות) ולא יתמחו במקצוע מדעי כלשהו. תלמידים אלה יחויבו ללמוד את המקצוע מדע וטכנולוגיה בחברה - מוט"ב, וייבחנו במקצוע זה בהיקף של 2 י"ל. על חלופת מוט"ב פירוט בהרחבה בחוזר הנ"ל" (זוהר, 2007, עמ' 1).

"הנחות יסוד ללמידה של מקצועות המדע הבסיסיים

כל התלמידים בעלי הפוטנציאל להתמחות במדעים בחטיבה העליונה ילמדו את נושאי היסוד בכל שלושת המקצועות פיזיקה, כימיה וביולוגיה.

1. נושאי היסוד בכל מקצוע יילמדו בהיקף של 60 שעות לפחות (2 שעות לשבוע במשך שנה). תוכנית הלימודים של נושאי היסוד תגדיר בכל מקצוע הרחבות מומלצות ל- 30 שעות נוספות.
2. התלמידים שילמדו על פי תוכנית זו, ייבחנו בבחינת מפמ"ר על נושאי היסוד בכימיה, פיזיקה וביולוגיה. רמת הבחינה תותאם לקהל המתמחים במדע, אך תתבסס על הרקע והמיומנויות המתאימים
3. כל התלמידים בעלי הפוטנציאל להתמחות במדעים בחטיבה העליונה ילמדו את נושאי היסוד בכל שלושת המקצועות פיזיקה, כימיה וביולוגיה" (זוהר, 2007, עמ' 3, נספח ב)
[.cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/1062782E-7A55.../NoseyYesod.doc](http://cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/1062782E-7A55.../NoseyYesod.doc)

נספח 14

תוכניות לימודים בעולם: דוגמה מארה"ב – מסצ'וסטס

היסודות לתוכנית הלימודים הונחו ב-1995. התוכנית נבדקה ואורגנה –מחדש ב 2001 ושודרגה לאחרונה ב-2006. בתוכנית ארבעה ענפי לימוד: מדעי כדור הארץ והחלל, מדעי החיים, מדעי החומר, טכנולוגיה והנדסה. תוכנית הלימודים נפרשת על פני שנות הלימוד מגן הילדים ועד בית הספר התיכון, ובנויה בהתאמה לארבע חטיבות גיל: גן-ילדים - כיתה ב, כיתה ג - כיתה ה, כיתה ו - כיתה ח, בית הספר התיכון (Massachusetts Department of Education, 2006).

רציונל התוכנית מבוסס על הקשר ההדוק ויחסי הגומלין בין שלושה קודקודים: מדע, טכנולוגיה והנדסה. הדבר בא לידי ביטוי בדרך הוראה שהיא מבוססת-חקר (Inquiry-Based Instruction) ומושתתת על מיומנויות חקר (inquiry), ניסוי (experimentation) ותכנון (design), המשולבות בלמידת תכנים מארבעת ענפי הלימוד שצוינו לעיל. באופן זה התלמידים לומדים לגבי כל נושא: 'מה' (what is known) וגם 'איך' (how it is known).

הרעיונות המרכזיים בתוכנית הלימודים

1. כל התלמידים (מגן הילדים ועד בית הספר התיכון) לומדים מקצוע מדע-טכנולוגיה-הנדסה
2. התוכנית בונה את התפיסות הבסיסיות של התלמידים בתחומי המדע ואת הבנת הקשרים ביניהם וכן בין המדע והתפיסות הבסיסיות של הטכנולוגיה וההנדסה.
3. המתמטיקה היא חלק אינטגרלי ממקצועות המדע, הטכנולוגיה וההנדסה.
4. תוכנית לימודים יעילה בונה את רצף התכנים על בסיס הידע הקודם של התלמידים ויכולותיהם, תוך זיהוי תפיסות שגויות שלהם.
5. חינוך מדעי-טכנולוגי והנדסי מושתת על חקירה, ניסוי ופתרון בעיות.
6. לימוד יעיל משלב ובונה ידע תוכן וידע של מיומנויות לפיתוח אוריינות מנדעית וטכנולוגית.
7. לימוד יעיל מתקיים בסביבה המעודדת ומאפשרת מצויינות אקדמית.
8. ההערכה היא חלק בלתי נפרד מהוראה והלמידה.
9. תוכנית לימודים יעילה היא זו המאפשרת לתלמיד להיות מעורב בלמידה על ידי חשיבה ועשייה שיתופית ועבודה צוות.
10. לימוד יעיל של המקצוע מחייב תכנון ארוך-טווח, גיוס משאבים, מעורבות ושיתוף פעולה עם המשפחה, הקהילה, והמינהל המקומי.

העברה ותרגום - transfer vs. translation

הבנה כוללת בתוכה **פרשנות** (אינטרפרטציה, תרגום (translation) של ייצוגים גרפיים שונים, שהם חיצוניים לתוכן, למשל: גרפים, מודלים פיזיים, סימולציות דינמיות, איורים. התרגום כרוך בהבנת הייחסיים בין הייצוגים השונים של אותו התוכן. האם העברה (transfer) קשורה לתרגום (translation)?

בספרות כיום רואים בהם החוקרים מכניזמים קוגניטיביים נפרדים, כאשר ההעברה היא שימוש בידע קיים לפתרון 'בעיה' חדשה, ואילו התרגום הוא מכניזם של עיבוד, מיפוי ויתנועה הלוך ושוב בין ייצוגים. יחד עם זאת, יש קשר קוגניטיבי ואף מעשי בין שני התהליכים [Ainsworth (2006), Schnborn & Bogenholz (2009)]: תרגום מסייע להעברה, כיוון שייצוג שהוא חיצוני, ויכול להתאים לתכנים שונים, למשל רעיון מרכזי המתאים לרמות ארגון שונות, כדוגמת הומיאוסטזיס הקיים בכל רמות הארגון ביצור החי, מן הגוף השלם ועד הרמה המולקולרית (קליין, 2008).

ניתן גם לראות את ההעברה כתהליך הכולל בתוכו תהליך של תרגום, (בתלות באופי המשימה ובעולמות התוכן – המקור (ההקשר הראשוני) והיעד (הימען' להעברה) (Schnborn & Bogenholz, 2009). החוקרים הנ"ל ערכו מחקר איכותני באמצעות ראיונות בקרב מומחים בתחום הוראת המדעים שהם בעלי השפעה מעצבת על מדיניות התכנון והפתוח של תוכניות הלימודים במדעים בגרמניה. מטרת הראיונות היתה לבחון את הקוריקולום של מקצוע הביולוגיה בגרמניה. השאלות שהוצגו למומחים: 1. מהו מקומם של העברה ותרגום בלמידת ביולוגיה? 2. איזה ידע דרוש לפיתוח הבנה גבוהה בביולוגיה? 3. מהי התרומה של העברה ותרגום לפיתוח ויישום של הידע הביולוגי הנלמד?

בנוגע להעברה ותרגום, התובנות שעלו תמכו בדעותיהם של החוקרים שצוטטו לעיל:

1. נדרש שימוש רב-כיווני בהיבטים רבים ויישום (application) לביצוע העברה בביולוגיה. יישום הידע תלוי בחוויית העברה קודמת. תהליך ההעברה חשוב יותר מן הידע המועבר.
2. העברה בביולוגיה היא רוחבית וגם אנכית, זאת בשל אופיו של המקצוע, שרעיונותיו המרכזיים חלים ברמות ארגון שונות.

3. תרגום בביולוגיה דורש עיבוד ופרשנות של מספר ייצוגים חיצוניים (כמו גרפים, סימולציות ומודלים).

4. תרגום בביולוגיה דורש מעבר 'הלוך ושוב' בין ייצוגים המתאימים למספר רעיונות ביולוגיים.

במטרה לבחון את השימוש בהעברה ובתרגום תארו החוקרים ארבע רמות של ידע, בהתבסס על עיון בסטנדרטים של הוראת המקצוע בגרמניה. ארבע רמות הידע הן: רמת המונח, המושג-term (אנזים, נוגדן, מעי דק), רמת המושג המורכב בעל משמעות נרחבת-concept (מספר מושגים החוברים יחד לתהליך ומנגנון (חילוף הגזים בגוף היונק, ספיגה במעי הדק), רמת העיקרון-principle (תאוריית התא, משמעות גודל היחס בין שטח הפנים לנפח גוף), ורמת הרעיונות המרכזיים של המקצוע-fundamentals (מערכת, התאמה בין מבנה ותפקיד, אחידות ושינוי, בקרה וויסות).

העברה של ידע (או מיומנות, רעיון) מתחום אחד לתחומים אחרים נחוצה להשגה של מטרת העל בהוראת המדעים: הקניית אוריינות מדעית וטכנולוגית. ההעברה היא לב ליבה של האוריינות. זוהי למידה ברמה גבוהה, המוכיחה יכולת הכללה (generalizability). (לעומת זאת, למידה של תפיסה מדעית מסוימת בתחום תוכן מסוים והישארותה רק בתחום זה מעידה על תהליך שבו הלומד מתאים תפיסה או רעיון מדעי ספציפי למערך תנאים מסוים, שבו הוא עשוי להיות מיושם).

ככל שעולים ברמת הידע (החל מהמושג ועד לרעיון המרכזי), נדרש שימוש מורכב יותר בייצוגים חיצוניים (תרגום). בכדי לדעת עיקרון (principle), יש לקשור בין מספר מושגים רחבים (concepts) על ידי יישום הידע של כל מושג רחב בעיקרון המשותף למושגים הללו. כלומר, נדרשת כאן העברה רוחבית או אנכית (בהתאם לעיקרון הנלמד) שתביא לאינטגרציה של הידע המובא לעיקרון.

בניית ידע ברמת הרעיון המרכזי דורשת אף היא יישום ואינטגרציה של מושגים רחבים ועקרונות פעולה (principles), אך יש בה צורך בהפשטה ובחשיבה-על, כי הבנת רעיון מרכזי דורשת תפיסה מערכתית (complex system thinking) (קליין, 2008).

נספח 16

מחקרים על העברה בלמידה-מבוססת-חקר⁹⁹.

Fortus וחובריו (2005) חקרו את ההשפעה של לימוד המבוסס על תכנון של פתרון לבעיות על העברה של ידע מדעי ומיומנויות של פתרון בעיות אל בעיה או צורך ממשיים (real-life) במסגרת ובסביבה שבה הם קיימים (real-world setting). כלומר, נבחנה העברה רחוקה: מתחום מסוים אל תחום אחר 'מרוחק'¹⁰⁰. המבנית היא וריאציה של למידה מבוססת-חקר (inquiry-based science), שבה גם כן הוראת ידע מדעי משולבת במשימת פתרון בעיות. החידוש הוא בסביבת הלמידה-עבודה: במסגרת המשימה בכל יחידת לימוד התלמיד צריך לתכנן את הפתרון לבעיה לפרטיו. הפתרון יכול להיות מוצר כלשהו שיש לתכננו ואף לבנותו. המבנית בנויה משלוש יחידות: א. תכנון מבנה עבור תנאים סביבתיים קיצוניים, ב. תכנון בטריה 'טובה' יותר לסביבה, ג. תכנון של טלפון סלולרי בטיחותי יותר. בכל יחידה במבנית נדרשים התלמידים ללמוד את הידע המדעי הרלוונטי ולחשוב כיצד להשתמש בו לשם ביצוע המשימה. המשימה שנבחנה עבור העברה היא: תכנון ובניית עפיפון יעוף לגובה של 1 מייל. במהלך הלימוד וביצוע המשימות עקבו החוקרים אחר תהליך הלמידה והחשיבה המטאקוגניטיבית שליוותה אותו. כלומר, התלמידים יכלו לבטא העברת ידע ומיומנויות בין המשימות, ולבסוף - להוכיח את יכולתם בביצוע משימת ההעברה הרחוקה: בניית העפיפון. ממצאי המחקר הראו שלימוד המבנית שיפר את יכולת ההעברה הרחוקה של פתרון בעיות בקרב התלמידים, כמו גם את הישגיהם בתוך התחום. ניתן להסיק, שהלמידה סביב בעיה, שהיא בעלת סיכוי להתרחש גם במציאות, היא דרך מתאימה ללמד העברה, כיוון שההעברה כאן היא הכרחית, ולמעשה מהווה חלק בלתי נפרד מהתהליך המחשבתי הכרוך בלמידה מעין זו. ההעברה היא אכן קשה לביצוע (Bransford & Schwartz, 1999; Detterman, 1993), אך אם הידע והמיומנויות הנלמדים בין כותלי בית הספר לא יוצאו החוצה, לא יפותחו אצל התלמידים היכולות הדרושות להתמודדות בעולם המודרני (Lipman, 1991, מצוטט אצל Fortus וחובריו, 2005, עמ' 872)¹⁰¹.

החוקר Gilbert (2006) [מצוטט אצל Gilbert, Bulte, & Pilot, 2010] הדגים את רעיונותיו על נושא בכימיה. Gilbert הציע ארבע אפיונים **למידה מבוססת-הקשר** (context-based learning), המאפשרת העברה לתחומי תוכן מדעיים אחרים, כמו ביולוגיה ופיסיקה: א. יש לבחור אירועים אותנטיים, ממוקדים, בעלי סיכוי לעורר התעניינות ואיכפתיות של התלמידים כלפיהם: כאלה שיש בהם ממדים של חברה, מקום (מתרחשים בסביבה מסוימת) וזמן (נמשכים לאורך זמן וניתנים לניטור ולמעקב במהלכו). מן ההכרח, שהאירועים הנבחרים יהיו בתחום ההתפתחות הקרובה של התלמידים [Vigotsky (1978) מצוטט אצל Gilbert, Bulte, & Pilot (2010)]; ב. תנאי הלמידה מיטביים שיאפשרו מעורבות רבה של התלמידים וכך תעלה המוטיבציה שלהם ללמידה: הצגת המשימה הלימודית (בהירות, אסתטיות), סוגי הפעילויות הדרושות ללמידה המתבצעת לרוב באופן שיתופי-קבוצתי, ניהול השיח הקבוצתי והמיקום הפיסי של

⁹⁹ שני המחקרים המתוארים לעיל נערכו בארה"ב.

¹⁰⁰ המחקר ליווה את הלמידה של מבנית לימוד 'מדע מבוסס-תכנון' (DBS='Design-based science').

¹⁰¹ המחקר מהווה חלק ממחקרים המלווים את המגמה המסתמנת בשנים האחרונות בישראל בלימודי הכימיה, והיא למידת תוכן ומיומנויות חשיבה מסדר גבוה סביב חקר אירועים. (ראו נספחים חקר אירוע ושילובו בלימודי הכימיה לתוכנית הלימודים החדשה בכימיה: http://meyda.education.gov.il/files/Tochniyot_Limudim/Chimia/Nispach3.pdf).

הלימוד; ג. בניית אוצר מילים מקצועי הנכון לתחומי תוכן נוספים, באופן שהשפה תהיה מובנת לכל התלמידים, מה שיקרב אותם ללמידה ויאפשר להם לבצע העברה להקשרים אחרים; ד. התלמידים יוכלו לקשר בין האירוע הנלמד, הנחקר לבין ידע הקיים אצלם מקודם או רעיונות שהם הוגים בנושא. במאמר מובא נושא למידה: הכנת גלידה במעבדה. התלמידים מנתחים את הנושא ומכינים מפת ידע עליו (concept map; mental map). מפת הידע מהווה תבנית. מפת ידע משורטטת בפועל עם 'נייר ועיפרון', המפה מסכמת את הידע ומשקפת את הבנת התלמיד ואת הדימוי המנטלי שיש לו על הנושא. המפה מורכבת ממאפייני-על והדוגמאות להם, למשל, בנוגע לנושא הנלמד במחקר: המרכיבים הכימיים (כימיה), הפעולות הנדרשות להכנת גלידה, מדידות של כמויות (מיומנות), מכשירים נדרשים (טכנולוגיה), תכונות פיסיקליות הנדרשות לגלידה (למוצר) (שם, עמ' 10, 11). העברה מבוצעת על ידי ניווד של מפת הידע ממצב /אירוע/תחום אחד לאחר והתאמתה ל'יעד' החדש. המפות הספציפיות ששורטטו במאמר ניתנות להעברה בשלושה אופנים, השונים זה מזה במרחק היעדים' מנושא המוצא: העברה קרובה near- מנושא הכנת הגלידה הבסיסית אל לימוד של הכנת סוגים שונים של גלידה (בתוך הנושא עצמו); העברה 'מרוחקת במקצת' further- מנושא הכנת הגלידה אל הכנת אנטיביוטיקה (הרחבה אל תחום הביולוגיה): והעברה רחוקה far- מנושא הכנת הגלידה אל מחקר ביוכימי של DNA במסגרת הנדסת מזון.

מחקר זה מדגיש את תפקידה של מפת הידע (או מפת המושגים) בהעברה. כפי שצוין לעיל, המפה מועברת מן ההקשר הראשון אל ההקשר החדש, ושם היא עוברת שינוי והתאמה, כלומר היא בסיס וכלי לתהליך ההעברה, הכרוך ב'תנועה' בין שני הקשרים (contexts)¹⁰²

¹⁰² להלן ציטוט:

"Moving across the discontinuity between two different structures of the mental maps is an important issue in the design of context-based education because both the context and the actual mental map often change drastically in the learning process...The learning of new concepts in context-based science education thus involves the process of development of new mental maps, in which a student or the 'learning community' is coming to see the relevance of a new structure (affectively considering this as meaningful) and takes the decision to start using the (new) labels for communication (the specific language) within this structure" (Gilbert, Bulte, & Pilot, 2010, p. 17).

המיומנויות המשותפת למקצועות מדעי הטבע ולמקצועות שאינם מתחום מדעי הטבע¹⁰³

המקצוע	הכיתות	המיומנויות במטרות ההוראה
היסטוריה (משרד החינוך, 2010ד)	ו - ט	איתור ואיסוף מידע ממקורות מידע מגוונים ורלוונטיים, הבחנה בין מקורות מידע ראשוניים לבין מקורות משניים ובחירה מושכלת של מקור המידע, קריאה ביקורתית של טקסטים כתובים, ייצוגים חזותיים כמו תמונות, דיאגרמות, גרפים, סרטים ומקורות רלוונטיים אחרים, יישום - יכולת להשתמש בידע במצבים חדשים, השוואה - הגדרת תבחינים להשוואה וזיהוי הדמיון והשוני על פי תבחינים, מיון - יצירת קטגוריות על בסיס תכונות משותפות של פריטים וקיבוץ פריטים לקבוצות על פי הקטגוריות, טיעון (argumentation), הערכה, העלאת השערות והסקת מסקנות.
לימודי ארץ ישראל וארכיאולוגיה (משרד החינוך, תש"ע, 2010ב)	חטיבה עליונה	<p>התלמידים ירכשו ויפעילו אסטרטגיות חשיבה מסדר גבוה וכישורים מטה-קוגניטיביים שתכני הלימוד מזמנים:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ינתחו ניתוח ביקורתי תופעות ותהליכים 2. ישוו תופעות, יבצעו תהליכי חקר¹⁰⁴, ¹⁰⁵ 3. יעריכו הערכה ביקורתית תהליכי מחקר ומסקנות של חוקרים שונים 4. ייחשפו לעקרונות אי-הוודאות במדע – גילויים חדשים משנים תפיסות קודמות (למשל: הטיפולוגיה והתיארוך של בתי כנסת עתיקים) 5. יקשרו בין גורמים, ינתחו את המרכיבים המאפיינים כל חבל ארץ, יסבירו את ייחודו של החבל, ויבינו את הקשרים השונים בין המרכיבים המאפיינים כל חבל; ינתחו תופעה למרכיביה, ולאחר מכן יצרפו את החלקים לכלל תמונה שלמה; יבינו יחסים בין תופעות במרחב על סמך יכולת התמצאות בשטח. (תפיסה מרחבית ותפיסה מערכתית) 6. יסבירו תופעות בשטח על בסיס עקרונות שנלמדו 7. ירכשו ויפעילו מיומנויות מידענות באמצעות ממצאים בשטח ומקורות היסטוריים להסברת תופעות ותהליכים בסביבות הפיזית והאנושית בארץ ישראל בהווה ובעבר א. יפיקו מידע מממצאים ארכיאולוגיים ומחפירות ארכיאולוגיות ויעבדו את המידע ב. יעריכו את תקיפותם ואת מהימנותם של ממצאים ארכיאולוגיים כמקור מידע לעברה של ארץ ישראל (הערכה ביקורתית של מקורות מידע) (משרד החינוך, תש"ע, 2010, עמ' 5).

¹⁰³ המיומנויות הרשומות בטבלה הן הרלוונטיות למקצוע 'מדע וטכנולוגיה'. יש מקצועות שבהן הושאר הקונטקסט של המקצוע, על מנת להדגים את המיומנויות. מיומנויות שהן ספציפיות למקצוע לא נכללו בטבלה זו.

¹⁰⁴ בתוכנית הלימודים נכתבת המלצה למורים ללמוד ברוח קונסטרוקטיביסטית, כמו כן מוקדש הסבר נפרד על למידה בגישת החקר על ארבעת שלביו: זיהוי מצב המעורר בעיה, הגדרת הבעיה, חיפוש פתרונות, מציאת פתרונות, עמ' 9).

¹⁰⁵ תלמידי 5 יחידות מחויבים בהגשת עבודת חקר- גיאוטופ.

<p>מתוך המטרות הכלליות: 'התלמידים יפתחו כישורי לומד עצמאי, המסוגל להבנות ידע באמצעות חקר תופעות ודיון בסוגיות הנלמדות, תוך שימוש במגוון מקורות מידע, התלמידים יתפתו ויטפחו יכולות דיון בקבוצה' (משרד החינוך, תשס"ו, 2006, עמ' 14).</p> <p>גם במקצוע הכלכלה מושם דגש על למידת חקר, תוך התייחסות נפרדת למחקר איכותני ומחקר כמותי (שם, עמ' 18).¹⁰⁶</p>	<p>חטיבה עליונה, בחירה</p>	<p>כלכלה (משרד החינוך, תשס"ו, 2006)</p>
<p>מטרות בתחום הנטיות והמיומנויות</p> <p>1. הלומדים יפתחו רגישות לצרכים אנושיים שיש בהם פוטנציאל יזמי. הלומדים ירכשו מיומנות בהגדרת בעיות, ומיומנות זו תסייע להעלאת רעיונות למיזמים. בהמשך, הלומדים ילמדו לזהות מצבי בעיה וכן לבחון ולהגדיר מחדש בעיות בכל תחום מתחומי החיים.</p> <p>2. הלומדים יסגלו לעצמם מהלך בדיקה שיטתי של רעיונות למיזמים על בסיס קיומם של צורך מוגדר ושל שוק למוצר. במסגרת זאת ילמדו הלומדים להפעיל שיקולים איכותיים וכמותיים של עלות/תועלת, להיעזר במומחים ולנצל ידע עסקי. בהמשך, יסגלו הלומדים לעצמם מהלך בדיקה שיטתי של רעיונות בכל תחום מתחומי החיים.</p> <p>3. הלומדים ירכשו מיומנות של חשיבה מופשטת ושל חשיבה קונקרטית, וידעו כיצד ומתי להשתמש בכל אחת מהן במסגרת התהליך היזמי ומחוצה לו. בהפעילם חשיבה מופשטת יעשו הלומדים שימוש חופשי בדמיונם, יעלו רעיונות, יתארו מצבים ותהליכים שיש לשאוף אליהם ויתעלמו במכוון מאילוצים ומגבלות. בחשיבה הקונקרטית יתבססו הלומדים על נתונים, על עובדות, על אילוצים ועל קריטריונים במטרה לתרגם את תוצרי החשיבה המופשטת לפעולות המובילות למימוש המיזם.</p> <p>4. הלומדים ירכשו מיומנויות הכרוכות בעבודת צוות, בתקשורת עם גורמים שונים, בהצגה משכנעת של נושא ובניהול משא ומתן.</p> <p>5. הלומדים יפתחו יכולות בתחום המודעות העצמית והחשיבה הרפלקטיבית, בהן מיומנויות בקיום חשיבה רפלקטיבית, רגישות לעיתוי ולהקשר ההולמים חשיבה רפלקטיבית, הבנת התועלת הצפויה מחשיבה זו ונטייה לקיימה...</p> <p>6. הלומדים ילמדו לכתוב תוכנית עסקית למיזם, הכוללת הגדרת הצורך, ניתוח סביבת המיזם, תיאור המוצר והשוק, תוכנית שיווק, ניתוח כלכלי, תוכנית מימון, לוח זמנים למימוש ועוד' (משרד החינוך, תש"ס, 2001, פרק מבוא עמ' 2).¹⁰⁷</p>	<p>חטיבה עליונה</p>	<p>יזמות (משרד החינוך, תש"ס, 2001)</p>
<p>בתחום המיומנויות והכישורים</p> <p>* התלמידים יפתחו יכולת יישום של העקרונות והמושגים שלמדו בתחומי התוכן המשולבים בבחינה ובהערכה של המיזמים אותם יחקרו, במסגרת העבודות מלוות השיעור.</p> <p>* התלמידים יוכלו להכיל ולהבין בעיה - על כל היבטיה ומורכבותה.</p> <p>* התלמידים יפתחו יכולת עיבוד מידע: זיהוי, מיון, השוואה, ניתוח ומציאת קשרים בין תופעות, תהליכים ומושגים אליהם נחשפו בהוראה הפרונטאלית בכיתה, ובהתנסות בלמידה החוץ כיתתית: בעבודה המלווה, בסיוורים, ובהרצאות.</p> <p>* התלמידים ירכשו מיומנויות של קריאת טקסט. התלמידים יבחינו בין סוגי טקסטים: (מאמר, כתבה בעיתון, לוח,</p>	<p>חטיבה עליונה</p>	<p>יזמות עסקית (משרד החינוך, 2009ה)</p>

¹⁰⁶ תוכנית הלימודים פותחה על פי הגישה הקונסטרוקטיביסטית. דרכי ההוראה וההערכה דומות לאלו הקימות במקצועות המדע והטכנולוגיה: למידה הכרוכה בפעילויות חשיבה גבוהות כמו ביצוע של דדוקציה ואינדוקציה, למידת חקר (כמצוין לעיל), למידה חוץ-כיתתית, צפייה בסרטים, למידה בסביבה ממוחשבת ומתוקשבת, הערכת תוצרי למידה.

¹⁰⁷ במבוא לתוכנית הלימודים מצוינים הקשרים של נושא היזמות למקצועות אחרים, למשל: הגישה הכמותית-כלכלית, הבנת ערכים וסדרי גודל: לכלכלה ומתמטיקה; ניתוח כמותי של נתונים – מתמטיקה; חיבור לאנשים- סוציולוגיה ופסיכולוגיה; היבטי פרסום – תקשורת; מוצר- טכנולוגיה (בדגש על מערכות טכנולוגיות) ואורינטות מחשב.

<p>תרשימים וכו').</p> <p>* התלמידים יפתחו חשיבה ביקורתית וייתחשו למידע מתוך שיקול דעת וביקורת ויבחינו בין עובדות להשערות ואו פרשנות והבעת דעה אישית של הכותב.</p> <p>* התלמידים ירכשו מיומנויות במישור האישי על ידי חשיפה, פיתוח וטיפוח מיומנויות של יזם : בתחומי החשיבה- פיתוח ראייה לטווח רחוק, חשיבה קונסטרוקטיבית ורפלקטיבית. ויכולת לזהות הזדמנויות, פתרון בעיות, קבלת החלטות וניתוח מצבים מורכבים מזוויות ראייה שונות.</p> <p>* בתחום הבין אישי – טיפוח תכונות המאפיינות יזם : תעוזה, אחריות, בטחון עצמי וחשיבה יצירתית. בתוכנית מתנסה התלמיד בסיעור מוחין, שיטת ששת הכובעים של דה-בונו, סימולציות בפיתוח מוצרים ועוד.</p> <p>* התלמידים ירכשו מיומנויות תקשורת כמו יכולת הקשבה וזיהוי צרכים של הזולת, שכנוע, עירור עניין, ויכולת לעבוד בצוות באופן מתואם ויעילי (משרד החינוך, 2009ה, עמ' 16).¹⁰⁸</p>		
<p>מטרות כלליות :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. הבנת חשיבותו של מחקר אמפירי במדעי ההתנהגות. 2. פיתוח מודעות לבעיות הייחודיות במדעי ההתנהגות. 3. הכרת שפת המחקר, מאפייניו ועקרונותיו ואיתורם במחקרים קיימים. 4. הבנת היתרונות והחסרונות של סגנונות מחקר שונים, המייצגים פילוסופיות מחקריות שונות (למשל המחקר הכמותי והמחקר האיכותי). 5. הבנת המעגליות של התהליך המחקרי. 6. הבנת היתרונות והמגבלות של עיבוד נתונים סטטיסטי. 7. טיפוח חשיבה ביקורתית. 8. טיפוח שיתוף פעולה בין לומדים וחוקרים המתבסס על הבנת היתרונות שבקבוצת מחקר. 9. פיתוח עניין כלפי תופעות חברתיות המתבררות בתהליך מחקר מסודר. 10. טיפוח סקרנות מחקרית. 11. הבניית ערכים של יושר ואמינות במחקר. 12. טיפוח מוטיבציה להשתתף במחקר בעתיד. 13. טיפוח סובלנות כלפי סגנונות מחקר חלופיים. <p>בתחום מיומנויות הלמידה</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. טיפוח כישורים של לומד עצמאי המסוגל להבנות ידע. 2. פיתוח אוריינות מחקרית - ניתוח נתונים, עיבוד וארגון מידע, הסקת מסקנות, שיפוט והערכה. 3. פיתוח כישורים אנליטיים המאפשרים להבחין בין מרכיבי השונים של המחקר ולהתמקד בכל מרכיב בנפרד. 4. יכולת ליצור סינטזה בין כל הרכיבים לצורך הבנת תופעה נחקרת בשלמותה. 	<p>חטיבה עליונה, בחירה, השלמה לרמה מוגברת</p>	<p>מתודולוגיה- מבוא למחקר חברתי (משרד החינוך, תשס"ד, 2005)</p>

¹⁰⁸ בתוכנית זו ניתנת הנחיה מפורטת בנוגע לביצוע עבודת חקר (משרד החינוך, 2009ה, עמ' 46 – 51).

<p>5. יכולת לבנות, לקרוא ולנתח טבלאות, גרפים ומדדים. 6. יכולת למידה בצוות: הוראת עמיתים, למידה מעמיתים, שיתוף פעולה בין לומדים, קבלה ונתינת משוב וביקורת בונה, הקשבה לחברי הצוות' (משרד החינוך' תשס"ד, 2005, עמ' 5).</p>		
<p>מתוך מטרות ההוראה: התמודדות עם משימות חקר; בגיאומטריה - פיתוח תפיסה חזותית במישור ובמרחב; פיתוח דרכי חשיבה, כגון: חשיבה דדוקטיבית, האופיינית למקצוע המתמטיקה בכללו, העלאת השערות ובדיקתן, הכללות והנמקות, הסקת מסקנות וכדומה; פיתוח יכולת חקירת צורות וגופים גיאומטריים ותכונותיהם; עידוד יצירת דימויים חזותיים עשירים של מושגים גיאומטריים; במתמטיקה בכלל: אומדן, קירובים, תחושת סדר גודל של מספר ומקומו במערכת המספרים; אומדני מידות שונות; הבנת נחיצות הבקרה, בחינת סבירות של תוצאות, איתור טעויות, הכרת שיטות בקרה; בחינת מידת הגיוון והיעילות של דרכי פתירה שונות; פתירת תרגיל חדש על סמך תרגיל ידוע ומוכר; פירוק צורה מורכבת למרכיביה וצירוף של מרכיבים ליחידות מורכבות יותר; תפיסת מושגים והעלאת השערות ברמה אינטואיטיבית (משרד החינוך, 2006ג, פרק מבוא, עמ' 11-14).</p>	א - ו	מתמטיקה (משרד החינוך, 2006ג)

למידה חוץ-בית ספרית בסביבות בית הספר (field – trip)

מחקרים שנערכו בנושא תומכים בשילוב הסביבה החוץ-כיתתית בלמידה, מתייחסים למגבלותיה וממליצים על הובלה מושכלת של הלמידה בדרך זו.

החוקרת Cronin-Jones (2000) בחנה את הלמידה בחצר בית הספר כסביבה ללמידת נושא: 'אקולוגיה של בעלי חיים וצמחים' לתלמידי בית הספר היסודי בפלורידה, ארה"ב. במספר נושאים הקשורים לסביבה הישגי התלמידים שלמדו בחצר בית הספר היו גבוהים יותר מהישגי התלמידים שלמדו בכיתה. עמדות התלמידים כלפי הסביבה היו חיוביות באותה מידה בשתי הקבוצות, כפועל יוצא מהנושא הנלמד.

אוריון (2003) רואה בלמידה החוץ-כיתתית פוטנציאל לקרוב הלמידה הבית-ספרית לעולמם של התלמידים וללמידה הטבעית, שהיא משמעותית בבסיסה לתלמידים מחד, ומאידיך הוא מציע לבחון מה כדאי ומה ראוי ללמד בסביבה החוץ-כיתתית¹⁰⁹. אוריון מציע לשלב את הלמידה החוץ-כיתתית ברצף הלמידה הכולל במסגרת הפורמלית של בית הספר. הסביבה החוץ-כיתתית היא סביבה מורכבת עבור הלומדים והמלמדים, שכן היא עמוסה בגירויים חיצוניים, המקשים על הריכוז וההקשבה. אי לכך, יש לבחור נושא שיתאים במיוחד ללמידה בדרך זו. דהיינו, הנושא צריך להיות חלק אינטגרלי מתוכנית הלימודים, נושא חשוב, שלמידתו מחייבת התנסות רב-חושית, המתאפשרת רק בסביבה חוץ-בית-ספרית (אחרת, יתפתחו תפיסות שגויות בסיסיות). כלומר צריך להיות ערך מוסף ליציאה אל מחוץ לכותלי בית הספר ואז המאמץ כדאי. פעילות הלמידה גם כן צריכה להיות כזו המנצלת באופן אופטימלי את משאבי הסביבה הנבחרת עבודה, כמו גם שיטות הוראה וחומרי הלמידה המגבים את הפעילות. בנוסף, המורים צריכים להיות מודעים לקשיים שבהם נתקלים התלמידים בלמידה בסביבה החוץ-כיתתית, וסיבתם היא זרות משלושה מרכיבים: זרות קוגניטיבית- למטלות המיוחדות ויוצאות-הדופן, זרות גיאוגרפית- התרגלות לשטח החדש וזרות פסיכולוגית- הטיול מקבל משמעות אחרת, 'רצינית' יותר מהזו שהתלמידים רגילים אליה כהנאה וחופש.

בישראל פועל בית חינוך 'א.ד.ס. וסביבה' הרואה בלמידה החוץ-כיתתית תפיסת עולם חינוכית בית החינוך דוגל ביצירת זיקה בין אדם לבין סביבתו ואכן הלמידה החוץ-כיתתית בו מרשימה בהיקפה¹¹⁰. בבית החינוך מתקיימים מפגשי 'אדם-סביבה' רבים, באמצעות פרויקטים המכוונים ל'עשייה ירוקה' בין כותלי בית הספר, וכן בטבע- בבתי גידול שונים הסמוכים לבית הספר כמו הבריכה העונתית, בגן הלאומי, ברצועת חוף הים – חוף הצבים. בית החינוך פועל בארבעה מעגלי עשייה: איכפתיות, דמוקרטיה, מיצוי הפוטנציאל של התלמידים וחשיבה ירוקה. התפיסה החינוכית של בית הספר ומאפייני הלמידה החוץ-בית-ספרית באים לידי ביטוי במבנה הארגוני של בית הספר: מסגרת זמן גדולה יותר מהמקובל (למידה משמעותית מתרחשת על פני זמן ארוך), מרחבי למידה גדולים בתוך בית הספר ומחוצה לו, המאפשרים גם ביטוי לסגנונות למידה שונים, נושאים בין-תחומיים, נושאים לבחירה להתמחות ודרכי הערכה חילופית (סלע, יערי וכך-שדה חן, 2003).

¹⁰⁹ מאפייני הלמידה הטבעית הם: א. המקום שבו נערכת הלמידה; ב. ההתנסויות המגוונות והחוויות המובילות ללמידה; ג. הרלוונטיות: הלמידה היא תמיד בהקשר לצורך מסוים; ד. תהליך ההוראה המבוסס על תקשור מילולית ושאינה מילולית, והתנסות מוחשית במצב אמיתי; ה. הלומד: לומד מתוך צורך פנימי המשפיע על קצב הלמידה וכיוון ההתקדמות שלה (אוריון, 2003, עמ' 1 – 2).

¹¹⁰ להלן ציטוט: "רגשות חיוביים גורמים לנו לרצות להישאר בסביבה, לטפחה, לחזור אליה ולהתמזג בתוכה. רגשות שליליים (או חוסר רגש) יכולים לגרום לתחושות של חוסר אכפתיות ואפילו ניכור. אפשר לעורר זיקה ואכפתיות לסביבה באמצעות חוויות הפליאה – אותה חוויה רגשית שהטבע מחולל בנו כשאנו סופגים אותו בכל חושינו ואיברינו: הפליאה מתופעות "גדולות" כמו שצף המים במפל מים אדיר או "קטנות" כגון דבורה האוספת אבקה מפרח" (סלע, יערי וכך-שדה חן, 2003, עמ' 1).

עיקרי הרפורמה בתחום הטכנולוגיה

דבר מנהל התחום טכנולוגיה, משרד החינוך, (עדכון : 2009)

מר גרשון כהן , מנהל תחום טכנולוגיה

<http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Scitech/TchumTechnologia/DvarMenahel/>

המשק והתעשייה בישראל נמצאים כיום במהלך של תמורות ושינויים, הנובעים בין היתר מהתפתחות מהירה של טכנולוגיות חדישות.

שינויים אלה, יחד עם עיקרי המלצות ועדת הררי (דו"ח 'מחר 98') והמלצות דו"ח מבקרת המדינה על הרפורמה בחינוך הטכנולוגי (1995), תוך כדי תיאום האקדמיה, התעשייה, משרדי הממשלה, ארגוני המורים וצה"ל, הובילו להערכות חדשה של החינוך הטכנולוגי.

מטרות עיקריות בהערכות חדשה של החינוך הטכנולוגי

- בנית מבנה לימודים חדש
- מיפוי חדש של המגמות ומקצועות הלימוד בחינוך הטכנולוגי ע"פ הצרכים העכשוויים והעתידיים של התעשייה
- עידוד ומתן תמריצים לתלמידי החטיבה העליונה להמשך לימודים (בנוסעים ואקרדיטציה).
- שילוב תלמידים בעלי יכולות גבוהות בנתיב הטכנולוגי
- צמצום הפער בין צרכי התעשייה והמשק לתוכניות הלימודים בחינוך הטכנולוגי.

מאפייני הרפורמה במערכת החינוך

- המשך רציף ללימודי המקצוע "מדע וטכנולוגיה", תוך בניית בסיס רחב להמשך לימודים מדעיים טכנולוגיים (במקום התמקצעות ממוקדת), בניית מקצוע מבוא לכלל המגמות - מדעי הטכנולוגיה
- יישום עקרונות מדעיים במערכות טכנולוגיות עדכניות, במגוון רחב של תחומי דעת
- בניית מקצוע מוביל שלדי אחד, המהווה את הליבה של כל מגמה
- מגמות והתמחויות חדשות ומעודכנות, התואמות את צרכי האקדמיה והתעשייה
- אפשרות לעדכון שוטף של תוכניות הלימוד, בהתאם לצרכים המשתנים של התעשייה והמשק.
- הרחבת עקרון המודולריות, המאפשר לכל תלמיד צבירת יחידות לימוד - מיחידת לימוד אחת עד חמש יחידות לימוד, ע"פ בחירתו ויכולתו האישית
- מתן מענה להמלצות ועדת הררי 'מחר 98', (1992), המחייבות כל תלמיד ללמוד ולהיבחן במקצוע מדעי / טכנולוגי
- מתן מענה לדרישות סיווג מקצועי ולהמשך לימודים לחטיבה העל תיכונית – טכנאים-הנדסאים.
- צמצום מספר השאלונים ובחינות הבגרות החיצוניים ויישום עקרונות ההערכה החלופית (המרת שאלונים חיצוניים לשאלונים בית ספריים באישור מפמ"ר, ועבודות גמר)
- אפשרות למוביליות של כוחות ההוראה ופיתוח עבודת צוות.

פעילויות לישום הרפורמה

- פותחו כל תוכניות הלימוד וחומרי הלמידה במדעי הטכנולוגיה ובמקצועות המובילים
- עוצבה תוכנית ההשתלמות במדעי הטכנולוגיה ובמקצועות המובילים.
- בוצעו השתלמויות מורים.
- נבנה אוגדן מערכת השיעורים עפ"י הרפורמה החדשה.
- נבנה קובץ שאלונים ובחינות עפ"י המתכונת החדשה וחוקת זכאות מעודכנת, לאגף הבחינות.
- החל ניסוי חלוץ המתקיים ב- 18 בתי ספר ברחבי הארץ (בשנת הלימודים תשס"ב).
- יושמה הרפורמה שלב א ב - 103 בתי ספר ברחבי הארץ בשנה"ל תשס"ג. יישום החלוץ וניסויי שלב א עבר תהליך הערכה והפקת לקחים.
- הרפורמה מיושמת כיום בכל מערכת החינוך בכיתות י משנה"ל תשס"ד בכ- 500 בתי ספר במערכת החינוך.

בוגרי הרפורמה בחינוך הטכנולוגי, יהיו בעלי השכלה רחבה בתחומי הטכנולוגיה המבוססת מדע, ובעלי יכולת להשתמש בידע זה באופן פעיל. למעוניינים, יהיה ידע, מיומנויות ומוטיבציה להמשך לימודים והתמחות בתחום טכנולוגי או הנדסי.