

פיתוח מיומנויות חקר בסיסיות, ודינאמיות, וטיפוסי ידע,

בתהליך למידת חקר פתוח (Open inquiry)

לעומת למידת חקר מונחה (Guided inquiry).

חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה"

מאת

אירית שדה (יניב)

בית הספר לחינוך

הוגש לסנט של אוניברסיטת בר-אילן

עבודה זו נעשתה בהדרכתם של

ד"ר מיכל ציון ופרופ' שלמה הבלין

מבית הספר לחינוך ומהמחלקה לפסיקה

של אוניברסיטת בר-אילן.

This work was carried out under the supervision of

Dr. Michal Zion & Professor Shlomo Havlin

School of Education & Department of Physics

Bar-Ilan University.

"כף יום לאמתי משהו על הכוכב ההוא, על היציאה לדרכך, על המסע: ..."

(אנטואן דה סנט-אכזיפרי, הנסיך הקטן)

תודות

למנחים

ד"ר מיכל ציון –

תודה מיוחדת לד"ר מיכל ציון שהנחתה אותי במחקר זה לאורך כל הדרך.

על מאור הפנים, הייעוץ, התמיכה והעידוד, בלי לוותר - במטרה לשפר.

על כל אלה, והרבה יותר, אני אסירת תודה לך, מיכל.

פרופסור שלמה הבלין –

על שפתח בפני את הדלת, האמין בי וגילה נכונות לסייע ולייעץ בכל עת.

למפמ"ר דאז

ד"ר ברוריה אגרסט שתמכה במחקר זה, התעניינה ואף ציידה אותי באישורים פותחי דלתות.

ולמפמ"ר הנוכחית

גברת רותי מנדלוביץ שהמשיכה בתמיכה.

לעמותת קרן סאקט"א – רש"י על התמיכה ארוכת השנים בקיום המחקר.

לאגודה הישראלית לקרנות מחקר וחינוך על מענק שאפשר לשפר, לייעל ולזרז את המחקר.

למורות

שבלי שיתוף הפעולה שלהן לא היה המחקר יוצא אל הפועל.

תודה על שהכניסו אותי לכיתתן, לא ליום ולא ליומיים, אלא במשך שנתיים!

למירי ברומר, שמחה גואטה, מיקי גוטמן, טלי גרוף, אורלי דנגורי, בת-עמי עקד, תמי צור, דפנה

קסו, רחל קסנר, נעמי רבשטיין, יוסי רוטבין, סיגל שלומי-שיר וגאולה שריון.

למאשה צאושו שסייעה בכל עניין, בכל עת.

וכן לאביבה, אורית, אסתי, דבורה, חגית, מוריה, רויטל, רחל ושלוש.

לכל חברי מקבוצת "מדע 2000".

לתלמידים שענו על כל השאלונים ועל שאלותי בסבלנות רבה.

ואחרונים חביבים – בני המשפחה היקרים

שהשתדלו להקל, להקשיב, לייעץ ולעזור להגיע לשלב זה.

לאלה, ולאחרים שלא הזכרתי, חלק בכך שעבודה זו הגיעה לסיומה,

ועל כך יבואו כולם על הברכה.

תוכן עניינים

עמוד

רשימת הטבלאות והתרשימים

א תקציר

מבוא

1 הצגת הנושא

2 תרומת המחקר

1. פרק א - רקע תאורטי

4 1.1 למידה בדרכי חקר

5 1.1.1 מדוע כדאי ורצוי ללמד בשיטת חקר?

8 1.1.2 מיומנויות החקר

9 1.1.3 למידת חקר וטיפוסי ידע שונים

11 1.1.4 טיפוסי חקר

13 1.1.5 גלגולי הוראת החקר

15 1.1.6 חשיבות הוראת הפרוצדורה ועיסוק במטלות חקר אותנטיות

17 1.1.7 קשיים בהוראה בדרכי חקר

18 1.2 חקר בתוכנית הלימודים (המעשית) בביולוגיה בחטיבה העליונה, בישראל

20 1.2.1 תכנית ה"ביוטופ"

21 1.2.2 תכנית ה"ביודע"

22 1.3 חקר מונחה או חקר פתוח לתלמידי תיכון?

23 1.3.1 אמצעים, זמן וגודל הכתה

23 1.3.2 גישת המורים

24 1.3.3 חלקם של התלמידים

25 1.3.4 חקר פתוח וחקר מונחה בכיתות

26 1.4 שאלות המחקר

27 1.5 השערות המחקר

2. פרק ב – השיטה

28 2.1 אוכלוסיית המחקר

28 2.1.1 בחירת המורים וכיתות המחקר

29 2.1.2 שינויים במספר המשתתפים במחקר

30 2.1.3 איפיון אוכלוסיית המחקר

31	2.2 כלים
31	2.2.1 "רב-מבחן"
32	2.2.1.1 שאלון חקר בסיסי קצר
34	2.2.1.1 שאלון חקר בסיסי ארוך
35	2.2.2 שאלון עמדות לאיפיון פרויקט החקר של התלמיד על ידי התלמידים....
35	2.2.2.1 חלק א – עמדות
37	2.2.2.2 חלק ב – רב בחירה
38	2.2.2.3 חלק ג – התייחסות חופשית
39	2.2.3 שאלון עמדות כלפי המדע, המדען, שיטתיות ודינאמיות בתהליך החקר
41	2.2.4 שאלון בנושא מיומנויות חקר דינאמיות
42	2.2.5 ראיון תלמידים
44	2.2.6 ראיון מורים
44	2.2.7 הערכה לרמת מיומנויות החקר הדינאמיות בקרב התלמידים
47	2.2.8 ניתוח והערכה של טיפוס ידע בקרב התלמידים
49	2.2.9 איפיון ביצועים בפרויקט החקר של תלמידי "ביודע"
	2.3 מהלך המחקר
51	2.3.1 משך המחקר
51	2.3.2 הליך

3. פרק ג – תוצאות

55	3.1 שאלה ראשונה – מיומנויות חקר בסיסיות
57	3.2 שאלה שניה – מיומנויות חקר דינאמיות
57	3.2.1 רמת מיומנויות החקר הדינאמיות בשתי קבוצות המחקר
58	3.2.2 דוגמאות לביטוי רמת מיומנויות החקר הדינאמיות
68	3.3 שאלה שלישית – רמת הידע
68	3.3.1 רמת הידע בשתי קבוצות המחקר
70	3.3.2 דוגמאות לביטוי טיפוס ידע ורמתו בשתי קבוצות המחקר
79	3.4 שאלה רביעית – עמדות התלמידים כלפי פרויקט החקר שביצעו
89	3.5 שאלה חמישית – עמדות התלמידים כלפי המדע, המדען ותהליך החקר
90	3.6 שאלה שישית – סוג הביצועים ושכיחותם, במסגרת פרויקט חקר פתוח

4. פרק ד – דיון וסיכום

95	4.1 שאלה ראשונה – מיומנויות חקר בסיסיות
97	4.2 שאלה שניה – מיומנויות חקר דינאמיות

100	4.3 שאלה שלישית – רמת הידע
102	4.4 שאלה רביעית – עמדות התלמידים כלפי פרויקט החקר
106	4.5 שאלה חמישית – עמדות התלמידים כלפי המדע המדען ותהליך החקר
109	4.6 שאלה שישית – סוג הביצועים ושכיחותם, במסגרת פרויקט חקר פתוח.....
112	4.7 השלכות המחקר והצעות למחקר עתידי
112	4.7.1 השלכות תיאורטיות
113	4.7.2 השלכות יישומיות
116	4.7.2.1 המורה בכיתתו
118	4.7.2.2 מפתחי תוכניות לימודים
118	4.7.2.3 הכשרת מורים
120	4.7.3 מגבלות המחקר והצעות למחקרי המשך
120	4.7.3.1 מגבלות המחקר
121	4.7.3.2 הצעות למחקרי המשך
124	4.8 סיכום
126	4.9 פרסומים שנכתבו על בסיס עבודה זו
127	5. רשימת מקורות

6. נספחים

149	6.1 שאלון חקר "הגוזל הנגזל"
151	6.2 שאלון חקר "למידה מתוקה"
153	6.3 שאלון חקר "מקדמי ההגנה ואנחנו"
156	6.4 שאלון חקר "יחסי גומלין בין פטריות ושיתלי אורן"
	6.5 שאלון עמדות לאפיון פרויקט החקר, על ידי התלמיד :
159	שאלון לתלמידי "ביוטופ"
160	שאלון לתלמידי "ביוטופ"
161	6.6 שאלון עמדות כלפי המדע, המדען, שיטתיות ודינאמיות בתהליך החקר
162	6.7 שאלון לאפיון מרכיבי חקר דינאמיים" עם ישראל וחי"
165	6.8 שאלון לאיתור טיפוס ידע: "גידול תפוחי אדמה"(א)
166	6.9 שאלון לאיתור טיפוס ידע: "הדגים" (ב)
167	6.10 פרחי כנרת – הנחיות להדרכת ביוטופ
169	6.11 דף אישי לתלמיד תוכנית הביוטופ
173	6.12 שאלון למורה
174	6.13 התייחסות תלמידים לזיהוי משתנים, לבקרה ולשמירה על גורמים קבועים.
175	6.14 סיבות התלמידים להיותם "צודקים" או "לא צודקים" בהשערות החקר
177	6.15 דוגמאות לסוג ביצועים בפרויקט החקר הפתוח

180	6.16 מספר התלמידים שנשרו מלימודי הביולוגיה במהלך המחקר
	6.17 רמת טיפוס הידע הממוצעת וסטיות התקן של הנבדקים בשתי קבוצות
181	המחקר, לפני ואחרי ביצוע פרויקט החקר
182	6.18 עמדות התלמידים כלפי פרויקט החקר שביצעו, על פי מגדר
183	6.19 מתאמים : הקשר בין מיומנויות החקר להישגים במבחני הבגרות
184	6.20 איפיון המורים – שנות ותק ותואר אקדמאי
185	6.21 נושאי העל בהם עסקו פרויקטי החקר
	6.22 ממוצעים, סטיות תקן והשוואה סטטיסטית בקרב נבחנים, בשתי גרסאות
186	של השאלונים, לבדיקת רמת הקושי של השאלונים

רשימת טבלאות

מספר	כותרת הטבלה	עמוד
1	דרגות שונות של למידה : למידה אקספוזיטורית בהשוואה ללמידה בדרך הגילוי והחקר	12
2	התפלגות התלמידים בשתי קבוצות המחקר על-פי מגדר	28
3	פילוח אוכלוסיית המחקר לבתי ספר וכיתות.....	30
4	מיומנויות חקר בסיסיות והפריטים בשאלון (הקצר) הבודקים אותן	33
5	מיומנויות חקר בסיסיות והפריטים בשאלון (הארוך) הבודקים אותן	34
6	טעינות פריטי השאלון "אפיון פרויקט החקר" על ארבעת הגורמים	36
7	טעינות פריטי שאלון העמדות על ארבעת הגורמים	40
8	מיומנויות חקר דינאמיות והפריטים בשאלון "עם ישראל חי" הבודקים אותן	41
9	מקור המידע לקריטריונים של מיומנויות חקר דינאמיות	45
10	כימות מיומנויות חקר דינאמיות אצל תלמידי ביולוגיה (י"ב) שביצעו פרויקט חקר	46
11	אינדקס טיפוסי ידע בקרב התלמידים	47
12	סוג הביצועים בפרויקט חקר של תלמידים בגישת החקר הפתוח	50
13	משתני המחקר ומועדי השימוש בכלי המחקר ואיסוף הנתונים	54
14	ממוצעים וסטיות התקן של ציוני "רב מבחן", בשתי קבוצות המחקר, לפני ואחרי ביצוע פרויקט החקר	55
15	ממוצע וסטיות תקן של ציוני בחינות הבגרות, בכל שאלון, של שתי קבוצות המחקר	56
16	ממוצעים וסטיות תקן של רמת מיומנויות החקר הדינאמיות, בשתי קבוצות המחקר	57
17	ממוצעים וסטיות תקן של רמת טיפוסי הידע, בשתי קבוצות המחקר, בכתה י"א	68
18	ממוצעים וסטיות תקן של רמת טיפוסי הידע, בשתי קבוצות המחקר, בכתה י"ב	69
19	ממוצעים וסטיות תקן של אפיון פרויקט החקר על ידי התלמידים, ע"פ סוג החקר בו עסקו התלמידים	79
20	השקעת זמן וקושי בשלבים השונים של פרויקט החקר : מספר התלמידים שבחרו בכל תשובה, וניתוחי χ^2 בין קבוצות המחקר	80
21	היוזם לשינויים - מספר התלמידים שבחרו בכל תשובה וניתוחי χ^2 בין קבוצות המחקר ..	81
22	היבטים שונים של תרומה קוגניטיבית, לתלמידי חקר פתוח ותלמידי חקר מונחה וניתוחי χ^2 בין קבוצות המחקר	84
23	היבטים שונים של תרומה ריגושית, לתלמידי חקר פתוח ותלמידי חקר מונחה וניתוחי χ^2 בין קבוצות המחקר	84
24	קטגוריות השינויים שצוינו על ידי התלמידים וניתוחי χ^2 בין קבוצות המחקר	85
25	שינויים שהתלמידים היו מבצעים לו היו חוזרים על עבודת החקר וניתוחי χ^2 בין קבוצות המחקר	87
26	ממוצעים וסטיות תקן של עמדות התלמידים במדידה ראשונה (י"א) ושנייה (י"ב)	89

27	מספר הביצועים הממוצע וסטיית התקן בקבוצות בעלות מספר תלמידים שונה, בעת ביצוע פרויקט חקר פתוח
92	ממוצעים וסטיות תקן של מספר הביצועים בכל תחום, על-פי מספר התלמידים בקבוצה, בעת ביצוע פרויקט חקר פתוח
28	ממוצעים וסטיות תקן של מספר הביצועים בכל תחום, על-פי מספר התלמידים בקבוצה, בעת ביצוע פרויקט חקר פתוח
92	ממוצעים וסטיות תקן של מספר הביצועים בכל תחום, על-פי מספר התלמידים בקבוצה
29	ניתוחי Kusk-Wallis להשוואה של מספר הביצועים לסוגיהם, על-פי מספר תלמידים בקבוצה
92	המשתנים התלויים במחקר והבדלים מובהקים ולא מובהקים בין קבוצות המחקר בכל משתנה תלוי שנבדק בעבודת מחקר זו
30	מספר התלמידים בתחילת המחקר ובסופו, בכיתות שהשתתפו במחקר
94	רמת טיפוס הידע הממוצעת וסטיות התקן של הנבדקים בשתי קבוצות המחקר, לפני ואחרי ביצוע פרויקט החקר
180	ממוצעים וסטיות תקן של אפיון עבודת החקר על ידי התלמידים, ע"פ מגדר
31	מתאמי פירסון בין ההישגים ב"רב מבחן" להישגים בשאלוני הבגרות השונים בביווגיה
181	מתאמי פירסון בין רמת מיומנויות החקר הדינאמיות להישגים בשאלוני הבגרות השונים בביווגיה
182	אפיון המורים – שנות ותק ותואר אקדמאי
183	ממוצעים, סטיות תקן והשוואה סטטיסטית בקרב נבחנים, בשתי גרסאות של השאלונים, לבדיקת רמת הקושי של השאלונים
184	
186	

רשימת תרשימים

מספר	כותרת התרשים	עמוד
1	"רב-מבחן" - ממוצעי הנבדקים בשתי הקבוצות, לפני ואחרי ביצוע פרויקט החקר	56
2	התפלגות (%) תרומת העבודה לתלמידים, בתחומים השונים, על פי קבוצות המחקר	83
3	התפלגות המשתתפים בהתייחס לתרומה קוגניטיבית, על-פי שיטת החקר בה עסקו	83
4	התפלגות (%) תחומי השינוי שהציעו התלמידים, בשתי קבוצות המחקר	85
5	התפלגות (%) הנבדקים ביחסם לשינוי/שיפור פרויקט החקר שלהם, על-פי שיטת החקר	86
6	התפלגות (%) הנבדקים ביחסם לשינויים הכללים שהיו עורכים, על-פי שיטת החקר	86
7	שכיחות הביצועים הקשורים בהבנה פרוצדורלית, בעת ביצוע פרויקט חקר פתוח	90
8	שכיחות הביצועים הקשורים לדינאמיות החקר, בעת ביצוע פרויקט חקר פתוח	91
9	רמת טיפוס הידע בתחילת הפרויקט בכתה י"א (1) ובסיום הפרויקט בכתה י"ב (2)	181

תקציר

מטרות החינוך המדעי בעשורים האחרונים מתבססות על "חקר", הן כאמצעי והן כתוצר של הוראת המדעים בכתה. בשנים האחרונות, נעשים נסיונות להורות מדע, תוך דגש רב יותר מבעבר, על למידת חקר והתנסות התלמיד בחקר. לדברי שוואב (Schwab, 1963) מן הראוי ללמד את "המדע כחקר" בדרך החקר. יתרונות הלמידה בדרך החקר רבים: התלמיד מתנסה בחיפוש והגדרת בעיה, מתמודד עם הבעיה תוך חיפוש דרכים לפתרונה, באמצעות תכנון ניסוי וביצוע. למידת החקר מאפשרת לתלמיד להתנסות ב"להיות מדען". כך הוא לומד על עצמו ובוחן את יחסו למדע. בנוסף, מתאפשר ללומד להביא לידי ביטוי יצירתיות, מקוריות וסקרנות.

בקרב אנשי חינוך קיימת ההסכמה רחבה לגבי חשיבות הוראת חקר והוראה בדרך החקר, אך ישנם חילוקי דעות לגבי אופן הוראת החקר בכתה. אנשי אקדמיה ומורים מתלבטים בין מספר טיפוסים חקר המקובלים בהוראת החקר, במיוחד בין "חקר מונחה" ל"חקר פתוח", כאשר ההבדלים בין השניים קשורים במידה העצמאות של התלמיד ומידת המעורבות של המורה בעת ביצוע חקר: **בחקר מונחה** בדרך-כלל המורה בוחר בשאלת החקר ויחד עם התלמיד מחליט כיצד להמשיך בחקר הבעיה. המורה מעורב מאוד ונותן הנחיות עבודה בכל שלבי עבודת החקר, פרט לשלב הסקת המסקנות. לעומת זאת **בחקר פתוח** התלמיד מצוי במרכז. התלמיד שואל את שאלת החקר והוא זה שמחליט על דרכי החקר, עד לסיום התהליך, כאשר המורה מסייע בצידו בהחלטות הקשורות לשלבי החקר השונים.

שני טיפוסים החקר כוללים מיומנויות חקר רבות ומגוונות. מיומנויות המתייחסות לביצוע החקר החל מתכנון ניסוי הכולל זיהוי שאלת חקר ותכנון האופן בו תיבדק השאלה, המשך בביצוע ניסוי/תצפית, הצגת התוצאות, ניתוח ופירוש התוצאות וכלה ביישום. מיומנויות אלו מכונות **מיומנויות חקר בסיסיות**. בשנים האחרונות החלו לתת משקל גם להוראת הדרך בה התבצע החקר (הפרוצדורה) ואל מיומנויות החקר הבסיסיות, נוספו מיומנויות נוספות הקשורות לעצם ביצוע תהליך החקר והדינאמיות שבו. מיומנויות אלו מכונות **מיומנויות חקר דינאמיות** והן מתייחסות לשינויים המתרחשים במהלך ביצוע חקר, למידה תהליכית, הבנה פרוצדורלית של התהליך והבטים אפקטיביים ייחודיים תוך כדי ביצוע החקר.

החקר הינו מרכיב מהותי גם בהוראת הביולוגיה, אולם אין אחידות דעים לגבי שיטת החקר המועדפת להוראה בכתה. המצדדים בחקר פתוח טוענים שבדרך זו תושג רמת חקר גבוהה יותר, התלמיד יכיר טוב יותר את מהות המדע ויפתח מיומנויות חקר וחשיבה גבוהות יותר. לעומתם, המצדדים בחקר מונחה מעלים טיעונים קשורים ביתרון שבהכוונת התלמיד למטרה הרצויה, יתרון המתבטא בחיסכון בזמן ובתסכול שעלול להגרם לתלמיד בעקבות קבלת תוצאות לא צפויות או כישלון בעת עיסוק בחקר פתוח.

בעבודה זו נבדקה תרומתה של ההוראה בגישת החקר המונחה לעומת ההוראה בגישת החקר הפתוח, לתלמידים, שבצעו פרויקט חקר במהלך לימודי הביולוגיה בבתי ספר תיכוניים, בישראל. המטרה המרכזית של מחקר זה עוסקת בהשוואה בין שתי שיטות ההוראה והשפעתן על פיתוח מיומנויות חקר בסיסיות ומיומנויות חקר דינאמיות; טיפוס ידע; ועמדות בקרב תלמידי הביולוגיה (שאלות 1-5). כמו כן אופיין תהליך החקר הדינאמי שבא לידי ביטוי בפרויקטי החקר של התלמידים, בקבוצת ה"חקר פתוח" (שאלה 6).

שאלות המחקר :

1. מה ההשפעה של סוג החקר בו עוסק התלמיד על פיתוח מיומנויות חקר בסיסיות?
2. מה ההשפעה של סוג החקר בו עוסק התלמיד על רמת הביטוי של מיומנויות חקר דינאמיות?
3. מה ההשפעה של סוג החקר בו עוסק התלמיד על הבניית טיפוס ידע?
4. מה הקשר בין סוג החקר בו עוסק התלמיד לעמדות התלמיד כלפי פרויקט החקר שביצע?
5. מה הקשר בין סוג החקר בו עוסק התלמיד לשינויים בעמדות התלמידים כלפי המדע, המדען ועבודתו, ותהליך החקר, לאחר התנסות בביצוע פרויקט חקר?
6. מהו סוג ביצועי החקר הדינאמי הבא לידי ביטוי במהלך ביצוע פרויקט, בגישת חקר פתוח?

מחקר זה מחדש בשני הבטים הקשורים לחקר :

האחד, לגבי שיטת החקר- איזו שיטת חקר (מונחה/פתוח) תוביל לתוצאות לימודיות טובות יותר? תשובות על שאלות המחקר עשויות לסייע למורים לבחור את גישת החקר שתתאים לתלמידיהם ולהם. היבט שני קשור לאפיון החקר הדינאמי. אפיון מושג החקר הדינאמי נמצא בחיתוליו, עבודת מחקר זו כוללת היבטים כמותיים של המרכיבים הדינאמיים בלמידת החקר, הקשורים בביצוע חקר פתוח על-ידי התלמיד.

במסגרת המחקר התבצע מעקב אחרי שתי קבוצות תלמידים, שביצעו פרויקטי חקר במסגרת לימודי הביולוגיה בתיכון. 162 תלמידים ביצעו פרויקט חקר פתוח במסגרת תוכנית ה"ביודע" ו- 133 תלמידים ביצעו פרויקט חקר מונחה במסגרת תוכנית ה"ביוטופ". המעקב החל בתחילת כיתה י"א והסתיים עם סיום כיתה י"ב. כל התלמידים הנבדקים סיימו לימודי ביולוגיה ברמה מוגברת, ביצעו את פרויקט החקר עד תומו ונבחנו במבחני הבגרות בביולוגיה. במחקר נעשה שילוב של היבטים כמותיים (הישגים במבחנים ושאלוני עמדות) והיבטים איכותניים (ראיונות וניתוח תוכן פרויקטי החקר).

בתשובה לשאלת המחקר הראשונה - ניכרה התקדמות דומה בשליטה במיומנויות חקר בסיסיות, בשתי קבוצות המחקר, עד לסיום פרויקט החקר, במחצית כיתה י"ב. בהמשך, בבחינת הבגרות לתלמידי החקר הפתוח היו הישגים גבוהים יותר.

בתשובה לשאלה השנייה - רמת הביטוי של מיומנויות חקר דינאמיות גבוהה יותר בקרב תלמידי החקר הפתוח לעומת תלמידי החקר המונחה.

בתשובה לשאלה השלישית - רמת הידע של תלמידי החקר הפתוח הייתה גבוהה יותר בתחילת ביצוע פרויקט החקר ונשארה כזו גם בסוף הפרויקט.

בתשובה לשאלה הרביעית - התלמידים בשתי קבוצות המחקר הביעו עמדות חיוביות כלפי פרויקט החקר שבצעו. תלמידי החקר הפתוח היו מרוצים וחשו שנתרמו מביצוע הפרויקט במידה רבה יותר מתלמידי החקר המונחה.

בתשובה לשאלה חמישית - לא נמצא הבדל בעמדות התלמידים בשתי קבוצות המחקר. העמדות נעשו חיוביות יותר עם הזמן.

בתשובה לשאלה שישית - ביצועי החקר הדינאמי באו לידי ביטוי בפרויקטי החקר הפתוח בשני קריטריונים: "דינאמיות החקר" ו"הבנה פרוצדורלית". נמצא שיש קשר בין מספר התלמידים בקבוצה למספר הביצועים, בשני התחומים. ככל שהיו יותר שותפים לחקר, היו יותר ביצועים.

למרות הממצאים המתוארים כאן על קצה המזלג, אין הדברים פשוטים וחד משמעיים כפי שנראה. יש להעמיק בממצאים ובדיון כדי לגבש דעה לגבי שיטת חקר עדיפה, בתנאים השונים העומדים בפני כל מורה ומורה, על יתרונות וחסרונות שעלו בכל אחת משיטות החקר שנבדקו. בסיום העבודה הוקדשו מספר עמודים להצעות ליישומים, למורה בכיתתו, למפתחי תוכניות לימודים ולהמלצות הנוגעות בהכשרת מורים. כמו כן מחקר זה מציע כיוונים נוספים למחקרים עתידיים הנובעים מהממצאים שעלו במחקר הנוכחי כמו: תרומת הקבוצה לתלמיד במסגרת ביצוע פרויקט חקר, השוואה בין בנים לבנות בשתי שיטות החקר ובדיקת סיבות לנשירה מלימודי הביולוגיה - האם לשיטת החקר יש יד בדבר.

נושא המחקר

פיתוח מיומנויות חקר בסיסיות ודינאמיות, וטיפוסי ידע, בתהליך למידת חקר פתוח (Open inquiry) לעומת למידת חקר מונחה (Guided inquiry).

מבוא

בשנים האחרונות, נעשים נסיונות להורות מדע, תוך דגש רב יותר מבעבר, על למידת חקר והתנסות התלמיד בחקר במקומות שונים בעולם (American Associated for the Advancement of Science) (AAAS, 1994 ; National Research Council [NRC], 2000), בכל כיתות המדעים ולכל הגילאים (זוהר, 2006 ; AAAS, 1993). בסוף שנות השמונים, הוקמו בארה"ב צוותי חשיבה לאפיון הצרכים החינוכיים בתחום המדעים לקראת שנות האלפיים והמאה העשרים ואחת (AAAS, 1993; NRC, 1996), (Barrow, 2006; 2000).

לעוסקים בהוראת המדעים ישנן פרשנות שונה ביחס להוראת החקר ולהוראה בדרך החקר. פרשנות זו גרמה לבלבול בקרב מורים, תלמידים והורים, ולכן נוסחו בארה"ב סטנדרטים לחינוך מדעי ולחקר (Barrow, 2006). בניסוחים אלו מובעת הטענה, שיש לצמצם את כמות הידע שעל התלמיד לזכור, ולעודד אצלו את מיומנויות החשיבה. במטרה לשפר את ההישגים המדעיים בארה"ב, הם מדגישים את הצורך לקשר את התכנים והתהליכים לחיי היום יום, בד בבד עם הבנת עקרונות כלליים ותהליכים במדע. ההמלצה הינה כי על התלמידים להיות מעורבים באופן פעיל בתהליכי חקר ובפתרון בעיות. כבר בשנות התשעים של המאה שעברה התייחסו המומחים, לשינויים שיחולו בהוראת המדעים בשנות האלפיים. זאת לאור התפתחויות עתידיות של החברה - חברה יותר טכנולוגית, שופעת ידע וגלובלית, המונעת על-ידי השינוי. על-פי בנג'מין (Benjamin, 1989), בעתיד, העובדים יידרשו למיומנויות חשיבה ברמות גבוהות יותר והידע יהפוך במהירות רבה למיושן. אי לכך, על התלמידים של היום, שהינם אזרחי המחר, לחשוב בצורה ביקורתית, לחקור ולהכיר את התהליך המדעי. עולה מכך שהלמידה הפעילה תתפוס חלק חשוב יותר ויותר בהוראה, הן במישור ההתנסותי (התלמידים עצמם יבצעו פעילויות) והן בבחירת התכנים. כלומר, תגבר החשיבות של החינוך ההתנסותי, למשל ביצוע פרויקטים של חקר וניסויים במעבדה (Bybee & DeBore 1993; Cornish, 1986).

אכן, הדרישות שהחברה מציבה בימינו מורכבות, התלמידים נדרשים להתייחס ולהגיב למגוון נושאים שבסיס הידע שלהם הולך ומתרחב (זוהר ווינברגר, 1995). כדי להשיג מטרה זו, על הסביבה הכיתתית לעבור שינוי, מסביבה שמעודדת תלמידים לשנן עובדות לסביבה שמעודדת את התלמידים לנקוט יוזמה ואחריות לגבי תהליכי הלמידה (Alberts, 2000; Gibson & Chase, 2002), או כפי שהגדירה זאת שרת החינוך בישראל: "מלמידה המתמקדת בשינון מידע – ללמידה לקראת הבנה ופיתוח חשיבה" (זליקוביץ, 2007). שיטת הלימוד בדרך החקר תספק לתלמידים אפשרות לעשות זאת (Cuevas, 2005; Lee, Hart, & Deaktor, 2005), שכן בלמידת חקר תלמידים לא לומדים רק תכנים אלא גם מפתחים הבנה כיצד מדענים חוקרים את הסובב אותם דרך ההתנסות (Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998) וכישורים שהם חיוניים לכל האזרחים (Schwartz & Gwekwerere, 2007).

על-פי קירסאנבום וסימון (Kirschenbaum & Simon, 1974), יש להסיט את העיקר מהתוכן לשיטות הלימוד. לטענתם, לא ניתן היום להדביק את כמויות הידע, ולכן צריך לשנות את הדגש מהתוכן - ממה ללמוד, אל שיטות הלימוד - איך ללמוד. זהו מעבר מהתוכן אל התהליך (Mintzes & Quinn, 2007). כלומר, התהליך, שהוא למעשה הפרוצדורה - אסטרטגיית הפעולה ומעשיו של המדען בדרכו להתמודד עם בעיות, חשוב לא פחות מרכישת גוף הידע (Roberts 2001).

בעקבות מתן חשיבות הולכת וגדלה לפרוצדורה, בנוסף למיומנויות החקר הבסיסיות, ניתנת תשומת לב גם למיומנויות חקר דינאמיות, הבאות לידי ביטוי בעת ביצוע תהליך החקר על-ידי התלמידים (Zion et al., 2004b; Zion, Cohen & Amir, 2007). לעומת ההסכמה הרחבה על חשיבות הוראת חקר והוראה בדרך החקר, ישנם חילוקי דעות לגבי אופן הוראת החקר בכתה (זוהר, 2006). אנשי אקדמיה ומורים מתלבטים בין מספר טיפוסים חקר המקובלים בהוראת החקר, במיוחד בין "חקר מונחה" ל"חקר פתוח" (Trautmann, Avery, Krasny & Cunningham, 2002). בעבודת מחקר זו נבדקה תרומתה של ההוראה בגישת החקר המונחה לעומת ההוראה בגישת החקר הפתוח, לתלמידים, שבצעו פרויקט חקר במהלך לימודי הביולוגיה בתיכון. ממצאי המחקר מפורטים בהמשך.

השלכות המחקר / חידוש ותרומה של המחקר לתחום

לימוד בדרך החקר הנו אמצעי בסיסי בהוראת המדעים בכלל ובמקרה של עבודת מחקר זו, בביולוגיה - בפרט. במקומות רבים בעולם מכירים בחשיבות לימוד בדרכי החקר כבסיס ללימוד המדעי ומחפשים שיטות לימוד להטמעתו (Abd-El-Khalick et al., 2004). מחקר זה מחדש בשני הבטים הקשורים לחקר:

האחד, לגבי לימוד בדרך החקר- איזו שיטת חקר (מונחה/פתוח) תוביל לתוצאות לימודיות טובות יותר? באיזה מטיפוסי החקר יוטמעו מיומנויות החקר טוב יותר בקרב התלמידים וטיפוסי הידע שירכשו יהיו משמעותיים יותר?

הניסיון לשילוב מיומנויות החקר וההוראה בדרך החקר בתכנים הנלמדים הינו קבוע ומתמשך, ולשם כך ובהתאם לפיתוח תיאוריות למידה, משתנות ומתחדשות תוכניות לימודים. מהסקירה בפרק העוסק בטיפוסי החקר השונים, המקובלים בבתי הספר התיכוניים (עמוד 22) ניתן לראות, כי הדעות באשר ליתרונותיו של לימוד בדרך החקר המונחה לעומת לימוד בדרך החקר הפתוח שונות ומגוונות. רוב המחקרים בנושא זה נערכו בסביבות למידה מיוחדות או כללו התערבות של מתווכים חיצוניים (למשל מומחים מהאקדמיה), ולכן חסר מידע לגבי השפעה של טיפוסי החקר על הלמידה, בכתה "רגילה", הלומדת עם המורה האינטגרלי שלה, במסגרת תוכנית הלימודים השוטפת ולא כחלק מפרויקט (Krajcik et al., 1998).

מחקר זה התבצע בהיקף רחב, במהלך ההוראה הסדיר בכיתות, והוא משווה פיתוח של מיומנויות חקר, רכישת סוגי ידע ופיתוח עמדות כלפי המדע והמדען, ופרויקט החקר שמבצעים התלמידים, בשתי סביבות למידה - סביבת החקר הפתוח וסביבת החקר המונחה. ממצאי מחקר זה עשויים להוסיף מידע לגבי יתרונותיה של סביבה לימודית אחת לעומת השנייה וידע פדגוגי שעשוי לסייע בקידום למידה בדרכי חקר.

היבט שני קשור לאפיון החקר הדינאמי. אחד החידושים שניכרים בשנים האחרונות בהוראת החקר הוא המשקל הגדול יותר הניתן להוראת הפרוצדורה, התהליך והחקר הדינאמי (Roberts, 2001; Zion et al.).

al., 2004b). פורסמו מחקרים רבים, העוסקים בהתפתחות מיומנויות חקר בסיסיות, אשר מתמקדים בבסיס הרעיוני להוכחות המדעיות ותכנון מחקרים, המתחילים בשאלת חקר ומסתיימים במסקנה (Roberts & Gott, 1999; Tamir, 1998). לגבי מיומנויות החקר הדינאמיות, אין הדבר כך. אפיון מושג החקר הדינאמי נמצא בחיתוליו, והתבצע במסגרת מעקב איכותני אחרי תוכנית ה"ביודע", תוכנית לימודים המטפחת חקר במסגרת הוראת הביולוגיה בתיכון (Zion et al., 2004b; Zion et al., 2007). עבודת מחקר זו כוללת היבטים כמותיים של המרכיבים הדינאמיים בלמידת החקר, הקשורים בביצוע חקר פתוח על-ידי התלמיד המתמודד עם מספר שאלות חקר. אפיון החקר הדינאמי, שבא לידי ביטוי בתוכנית ה"ביודע", מהווה התחלה של כיוון חדש בתחום ההוראה והלמידה בדרך החקר (Zion et al., 2007). נתונים כמותיים שלימו את התמונה, ויוסיפו אור על תהליכי למידת החקר והטמעתם בקרב תלמידים.

תשובות על שאלות המחקר עשויות לסייע למורים לבחור את גישת החקר שתתאים לתלמידיהם ולהם. כמו-כן נוכל להפיק מתוצאות המחקר תועלת בחיפוש אחרי שיטות חינוכיות אפקטיביות בקידום נושא החקר האוטנטי ולהבין כיצד לשלב תאוריה ומעשה בשדה החינוכי.

1. פרק א - רקע תיאורטי

1.1 למידה בדרכי חקר

מדע על-פי מילון אבן-שושן (אבן-שושן, 1969) הוא: "מחקר שיטתי במקצוע מסוים, מאורגן ומבוסס על עובדות, תצפיות או ניסויים שסוכמו לחוקים, לכללים ולאמיתות" (עמוד 1238). על-פי מילון אוקספורד (Little, Fowler & Coulson, 1955) מוגדר המדע כענף של חקר המתייחס לגוף של אמיתות שיש ראיות לקיומן או עובדות שניתן לצפות בהן, שמוינו באופן סיסטמטי ואשר כוללות שיטות מהימנות לגילוי אמיתות חדשות באותו נושא.

ההגדרה בשני המילונים מתבססת על תהליכי חקר. למעשה, מאז ומתמיד האדם רצה להבין את המתרחש סביבו ועשה זאת באמצעות חקר. החקר הינו תהליך שמטרתו למצוא מידע או הבנה לגבי הנושא הנבדק/נלמד והוא יותר משיטה מדעית, החקר עצמו הוא מדע (Suchman, 1968). זהו תהליך אינטלקטואלי המהווה דרך חשיבה (Welch, Klopfer, Aikenhead & Robinson, 1981) והינו בעל חשיבות מרובה להבנת מהות המדע (Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998; Anderson, 2007). גאגן (Gagen, 1963) מגדיר את החקר כאוסף פעילויות המאופיינות בגישה של פיתרון בעיות, שבמסגרתן נוצר אתגר מחשבתי בהתמודדות עם תופעות חדשות. תהליך החקר מתחיל בתצפיות, ממשיך בתכנון ניסוי ומסתיים בניתוח של הנתונים שהתקבלו, תוך הצעת פירושים והסקת מסקנות. על שלבים אלו חוזר בקיצור הרון (Herron, 1971) שאומר שחקר מבוסס על העלאת בעיה, מציאת שיטות העבודה הכרוכות בפיתרון הבעיה והפיתרון.

הודסון (Hodson, 1985) מוסיף לחקר את אלמנט השינוי, הדינאמיות. לדבריו חקר הינו תהליך דינאמי שמשתנה ומתפתח בהתאם לידע המדעי המתפתח. מחזק את דבריו די-בור (DeBore, 1991) שמוסיף, שחקר הוא דבר בסיסי וחשוב מאוד במדע. לדבריו די-בור (DeBore, 1991), אם צריך היה להגדיר במילה אחת את מטרות החינוך המדעי במשך חמישים השנה האחרונות, הרי זהו ה"חקר". חקר מקיף גם את היכולת לעסוק בחקר ולהבין את התהליכים הכרוכים בחקר, וגם את התרומה של תוצרי החקר, להתפתחות המדעית והידע המדעי (NRC, 2000). למעשה החקר משמש הן כאמצעי והן כתוצר ולכן הוא מוגדר גם כאסטרטגיה פדגוגית להוראה וגם כתחום תוכן, בהוראת מדע (Abd-El-Khalick et al., 2004; Anderson, 2007; NRC, 1996).

מספר תאוריות למידה מתייחסות ללמידה בדרך חקר. בכולן הלמידה נתפסת כתהליך בו לוקח התלמיד חלק פעיל, במטרה לרכוש ידע נוסף והבנה לגבי התהליכים שבחן, החל משלב גילוי המידע וכלה בניתוח ביקורתי של הממצאים (תמיר, 1971; Schwab, 1962; Welch et al., 1981). הלמידה בדרך החקר מאופיינת בגישה דדוקטיבית, להבדיל מלמידה בדרך הגילוי המבוססת על למידה בדרך אינדוקטיבית (Shulman & Tamir, 1973). בשני המקרים התלמיד מצוי במרכז ואמור להשתתף באופן פעיל בתהליך הגילוי/חקר. "מקום" דומה בו מצוי התלמיד ניתן למצוא בגישה הקונסטרוקטיביסטית (Anderson, 2007). הקונסטרוקטיביזם היא תאוריית למידה בה הדגש הינו על לומדים פעילים, שיש להם חלק באחריות על תהליך הלמידה, תוך שיתוף פעולה עם עמיתים. כן ניתנת אוטונומיה ללומד תוך שילוב יצירתיות, רפלקציה, רלוונטיות, ואותנטיות של התכנים עבורו (Savery & Duffy, 1995). דגשים

אלו משתלבים היטב בהוראה בדרך החקר, במיוחד החקר הפתוח, הבא לידי ביטוי בתוכנית הלימודים החדשה בביולוגיה, בישראל, בכפי שמפורט בהמשך.

1.1.1 מדוע כדאי ורצוי ללמד בשיטת חקר?

הוראת החקר בתחומי הדעת המדעיים, הבנת מהות המדע ופיתוח מיומנויות חקר הן חלק ממטרות החינוך המדעי בארה"ב (AAAS, 1994; NRC, 2000; Welch et al., 1981), בישראל (מניס, ממלוק והופשטיין, 1999; Lazarowitz, 2000) ובארצות רבות נוספות (Abd-El-Khalick et al., 2004). התלמידים עדיין צעירים מכדי לעסוק, באופן מעמיק, בפילוסופיה של המדע ובהיסטוריה של המדע, אך נחשפים למהות המדע (Nature of science [NOS]) בזכות העיסוק בחקר. מחנכים העוסקים בהוראת המדעים מסכימים שמהות המדע כוללת היבטים רלוונטיים לתלמידים ולחיי היום יום שלהם, היבטים המתאפיינים ביכולת להחליט החלטות על בסיס טענות מדעיות, בידיעה שידע מדעי הוא טנטטיבי, מבוסס על תצפיות וניסויים, תוצר של הסקת מסקנות אנושית המשלבת דמיון ויצירתיות ותלוי למעשה בהקשרים חברתיים – תרבותיים. הידע מוביל לתיאוריות מדעיות המבוססות על הנחות או אקסיומות המספקות הסבר למספר תצפיות, שאינן קשורות זו לזו, ביותר משדה מחקר אחד. שני מאפיינים חשובים נוספים הם האבחנה בין תצפיות למסקנות והיחסים בין חוקים לתיאוריות מדעיות (Abd-El-Khalick et al., 1998).

מתכנני תוכניות הלימודים סברו כי חשוב לכלול את הוראת המדע המבוססת על חקר בתוכנית הלימודים, שכן החקר חשוב בפיתוח מיומנויות מדעיות אצל התלמידים (Schwab, 1963; Tamir & Lunetta, 1981). ברונר (Bruner, 1961) תמך בלמידה בשיטת החקר, שכן לדבריו, בלמידה בדרך החקר מתפתחת יכולת פיתרון בעיות, השייכות גם לתחומי תוכן אחרים. כמו-כן, על-ידי תרגול חקר ישיג הלומד שיפור ביכולת האינטלקטואלית שלו, המוטיבציה שלו תגבר כתוצאה מהסיפוק שהתלמיד חש מפתרון הבעיות, וטווח הזיכרון של החומר הנלמד יגדל (Gibson & Rea-Ramirez, 2002; Minstrell & van Zee, 2000). כמו-כן גובר העניין של הלומד בתכנים, תוך כדי ניצול ההזדמנות להיות מעורב בפיתוח מיומנויות מדעיות המסייעות ללמידה (Gibson & Rea-Ramirez, 2002; Hofstein, Shore & Kipnis, 2004) ולזיכרון ארוך טווח (דרייפוס, 2006).

להוראת החקר יתרונות רבים נוספים: החקר מאפשר לתלמיד לתפקד כלומד עצמאי, בגישת הוראה קונסטרוקטיבית, ולהגיע לפתרון בעיות (Bencze, 2000; Osborne, 1996). שיטת החקר אינה ייחודית לתחום דעת מסוים, אלא מהווה אסטרטגיה חשיבתית יעילה לפתרון בעיות (Gallagher, Sher, Stepien & Workman, 1995) הן לבעיות בהן נתקל התלמיד בכיתה והן לבעיות בהן הוא עשוי להיתקל בחיי היום יום, כמו החמצת הגבינה במקרר ואף הנדסה גנטית ומשמעויותיה.

בתהליך החקר, התלמיד חווה את המתרחש בעולם המדעי. בנוסף לידע תכני הנרכש באופן פעיל, מתאפשרת גם הבנת התהליכים באמצעות ביצוע חקר (AAAS, 1994). בעצם ביצוע תהליך חקר מתנסה התלמיד במיומנויות המאפיינות מחקר מדעי (תמיר, 1971; Bencze, 2000), כמו למשל מיומנויות המפורטות בתוכנית הלימודים בביולוגיה בישראל (משרד החינוך והתרבות, 1990): זיהוי בעיה ביולוגית והגדרתה, היכולת לנסח השערה, היכולת לתכנן ניסוי תוך קביעת המשתנים, היכולת להציג את התוצאות, להסבירן ולהסיק מסקנות תוך התייחסות ביקורתית לתוצאות הניסוי ומגבלותיו והבנת

החשיבות של חזרות ובקרה. בנוסף, מאז שנת 2006 כוללת תוכנית הלימודים גם פיתוח חשיבה ביקורתית עם מתן דגש על גמישות ונכונות לשינוי דעה, לאור נתונים חדשים וכן פיתוח יכולת להבין מערך ניסוי מבוקר, הבנת מגבלות הניסוי על כל מרכיביו ויכולת לתכנן מערך כזה (משרד החינוך, 2006א).

העיסוק בחקר מאפשר לתלמיד לחשוב על אספקטים שונים של המדע (Hart, Mulhall, Berry, 2000; Loughran & Gunstone, 2000), ומחייב את התלמיד להיות פעיל (Brand, 2003), תוך כדי ביצוע חשיבה (Martin-Hansen, 2002), כשהצורך להיות פעיל תורם ללמידה ולהשגים (לזרוביץ וקרסנטי, 1989; Stohr-Hunt, 1996). לתלמידים שלמדו בדרך החקר היה יתרון בולט בהישגים התלויים במיומנויות חקר, כגון ביאור נתונים, ביאור עקום ותכנון ניסוי (לזרוביץ וקרסנטי, 1989). במחקרים אחרים נמצא שיפור ניכר בזיהוי קשר בין משתנים, תיאור תהליכי סיבה – תוצאה ושימוש בנתונים להסקת מסקנות (Wu & Hsieh, 2006), וביכולת לשאול שאלות חקר (קיפניס, 2006). יתרון נוסף שנמצא הינו שהוראת מיומנויות החקר מסייעת לפיתוח חשיבה מדעית ויכולת יישום של מיומנויות חקר קוגניטיביות שונות בפתרון בעיות חקר (רטנר, 1995; Hunter, Laursen & Seymour, 2007). נצפתה למידה משמעותית יותר בקרב תלמידי כימיה בתיכון שלמדו בגישת חקר במעבדה לעומת תלמידים שבצעו מעבדות מאשרות (Hofstein, Levy Nahum & Shore, 2001). כמו-כן נמצא כי בעצם ביצוע חקר, הפוטנציאל לפתח עמדות חיוביות כלפי העיסוק במדע, גדול יותר ובנוסף מתאפשר לתלמידים לפתח מיומנויות נוספות הקשורות בתקשורת ובשיתופיות עם עמיתים (Hofstein, 2004; Hunter et al., 2007; Smith, 2000; Smith, Sheppard, Johnson & Johnson, 2005).

מחקרים שבדקו את תרומת החקר בכיתות שונות מאשרים את הממצאים שהוצגו. למשל, להוראה בדגש על חקר היו השפעות חיוביות כמו שיפור דרמטי בהשתתפות התלמידים בשיעור ושיפור ציוניהם במשימות כיתתיות, בקרב תלמידי פיסיקה, גם אם לא נצפה שיפור דרמטי בהישגיהם במבחנים (Tretter, 2000). בקרב תלמידי ביולוגיה נצפה שיפור בכושר לפתור בעיות בלתי מוכרות בביולוגיה בסמיכות לעיסוק בחקר, ואפילו בהמשך לימודיהם באוניברסיטה (Tamir, 1976).

בתחום הכימיה, היכולת של תלמידים שלמדו בגישת חקר בתיכון לשאול שאלות משמעותיות יותר ומדעיות יותר, הייתה גבוהה יותר מאשר בקרב תלמידי כימיה שלא למדו בדרך החקר. כמו-כן מערכי ניסוי שהציעו היו רלוונטיים יותר וכללו התייחסות משמעותית יותר לבקרה ושמירה על גורמים קבועים (Hofstein, Navon, Kipnis, & Mamlok-Naaman, 2005). למעבדות חקר בכימיה הייתה השפעה משמעותית ליצירת אווירת לימודיים חיובית יותר (הופשטיין, שור, קיפניס ולוי-נחום, 2006), תלמידים נהנים יותר (Brand, 2003; Hofstein et al., 2004), מתעניינים יותר (Kuhn, Black, Keselman & Kaplan, 2000), סקרנים יותר, וצמודים פחות לספר הלימוד (Brand, 2003). באמצעות פעילויות חקר, מפתח התלמיד עמדות חיוביות כלפי המדע (Ogens, 1991; Ornstein, 2006) בעוד שהוראה שלא בדרך החקר עלולה לגרום לכך שהתלמידים יחשבו שאין במדע היבטים סוביקטיביים אלא עובדות ונוסחאות בלבד – משהו "קר ומנוכר" (Dreon & McDonald, 2006).

כן נמצא שהוראה בדרך החקר מסייעת לתלמיד לפתח אפסטימיולוגיה מדעית (Chinn & Malhotra, 2003; Sandoval & Morrison, 2001), פיתוח שהוא הכרחי, לבוגר תיכון המצטרף לחברה, במאה העשרים ואחת (Sandoval, 2005). הוראת החקר כוללת בתוכה גם פיתוח חשיבה ביקורתית (זוהר

ווינברגר, 1995; זוהר, 2006; NRC, 2000), סוג זה של חשיבה הכרחי כאשר מדובר ביכולת של תלמיד/אדם להחליט החלטות ולעבד מידע נתון. עד היום מתחבטים בשאלה כיצד לטפח חשיבה ביקורתית, שכן החשיבה אינה מתפתחת מאליה ויש לכוון את פיתוחה (זוהר ותמיר, 1991). חשיבה ביקורתית מתאפיינת במרכיבים התנהגותיים - הטלת ספק, דחיית שיפוט ונכונות לחקור, ובמרכיבים קוגניטיביים - מהלך הסקת מסקנות על-פי הנתונים. כל אלו חיוניים לביצוע מטלות חקר על-ידי התלמידים ובה בעת הם לומדים להתמודד עם קשיים ולהגיב לביקורת בונה של מוריהם ועמיתיהם. בהתאם לזאת ניכר שיפור ביכולת לחשיבה ביקורתית בקרב תלמידים שלמדו בגישת חקר (Hunter et al., 2007; Moscovici, 2003).

היבט חשוב נוסף הוא שלמידה מבוססת על חקר מאפשרת לתלמידים לבצע רפלקציה, לשאול שאלות ולנתח נתונים ממקורות שונים ומגוונים המאפיינים את החברה המורכבת בה הם חיים (Cuevas et al., 2005; Gibson & Rea-Ramirez, 2002). ניכרת התפתחות של מיומנויות מטה-קוגניטיביות, תוך כדי התנסות בלמידה בדרך החקר (הופשטיין ושות', 2006; Kipnis & Hofstein, 2007; Kuhn et al., 2000; Michalsky, Zion & Mevarech, 2007).

רוברטס (Roberts, 2001) התייחסה לשני מרכיבים הבאים לידי ביטוי בעיסוק בפתרון בעיות מדעיות במהלך ההוראה: גוף הידע והפרוצדורה. בפרוצדורה כוללת רוברטס את הדרכים בהן נאסף המידע, ניתוח המידע ופרושו. לדבריה על המורים להורות כך שהתלמיד יבין את הפרוצדורה, ואל למורים להתייחס לתהליכים הטכניים של ביצוע ניסוי, כמובנים לתלמיד מעצם ביצועם. ביצוע הניסוי אינו מבטיח הבנה והתלמיד מסוגל לבצע ניסוי באופן טכני, מבלי להבין את העקרונות המדעיים שבבסיס הניסוי. לכן על המורה להתייחס גם לאופן הביצוע ולא רק לתוצאה (BSCS, 2005). בכיתות נמוכות, ביצוע ניסוי לא מבטיח הישגים גבוהים יותר לתלמידים שביצעו ניסוי לעומת תלמידים שלמדו את אותם תכנים בעזרת ספרי לימוד, מבלי לשהות במעבדה, ולכן חשובים אופן ההוראה ובהירות ההנחיות (Pine et al., 2006). מחקרים מצביעים על כך שתלמידי מדעים (פיסיקה וביולוגיה בתיכון), שלמדו גם את הפרוצדורה, הצליחו להתמודד טוב יותר עם מטלות בתחום החקר, גם כשהמטלות לא היו קשורות באופן ישיר לתחום התוכן בו התמחו (Tamir, Stavy, & Ratner, 1998). בעוד שתלמידים שלא התעמקו בפרוצדורות התקשו לסכם את עקרונות הניסוי בו עסקו ולנסח השערה נכונה להסבר התופעה, אלא אם כן הם הכירו את התופעה אותה הם בדקו (Ogens, 1991).

בנוסף להיבטים הקוגניטיביים והרגשיים שהוזכרו, הוראה בדרך החקר וביצוע חקר מאפשרים לגוון את שיטות ההוראה ולהפעיל את מירב החושים בעת הפעילות במעבדה (קיפניס והופשטיין, 2003; Hofstein & Lunetta, 2004; Lazarowitz & Tamir, 1994) ובשדה.

שוואב (Schwab, 1962) מדגיש, שמעורבות בפעילות חקר מדעית היא תנאי הכרחי להשגת הבנה במדע. לדבריו, מן הראוי ללמד את "המדע כחקר" בדרך החקר. את יתרונות הלמידה בדרך החקר מסכם שוואב (Schwab, 1963) ודבריו תקפים גם היום:

א. למידה בדרך החקר מאפשרת לתלמיד להתנסות בחיפוש והגדרת בעיה וזהו הבסיס לכל חקר ולימוד ולכל עבודה מדעית.

- ב. למידה בדרך החקר מאפשרת לתלמיד להתמודד עם בעיות ולחפש דרכים לפתרון תוך תכנון ניסוי. בהמשך התקדמות המחקר צריך התלמיד לנתח נתונים וממצאים וכך יבין את מקומו של "המוצר המוגמר" במדע.
- ג. למידה בדרך החקר מאפשרת לתלמיד "לשחק" מדען וכך הוא לומד על עצמו ובוחר את יחסו למדע. כתוצאה מכך התלמיד יכול להחליט לגבי המשך דרכו והאם היא תהיה קשורה במידה זו או אחרת למדע.
- ד. למידה בדרך החקר מאפשרת להביא לידי ביטוי יצירתיות, מקוריות וסקרנות. כן היא מאפשרת לתעל את מרץ התלמידים לאפיקים חיוביים.

1.1.2 מיומנויות החקר

מיומנויות הלמידה בדרך החקר הן רבות ומגוונות. לונטה ותמיר (Lunetta & Tamir, 1979) חילקו את המיומנויות לארבעה תחומים עיקריים:

1. תכנון – זיהוי וניסוח בעיית החקר, ניסוח השערה תוך ניבוי תוצאות ותכנון תצפית או ניסוי מתאימים לחקר הבעיה הספציפית. תכנון הניסוי כולל איתור המשתנים והקפדה על בידוד המשתנים.
 2. ביצוע – ביצוע תצפיות איכותיות/כמותיות. שימוש במכשירים רלוונטיים למהלך הניסוי בהתאם לתכנון ותיעוד התוצאות.
 3. ניתוח ופירוש – עיבוד התוצאות; ארגון התוצאות בגרף, במידת האפשר; מציאת יחסים כמותיים ואיכותיים והסבר היחסים שנמצאו; התייחסות למידת הדיוק של התוצאות; מודעות למגבלות הניסוי; הצעת הכללות או מודל; וניסוח בעיה חדשה העולה מתוצאותיו ומסקנותיו של התלמיד.
 4. יישום – יכולת ניבוי של התלמיד, על בסיס תוצאות החקר, ניסוח השערה חדשה והמשך החקר.
- מיומנויות אלו מפורטות בתוכניות הלימודים בביוכימיה של משרד החינוך בישראל (משרד החינוך והתרבות, 1990; משרד החינוך, 2006א).
- בשנים האחרונות החלו לתת משקל גם להוראת הדרכים בהן התבצע החקר (הפרוצדורה) ולא רק לגוף הידע (Roberts, 2001; Roberts & Gott, 1999). לכן, אל המיומנויות המוזכרות למעלה, הנחשבות למיומנויות חקר בסיסיות, נוספו מיומנויות נוספות הקשורות לעצם ביצוע תהליך החקר והדינאמיות שבו. ציון ושותפותיה (Zion et al., 2004b) מחלקות את מיומנויות החקר הדינאמיות לארבעה תחומים (קריטריונים) עיקריים:
1. שינויים המתרחשים במהלך ביצוע חקר – אלו שינויים תוך כדי עשייה, בעקבות המציאות בשטח או ממצאות חומר ספרותי נוסף. לעיתים גם צצים ומבוצעים רעיונות נוספים תוך כדי התהליך או שתשובה לשאלת חקר מסוימת משנה כיוון חשיבה. כמו-כן פעמים רבות עולה צורך לפתור בעיות טכניות ולהציע פתרונות מעשיים יצירתיים.
 2. למידה תהליכית - הבנת חשיבות התיעוד בדרך, כאשר דברים שנרשמו בתחילת החקר עוזרים גם לשלבים סופיים של המחקר. כל זה תורם להבנת חשיבות הלימוד המקדים, למשל כשעולות הצעות להמשך בדרך טבעית, קיים צורך בחיפוש חומר ספרותי נוסף לכל אורך התהליך וזה דורש זמן.

3. הבנה פרוצדורלית של התהליך - ישנה משמעות רבה להבנת חשיבות מהימנות התצפיות, הבנת חשיבות שיטת מדידת המשתנה התלוי, הבנת חשיבות השמירה על תנאים קבועים, הבנת המגבלות של בידוד משתנים בשדה, הבנה כי כדאי לתקוף את אותה שאלה מכווני מחקר שונים/שיטות עבודה שונות. כן חשובים הבנת חשיבות הבקרה, הבנת חשיבות החזרות והבנת חשיבות השימוש בסטטיסטיקה.

4. הבטים אפקטיביים ייחודיים – כאשר נוצרת סקרנות, במיוחד כשניסוי לא מצליח וישנן אכזבות והפתעות, ואף שינויי במצב הרוח (עליות וירידות) של התלמיד וגם של המורה בתהליך החקר. כן חשובה היוזמה אותה מגלים התלמיד והמורה, התמדה והתעקשות- כשחוזרים על ניסוי עד לקבלת תוצאה וההתמודדות עם תוצאות בלתי צפויות.

לשניים מבין התחומים הנ"ל, שינויים המתרחשים במהלך ביצוע החקר וחשיבות ההבנה הפרוצדורלית של התהליך, יש כבר התייחסות מפורשת בתוכנית הלימודים החדשה בביולוגיה, שפורסמה ב- 2006 (משרד החינוך, 2006).

1.1.3 למידה בדרך החקר ורכישת טיפוס ידע שונים

פרוש נוסף בעברית למילה מדע הוא "ידיעה, דעת, חכמה" (אבן-שושן, 1969, עמוד 1238) והידיעה היא "דעת, הכרת דבר, בקיאות בעניין מסוים" (אבן-שושן, 1969, עמוד 939). הידיעה והידע אחד הם על-פי ההגדרה המילונית, והידע מוגדר כ"מכלול ידיעות בתחום מסוים" (אבן-שושן, 1969, עמוד 941). הידע על-פי בלום (Bloom, 1956) הוא מיומנות שכלית ברמה בסיסית וכולל ידע של פריטים, ידע של מינוחים, ידע של עובדות ספציפיות, ידע של דרכים ואמצעים לטיפול בידיעות ספציפיות, ידע של רצפים ומגמות, ידע של מיונים וקטגוריות, ידע של קריטריונים, ידע של מתודולוגיה, ידע של הפשטות בתחום נתון וידע של עקרונות והכללות. בלום ועמיתיו בנו מערכת מיון להגדרת מטרות בתחום ההוראה הידועה בשם "הטקסונומיה של בלום" ובה שלושה תחומים עיקריים: התחום הקוגניטיבי, התחום הרגשי והתחום הפסיכומטורי (תמיר, 1989). התחום הקוגניטיבי מתייחס לתפקודים שכליים ובלום (Bloom, 1956) מבחין בשישה תפקודים שכליים, מהפשוט למורכב: ידע, הבנה, יישום, אנליזה, סינתזה והערכה. הידע עצמו הינו דבר מורכב. הידע הבסיסי והנבנה של האדם מכיל טיפוס ידע שונים, ברמות שונות (De Jong & Ferguson-Hessler, 1996). קיימות מספר סכמות לטקסונומיה המשמשת להתייחסות לכישורים האינטלקטואלים של האדם ולחלוקתם לטיפוסי ידע שונים. אין צורך לחפש אחדות בסכמות, אלא להבין ששימוש בסכמות השונות מיועד למטרות שונות. למשל, ואריאציה שמטרתה לסייע למורים להבחין בין טיפוס ידע שונים, הנדרשים להתמודדות עם עיצוב ותכנון תוכניות, כדוגמת תכנון תוכנית לימודים (Carson, 2004). קארסון (Carson, 2004) מוסיף שרכישת כל טיפוס ידע מתבצעת באופן שונה, שכן ידע נרכש בדרכים שונות כמו בדרך הגילוי, באמצעות תצפיות או שיחה, והאבחנה בין טיפוס ידע תסייע להוראה בכך שהמורה יבחר אסטרטגיה מתאימה להקניית טיפוס הידע הרצוי. למשל בעזרת סימולציה או בהבאת הרקע ההיסטורי של הנושא הנלמד.

קארסון (Carson, 2004) מתייחס לתשעה טיפוס ידע המעורבים בתהליך התכנון: ידע אמפירי, ידע רציונלי, ידע קונוונציונלי, ידע קונספטואלי, ידע פרוצדורלי, ידע פסיכומטורי, ידע אפקטיבי, ידע נרטיבי וידע לקבל את המציאות. חלק מטיפוסי הידע הנ"ל מופיעים כפי שהם בטקסונומיה שונה לטיפוסי הידע,

שמתארת פארנהאם-דיגורי (Farnham-Diggory, 1994), טקסונומיה המתייחסת לחמישה טיפוסים ידע העשויים להתפתח אצל תלמידים בעקבות תהליכי חקר אותם הם חווים.

פארנהאם-דיגורי (Farnham-Diggory, 1994) מפרטת את חמשת טיפוסים הידע, שבחלקם מתייחסים לרמות החשיבה השונות בטקסונומיה של בלום: **ידע דקלרטיבי** המתייחס לתחום התוכן, לרוב באופן מילולי. ידע זה ניתן להעברה באמצעות סמלים (מילים, מספרים) בדרך של קריאה, הרצאה, דיון וכדומה; **ידע פרוצדורלי** המתייחס לסדר פעולות שיש לבצע; **ידע קונספטואלי** המתייחס ליכולת להתמודד עם סכמות וחלוקה לקטגוריות; **ידע אנלוגי** מתייחס להתנסויות בעבר מהן ניתן ללמוד לגבי ההווה והעתיד; **וידע לוגי** המתייחס להבנת קשרים, סיבות ותוצאות ולפתרון בעיות.

כאשר עוסקים בלמידה מקוונת, עוסקים בידע דקלרטיבי (know that...), ידע פרוצדורלי (know how...) וידע מטא-קוגניטיבי (know why...). המתייחס לידע של התלמיד לגבי תהליכי החשיבה שלו עצמו ויכולתו להיות מודע לתהליכי חשיבתו (ניר-גל, נור, גלברט, וריינגולד, 2005). יש המתייחסים לידע מטא-קוגניטיבי כחלק מידע דקלרטיבי (Pintrich, Wolters, & Baxter, 2000). בכל מקרה יש קשר בין טיפוסים הידע ולעיתים ההבחנה בין טיפוסים הידע אינה חד משמעית (Anderson, 1982; Carson, 2004; Sun, 1997; Haapasalo, 2003; Farnham-Diggory, 1994). ידע דקלרטיבי הכולל עובדות לגבי מיומנויות מעשיות הופך לידע פרוצדורלי וידע פרוצדורלי מקורו בידע דקלרטיבי (Anderson, 1982; Sun, 1997). לדוגמה ידע פרוצדורלי אפשר להדגים ואפשר לבטא את סדר הפעולות במילים אך אז אפשר לומר שמדובר בידע דקלרטיבי (Farnham-Diggory, 1994). לכן הקשר בין ידע דקלרטיבי וידע פרוצדורלי הדוק. סאן, סלאסארז וטרי (Sun, Slusarz, & Terry, 2005) מתייחסים למושגים ידע גלוי (מפורש) וידע סמוי המתפתחים בתהליכי למידה שונים: בלמידה מפורשת מצטבר ידע דקלרטיבי ואילו בלמידה סמויה מתפתח ידע פרוצדורלי. לדבריהם מקובל ללמד קודם את הידע הדקלרטיבי, הגלוי ולאחריו את הידע הפרוצדורלי. הם מציעים ללמד את שני טיפוסים הידע במקביל, שכן הידע הדקלרטיבי הוא בעצם עיבוד של רצף תהליכים למילים והוא מסייע לביטוי הידע פרוצדורלי. קשרים קיימים גם בין טיפוסים ידע אחרים, למשל ידע פרוצדורלי וידע קונספטואלי קשורים זה בזה ולעיתים קשה להבחין בין השניים (Haapasalo, 2003).

הטקסונומיה של פארנהאם-דיגורי (Farnham-Diggory, 1994) מתאימה לפעילויות החקר של תלמידים, שכן, מעצם העיסוק בבעיות חקר, למידת חקר מחייבת את התלמיד להתמודד עם גוף הידע והפרוצדורה במקביל (Chiappeta & Adams, 2004). אי לכך התלמידים רוכשים ידע הקשור בהבנת הנושא והבנת הפרוצדורה (Roberts, 2001; Gott & Duggan, 1995). בנוסף, אמורים להתפתח ידע לוגי (זוהר ותמיר, 1991) וידע קונספטואלי, שכן במהלך פעילות החקר אמורה להתבצע אינטגרציה של ידע בסיסי לתוצר מורכב יותר (Carson, 2004). במחקר בו נבדקה למידת גנטיקה של תלמידי ביולוגיה, בעזרת מחשב, נמצא שאצל מרבית התלמידים חל שיפור בידע הדקלרטיבי בעוד שרק אצל תלמידים בודדים נמצא שיפור בידע הקונספטואלי (Tsui & Treagust, 2007). שכן ידע קונספטואלי הנרכש בעזרת מפות מושגים, שונה מידע דקלרטיבי (Mintzes & Quinn, 2007).

בעת ביצוע פרויקט חקר, התלמידים מחויבים לעסוק בידע דקלרטיבי, פרוצדורלי, קונספטואלי ולוגי, אך במחקר שערכו דביר וזן (2000) נמצא שהתלמידים רכשו ידע דקלרטיבי ופרוצדורלי בלבד ולא נמצאו

עדויות לרכישת סוגי הידע האחרים. אי מציאת התפתחות ידע לוגי אינה מפתיעה לאור ממצאיהם של זוהר ותמיר (1991) המראים כי לאחוז ניכר של תלמידים, קשיים ביישום חשיבה לוגית. להבדיל מהתלמידים במחקרם של דביר וזון (2000) שרכשו ידע פרוצדורלי, פארו, קלטיוד, בארסנאס ופאדילה (Furió, Calatayud, Bárcenas & Padilla, 2000) מצאו שתלמידי כימיה בתיכון ובאוניברסיטה התקשו ברכישת ידע פרוצדורלי בתחומים של איזון משוואות כימיות וקביעת קוטביות של מולקולות. קשיים אלו מייחסים החוקרים לכך שעיקר החשיבות של הלמידה מיוחס למציאת התוצאה הנכונה ואילו לידע הפרוצדורלי מקדישים המורים חשיבות מועטה. לטענתם של פריג' ולינד (Friege & Lind, 2006) אין להזניח את טיפוח הידע הפרוצדורלי. בבדיקת טיפוחי ידע, הכרוכים בפיתרון בעיות בפיסיקה, מצאו החוקרים שידע דקלרטיבי יכול לסייע במקרים רבים, אך אינו העיקר, אלא הידע הפרוצדורלי. על פי הגישה של הוראה במחזור למידה היפותטי-דוקטרינרית (אם... אז...) ידע פרוצדורלי קשור וחיוני לפיתוח ידע דקלרטיבי (דרייפוס, 2006) ואכן במחקר בקרב תלמידי ביולוגיה נמצא שידע דקלרטיבי וידע פרוצדורלי דרושים להתמודדות תלמידים עם קריאת מאמרים מחקרים, כחלק מלמידה בדרך החקר (Brill & Yarden, 2003).

רכישת ידע מתאפשרת בהוראה המדגישה פיתוח חשיבה, גישה בה מוצג מידע לתלמיד, לא כעובדות שעליו לזכור, אלא כפתרונות אפשריים לשאלות מעניינות ומאתגרות (זוהר ווינברגר, 1995). בהוראת החקר, בייחוד במטלות אותנטיות, נחשף התלמיד לשפע שאלות מעין אלו, המסייעות לרכישת ידע והטמעתו. במחקר זה יתברר הקשר בין רכישת טיפוחי ידע שונים, בסביבות למידה שונות, המבוססות על טיפוחי חקר שונים.

1.1.4 טיפוחי חקר

למידה בדרך החקר הינה למידה פעילה, בה התלמיד בונה את הידע האישי שלו, בזמן הלמידה, תוך כדי התנסות. זוהי למידה המבוססת על ידע קודם, להבדיל מלמידת גילוי שאינה מבוססת על ידע קודם. המטרה בחקר היא להרחיב ולהעמיק את הידע (דביר, 2002). בשיטה זו התלמיד מחפש תשובה לשאלה ובמסגרת החיפוש הוא חייב להפעיל חשיבה עצמאית (זוהר, 2006). המורה אמור לסייע לתלמיד ולהדריך למצוא את התשובה/פתרון לבעיה הנחקרת, כאשר מידת ההדרכה של המורה משתנה מזמן לזמן לאורך רצף. החל מהדרכה מלאה של המורה בקצה אחד וכלה באי הדרכה של המורה, בקצה השני ובאמצע - מצב ביניים בו המורה מסייע לתלמיד לחקור בכוחות עצמו (דרייפוס 1995).

שוואב (Schwab, 1962) חילק את הוראת החקר לשלוש רמות. הרמות נקבעו על-פי מידת המעורבות של התלמיד בתהליך החקר, עד כמה המורה מלמד/מדריך/מנחה את התלמיד במהלך החקר ומה הרקע שיש לתלמיד בנוגע לבעיה הנחקרת:

- א. שאלת החקר ושיטות העבודה ניתנות לתלמיד.
- ב. שאלת החקר נמסרת לתלמיד אך על התלמיד להחליט על שיטות העבודה ולהגיע לפיתרון.
- ג. כל שלבי החקר נשארים "פתוחים" – התלמיד צריך לנסח שאלת חקר, להחליט על שיטות העבודה ולהגיע לפתרון.

גם תמיר (1971) מחלק את הוראת החקר לשלוש דרגות: הראשונה - גילוי מודרך, בו מוצגים ללומד בעיה, כללים ודוגמאות ללא פתרונות. הדרגה השנייה - גילוי טהור, בו מוצגת רק הבעיה והדרגה השלישית - דרך החקר, בה הלומד עצמו צריך להגדיר את הבעיה.

הרון (Herron, 1971) הוסיף רמה נוספת, כבסיס לשלושת הרמות. ברמה זו מקבל התלמיד את שאלת החקר, ואת פיתרון הבעיה, ולכן מתרחשת למידה אקספוזיטורית, שכן ניתנו לתלמיד, כל התכנים בצורתם הסופית ושלב זה למעשה הינו שלב "מאשר" (Confirmation/Verification). תמיר (1971, 2006) הציג את דרגת המעורבות של המורה ומידת העצמאות של התלמיד בדרך דומה, המוצגת בטבלה 1. בטבלה, (+) מסמל הנחיות הניתנות לתלמיד על ידי המורה.

טבלה 1 : דרגות שונות של למידה : למידה אקספוזיטורית בהשוואה ללמידה בדרך הגילוי והחקר

דֶרֶךְ הַהוֹרָאָה	הַבְעִיָּה	הַכִּלְלִים	דּוֹגְמָאוֹת	פְּתֻרֹנוֹת
אקספוזיציה	+	+	+	+
גילוי מודרך (דדוקטיבי)	+	+	+	-
גילוי מודרך (דדוקטיבי)	+	+	-	-
גילוי מודרך (אינדוקטיבי)	+	-	+	-
גילוי טהור	+	-	-	-
חקר	-	-	-	-

החקר על-פי טבלה זו מתאפיין במינימום הדרכה והכוונה של המורה ובמקסימום פתיחות וגמישות. הסולם המוצג בטבלה 1 וחלוקתו של Herron (1971) שימשו בסיס לחלוקת החקר לארבעת טיפוסים החקר, חלוקה המקובלת כיום (NRC, 2000; Martin-Hansen, 2002):

חקר מובנה (Structured inquiry), שבו מתבצעת הדרכה מלאה של התלמיד בכל שלב ושלב, בדרך לגילוי ידוע מראש. יש המדמים את מהלך החקר לעבודה על-פי "ספר מתכונים" עד לקבלת התוצאה הרצויה.

חקר מונחה (Guided inquiry), בו המורה מסייע לתלמיד בתהליך החקר. בדרך-כלל המורה בוחר בשאלת החקר והתלמיד מחליטים יחד כיצד להמשיך בחקר הבעיה. המורה מעורב מאד ונותן הנחיות עבודה בכל חלקי עבודת החקר, פרט לשלב הסקת המסקנות.

חקר משולב (Coupled inquiry) מהווה דרגת ביניים שבין החקר המונחה והפתוח. המורה נותן לתלמיד לבחור את שאלת החקר מתוך מאגר שאלות מוכן מראש.

חקר פתוח (Open inquiry), תהליך חקר בו התלמיד במרכז- הוא שואל את שאלת החקר והוא מחליט על דרכי החקר, עד לסיום התהליך. למעשה, כאן חווה התלמיד עבודת חקר ממשית ועצם העלאת שאלת החקר באופן עצמאי, הוא המפתח לחקר הפתוח. המורה מלווה את התלמיד בכל השלבים ומסייע לתלמיד בהחלטות הקשורות לשלבי החקר השונים.

בעזרת החקר, בכל סוגי ההדרכה, מגלה התלמיד דברים חדשים ומוסיף ידע לתחום הדעת בו עסק החקר. גישת החקר הפתוח על-פי הודסון (Hodson, 1990), מאפשרת לתלמיד עצמאות רבה בניהול החקר. התלמיד מזהה את הבעיה ומגיע לפיתרון בעצמו. במהלך חקר פתוח התלמיד מתקרב ביותר לעשיית מדע "אמיתי" ולכן יש ליחס לגישה זו חשיבות רבה בחינוך המדעי. זוהי רמת החקר הגבוהה ביותר המושגת, כאשר לתלמידים עצמאות מרבית בכל שלבי החקר, כשהם עוסקים בפעילויות המתקרבות ביותר ל"מדע אמיתי" (Germann, Haskins & Auls, 1996).

1.1.5 גלגולי הוראת החקר

למידה בשיטת החקר במדעים היא בעצם תוצר של השינוי הגדול בתפיסה של הוראת המדעים וביישום תוכניות הלימודים, שינוי שהחל בסוף שנות החמישים של מאה הקודמת ונמשך עד היום (תמיר, 2006).

דיואי נחשב ל"אבי הרעיון של שיטת החקר" (Barrow, 2006). מודל ההוראה של דיואי כולל מספר שלבים: בשלב הראשון יש להפגיש את התלמיד עם קושי המשמש כמניע להמשך עיסוק בנושא. בשלב השני על התלמיד להגדיר את הבעיה. בשלב השלישי, בעקבות העלאת ההשערות, על התלמיד לבדוק את ההשערות ובהמשך לערוך בדיקות קפדניות ולבחור את הדרך שהובילה לפיתרון (קרמר-חיון, 1986; Barrow, 2006).

בשיטת החקר אמור המורה לסייע לתלמיד ולהדריך במציאת התשובה/פתרון לבעיה הנחקרת. מידת ההדרכה הושפעה מ"הרוחות הנושבות" בכל תקופה ביחס למדע והוראתו בכיתות (דרייפוס 1995). שניים ממשיכי פיתוח שיטת החקר ושילובה בהוראה בכתה היו ברונר (Bruner, 1961) ושוואב (Schwab, 1962) ויש להם חלק חשוב בהנחלת שיטת החקר בסוף שנות החמישים ותחילת שנות השישים של המאה הקודמת.

בשנים אלו החלו להשתמש במודל ההוראה של ברונר, המתבסס על למידת הגילוי (Bruner, 1961). למרות החפיפה הגדולה בין המונח "חקר" למונח "גילוי", ברונר התייחס למונח "גילוי" בהתכוונו לדרך הלמידה ולא לתפיסת המדע כחקר. בלמידה בדרך גילוי זו המורה לא מספק לתלמידים את התוכן אלא מספק לתלמידים את התנאים לגלות את התוכן, המושגים והתוצאות בעצמם (תמיר, 2006).

בעוד שברונר (Bruner, 1961) ראה במבנה הדעת - ידע סופי ומוחלט, ופעילויות החקר סבו סביב ידע נתון, תוך התמקדות בלמידת הגילוי, שוואב (Schwab, 1962) גרס שידע מדעי אינו מוחלט אלא משתנה ומתעדכן. פעילות החקר, לדבריו של שוואב (Schwab, 1962), היא דרכו של הלומד להיות מעורב בפיתוח חשיבה מדעית ומיומנויות פתרון בעיות, המשולבים ברכישה של מושגים ותאוריות מדעיות.

שוואב הבחין בין "מחקר יציב" ל"מחקר זורם". ב"מחקר יציב" החוקר מבצע ניסוי בהתאם לעקרונות ידועים ומוסיף ידע לנושא הנחקר. כשהנתונים המתקבלים סותרים זה את זה, לדעתו של התלמיד/החוקר, יש לקיים "מחקר זורם": מחקר הנשען על כישלונות המחקר היציב. על החוקר לחפש תפיסות חדשות ומטרתו לפתח עקרונות חדשים שיגדירו שוב את הנושא הנחקר. כך יתאפשר קיום של "מחקרים יציבים" נוספים, על בסיס הממצאים החדשים.

על-פי שוואב (Schwab, 1962) תוכניות הלימודים במדע כוללות בעיקר "מחקר יציב", והוא התנגד לכך וביקש ללמד גם את ההבטים "הזורמים" במחקר, שהינם המאפיינים של המחקר המודרני. לדבריו, בהוראת "מחקר יציב" התלמיד עלול לתפוס את "המדע" באופן לא נכון. הבנה שגויה זו עלולה להביא את התלמיד להתייחסות צינית כלפי המדע והמורים כאחד, ולכך שלא יחוש קשר בין המדע לחיי היום יום. התלמיד עלול לחשוב שמדע הוא מוחלט ושתהליך החקר אינו חיוני לתיקון טעויות ורכישת ידע חדש. עוד הוסיף שוואב שיש לכלול ספקות במידה מתאימה וכן את האפשרות שהידע המדעי עשוי להשתנות. שוואב הדגיש את המדע כחקר, כאשר המטרה העיקרית בהוראת המדעים היא לפתח את תפיסת המדע כחקר (תמיר, 2006).

אווסובל (Ausubel, 1968), הוסיף וטען, שהגילוי הכפוי והמאולתר, בו מעורב התלמיד במעבדת ביה"ס, שונה מאד מהגילוי העצמי האמיתי של המדען. לדבריו, מכיוון שמטרתה של פעילות החקר הייתה

(באותן שנים) הקניית ידע בתחום המדעי ולא הקניית מיומנויות חקר, הרי שהמעבדה שימשה כהתנסות טכנית ולא דווקא מחשבתית. אוגנס (Ogens, 1991) מחזק את חששותיו של שוואב ואת טענותיו של אוסובל לגבי יחס התלמידים כלפי המדע. לדבריו, למרות שהתלמידים נהנים מהעשייה במעבדה, הם לא בהכרח מפנימים מושגים ועקרונות ואינם מפתחים יחס חיובי כלפי המדע.

צאיין ומאלהוטרה (Chinn & Malhotra, 2002) גורסים שמצב זה לא השתנה, גם בשנות האלפיים, בשל ההבדלים המשמעותיים בין ניסויים הנערכים על-ידי מדענים לבין ניסויים הנערכים על-ידי תלמידים בבית הספר. ההבדלים נובעים מאפיסטמולוגיה שונה של מבצעי הניסויים, הנובעת מדרכי הביצוע, וכתוצאה מההבדלים אלו, גם התהליכים הקוגניטיביים שעוברים מבצעי הניסויים שונים. לדעתם יש לשנות את המצב הקיים של "גילוי כפוי" או "חקר פשוט" ולהחדיר לבתי הספר את החקר האוטנטי - חקר המבוסס על בעיות אמיתיות בהן התלמיד עשוי להיתקל.

הפער בין ההצהרות לגבי חשיבות הוראת החקר לבין יישום ההוראה בפועל נוצר כבר בשנות השבעים בארה"ב (Welch et al., 1981). בשל כך הוצעו שינויים עדכניים בתוכניות הלימודים, בהנחה שביצוע תהליך חקר על-ידי התלמיד, יסייע לו להבין את מהות המדע (Roberts, 2001). החקר הלך ותפס מקום נכבד יותר ויותר בתוכנית הלימודים, ובשנים האחרונות ניתן דגש רב על חשיבות תהליך החקר ודרך ביצועו - לא עוד ביצוע טכני אלא הבנת התהליך עצמו. למידת חקר מחייבת את התלמיד הבנה של הנושא המדעי בו עוסק החקר והבנה ויכולת ניתוח של הנתונים המתקבלים בעקבות תהליך החקר, תוך קישור בין התהליכים לתוצרים. העיסוק בחקר מחייב התייחסות לשני המרכיבים: גוף הידע והפרוצדורה (Gott & Duggan, 1995; Roberts, 2001).

גוף הידע מתייחס לתכנים, הרעיונות המרכזיים, החוקים והתאוריות הקשורות לנושא הנלמד ונחקר. הפרוצדורה מתייחסת לדרכים בהן נאסף המידע, נותח ופורש. כמו-כן כוללת הפרוצדורה את הבסיס הרעיוני להוכחות המדעיות החשובה להבנת גוף הידע ועיבודו. רוברטס (Roberts, 2001) מתייחסת לחשיבות התהליך. לדבריה, יש להורות כך שתלמיד יבין את הפרוצדורה, ולא להתייחס לתהליכים הטכניים של ביצוע ניסוי כאילו התלמיד המבצע אותם, גם מבין אותם, מעצם ביצוע הניסוי. גם תמיר (Tamir, 1998) טוען שלא מספיק להסכים שהבנת הפרוצדורה בחקר חשובה, ויש ללמד בדרך זו את התלמיד.

הוראת הפרוצדורה מתקשרת למעשה גם ל"חקר זורם" של שוואב (Schwab, 1962), גם ל"חקר אוטנטי" של צאיין ומאלהוטרה (Chinn & Malhotra, 2002) וגם ל"חקר דינאמי" של ציון ושותפיה (Zion et al., 2004b). בכולם ישנה התייחסות לחשיבות הוראת המדע בגישת החקר, גישה בה התלמיד במרכז העשייה ואמור לבצע חקר אמיתי. ביצוע החקר בצורה זו אמור להשפיע על גישתו למדע ועל הבנתו את המדע, תוך פיתוח סקרנות ועצמאות. יש חשיבות רבה להוראת הנהלים בגישת החקר ולא רק לתוצרים ורכישת הידע.

ההיבט של מדע כחקר והתנסות בחקר על-ידי התלמיד תופס מקום משמעותי יותר בהוראה (AAAS, 1994; Chinn & Malhotra, 2002; NRC, 2000). מגמות אלו בהוראת המדעים נצפות בשנים האחרונות בבריטניה (Roberts, 2001), בארה"ב (Chinn & Malhotra, 2002), באוסטרליה (Finn, Maxwell & Calver, 2002), בשוודיה (Berg, Bergendahl, Lundberg & Tibell, 2003), בלבנון, בטאיוון ואף בישראל (Abd-El-Khalick et al., 2004).

חשיבות ההוראה בדרך החקר ויישומה הולכת וגדלה. מחקרים רבים מוקדשים לצורת הוראת זו ושילובה בקבוצות גיל שונות, ודוגמה לכך ניתן לראות בכנס NARST 2003, בו מספר רב של הרצאות עסק בהוראת החקר והטמעתו בקרב מורים ותלמידים. מושב מיוחד בכנס הוקדש לנושא החקר בכתה: "Inquiry in the classroom: How effective is it engendering student learning?" (National Association for Research in Science Teaching, 2003, p. 61).

גם במוסדות להשכלה גבוהה ניכרת מגמה זו ולמעשה הרפורמות המתרחשות בבית הספר התיכון בהוראת החקר, משפיעות על דרכי ההוראה במכללה, מהרצאות רבות משתתפים להוראה מבוססת על חקר (Brand, 2003; Miller, 2003). פרחי הוראה לומדים בדרך החקר, לפחות חלק מהקורסים (Willden, Gubanich, Crowther, & Cannon, 2003), נערכות השתלמויות למורים, העוסקות בהטמעת החקר (אגרסט, 2003; מנדלוביץ, 1996; Keys & Bryan, 2001; Shedletsky & Zion, 2005; Trautmann et al., 2002). כמו-כן הוכנו קלטות לעידוד המורים לעסוק בחקר, למשל: "Why won't you tell me the answer? Inquiry in the high school classroom" (Northwest Regional Educational Laboratory, Mathematics and Science Education Center, 1998), ופותרו חומרים לקידום החקר בכתה (Trumbull, Bonney & Grudens-Schuck, 2005). בנוסף לבתי הספר ולמוסדות להשכלה גבוהה, הוראת החקר פורשת כנפיים גם מעבר לתלמידים בכיתות, עם שילוב הורים בפעילות חקר בבית ספר (זועבי, 2005; Crawford, Krajcik, & Marx, 1999; Rallis & MacMullen, 2000) ומחוצה לו (George & Kaplan, 1998; Brossard, Lewenstein & Bonney, 2005).

1.1.6 חשיבות הוראת הפרוצדורה ועיסוק במטלות חקר אותנטיות

הבנת הפרוצדורה היא חלק בלתי נפרד מהחקר המדעי (Roberts & Gott, 1999). הוראה חלקית של הפרוצדורות לביצוע חקר לא מאפשרת לתלמיד לרכוש תמונה כוללת של הרעיונות העומדים בבסיסו של החקר. כך נפגעת יכולתו של התלמיד להבין את החקר ותוצאותיו כהלכה (Roberts, 2001). ערך מוסף להוראת הפרוצדורות, לדעתו של אוגנס (Ogens, 1991), הוא הגדלת הסיכוי לפתח עמדות חיוביות כלפי המדע, בקרב התלמידים.

ידיעת הפרוצדורה אינה זהה להבנת הפרוצדורה. הבנת הפרוצדורה היא כללית וניתן להיעזר בה בתחומים שונים, לאו דווקא בתחום בו נרכשה (Roberts, 2001). במחקרים שנערכו בשנים האחרונות עולה, שלהבנת הפרוצדורה חשיבות רבה. למשל, מחקר שנערך בישראל העלה שתלמידי מדעים (פיסיקה וביולוגיה בתיכון), שלמדו גם את הפרוצדורה, הצליחו להתמודד טוב יותר עם מטלות בתחום החקר, גם כשהמטלות לא היו קשורות באופן ישיר לתחום התוכן בו התמחו. הוראת הפרוצדורה תרמה גם בתחום הידע, וגם ליכולת מציאת ההסברים הכללית של התלמידים (Tamir et al., 1998). נמצא שתלמידים שלא התעמקו בפרוצדורות התקשו לסכם את עקרונות הניסוי בו עסקו. בנוסף, התלמידים התקשו לנסח השערה להסברת תופעה, השערה שתישען על בסיס ביולוגי, אלא אם כן הם הכירו את התופעה אותה בדקו (Ogens, 1991). רבים חושבים שתלמידים יבינו "מדע" על-ידי "עשיית מדע" – כלומר ביצוע פעילות חקר. אולם, במחקר שערכו בל, בלאיר, קראפורד ולדרמן (Bell, Blair, Crawford & Lederman, 2003) נמצא שרוב התלמידים שעסקו בפעילות חקר, בהנחיית מדענים, שיפרו באופן מזערי את הבנת

הנושא המדעי ותהליכי החקר בהם עסקו. מכאן, שלא מספיקה פעילות החקר כדי ללמוד את הנושא, יש צורך ללמוד גם את דרך ה"חקר".

בנוסף לצורך בהוראת הפרוצדורה, מתייחסים צאיין ומלהורטה (Chinn & Malhorta, 2002) ליתרון בהוראת חקר אותנטי. לדבריהם, קיים פער בין ההתנסות בעבודת חקר במעבדה בבית הספר, לבין עבודת החקר של המדען. הפער גורם לכך שהתלמיד לא עובר אותם תהליכים קוגניטיביים כמו המדען. אי-לכך, במטרה לצמצם את הפער, יש לשנות את תוכנית הלימודים בבית הספר ולהכניס חקר אותנטי – חקר המתבסס על בעיות אמיתיות שהתלמיד עשוי להתקל בהן. ככל שהחקר יהיה יותר אותנטי, עד כדי עבודה משותפת עם מדען, תלמידים ילמדו יותר את ההבטים השונים של החקר המדעי (Barab & Hay, 2001). על-פי נוואל (Newell, 1980), העיסוק בבעיות "אמיתיות", הקשורות בחיי היום-יום, מחייב איסוף חומר רקע רב יותר ועקב כך למידה רבה יותר. לדברי לין (Linn, 1992), יש לשנות את דרך ההוראה המסורתית בה לומד התלמיד, ממנה משתמע שהמדע הוא אוסף של עובדות שיש לשנן. במקום זאת יש לעסוק בבעיות אותנטיות ולא רק במצוי בספרים. העיסוק בחקר אינו מוגבל לגיל, כדאי שיתבסס על ידע מוקדם שיש לתלמידים ועסוק בבעיות רלוונטיות לתלמידים, או אז מעורבות התלמידים גדולה יותר (Crawford et al., 1999; Wang, Thompson & Shuler, 1998).

גם להיבטים הטכנולוגיים ישנו משקל חשוב בדיון בנושא. המודעות לכך, שיש להכשיר את התלמיד להתמודד עם סביבה טכנולוגית משתנה, מתוחכמת, עתירת מידע, גדלה ולכן מתמקדת תשומת הלב בתוכניות הלימודים בצורך להכשיר את התלמיד לתפקוד הולם בסביבה שכזו (בירנבוים, 1997). למיטשל (Mitchell, 1992) ביקורת על העובדה שהאמריקאים מצפים שבתי הספר של שנות התשעים יהיו דומים לבתי הספר בהם הם למדו: לדבריה, מכיוון שהעולם משתנה במהירות ובית הספר אמור להכין את התלמיד לעתיד המצפה לו, בית ספר צריך לעבור שינוי. מאז כתבה מיטשל את שכתבה, כל נושא התיקשוב והשימוש באינטרנט התפתחו מאוד (פונדק ורוזנר, 2001). בתחומים רבים רואים את השפעתה של הטכנולוגיה על התקדמות הידע המדעי, בעזרת מיכשור משוכלל ורגיש, ובעזרת השימוש במחשב. תרומת המחשב מגוונת (Dreyfus, 1993; Molebash, Dodge, Mason & Bell, 2002), אם בתוכנות לביצוע פעילויות חקר מדעיות (דורי, 2006; מינץ, 2006; Shimoda, White & Frederiksen, 2002), שכן המחשב מאפשר להציג לתלמיד סימולציות ריאליות (מינץ, 2006; Finn et al., 2002), ואם באיסוף נתונים בעזרת חיישנים משוכללים (Gipps, 2002) ובאיסוף מידע בעזרת האינטרנט. מהאינטרנט ניתן להשיג מידע עדכני רב יותר, ראשוני, מגוון וזמין, שיסייע לחקר (ברזלי, 2006). בנוסף לאיסוף הנתונים, ניתן לעקוב אחרי שינויים שונים ולנסות למצוא את הגורמים להם. וכך היכולת להשתמש בסביבות הנתמכות מחשב לפעילויות חקר מאפשרות לתלמיד לבצע ניסויים אותנטיים יותר (Chinn & Malhotra, 2002; Shimoda et al., 2002).

עיסוק בבעיות אותנטיות מסייע בהבנה ובפיתוח אפסטימיולוגיה מדעית (Samarapungavan, 2006; Westby & Bodner). עיסוק בנושאים אותנטיים בסביבה עתירת טכנולוגיה מוסיף עניין לתלמיד ותומך בקידום החקר המדעי (ברזלי, 2006; Friedrichsen, 2007; Bennett, Lubben & Hogarth, 2003; Munford, & Zembal-Saul). לדוגמה, בכתה בארה"ב, בה יושמה בהצלחה הוראה בדרך החקר, ביצעו התלמידים פרויקטים שונים שעסקו בבעיות אותנטיות, "אמיתיות", הקשורות למקום המגורים

של התלמידים, בכך רכשו התלמידים את התחושה מהו מדע אותנטי ונוצר קשר משמעותי יותר בין התלמידים לסביבתם (Crawford, 2000; Crawford et al., 1999).

כאשר תלמידים עוסקים בחקר, על שאלות החקר להיות בעלות תועלת ורלוונטיות לתלמיד, אחרת הלימוד יהיה פחות משמעותי (Barrow, 2006; Crawford et al., 1999). המורים צריכים לחשוף את תלמידיהם לבעיות אותנטיות, תוך שימוש בשיטות מחקר שונות והתייחסות להיבטים חברתיים ופוליטיים, מעבר להיבטים הצרים של תהליך החקר עצמו. מעורבות כזו תוביל להבנה טובה יותר של המדע ותסייע לתלמיד להשתלב בחברה (Rudolph, 2005). התייחסות להבטים מדעיים תוך שילוב הבטים חברתיים וטכנולוגיים מעודדת, בקרב תלמידי תיכון, עמדות חיוביות יותר כלפי המדע (Bennett et al., 2007).

1.1.7 קשיים בהוראה בדרכי החקר.

למרות היתרונות הרבים בהוראה בדרך החקר ניתן להבחין בקשיים הנלווים אליה, הקשורים באמצעים, במורה או בתלמידים, או בכל שלושה גם יחד (Brown, Abell, Demir & Schmidt, 2006; Zion et al., 2007), שכן גישת חקר הינה תובענית יותר מבחינת המשאבים והדרישות האינטלקטואליות (דרייפוס 2006). ההכנה לבחינות הגמר בבתי הספר התיכוניים נמצאת בראש מעייניהם של המורים, ואי לכך הזמן המוקצה לפעילויות החקר מצומצם ביותר (Veronesi & Voorst, 2000). העיסוק בחקר, לדברי המורים, גוזל זמן רב ויש צורך להשקיע יותר מאמץ בתכנון השיעור (Costenson & Lawson, 1986). לבעיית הזמן מתייחס הנסון (Henson, 1986), לדבריו, ממחקרים שונים עולה שיתרונות ההוראה בדרך החקר מהווים פיצוי על ההתקדמות האיטית בהוראת התכנים.

בנוסף לבעיית הזמן, המורה עלול להיתקל בקשיים הכרוכים בהעדר ציוד, חומרים וחדרי מעבדה שאינם פנויים (דרייפוס, 2006; Welch et al., 1981; Finn et al., 2002).

ישנם מורים שמתקשים להורות חקר מסיבות שונות, סיבות התלויות בתנאי בית הספר, בכתה, בתלמידים ובהם עצמם (Wee, Shepardson, Fast & Harbor, 2007). הגורם העיקרי, המשפיע על כוונות המורה ויכולתו ללמד מדע כחקר, הוא השקפתו האישית של המורה לגבי היבטים פדגוגיים. כלומר, הוראת המדע ועיסוק בחקר בשילוב הידע המדעי שלו (Crawford, 2007). מורים בעלי תפיסות אנטיקונסטרוקטוביסטיות מעדיפים לשלוט בנעשה בכתה, בהבניית הידע והסקת המסקנות של התלמיד, דבר שיתקשו לעשות בגישת החקר (Bencze, Bowen & Alsop, 2006). ברור אם כך שלמורה השפעה מכרעת על הקניית מיומנויות החקר ולא כל המורים הוכשרו ומוכשרים לכך (Lidar, Lundqvist & Östman, 2006; Welch et al., 1981). גם אם יש למורים ידע מדעי רלוונטי, חסרים להן המיומנויות והניסיון הנדרשים להעברת הידע מהכוח אל הפועל ביעילות (Darling-Hammond & Baratz, 2007). הדבר בולט במיוחד אצל מורים חסרי ניסיון בניהול חקר אותנטי, שבדרך כלל הינם חסרי הבנה לגבי תהליך החקר (Windschitl, 2003). ישנם גם מורים שחוששים שלא ידעו להתמודד עם תוצאות לא צפויות (תמיר, 2006), ואחרים חושבים שעליהם לדעת את כל התשובות לשאלות התלמידים במהלך ביצוע החקר ונרתעים מלהורות בדרך זו, במיוחד בדרך החקר פתוח (Hogan & Berkowitz, 2000; Trautmann et al., 2002).

בנוסף לכך יש ויכוח לגבי מידת ההצלחה של הוראת החקר בתיכון. לדבריו של אוגנס (Ogens, 1991), הוראה באמצעות חקר היא בעלת השפעה מוגבלת על תלמידי תיכון. למרות שהתלמידים נהנים מפעילויות מעשיות כגון פעילות מעבדה, הם לא בהכרח מפנימים מושגים ועקרונות, ולא בהכרח מפתחים יחס חיובי כלפי המדע. בן מנחם (2005) מוסיף שיש תלמידים שנרתעים מה"תבניות" המאפיינת את תהליך החקר בכתה ומרחיקה אותם מחוייית הלמידה.

ברג, ושותפיו (Berg et al., 2003) מעלים את מספר שאלות: האם התלמידים מסוגלים לעבוד בשיטת החקר? האם הם מסוגלים לתכנן ניסוי? מורים רבים, לדבריהם, חוו אכזבות כאשר פעילויות לתלמידים נכשלו, בגלל שחלק מהתלמידים לא היה בשל לאתגר, ולמידה בדרך החקר הייתה מעל ליכולתם. יש החושבים שתלמידים לא מסוגלים לחקר בגלל עצלותם, ומאחר והם רק דואגים לציונים ומחכים שהשיעור יסתיים (Crawford, 2007). כמו-כן תלמידים שאמורים לבצע עבודות חקר, לפעמים מרגישים בלבול ותסכול משום שהנחיות לביצוע העבודות לא ברורות להם (זוהר, 2006).

מחקר בנושא גילה שתלמידים בישראל שביצעו עבודות חקר בחממה, רכשו מיומנויות דקלרטיביות ופרוצדורליות של תהליך החקר, אך לא בהכרח רכשו מיומנויות חשיבה, מיומנויות שציפו שירכשו במסגרת ביצוע ולימוד פעילויות חקר (דביר, 2000; דביר וחוץ, 2000). במחקר אחר נמצא שתלמידים התקשו להבין את תפקיד הבקרה ולהסביר את השלבים בתכנון ניסוי, למרות שלמדו בשיטת החקר (Tamir et al., 1998). במקרים רבים נמצא כי תלמידים מתקשים לסכם את עקרונות הניסוי שזה עתה ביצעו בדרך-כלל ואינם מסוגלים לבחור השערה נכונה להסברת תופעה, או להציע הסברים משלהם, אלא אם כן, התופעה אותה הם בודקים מוכרת להם (Ogens, 1991). כן נמצא שתלמידים מתקשים להבין לעומק את התהליכים שקשורים בחקר שהם מבצעים בגלל שאינם שולטים באסטרטגיות חשיבה הכרוכות בלמידת חקר וביצוע חקר (זוהר, 2006) ומכיוון שתהליכי החשיבה שלהם שונים מאלו של המדענים (Kuhn, 1989).

1.2 חקר (בחלק המעשי) בתוכנית הלימודים בביולוגיה, בחטיבה העליונה, בישראל

לחלק החקר, בהוראת הביולוגיה, חשיבות הולכת וגדלה מאז הכנסת שיטת החקר ע"פ ה-BSCS (תוכנית לימודים בביולוגיה שפותחה בארה"ב), בשנות השישים (תמיר 1971), ועד לשינויים האחרונים שכוללים למידת חקר דינאמית, המאופיינת בלמידה תהליכית, בצורך להתמודד עם שינויים במהלך החקר, בהבנה פרוצדורלית של התהליך, תוך פיתוח סקרנות ועצמאות (Zion et al., 2004b). בדומה לארה"ב בשנות השבעים, שם נוצר פער בין ההצהרות לגבי החשיבות של הוראת החקר לבין יישום ההוראה בפועל, גם בישראל נוצרה תחושת אי-נחת מהנעשה בכיתות, ובסוף שנות השבעים החל פיתוח של תכניות לימודים חדשות, הכוללות למידת חקר ושיטות הוראה מגוונות תוך התייחסות למתרחש בשדה, בנסיון לענות על צרכי התלמידים והמורים כאחד. תכנון תוכניות הלימודים הופקד בידי צוותים שכללו מומחים לתחומי הידע, מורים ומפתחי תוכניות לימודים. תוכנית הלימודים בביולוגיה עברה שינויים שהתבטאו במעבר לשיטת לימוד בדרך החקר לפי הדגם של ה-BSCS. הדגש הושם על למידה בדרך החקר ולא למידת גוף הידע בלבד. באותה תקופה נתפסו המורים כמפעילי תוכנית הלימודים, על-פי

מטרות התוכניות, והושקעו משאבים רבים בפיתוח התוכניות ופחות בדרכי העברתן (צבר - בן יהושע, 1988). השינויים התבטאו בתכנים וגם בגישה להוראת החקר, והקניית מיומנויות החקר בקרב תלמידי המדעים (משרד החינוך, 1990, 1991).

בשנות התשעים החלו שילוב של חידושים טכנולוגיים, כמו שימוש במחשב לצרכי חקר, והגדלת המעורבות של המורים בפיתוח תוכניות הלימודים (אגרסט, 2003). הקשר בין מפתחי תוכניות הלימודים החדשות למלמדים אותן נעשה הדוק יותר, עד כדי כך שלעתים המורים המלמדים, הם הם, המורים המפתחים (Zion et al., 2004a).

בתוכנית הלימודים בביולוגיה, תופס החקר מקום נכבד: הן בתכנים העיוניים בכתה, והן בפעילות במעבדה ובשדה. מיומנויות החקר הנלמדות בכתה אמורות לבוא לידי ביטוי בעבודה השוטפת של התלמיד במהלך הלימוד ובבחינות הבגרות, הן בבחינה העיונית והן בבחינות המעשיות (אגרסט, 2003; משרד החינוך, 2006א). הוראת הביולוגיה בחטיבה העליונה אינה מצטמצמת בהגשת מידע רב ומעודכן על תהליכי החיים, אלא גם ובעיקר, מנחה את התלמיד להתמודד עם דרך החקר - תכנון ניסויים, איסוף נתונים, הצגתם וניתוחם, על-פי אמות מידה מדעיות (ברנשטיין, 1991). בסילבוס, מפורטת רשימה ארוכה של מיומנויות שונות, החל במיומנויות חקר, דרכי דיווח, היכולת להשתמש במכשירים ובכלים, שימוש בשיטות מדידה, יכולת לבצע מטלות לפי הוראות כתובות ועיבוד נתונים בעזרת מחשב. מרכיבי למידת החקר בתוכנית הלימודים הם מגוונים "במהלך הלימוד ישולבו, בנושאים מלווים שהם חובה, המרכיבים הבאים: פעילויות חקר במעבדה, בכתה ובשדה, פתירת בעיות בלתי מוכרות תוך כדי חקירה במעבדה, טיפול כמותי בנתונים וקריאת מאמרים מדעיים פופולריים ומחקריים תוך זיהוי מרכיבי המחקר ותכנון המחקר" (משרד החינוך, 1991, עמוד 33). לגבי המיומנויות הנדרשות במעבדה, הפירוט רב יותר ויש התייחסות למיומנויות החקר הבסיסיות, דרכי הדיווח, היכולת להשתמש במכשירים ובכלים והשימוש בשיטות מדידה, שקילה וזיהוי (משרד החינוך, 1991, עמודים 66-68).

פעילויות החקר השזורות בתוכנית הלימודים, על-פי ממצאיה של מנדלוביץ (1996), נכללות למעשה, על-פי הגדרת ה-NRC (1996, 2000), בקבוצות החקר המונחה (Guided inquiry) והמשולב (Coupled inquiry). החקר, שהלך ותפס מקום נכבד יותר ויותר בתוכנית הלימודים, הוא יותר משיטה מדעית. בעזרתו ניתן לפתח מיומנויות חשיבה וכן מיומנויות של עשייה והתנסות (ציון, 2003), ולכן הוצעו שינויים בתוכניות הלימודים, לפיהם ביצוע תהליך החקר על-ידי התלמיד, יסייע לו להבין את מהות המדע (משרד החינוך, 1990, 2006א). במסגרת השינויים, בשנת 1999 הוסיפו אפשרות, למורים המעוניינים בכך, לעסוק בחקר פתוח (Open inquiry) במסגרת תוכנית הלימודים "ביודע" שתפורט בסעיף הבא.

בישראל, במקביל להרהורים כיצד ללמד "לחקור", ועד כמה ניתן לתת לתלמיד להתמודד עם הלא ידוע, עלו בקרב המורים במשך השנים רחשי אי-נוחות ואי שביעות רצון מהמתכונת הקיימת. תוכנית הלימודים המבוצעת על-ידי רוב המורים כוללת ביצוע מעבדות בדרך החקר המונחה וחקר בשדה, "ביוטופ", גם הוא נעשה לרוב דרך החקר המונחה. היום ניתן להבחין במסחור עבודת השדה ("ביוטופ"), תשלום עבור הנחיה לגופים שונים, חוסר מקוריות לגבי הנושאים (שפרונץ ושגיב, 1995; זיו, 1990) והעדר יוזמה מצד התלמיד (אילן, 1991). בנוסף, ההפרדה בין המעבדה לשדה גרמה לניתוק בין הוראת מיומנויות חקר במעבדה ליישומן בשדה (מנדלוביץ, 1996). כל אלו והקשיים בהוראת החקר (מנדלוביץ, 1996; תמיר, 1998) וההכרה בחשיבות פיתוח תהליכים קוגניטיביים במקביל לעבודת חקר בשדה (Roberts, 2001), בנוסף לרצון להפוך את התלמיד לחוקר עצמאי בעל יוזמה (מנדלוביץ ונוסנוביץ, 2002) בעזרת העמקה בהקניית הידע הפרוצדורלי כחלק מתכני המדע ולא רק כגורם טכני מסייע לביצוע

פעילויות מעבדתיות, הובילו צוות מפתחים ומורים לפתח תוכנית לימודים חלופית לחלקים המעשיים של בחינת הבגרות המעשית בביולוגיה. כך נוסדה תוכנית "הביודע", המשלבת עבודת שדה בעבודת המעבדה ומאפשרת לתלמיד להתנסות בחקר פתוח (Zion et al., 2004a).

1.2.1 תוכנית הביוטופ

תוכנית הביוטופ הינה החלופה הנפוצה כחלק המעשי הנלמד בשדה בקרב תלמידי הביולוגיה בתיכון. מסיבה זו, תוכנית הביוטופ מכונה לעיתים "התוכנית הרגילה". במסגרת לימודי ביולוגיה ברמת ההרחבה (5 יחידות לימוד) התלמיד נבחן בחלק עיוני שערכו 60% מהציון הכולל בביולוגיה. החלק המעשי כולל שני מרכיבים, בחינת מעבדה, המהווה 20% מהציון הכולל ופרויקט חקר בשדה, הקרוי העבודה האקולוגית או "ביוטופ", המהווה גם הוא 20% מהציון הכולל בביולוגיה. המעבדות ברובן מבוצעות באמצעות חקר מונחה וכך גם פרויקט החקר בשדה (מנדלוביץ, 1996).

פרויקט החקר, הביוטופ, מתבסס על הכרת הטבע בשדה וביצוע עבודה בשדה. "במהלך ביצוע העבודה התלמיד לומד, חוקר ומבין נושא אקולוגי, בדרך של עבודה עצמית מודרכת" (משרד החינוך התרבות והספורט, 2006, עמוד 14). העבודה האקולוגית חייבת להתבסס על תצפיות בשדה ואפשר לשלב במהלכה ניסויים פשוטים. במהלך העבודה התלמיד אמור להכיר כמה אורגניזמים בסביבתם הטבעית ואמור ללמוד על הגורמים המשפיעים על אורגניזמים אלו. כן אמור התלמיד לענות על שאלות חקר הקשורות לאורגניזמים שהכיר, בהתבססו על נתונים שיאסוף בשדה. בהנחיות החדשות שפורסמו בשנת 2006 (משרד החינוך התרבות והספורט, 2006) מנוסחת פנייה לתלמיד, כאילו הוא עוסק בחקר פתוח. התלמיד מתבקש להגדיר את נושא העבודה, להגדיר את שאלות החקר, לתכנן את העבודה בשטח ולבצע, כשהמורה אמור לעקוב אחר ביצוע העבודה, עיבוד הנתונים וסיכום העבודה. בפועל, התלמידים מקבלים הנחיה צמודה, והחקר הינו מונחה (מנדלוביץ, 1996; שפרונץ ושגיב, 1995). תלמידים רבים נעזרים בהנחייה של גופים חיצוניים כמו בתי ספר שדה ומדריכים פרטיים (בן שלמה, מנדלוביץ ואגרסט, 1995). החקר הוא מונחה במיוחד כאשר התלמידים נעזרים בגופים חוץ בית ספריים לביצוע העבודה האקולוגית. דוגמה לכך ניתן לראות באתר האינטרנט "פרחי כנרת" (2007), בחסות המכללה האקדמית כנרת בעמק הירדן. שם החלוקה באחריות לביצוע עבודת התלמיד ברורה: "ליווי והנחיה: מדריכי 'פרחי מדע' אחראים על העבודה המעשית. כתיבת כל שאר פרקי העבודה - באחריות מורי בית הספר". בנוסף, מפורטת בהנחיות של "פרחי כנרת" כי, תנתן הנחיה צמודה לכל שלב ושלב בעבודת החקר המבוצעת על-ידי מדריכי המכללה (ראו נספח 10). המדריכים, ובמקרים רבים גם המורים, מכתיבים לתלמידים את שאלות החקר ודרך איסוף הנתונים. בשיחות לא רשמיות עם מספר גדול של מורים המנחים "ביוטופ", בחמש שנים האחרונות ואף קודם לכן, אמרו המורים, שבדרך כלל הם מנחים את התלמידים להתחיל לאסוף נתונים מהשדה עוד לפני ניסוח שאלות החקר. ברב המקרים התלמידים מרבים לאסוף נתונים, ללא קשר לשאלות החקר שינוסחו בהמשך ועם סיום פרויקט החקר מסתבר לתלמידים שחלק גדול מהנתונים שמדדו אינם רלוונטיים כלל לשאלות החקר. שאלות החקר בדרך כלל לא קשורות זו לזו ולמעשה המורים משתמשים במאגר של שאלות חקר, ממנו הם בוחרים את שאלות החקר עבור התלמיד.

1.2.2 תוכנית הבידוע

התוכנית כוללת את אותם תכנים כמו בתוכנית "הרגילה" אך מציעה תפיסה וארגון שונים של דרך ההוראה ושל הלמידה בחלק המעשי של התוכנית, תוך שימת דגש על ביצוע חקר פתוח על-ידי התלמיד, בהנחיית מורה הכתה (מנדלוביץ ונוסינוביץ, 2002). החלק המעשי כולל את שני המרכיבים, מעבדה ופרויקט חקר, כמקשה אחת, מהווה 40% מהציון הכולל בביווגיה ונקרא "בידוע". לתוכנית "הבידוע" שתי מטרות עיקריות: האחת, הבנת תהליכי החקר על-ידי פיתוח מיומנויות קוגניטיביות, מטה קוגניטיביות וחברתיות, והשניה העלאת המעורבות והעניין בלמידת הביווגיה (Zion et al., 2004a).

ייחוד התוכנית מתמקד בביצוע חקר פתוח תוך העמקה בהבנת תהליך החקר. נוצר צורך להתמודד עם חקר שתוצאותיו אינן ידועות, לא לתלמיד ובמקרים רבים גם לא למורה (להבדיל ממעבדות החקר בתוכנית הרגילה, שהתייחסו למספר עקרונות ביולוגיים ורוב המורים לפחות, ידעו למה לצפות). מדובר במטלה אותנטית, הקשורה לעולם המושגים של התלמיד והדורשת ממנו להשתמש בידע שרכש, בהקשר ממשי. המטלה מורכבת ואינה מוגדרת באופן חד-משמעי. התשובה אינה ידועה מראש וביצוע המטלה מחייב לבחור ידע רלוונטי, לארגן את שלבי העבודה עד להגעה לתשובה/פתרון (בירנבוים, 1997). עבודת החקר שמבצע התלמיד עונה על המאפיינים של חקר פתוח (Zion et al., 2007). היא יוצאת מתוך תופעה מעוררת מחשבה, אותה התלמיד זיהה בשדה, וממשיכה דרך שלוש שאלות חקר שהתשובות להן אינן ידועות מראש לתלמיד, ולרוב גם לא למורה (Zion et al., 2004a; Zion et al., 2004b).

בנוסף, מכין התלמיד תלקיט המכיל אוסף מייצג של פריטים המעידים על התהליך שעבר ברכישת המיומנויות השונות. אחת המיומנויות שלא מופיעה בתוכנית הרגילה היא ה"רפלקציה" - ניתוח והפקת לקחים הנעשים בכתב, תוך השקעת מחשבה. מטרתה של הרפלקציה לקדם את התלמיד בעקבות הפקת הלקחים (מספר שלבים בעבודה מלווים בתיעוד ובחשיבה ביקורתית). גם למשוב, הניתן לתלמיד המקדם את תהליך הלמידה ישנה חשיבות רבה (Bruner 1961). אם כך, בתוכנית "הבידוע" חשוב לא רק התוצר, אלא גם התהליך שהתלמיד עובר בעבודתו ולכן יש באפשרותו לתקן ולשפר עבודות שהכין.

במסגרת תוכנית לימודים זו, בהשוואה לתוכנית הרגילה, ניתן לאמוד טוב יותר את מידת הבנתו של התלמיד לגבי תהליך החקר, שכן קיים קושי להעריך הבנה זו באמצעות הערכה של מבחנים בכתב. למעשה, המעריך צריך "להכנס" לדרך חשיבתו של התלמיד במטרה להעריך היטב את התשובה. בדרך-כלל, מתשובות בכתב אין אפשרות לדעת האם התלמיד הבין ויודע כיצד להתמודד עם המיומנות, או שהוא מבצע "משהו טכני", בדומה לדברים אחרים שעשה בעבר בכתה (עלון מורי הביווגיה, 1990). לעיתים התלמיד לא מרחיב בתשובתו, דבר שמקשה עוד יותר להעריך את מידת הבנתו (Liang et al., 2006). במסגרת תוכנית הבידוע, התלמיד מעלה השערות ומתמודד עם תהליך החקר כולו, כאשר המורה מקיים עימו קשר הדוק ורציף, במשך כל שלבי עבודת החקר. המורה יכול לבחון את מידת הבנתו של התלמיד ביחס להיבטים שונים הקשורים בבעיית החקר עמה מתמודד התלמיד.

אפיון תהליך למידת החקר בבידוע

מחקר פעולה איכותני בוצע בשלוש השנים הראשונות של תוכנית הבידוע (Zion et al., 2004a; Zion et al., 2004b). תהליך החקר הדינאמי שעברו התלמידים התבטא בהיבטים של שינויים שהתרחשו בזמן המחקר, למידה תהליכית, הבנה פרוצדורלית של התהליך, גמישות מחשבה, התמודדות עם הלא-ידוע, שיפוט תוך חשיבה ביקורתית וחשיבה רפלקטיבית על התהליכים. מאפיינים אלו של החקר הדינאמי

מביאים לידי ביטוי אספקטים קוגניטיביים של למידה. נמצאו גם הבטים אפקטיביים שנוצרו כתוצאה מתהליך החקר דינאמי, בזכות התנסות התלמידים בחקר פתוח. החקר דינאמי לא מפריד הוראה מלמידה ויוצר חברת למידה בה המורה והתלמידים משתפים פעולה. נוצר קשר מיוחד בין המורים והתלמידים, קשר שהינו חיוני להצלחת תהליכי החקר (Zion & Slezak, 2005).

תלמידים רבים חשו כמדענים בפעולה, גם בדרך החשיבה המדעית וגם באופן ביצוע החקר. התלמידים עצמם ביטאו את הבנתם לגבי הדמיון בין עבודת החקר שביצעו בעצמם לעבודת המדען. הדמיון, לדברי התלמידים מתבטא בשני אופנים: חשיבה מדעית שמאפיינת את עבודת המדען ודרך ביצוע החקר, תהליך החקר עצמו. התלמידים ציינו את ההבדל בין עבודת חקר עצמאית שביצעו לפעילויות קודמות בהן לרוב נטו לאשר תוצאות/עקרונות ביולוגיים ולא נדרשו למצוא מידע חדש. התלמידים ציינו בסיפוק את היכולת לתכנן ניסוי ולהסיק מסקנות מהניסוי "שלהם" (Zion et al., 2004a).

1.3 חקר מונחה או חקר פתוח לתלמידי תיכון?

קיימת הסכמה בין חוקרים ואנשי הוראה לגבי חשיבות העיסוק בחקר והקניית מיומנויות חקר לכלל התלמידים, ועל אחת כמה וכמה לתלמידי מדעים (זוהר, 2006; Roberts, 2000; NRC, 1994; AAAS, 2007; Schwartz & Gwekwerere, 2001). התנסות תלמידים בחקר ובהסברת תוצאות שנתקבלו בעקבות ביצוע חקר, מאפשרת לתלמידים לחוש חלק מהקהילה המדעית ועשויה לסייע להם להבין את טבעו של המדע - דינאמי, בעל הקשרים חברתיים וסובייקטיבי, לאור הפרשנות האנושית ואישית המעורבת בהסבר התוצאות (Sandoval & Reiser, 1997).

רמת החקר הגבוהה ביותר תושג ככל שהתלמיד יהיה עצמאי יותר ויבצע פעילויות הדומות לאלו הנעשות בעת ביצוע מחקר על-ידי מדענים (Schwab, 1962; Herron, 1971). מאז שנות השישים של המאה הקודמת, ניכר ניסיון ללמד בגישת החקר הפתוח (עצמאות התלמיד מקסימלית) יותר ויותר (Hodson, 1996). על-פי ה-NRC, התלמידים אמורים לרכוש את הידע המדעי שלהם באמצעות תהליך של חקר פתוח הכולל: שאילת שאלות אותנטיות, תכנון וביצוע ניסויים, שימוש בדרכים מתאימות לאיסוף נתונים ולהסקת מסקנות, תוך התייחסות ביקורתית לתהליך כולו (NRC, 1996; 2000). למרות שהגדרה זו נראית מפורשת דיה, תהליך החקר מתבצע בכיתות בגישות שונות, בהתאם לפרשנות ולידע הפדגוגי של המורים (Keys & Bryan, 2001). בבדיקת תוכניות הלימוד בתחום החקר, בביולוגיה, בבתי ספר תיכון בארה"ב, עלה שרוב הפעילויות הן בגישת החקר המונחה ורק לעיתים רחוקות ניתנה לתלמיד אפשרות לעסוק במרכיבי חקר באופן עצמאי יותר (Germann et al., 1996).

בספרות המחקרית העוסקת בהוראת החקר לסוגיו, ניתן למצוא חילוקי דעות לגבי אפקטיביות של הוראת חקר פתוח לתלמידי התיכון (Yerrick, 2000). לעומת המצדדים ביתרונותיו של תהליך חקר פתוח בהוראת המדעים, עומדים אלה הטוענים כי חקר פתוח קשה לביצוע. לדעתם ביצוע של חקר מונחה מעשי יותר, בסביבות הלמידה של תחילת שנות ה-2000. ממחקרם של ורונסי ווורסט (Veronesi & Voorst, 2000) עולה, שלמרות הרצון לעסוק בחקר פתוח בתיכון, ישנם קשיים ביישום המטרות והרצון לאזן בין הצורך לרכוש ידע לעיסוק בחקר הפתוח, כאשר תוכנית הלימודים כה עמוסה ויש צורך להכין את התלמיד לקראת בחינות הגמר לסיום התיכון. ההכנה לבחינות הגמר חשובה מאד בתיכון בניו-יורק, דבר המונע שימוש בשיטות הוראה שונות ו"סטיות" מתוכנית הלימודים. מורים תארו

מספר מחסומים בהתמודדות עם חקר פתוח בכתה : מחסומים הקשורים באמצעים, בעיקר זמן, במורים עצמם ובתלמידים (Brown et al., 2006; Zion et al., 2007).

1.3.1 אמצעים : זמן, גודל כתה, ציוד

העיסוק בחקר פתוח דורש יותר זמן מאשר רוב הניסויים המסורתיים במסגרת החקר המונחה (Staer, Goodrum, & Hackling, 1998; Yen & Huang, 2001). תלמידי תיכון בזבזו יותר זמן למטרות חברתיות בעת ביצוע החקר הפתוח מאשר בעת ביצוע חקר מונחה (Gallager & Tobin, 1987). עידוד התלמיד להיחפץ לעצמאי לוקח זמן ובנוסף טוענים מורים שמסגרת הזמן הנתונה קצרה מדי מכדי לרכוש מיומנויות חקר, לתכנן פרויקט, לבצע ולסכם את הממצאים בכתב (Zion et al., 2007). יש הטוענים שניתן להשיג הישגים ולפתח מיומנויות חקר בעזרת החקר המונחה, כאשר מסייעים לתלמיד בחקר ההבנה טובה יותר, וחוסכים זמן יקר. התלמידים גם נהנים לאשר ממצאים שנמצאו על-ידי אחרים בעבר. (Santa Clara Valley Section of the American Chemical Society, 2002). בנוסף, בכיתות גדולות, מעדיפים המורים לדבוק בחקר המונחה שמאפשר להם לעמוד בלוח הזמנים (Zion et al., 2007). לגודל הכתה השפעה לא רק ביחס לזמן, למרות שחקר פתוח הוא הכיוון הרצוי. לעיתים חקר מונחה יעיל יותר (Furtak, 2006; NRC, 2005), במיוחד כאשר יש צורך בהבנה מעמיקה ופיתוח הקשרים לוגיים (NRC, 2005). בעיות נוספות המונעת מורים מלעסוק בחקר פתוח קשורות לצד הטכני : הצורך בציוד מגוון שלא כולו מצוי במעבדת בית הספר, אי-זמינות של ציוד והצורך להפעיל את הלבורנט באופן שונה (Staer et al., 1998).

1.3.2 גישת המורים

מעבר למחסור בזמן והצורך להכין את התלמידים לבחינות הגמר בתיכון, ישנו חשש מהשינוי של מודל ההוראה המסורתי. החוששים ביותר לשלב חקר פתוח ולהוביל תלמידים, הם מורים שאין להם ניסיון בחקר בעצמם (Trautmann & MaKinster, 2005; Windschitl, 2003). מורים חושבים שהם צריכים לדעת את כל התשובות ולכן נמנעים מלעודד חקר פתוח בקרב תלמידיהם (Trautmann et al., 2000), חלקם חוששים שחוסר בידע מדעי יגרום לשינוי יחס התלמידים כלפיהם (Zion et al., 2007). כמו-כן, ישנם מורים שחוששים לאבד שליטה במתרחש בכתה בעת ביצוע החקר הפתוח (Uno, 1997). מורים גם מתקשים להתמודד עם העירפול ואי הביטחון שהם חלק מהחקר הפתוח (Shedletsky & Zion, 2005).

בעיה נוספת היא שמורים חשים אחריות למצוא נושא לחקר שיהיה מעניין ומתאים לכתה הטרוגנית, כך שזו תהיה חווית למידה מוצלחת והדבר לא קל (Voorst & Veronesi, 2000). בנוסף, החקר הפתוח מחייב קשר קרוב בין המדריך/מורה לתלמיד, גם במועדים שאינם במערכת השעות (Yen & Huang, 2001), כשהמורה משמש גם כמדריך מטהקוגניטיבי ועליו לעודד את התלמיד לקחת אחריות על הלמידה שלו, לתת לתלמיד תמיכה מורלית, מוסרית חברתית וקוגניטיבית (Chin & Chia, 2006).

1.3.3 חלקם של התלמידים

מורים צריכים לנתב בין ביצוע חקר פתוח, בו התוצאות לא תמיד כמצופה, עם הצורך לספק חווית למידה טובה לתלמידים שמבצעים את הפרויקטים, על-מנת למנוע תסכול בקרב התלמידים (Trautmann et al., 2002; Trautmann & MaKinster, 2005). ישנם מורים שמביעים חשש לגבי הוראת חקר פתוח לגבי שני סוגים של תלמידים- תלמידים בעלי הישגים נמוכים, שיש להוביל אותם שלב אחר שלב בתהליך, ומצד שני, תלמידים מצטיינים בלימודים, שיהפכו למתוסכלים או מוטרדים כשהם מצפים לתשובות ברורות וחד-משמעיות ובדרך החקר הפתוח לא תמיד יקבלו תשובות כאלה (Trautmann & MaKinster, 2005).

לפי סאנדוול (Sandoval, 2003), תלמידים רבים מתקשים לנהל חקר עצמאי ללא הדרכה. תלמידי חטיבת ביניים למשל, דיווחו על אי-נחת מביצוע פעילויות חקר פתוח (Piburn, & Baker, 1993). גם מוסקוויצי (Moscovici, 2003) מטילה ספק ביכולתם של תלמידי התיכון לבצע חקר פתוח ולהרוויח מיתרונותיו. כמה מחקרים העלו שהוראה בדרך החקר נכשלה בפיתוח חשיבה ביקורתית, במציאת יחסי סיבה ותוצאה ובפתרון בעיות, בקרב תלמידי התיכון (Shymansky & Kyle, 1992; Tobin & Gallagher, 1987). בנוסף, תלמידים חסרי ידע ביולוגי ושאינם שולטים במיומנויות חקר, יתקשו לבצע חקר פתוח (Zion et al., 2007).

ההוראה בגישת החקר המונחה, מאפשרת ניהול חקר אפקטיבי ופרודוקטיבי יותר, תוך מיקוד הדיונים בקרב התלמידים. יש אפשרות להתמקד בשיטות ניתוח ופרשנות נפוצות וכן בשיטות עבודה נפוצות. הצורך להגיע לקונסנזוס תוך חזרה על עדויות ולבחון מודלים, ממקד את התלמידים בראיית המדע כתהליך של הנמקה, יותר מאשר חיפוש אחר עובדות (Tabak et al., 1995). כך ניתן לכוון את התלמיד להגיע לתשובות המבוקשות, תוך עידוד חשיבה וסקרנות בדרכים שונות (Brown et al., 2006). יחד עם זאת, בחקר מונחה עלול להיווצר מצב בו הדגש הינו על הביצוע המעשי של ניסוי כלשהו, ועיקר פעילותו של התלמיד הופכת להיות טכנית, ללא הבנה של מיומנויות חקר בסיסיות הקשורות בתכנון (מנדלוביץ, 1996 ; Ogens, 1991).

יש הטוענים שחקר בכלל אינו מתאים לכלל התלמידים, והוא מתאים אולי רק לתלמידים מתמחים ברמה גבוהה (Brown et al., 2006). לעומתם, יש הטוענים שניתן להוביל תלמידי תיכון, בתהליך של חקר פתוח, להישגים והפנמת משמעות החקר וגם תלמידים בעלי יכולות נמוכות הצליחו להתמודד עם חקר פתוח (Yerrick, 2000). הדבר נבדק למשל, בקרב תלמידים בתיכון, עם "היסטוריה" של כשלונות, שהשתתפו בשיעורי מדעים. אמנם במבחני הסיום לא נראה שיפור משמעותי בידע המדעי של התלמידים, אך נראה שיפור בחשיבה לוגית – מדעית של התלמידים. בתחילת הלימוד היו תשובות התלמידים קצרות ומהוססות, ואילו לאחר ההתנסות בחקר פתוח, תשובות התלמידים נשענו על עקרונות מדעיים. התלמידים היו פעילים יותר בתכנון הניסויים והשתמשו בידע שרכשו כדי להחליט החלטות רציונאליות, דבר שתרם לחיזוק ביטחונם העצמי (Yerrick, 2000).

1.3.4 חקר פתוח וחקר מונחה בכיתות

בניתוח ספרי מעבדה בביולוגיה, שנערך על-ידי ג'רמאן ושותפיו (Germann et al., 1996), נמצא שהמציאות כפי שהיא עולה מהספרים, היא מציאות של חקר מונחה. למרות המצב הקיים, יש לאפשר לתלמידים, לטענת החוקרים, להיות יותר עצמאיים ולאתגר אותם יותר, לכיוון החקר הפתוח. צאין ומלהורטה (Chinn & Malhotra, 2002) מוסיפים שרב פעילויות החקר אינן פעילויות של חקר אותנטי וחבל שכך.

ברג ושותפיו (Berg et al., 2003) מצאו שכל הסטודנטים (שנה ראשונה באוניברסיטה, בוגרים אך במעט מתלמידי תיכון), שלמדו בשיטת החקר הפתוח יכלו לתאר בקלות מה עשו במשך הניסוי, בעוד שרק מחצית מהתלמידים שערכו את הניסוי בעזרת הנחיה יכלו לעשות זאת. הסטודנטים שביצעו את החקר הפתוח יכלו להציע שינויים ושיפורים לניסוי אותו ביצעו, בעוד שחבריהם בקבוצה השניה התקשו בכך. אותה מגמה מסתמנת כאשר בדקו את היכולת להציע שאלות חקר חדשות המתבססות על שנלמד בעת ההתמודדות עם הניסוי שבצעו. יחד עם זאת, לא מצאו החוקרים הבדלים ברמות החשיבה הגבוהות של בלום (אנליזה וסינתזה) בין שתי הקבוצות. בהשוואה בין תחושת התלמידים לגבי תהליך הלמידה, בשתי הקבוצות, התלמידים שהתנסו בחקר פתוח ציינו שלמדו יותר. ממצאים אלו עולים בקנה אחד עם הממצאים של ג'רמאן ושותפיו (Germann et al., 1996), שמצאו כי, כאשר מאפשרים לתלמיד להשתמש בנתונים שלו עצמו במטרה לנסח השערות חדשות, במהלך ביצוע חקר, מאפשרים למידה יותר משמעותית. התומכים בחקר הפתוח מדגישים שהזדמנות ללמידה משמעותית מתאפשרת בהרחבת פעילות החקר, לדוגמה נוספת או בעיה חדשה המתעוררת בעקבות הממצאים. חשוב מאוד לנצל הזדמנות זו, ולא, נמוגה האפשרות לרכוש מיומנויות חדשות ו/או טכניקות חדשות. המטרה צריכה להיות איך לעזור לתלמידים לנווט במסגרת מורכבת של החקר המדעי, כך שיוכלו לנהל חקר פתוח עצמאי מוקדם ככל האפשר (Germann et al., 1996).

אחד החששות שמעלים המתנגדים לחקר פתוח הוא החשש מכישלון: חשש מהתמודדות התלמידים עם כשלונות (Trautmann et al., 2002), או חשש שהניסוי יכשל (Avery, Trautmann, & Krasny, 2003). חשש זה, לפי מספר חוקרים אחרים, עשוי לשמש מנוף ללמידה ונמצא שדווקא הכישלונות פתחו פתח לרכישת מיומנויות חקר נוספות (Avery et al., 2003; Luckie, Maleszewski, Loznak & Krha, 2001; Ritchie & Rigano, 1996; Yen & Huang, 2004).

תלמידים שעסקו בחקר פתוח, בחרו בשאלה לחקר וערכו חקר עצמאי, נחשפו והגיעו לתחומים שהם מעבר לתחומי המדע המקובל הנלמד בכתה, ורכשו ידע רב יותר הקשור לבעיה בה עסקו (Chin & Chia, 2006). היכולת לבחור אמורה להעלות את המוטיבציה ולפתח עמדות חיוביות יותר בקרב התלמידים (Lazarowitz, 2007). ככל שהתלמידים עצמאיים יותר בחקר שהם מבצעים, הם מפתחים עמדות חיוביות יותר כלפי המדע (Ornstein, 2006).

טראוטמאן ושותפיו (Trautmann, et al., 2002) מצאו שיש כיתות בהן הוראת חקר פתוח לא התאפשרה והפכה למטרה לא ריאלית. לדבריהם, יש צורך להתאים את מידת החקר לתלמידי הכתה, אך יחד עם זאת יש לקדם את הוראת החקר הפתוח ולאפשר לתלמידים להתמודד עם כל שלבי החקר. ההבדלים בין שתי אסטרטגיות ההוראה (חקר מונחה לעומת חקר פתוח), עשויים להיות דקים. כאשר עוסקים בחקר, המורים עומדים בפני דילמה - מחד, אם מידת המעורבות שלהם תהייה מינימלית,

התלמידים עלולים להתמקד בזוטות, מבלי לבצע תהליך חקר משמעותי המוביל לגילוי, מאידך, במידה ויסייעו יותר מדי לתלמידים, הם לא יאפשרו לתלמידים לבטא את רעיונותיהם ולנסות כיוונים חדשים (Cohen, 1994).

ישנם בתי ספר תיכון, בהם מעודדים את התלמידים לעסוק בחקר פתוח, במעבדות אוניברסיטאיות, דבר המקדם את התלמידים בכל הקשור למיומנויות החקר. תלמידים שהשתתפו בפעילות המעבדתית, רכשו ידע נוסף בעת שהפכו לחוקרים עצמאיים (Ritchie & Rigano, 1996). חקר פתוח מחייב את התלמידים לחשוב ולדון בשלבי הניסוי, דבר שאין בו צורך בחקר מונחה, שם ניתנות ההוראות לתלמיד. בניסויים בחקר פתוח, לכל אחד מהתלמידים בקבוצה אחריות אישית גבוהה יותר לתכנון הניסוי וביצועו מאשר בחקר מונחה, והניסויים הצריכו מיומנויות חשיבה גבוהות יותר לגבי תכנון וביקורתיות ביחס לדרכי הביצוע (Yen & Huang, 2001). יחד עם זאת, יש לנקוט זהירות לפני שמאמצים את החקר הפתוח כמודל כללי ללימוד מעבדה בכלל הכיתות, מבלי להוסיף ידע ומיומנויות בהקשרים שונים של תהליכי החקר (Ritchie & Rigano, 1996).

בעבודה זו ברצוני להשוות השפעתה של תוכנית לימודים בביוגיה, המדגישה תהליך של חקר פתוח, הכולל התייחסות לפרוצדורה של תהליך החקר, להשפעתה של תוכנית המדגישה חקר מונחה, על מיומנויות החקר הבסיסיות והדינאמיות, המפורטות בעמוד 8, על הישגי התלמידים ועמדותיהם, בהתאם לשאלות המחקר המפורטות להלן (שאלות 1 – 5). כמו-כן לאפיין את החקר הדינאמי, שבא לידי ביטוי בתוכנית ה"ביודע" במסגרת חקר פתוח (שאלה 6).

1.4 שאלות המחקר:

1. מה ההשפעה של סוג החקר בו עוסק התלמיד (חקר פתוח לעומת חקר מונחה) על פיתוח מיומנויות חקר בסיסיות?
2. מה ההשפעה של סוג החקר בו עוסק התלמיד (חקר פתוח לעומת חקר מונחה), על רמת הביטוי של מיומנויות חקר דינאמיות?
3. מה ההשפעה של סוג החקר בו עוסק התלמיד (חקר פתוח לעומת חקר מונחה), על הבניית טיפוס ידע?
4. מה הקשר בין סוג החקר בו עוסק התלמיד (חקר פתוח לעומת חקר מונחה), לעמדות התלמיד כלפי פרויקט החקר שביצע?
5. מה הקשר בין סוג החקר בו עוסק התלמיד (חקר פתוח לעומת חקר מונחה), לשינויים בעמדות התלמידים כלפי המדע, המדען ועבודתו, ותהליך החקר, לאחר התנסות בביצוע פרויקט חקר?
6. מהו סוג הביצועים שעורך תלמיד בפרויקט חקר בגישת חקר פתוח, ומה שכיחות הביצועים הקשורים בדינאמיות החקר ובהבנת הפרוצדורה?

1.5 השערות המחקר:

בהתייחס לשאלת המחקר הראשונה:

ההתנסות בחקר פתוח תביא להישגים גבוהים יותר במבחנים המבוססים על מיומנויות חקר בסיסיות, לעומת ההישגים בהתנסות בחקר מונחה.

בהתייחס לשאלת המחקר השנייה:

ההתנסות בחקר פתוח תוביל לרמה גבוהה יותר של מיומנויות חקר דינאמיות, לעומת הרמה בהתנסות בחקר מונחה.

בהתייחס לשאלת המחקר השלישית:

גם בשאלה זו, בדומה לשתי השאלות הראשונות, ההתנסות בחקר פתוח תוביל לרמה גבוהה יותר של ידע, בכל טיפוס הידע, לעומת רמת הידע בהתנסות בחקר מונחה.

בהתייחס לשאלת המחקר הרביעית:

תלמידים שהתנסו בחקר פתוח יבינו טוב יותר את חשיבות מרכיבי החקר השונים, יהיו מעורבים יותר בביצוע החקר, יחשפו יותר לדינאמיות שבחקר ויהיו מרוצים יותר מהתוצרים שלהם בהשוואה לתלמידים שהתנסו בחקר מונחה.

בהתייחס לשאלת המחקר החמישית:

יתרחש שינוי חיובי בעמדותיהם של התלמידים כלפי המדע, המדען ועבודתו וביצוע חקר, בשתי קבוצות המחקר. בקבוצה שהתנסתה בחקר פתוח השינוי יהיה גדול יותר.

בהתייחס לשאלת המחקר השישית:

במסגרת ביצוע חקר בגישת החקר הפתוח, התלמידים יחשפו לשינויים במהלך ביצוע הפרויקט ויבצעו שינויים נוספים בעקבות הבנה טובה יותר של הפרוצדורה, הקשורה למהימנות החקר המבוצע.

2. פרק ב - השיטה

2.1 אוכלוסיית המחקר

מספר תלמידי הביולוגיה בארץ, הניגשים למבחני הבגרות ברמות השונות, נע סביב עשרת אלפים תלמידים מדי שנה. מדגם הנבדקים במחקר זה כלל 295 תלמידי ביולוגיה, מ- 12 בתי ספר תיכוניים עירוניים ואזוריים, ממקומות שונים בארץ. כל התלמידים הנבדקים סיימו לימודי ביולוגיה ברמה מוגברת ונבחנו במבחני הבגרות בביולוגיה. האוכלוסייה בבתי הספר הינה הטרוגנית וגם קבוצות הלימוד בביולוגיה בהיקף חמש יחידות לימוד הן קבוצות הטרוגניות, שכללו (לדברי מורות הכיתות) תלמידים מרמות שונות: החל מתלמידים המתקשים בלימוד המקצוע, תלמידים שביולוגיה הינו מקצוע הבחירה היחיד בו בחרו, ועד לתלמידים מצטיינים, הלומדים במקביל מקצוע בחירה נוסף או אפילו שני מקצועות בחירה נוספים ברמה של חמש יחידות לימוד. במסגרת לימודי הביולוגיה על התלמידים לבצע פרויקטי חקר. 162 מהתלמידים ביצעו את הפרויקטים בשיטת החקר הפתוח ("ביודע") ו- 133 מהתלמידים ביצעו את הפרויקטים בשיטת החקר המונחה ("ביוטופ"). במחקר הנוכחי שיטת החקר מהווה את המשתנה הבלתי תלוי העיקרי.

יש לציין שבחירת הנושאים לפרויקטי החקר, בשתי קבוצות המחקר, התחילה מהיכרות עם תופעה בשדה. הנושאים היו דומים והתבססו על התופעה בשדה, כמפורט בנספח 21. התפלגות הנבדקים בשתי הקבוצות, על-פי מגדר, בהתאם לשיטת החקר הנהוגה בכתה מוצגת בטבלה 2.

טבלה 2 : התפלגות התלמידים בשתי קבוצות המחקר על-פי מגדר

מגדר	בנים	בנות	סה"כ
שיטת החקר			
חקר פתוח	57 (35.2%)	105 (64.8%)	162 (100%)
חקר מונחה	53 (39.8%)	80 (60.2%)	133 (100%)
סה"כ	110 (37.3%)	185 (62.7%)	295 (100%)

מהתרשים ניתן לראות שכמעט שני שליש מהתלמידים בשתי קבוצות המחקר הן תלמידות (62.7%). ואכן בנייתו χ^2 לא נמצא הבדל מובהק בין שתי הקבוצות, $\chi^2 = 0.68$, $p > 0.05$.

2.1.1 בחירת המורים וכיתות המחקר

א. נעשתה פנייה אל מורים שאמורים היו ללמד ביולוגיה, בכתה י"א, בשנת תשס"ד. במטרה לאתר מספר גדול של תלמידים שיתאימו להשתתף במחקר, על שתי קבוצות המחקר שבו, הופנתה בקשה להשתתף במחקר לכ- 80 מורים. כ- 60 מורים שהשתתפו בהשתלמות העוסקת בתוכנית הלימודים "ביודע" המבוססת על גישת החקר הפתוח וכ- 20 מורים שמרבים להשתתף בהשתלמויות ומלמדים את תוכנית הלימודים "ביוטופ" המבוססת על גישת החקר המונחה. תנאים ראשוניים להשתתפות במחקר כללו הוראה בכתה י"א, ותק של חמש שנים לפחות הכולל הגשה לבגרות ומספר תלמידים גדול מ- 15 בכתה. נערכה שיחה עם המורים לברר מהי שיטת ההוראה הנהוגה בכתה, עד כמה המורה משתתף בהשתלמויות ומנחה את תלמידיו בעצמו בביצוע פרויקט החקר ומה אפיון התלמידים בכתה. הוסבר למורים מה הן

דרישות מחקר זה (ליווי הכיתות במשך שנתיים תוך שילוב שאלונים בהוראה השוטפת וראיונות תלמידים). 18 מהמורים שהסכימו להשתתף נמצאו מתאימים להצטרף למחקר זה.

בזכות מורים אלו הגענו למדגם ששימש למחקר, כמפורט בטבלה 2 בעמוד הקודם.

הדמיון בין מורים אלו גדול: כולם הגישו לבגרות לפחות חמש פעמים בשנים האחרונות, משתלמים בהשתלמויות ו/או לומדים במסגרת אקדמית, נוטים לשלב חידושים בהוראה, יוצרים דפי עבודה מקוריים לתלמידיהם, מגוונים בכתה והכי חשוב – הסכימו להשתתף במחקר זה. איפיון המורים מבחינת שנות ותק ותואר אקדמאי מופיע בטבלה 36, בעמוד 184 (נספח 20).

יש לציין שהמורים שמלמדים בשיטת החקר הפתוח לימדו עד לפני כשלוש - חמש שנים בשיטת החקר המונחה והיא מוכרת להם היטב. לצורך המעבר להוראת חקר פתוח השתתפו בהשתלמות "ביודע" של מרכז מורי הביולוגיה במשך שנתיים ויותר.

הוראת תוכנית ה"ביודע" לתלמידי הביולוגיה, המבוססת על הוראה בדרך החקר פתוח, מחייבת הכשרה של המורים (משרד החינוך, 2006). מורים הרוצים ללמד בשיטת ה"ביודע" מחויבים לעבור השתלמות כמורים מתחילים ולהמשיך להשתתף בקבוצת "תמיכה" למורים ותיקים כל עוד הם מעוניינים ללמד בשיטה זו. ההשתלמות נערכת מטעם מרכז מורי הביולוגיה, ללא תלות במחקר זה.

ב. נערכה פנייה למפקחת הראשית על לימודי הביולוגיה בחטיבה העליונה (מפמ"ר) דאז, שהכירה בחשיבות המחקר, נתנה את ברכתה לקיום המחקר ואף כתבה מכתב למנהלים של בתי הספר בהם לימדו המורים שאותו כמתאימים למחקר זה. במכתב בקשה המפמ"ר מהמנהלים שיאפשרו לקיים את המחקר. מכתב זה סייע לחוקרת להשתלב בכיתות בהן התבצע המחקר.

2.1.2 שינויים במספר המשתתפים במחקר

בתחילת המחקר מנתה אוכלוסיית המחקר 442 תלמידים מ-14 בתי ספר.

עם תחילת המחקר החלו "לנשור" כיתות. חמש כיתות הוצאו מהמחקר בשל מספר סיבות: שתי כיתות הוצאו עקב החלפת מורה בשל לידה והמורה המחליף לא יכול היה להמשיך להשתתף במחקר, בשתי כיתות נוספות לא נמצא זמן לשלב את שאלוני המחקר במהלך ההוראה. בנוסף, אצל מורה אחד נעשה שינוי באופי ההוראה בכתה, במהלך השנתיים, ממחקר פתוח לחקר מונחה. בשל סיבות אלו, נתונים שנאספו מכיתות אלו לא שולבו במחקר זה. כך נותרו בקבוצת המחקר 13 מורים.

מבין הכיתות שהגיעו לקו הגמר הוצאו 15% מתלמידים מהמחקר, בשל הפסקת לימודי הביולוגיה (45 תלמידים) או מעבר מהרמה המוגברת (5 יח"ל) לרמה הבסיסית (3 יח"ל), שם לא מבוצע פרויקט חקר על-ידי התלמיד (7 תלמידים). מבין התלמידים שפרשו, 18.2% הם מקבוצת החקר הפתוח ו-10.7% מקבוצת החקר המונחה. בנייתו χ^2 Pearson Chi-Square לא נמצא הבדל מובהק בין הקבוצות, אם כי יש לציין שהערך שהתקבל היה גבולי $p = 0.054$.

בסך הכל נטלו חלק במחקר, מתחילתו ועד סופו, 295 תלמידים. כולם מילאו את שאלון העמדות לגבי המדע, המדען והחקר בכתה י"א ובכתה י"ב, ביצעו פרויקט חקר ובסיומו ענו על שאלון עמדות לאפיון פרויקט החקר שביצעו. כל 295 התלמידים הנ"ל נגשו לכל מבחני הבגרות בביולוגיה, בסיום כתה י"ב.

2.1.3 איפיון אוכלוסיית המחקר

אוכלוסיית המחקר מנתה 295 תלמידים שהתחילו לימודיהם בכתה י"א, בבתי ספר ממלכתיים, ונבחנו בבחינות הבגרות בביוולוגיה בכתה י"ב. חלוקת התלמידים לכיתות ולבתי ספר מוצגת בטבלה 3.

טבלה 3 : פילוח אוכלוסיית המחקר לבתי ספר וכיתות

כיתות			מאפייני בית הספר			
מספר תלמידים בסיום המחקר			מספר מורים	שיטת החקר לביצוע הפרויקט	מצב סוציאקונומי של התלמידים	הגדרת בית הספר
בנות	בנים	כללי				
16	4	20	1	פתוח (ביודע)	בינוני	עיוני
19	9	28	1	פתוח (ביודע)	גבוה	עיוני
15	9	24	1	פתוח (ביודע)	בינוני	עיוני
17	8	25	1	פתוח (ביודע)	נמוך - בינוני	עיוני
9	13	22	1	פתוח (ביודע)	בינוני	עיוני
12		12	1	פתוח (ביודע)	גבוה	עיוני דתי
12	5	17	1	פתוח (ביודע)	בינוני	עיוני
5	9	14	1	פתוח (ביודע)	גבוה	עיוני
9	9	18	1	מונחה (ביוטופ)	בינוני	עיוני
15	8	23	שתי כיתות			
10	7	17	2	מונחה (ביוטופ)	בינוני	עיוני
12	12	24				
20	17	37	1	מונחה (ביוטופ)	גבוה	עיוני
14		14	1	מונחה (ביוטופ)	בינוני	עיוני דתי
185	110	295	13			12 סה"כ

2.2 כלים

במחקר זה נעשה שימוש בשאלונים, בראיונות ובניתוח פרויקטי החקר של התלמידים. בתחילה יוצגו השאלונים בהם נעשה שימוש במחקר, לאחר מכן יוצג תיאור הראיונות וניתוחם ולבסוף יוצג תיאור המדדים האינטגרטיביים שנבנו ממכלול כלים, והתבססו על השאלונים והראיונות. להלן פירוט הכלים לאיסוף ולניתוח הנתונים:

שאלונים

- 2.2.1 "רב מבחן" – מבחן לבדיקת מיומנויות חקר בסיסיות.
- 2.2.2 שאלון עמדות לאפיון פרויקט החקר של התלמיד, על-ידי התלמיד.
- 2.2.3 שאלון עמדות כלפי המדע, המדען ועבודתו, שיטתיות ודינאמיות בתהליך החקר.
- 2.2.4 שאלון בנושא מיומנויות חקר דינאמיות.

ראיונות

- 2.2.5 ראיון תלמידים.
- 2.2.6 ראיון מורים.

מדדים אינטגרטיביים לניתוח הנתונים

- 2.2.7 כלי הערכה לרמת מיומנויות החקר הדינאמיות בקרב התלמידים.
- 2.2.8 כלי לניתוח והערכה של טיפוס ידע בקרב התלמידים.
- 2.2.9 כלי לאפיון ביצועים בפרויקט החקר של תלמידי "ביודע", בגישת חקר פתוח.

להלן פירוט השאלונים:

2.2.1 "רב מבחן" בנושא מיומנויות חקר בסיסיות

מטרת המבחן הינה לבדוק את יכולתם של התלמידים להתמודד עם בעיית חקר בביולוגיה המבוססת על מיומנויות חקר בסיסיות, ראשית בתחילת כתיב "א ובהמשך בכתה י"ב. ה"רב מבחן" מורכב משני חלקים, בכל חלק – שאלון המתבסס על בעיית חקר שהוצגה לתלמיד. השאלון הראשון של "רב המבחן" היה קצר יותר מבין שני החלקים וניתן לתלמידים בתחילת כתיב "א. השאלון השני, ארוך יותר והכיל את אותן מיומנויות החקר הבסיסיות של החלק הראשון ומיומנויות חקר בסיסיות נוספות, ניתן כחודש לאחר החלק הראשון. "רב מבחן" נוסף ניתן לתלמידים לקראת סיום לימודיהם בכתה י"ב. החלק הקצר ראשון, והחלק הארוך, שני, כשבועיים לאחר החלק הראשון. לכל חלק (שאלון) ב"רב מבחן" שתי גרסאות: גרסה אחת שימשה למבחן המקדים בכתה י"א וגרסה שנייה למבחן הפוסט בכתה י"ב.

"רב המבחן" חולק לשני שאלונים מכמה טעמים:

א. בתחילת י"א התלמידים עדיין לא התמודדו עם תרגילי חקר המבוססים על מיומנויות חקר בסיסיות וכדי למנוע תסכול בקרב תלמידים שהישגיהם לא היו טובים ניתנו שני החלקים בהפרש זמן קצר. דבר זה אפשר לתלמידים לשפר הישגיהם ולו במעט, בטווח זמן קצר בין שני חלקי ה"רב מבחן".

- ב. בכדי לא להסתפק בשאלה אחת לגבי רוב מיומנויות החקר שנבדקו, נשאל התלמיד פעמיים לגבי חלק מהמיומנויות. על-מנת למנוע חזרה על המיומנות באותו מבחן, חולק המבחן לשני שאלונים שונים, שעוסקים בבעיות חקר שונות, אך מבוססים על אותן מיומנויות חקר.
- ג. במטרה להקל על המורים שהיו צריכים לשלב את המבחן במהלך הלימודים השוטף. קל יותר לשלב מבחן בשני חלקים במהלך השוטף של ההוראה, מאשר את שני החלקים יחדיו.

הציון הסופי של "רב המבחן", המשקף את הישגי התלמידים, חושב לפי חלקם היחסי של השאלונים: 40% לשאלון הקצר ו- 60% לשאלון הארוך. ההבדל במשקל השאלונים נובע מאורך השאלון, קושי השאלון ומגוון מיומנויות החקר שבו. פירוט לגבי השאלונים נמצא בסעיפים הבאים, 2.2.1.1 ו- 2.2.1.2.

2.2.1.1 שאלון חקר בסיסי קצר

מטרת השאלון: לבדוק את יכולת התלמידים להתמודד עם בעיית חקר בביולוגיה, בדגש על מיומנויות החקר הבסיסיות. השאלון חובר בתש"ס, על-ידי צוות מחקר הפעולה של ציון מיכל (Zion et al., 2004b) והתבסס על הקטגוריות המפורטות במכשיר להערכת מבחני חקר, של תמיר ושותפיו (תמיר, Tamir, Nussinovitz & Friedler, 1982; 1989).

כל שאלון כלל שני תתי-חלקים שכללו יחדיו 17 פריטים הבודקים מיומנויות חקר בסיסיות של התלמידים.

תת-חלק א: תת החלק הראשון כלל קטע קצר בו הוצגה לתלמיד בעיה ביולוגית בצורת מחקר בזעיר אנפין ותוצאותיו. התלמיד נדרש לענות על עשר שאלות, בהן היה צריך לזהות את הבעיה ומרכיבי החקר הקשורים בה, לנתח את תוצאות הניסוי ולהסיק מסקנה תקפה הקשורה בבעיה (ראו טבלה 3).

תת-חלק ב: בתת החלק השני היה על התלמיד לתכנן ניסוי המשך, הבודק היבט כלשהו הקשור לבעיה בה עסק בחלק הראשון. התלמיד התבקש לנסח שאלת חקר חדשה תוך התייחסות לניסוח השאלה, ניסוח ההשערה, התייחסות למשתנים (בלתי תלוי ותלוי), קביעת בקרה, התייחסות לגורמים קבועים ולתוצאות אפשריות התומכות בהשערה. חלק זה כלל 7 פריטים (ראו טבלה 4).

כזכור, עקב העובדה שבמחקר נערכו שתי מדידות (בתחילת כיתה י"א ובכיתה י"ב) חוברו שתי גרסאות לשאלון. באחת התוכן עסק בהתפתחות גוזלים - "הגוזל הנגזל", ובשנייה בתלמידים צמאים - "למידה מתוקה" (ראו נספחים 1 ו-2). בטבלה 4 מוצגות המיומנויות לגביהן התייחסו השאלות השונות וכן מספרי השאלות בהתאם לכל מיומנות שנבדקה.

טבלה 4 : מיומנויות חקר בסיסיות והפריטים בשאלון (הקצר) הבודקים אותן

מספר פריט בשאלון	מיומנות	חלק בשאלון
1	זיהוי בעיה מדעית	א
2	זיהוי השערה	
3	זיהוי מידע רלוונטי לפתרון בעיות	
	זיהוי מרכיבי ניסוי :	
4	משתנה בלתי תלוי	
5	משתנה תלוי	
6	שיטת מדידה	
7	חזרות	
8	בקרה	
9	תיאור תוצאות ניסוי	
10	הסקת מסקנות תקפות מנתונים ותוצאות ניסוי	
11	ניסוח שאלת חקר חדשה	ב
12	ניסוח השערה	
	הגדרת מרכיבי ניסוי :	
13	משתנה בלתי תלוי	
14	משתנה תלוי	
15	בקרה	
16	זיהוי גורמים קבועים	
17	חשיבה היפותטית בהקשר לתוצאות ניסוי	

בדיקת תקפות ההתאמה בין הפריטים השונים בשאלון לבין המיומנויות הנבדקות, נעשתה על-ידי שש שופטות שנתבקשו לענות על השאלה: על איזו מיומנות חקר עונה כל שאלה בשאלון. נמצאה הסכמה מלאה לגבי פריטי השאלונים. השופטות, כולן מורות לביולוגיה בחטיבה העליונה, בעלות ותק העולה על שבע שנים ובעלות ניסיון בהגשת תלמידים לבחינות הבגרות.

כדי לבדוק האם שתי הגרסאות תואמות מבחינת רמת הקושי שלהן ניתנו שאלונים משתי הגרסאות לשתי כיתות י"א (55 תלמידים), שלא השתתפו במחקר זה, בשנה הקודמת לתחילת המחקר. התלמידים בכיתות אלו למדו ביולוגיה ברמה מוגברת, בדומה לכיתות שהשתתפו במחקר, אצל אחת מהמורות שכתתה השתתפה לאחר מכן במחקר זה. מחצית מהתלמידים קבלו את הגרסה הראשונה והמחצית השנייה את הגרסה השנייה. התוצאות שהתקבלו לימדו שלא נמצאו הבדלים מובהקים בהישגי התלמידים בגרסאות השונות, מכאן שרמת הקושי של הגרסאות הינה דומה. ממוצעים, סטיות תקן והשוואה סטטיסטית בין שתי המחציות, מפורטים בטבלה 37 בעמוד 186 (נספח 22).

בדיקת המבחנים נעשתה על-פי מחוון מפורט שעבר בדיקה על-ידי שלוש שופטות שהן מורות ותיקות לביולוגיה, שתיים מהן מעריכות מבחני בגרות מטעם משרד החינוך. המורות קיבלו את המחוון, העירו הערות ונערך דיון לגבי תשובות בהן לא הייתה הסכמה מלאה, בעקבותיו גובש המחוון ששימש לעבודת מחקר זו.

ניתוח התשובות של הנבדקים נעשה על-ידי שתי שופטות, שתיהן מעריכות ותיקות הבודקות בחינות בגרות בבילוגיה, אחת מהן משמשת כמעריכה בכירה בבילוגיה מטעם משרד החינוך. נבדקה המהימנות בין שתי השופטות לגבי 30 שאלונים. ההפרשים בין הבודקות לגבי כל שאלון היו קטנים מ- 3 נקודות בציון הכללי של השאלונים ולכן המשיכה אחת הבודקות במלאכת הבדיקה, באופן עצמאי. תשובה נכונה לכל פריט במבחן זיכתה ב- 5 נקודות, פריט לפריטים 4, 7 ו- 8 בהם היה צורך גם לנמק, והם זיכו ב- 10 נקודות כל פריט. טווח הציון לכל המבחן נע בין 0 – 100.

2.2.1.2 שאלון חקר בסיסי ארוך

מטרת השאלון הייתה לבדוק התמודדות של תלמיד עם קטע מחקרי לא מוכר (Unseen) תוך התמודדות עם מיומנויות חקר בסיסיות.

השאלון פותח על-ידי כותבת עבודת מחקר זו, בשנת 1999, במסגרת הערכת "פרויקט 22" על-ידי דורי וצוותה, מהטכניון (דורי, ברנע וקברמן, 1999). כמו כן הוא התבסס על הקטגוריות המפורטות במכשיר להערכת מבחני חקר של תמיר ושותפיו (תמיר, 1989; Tamir et al., 1982).

השאלון כלל קטע קצר בו הוצגה בעיה מדעית, מחקר בזעיר אנפין ותוצאותיו, כשבין לבין משולבות שאלות המתייחסות למרכיבים שונים של חקר – איתור שאלת החקר בקטע; ניסוח השערה; ניסוח בסיס ביולוגיה מתאים להשערה; איתור משתנים (בלתי תלוי ותלוי); התייחסות לגורמים קבועים; בקרה; חזרות וריבוי פריטים; הבחנה בין תוצאות למסקנות; קישור לידע קודם; הסקת מסקנות מגרף; ניסוח שאלת חקר חדשה. בשאלון נכללו 17 פריטים. פירוט המיומנויות ורשימת הפריטים הבודקים כל מיומנות על-פי ניתוח תוכן, מפורט בטבלה 5.

גם בחלק זה, עקב העובדה שבמחקר נערכו שתי מדידות, חוברו שתי גרסאות לשאלון. באחת התוכן עסק ביעילות מקדמי הגנה - "מקדמי ההגנה ואנחנו", ובשנייה ביחסי גומלין - "יחסי הגומלין בין הפטרייה לאורן" (ראו נספחים 3 ו-4).

טבלה 5 : מיומנויות חקר בסיסיות והפריטים בשאלון (הארוך) הבודקים אותן

מיומנות	מספר פריט בשאלון
זיהוי בעיה מדעית	2, 9
ניסוח השערה	3 א
זיהוי בסיס ביולוגי להשערה	3 ב
זיהוי מרכיבי ניסוי :	
משתנה בלתי תלוי	10
משתנה תלוי	11
חזרות, ריבוי פריטים	7 א + ב, 16
בקרה	5, 6, 8
גורמים קבועים	1, 12
הסקת מסקנות תקפות מנתונים ותוצאות ניסוי	4, 14
ניסוח שאלת חקר חדשה	17
ביצוע אינטרפולציה מגרף	13
חשיבה ביקורתית המתייחסת לממצאים	15

הניקוד ניתן לכל שאלה על-פי מחוון שהתבסס על המחוון שבמחקר של דורי ושותפותיה (1999) והורחב לצורך עבודת מחקר זו.

לקראת המחקר של פרויקט 22 עברו השאלונים והמחוונים שני סבבים של תיקון מומחים. המומחים היו מדריכות מקצועיות בפרויקט 22 ומורות מנחות בעלות תואר שני. מפקחת המקצוע בדקה אף היא את המחוון. במסגרת המחקר של הטכניון, בשנת 1999, הועברו השאלונים בקרב 150 תלמידים. לא נמצא הבדל מובהק ברמת הקושי בין שני השאלונים (דורי ושות', 1999).

לקראת מחקר זה, שש שופטות בדקו את המיומנויות הנבדקות בשאלונים ונמצאה הסכמה לגבי רוב הפריטים (100%) למעט שלושה סעיפים: 4, 8, 14 – בהם נמצאה הסכמה של חמש שופטות (84%). בדיקת המבחנים נעשתה על-פי מחוון מפורט, שעבר בדיקה על-ידי שתי שופטות.

ניתוח התשובות של הנבדקים נעשה, בדומה לשאלון החקר הקצר, על-ידי אותן שתי שופטות. גם הפעם נבדקה המהימנות בין שתי השופטות לגבי 30 שאלונים. ההפרשים בין הבודקות לגבי כל שאלון היו קטנים מ-5 נקודות בציון הכללי של השאלונים ולכן המשיכה אחת הבודקות במלאכת הבדיקה, באופן עצמאי.

תשובה נכונה לכל פריט במבחן מזכה ב-5 נקודות, בפריטים 3, 7, ו-14 ישנם שני תתי סעיפים, כל אחד מזכה ב-5 נקודות. טווח ציון לכל המבחן נע בין 0 – 100.

2.2.2 שאלון עמדות לאפיון פרויקט החקר על-ידי התלמידים

לקראת סיום כתיבת "ב", נתבקשו התלמידים לענות על שאלון עמדות לאפיון פרויקט החקר שביצעו, תוך התייחסות להיבטים קוגניטיביים ורגשיים.

השאלון הכיל שלושה חלקים, בכל חלק סוג שאלות שונה: בחלק הראשון היגדים, בחלק השני שאלות בהן יש לבחור תשובה מתאימה מבין מספר תשובות אפשריות ובחלק השלישי שאלות "פתוחות" בהן יכול היה התלמיד לענות בכתב, באופן חופשי על השאלות שנשאל.

השאלון, על שלושת חלקיו, מופיע כנספח 5.

להלן פירוט לגבי כל אחד מחלקי השאלון:

2.2.2.1 חלק א

חלק זה כלל 17 היגדים המתייחסים להיבטים שונים הקשורים לפרויקט החקר: תרומת ביצוע פרויקט החקר לתלמיד, השקעת הזמן בפרויקט, היבטים דינאמיים ותיעוד במהלך ביצוע פרויקט החקר. התלמידים התבקשו לחוות דעתם לגבי מידת הסכמתם לנאמר בהיגדים השונים, על-פי סולם ליקרט (Likert) (Taylor, Curtice, & Heath, 1995). התלמידים נתבקשו להעריך כל פריט על-פי סולם בין חמש דרגות מ-1 "בכלל לא" ועד 5 "מסכים במידה רבה". דוגמה להיגד: "השקעתי זמן רב בכתיבת הדיון".

לאחר העברת השאלון התברר שכמחצית מהנבדקים לא התייחס לשאלה 8 ולכן השאלה הוצאה מהמשך ניתוח הממצאים.

במטרה לבדוק האם ניתן לחלק את הפריטים לעולמות תוכן, נעשה ניתוח גורמים מסוג Principal Component Analysis. בתחילה נמצאו בניתוח זה ארבעה גורמים, אולם בשניים מפריטי השאלון (היגדים 2 ו-3) נמצאה טעינות נמוכה מ-0.40 על הגורמים השונים ולכן הוחלט להוציא שני פריטים אלו

ולבצע ניתוח גורמים מחודש. בניתוח המחודש נמצאו גם כן ארבעה גורמים המסבירים 59.61% . טעינות הפריטים על הגורמים השונים מוצגת בטבלה 6.

טבלה 6 : טעינות פריטי השאלון "אפיון פרויקט החקר" על ארבעת הגורמים

הפריט	גורמים			
	1	2	3	4
<u>תרומת פרויקט החקר לתלמיד</u>				
15. הנאה מביצוע פרויקט החקר	0.84	0.16	0.13	-0.02
16. עניין ואתגר בביצוע פרויקט החקר	0.82	0.12	0.13	0.11
6. תחושה של "מדען"	0.76	0.12	0.02	0.04
17. סיוע בהתמודדות עם קטעי מחקר	0.66	-0.01	0.05	0.04
5. המעבדות תרמו לביצוע החקר	0.65	0.07	-0.15	0.04
7. תחושה שהפרויקט טכני בעיקרו	-0.45	0.09	-0.12	0.12
<u>השקעת זמן בביצוע פרויקט החקר</u>				
13. השקעת זמן בארגון הנתונים	0.01	0.83	0.13	0.08
14. השקעת זמן בכתיבה	0.12	0.79	0.15	0.10
12. השקעת זמן בביצוע מעשי	0.09	0.74	0.07	-0.07
<u>תיעוד</u>				
10. חשיבות יומן העבודה	0.09	0.14	0.90	0.03
9. רישום ביומן העבודה	0.11	0.24	0.85	-0.01
<u>דינאמיות בתהליך החקר</u>				
11. מספר השינויים במשך הביצוע	-0.10	0.11	0.17	0.75
4. התקלות בתוצאות לא צפויות	0.16	-0.05	0.06	0.65
1. שינוי שאלות החקר בפרויקט	-0.03	0.06	-0.32	0.65

בגורם הראשון ששה פריטים. לכל הפריטים טעינות חיובית, פרט לטעינות של פריט מספר 7. התוכן המשותף לפריטים אלו הוא הערכת התרומה של החקר על-ידי התלמידים, תרומה המתבטאת בתחושה כמו סיפוק ותחושה שפרויקט החקר סייע להשגת ציונים גבוהים יותר במבחנים בבילוגיה. לצורך בניית מדד על-פי גורם זה, נעשתה הפיכת הסולם בפריט 7 ולאחריה חושבו ממוצעי הערכות התלמידים בששת הפריטים המשתייכים לגורם זה, כך שטווח הציונים נע בין 1 ל- 5, ככל שהציון שניתן היה גבוה יותר, משמע שהתלמידים מעריכים יותר את התרומה של פרויקט החקר. טווח הציונים הנ"ל מתייחס גם לגורמים הנוספים.

בגורם השני שלושה פריטים ולכל הפריטים טעינות חיובית. התוכן המשותף לפריטים אלו הוא הערכת התלמידים לגבי משך הזמן שהשקיעו בפרויקט החקר.

בגורם השלישי שני פריטים ושניהם בעלי טעינות חיובית. התוכן המשותף לפריטים אלו הוא תיעוד במהלך ביצוע פרויקט החקר – ביצוע התיעוד וחשיבותו.

בגורם הרביעי שלושה פריטים ולכל הפריטים טעינות חיובית. התוכן המשותף לפריטים אלו קשור בדינאמיות שבמהלך ביצוע החקר- עד כמה נחשפו התלמידים לשינויים במהלך פרויקט החקר.

בבדיקת העקביות הפנימית של הגורמים נעשה ניתוח על-פי α Cronbach.

בניתוח זה נמצאה עקביות פנימית טובה $\alpha = 0.81$ בגורם הראשון – תרומת החקר לתלמיד, ו- $\alpha = 0.80$ בגורם השלישי – תיעוד. עקביות פנימית סבירה נמצאה גם בגורם השני – השקעת זמן בפרויקט החקר $\alpha = 0.71$ ואילו בגורם הרביעי – דינאמיות, נמצאה עקביות פנימית נמוכה $\alpha = 0.47$.

2.2.2.2 חלק ב

בחלק זה ארבע שאלות (שאלות מספר 16 – 19 בנספח 5), לכל שאלה מספר תשובות אפשריות. התלמיד צריך היה להקיף את התשובה המתאימה לו מבין האפשרויות הנתונות (Forced choice).

בכל אחת מהשאלות מספר התשובות האפשריות היה שונה, בהתאם לנושא השאלה.

השאלה הראשונה התייחסה להשערות התלמיד בפרויקט החקר והתשובות האפשריות היו שתיים: "צודק" או "לא צודק" לגבי השערותיו.

השאלה השנייה התייחסה להשקעת הזמן של התלמיד בשלבים השונים של הפרויקט, באיזה שלב השקיע את מירב זמנו. לשאלה זו שש תשובות אפשריות:

חיפוש נושא / ניסוח שאלות אקולוגיות / תכנון העבודה* / ביצוע העבודה עצמה / עיבוד הנתונים / כתיבת העבודה.

השאלה השלישית התייחסה לחלק הקשה ביותר בפרויקט, לתחושתו של התלמיד, והכילה את אותן שש תשובות אפשריות:

חיפוש נושא / ניסוח שאלות אקולוגיות / תכנון העבודה* / ביצוע העבודה עצמה / עיבוד הנתונים / כתיבת העבודה.

השאלה הרביעית התייחסה לשינויים בעבודה, מי היה היוזם לשינויים. גם לשאלה זו היו שש תשובות אפשריות:

אני / חברי לצוות / המורה / הלבורנטית / בית הגידול / אחר _____

* לגבי כל אחת מהשאלות, נרשמה תשובתו של התלמיד. למרות שהתלמידים נתבקשו לסמן תשובה אחת בכל שאלה, לעיתים סימנו התלמידים שתי תשובות ואפילו יותר. הדבר נלקח בחשבון בניתוח התשובות.

2.2.2.3 חלק ג:

התלמידים נשאלו במה תרם להם ביצוע פרויקט החקר, מה היו משנים ואם יש להם הערות נוספות.
שאלה 20 בשאלון לתלמיד (המצוי כנספח 5):
20. הערות והארות...

- א. במה תרמה לך העבודה?
ב. מה היית משנה לו יכולת להחזיר את הגלגל לאחור?
ג. שונות...

בחלק זה התאפשרה כתיבה חופשית. תשובות התלמידים מוינו לקטגוריות שונות, קטגוריות שאופיינו בביצוע ניתוח תוכן תוך חיפוש מרכיבים בולטים שחוזרים על עצמם (צבר בן-יהושע, 1999).
נמצא דמיון לקטגוריות בחלוקה של ציון (Zion, 2007), חלוקה שהתבססה על היבטים ונושאים שצינו תלמידים ומורים בקבוצות דיון העוסקות בפרויקט חקר בביולוגיה באתר הארצי של מורי הביולוגיה. בהתייחס לסעיף הראשון התשובות מוינו לפי הקטגוריות הבאות:
קטגוריות לתרומה:

ההיבטים הקשורים בתחום הקוגניטיבי: עיבוד נתונים; הסקה וכתיבה; הבנת מהות החקר כולל יכולת לנסח שאלת חקר; ביצוע ניסוי – תכנון ושיטתיות; הבנת תופעה ביולוגית; הכרת שיטות עבודה; ידע בנושא עבודת החקר; התמודדות עם תוצאות לא צפויות והתמודדות עם קטע מחקרי לא מוכר (אנסין) וביצוע מעבדות שאינן קשורות לפרויקט החקר.
היבטים הקשורים לתחום הריגושי: מוטיבציה - רצון לחקור והתמדה; עבודת צוות; תחושת עצמאות; סיפוק/הנאה/עניין/יצירתיות.

בהתייחס לסעיף השני, התשובות לגבי שינויים שהציעו התלמידים, מוינו לפי הקטגוריות הבאות:
שינויים הקשורים במהלך ביצוע פרויקט החקר ושיפור מהימנות החקר: שינויים שיאפשרו שיפור של פרויקט החקר הספציפי שביצעו, כגון שיטות העבודה שבחרו לבדיקת שאלות החקר, האורגניזמים הנחקר, אופן ניסוח שאלות החקר, אופן עיבוד הנתונים, לוח הזמנים, סדר העבודה, היבטים הקשורים במהימנות החקר שביצעו (ביצוע חזרות נוספות, בידוד טוב יותר של משתנים, שמירה על גורמים קבועים, דיוק במדידות וברישום) וכן הרחבה באיסוף ושילוב מידע הקשור לנושא החקר שבחרו (רקע תיאורטי).
שינויים הקשורים לאי שביעות רצון מהמסגרת הכללית של פרויקט החקר: אי שביעות המתייחסת להיבטים כלליים שאינם נוגעים לעבודת החקר עצמה, כגון שינוי נושא, שינוי השותפים לעבודת החקר ואפילו שינוי בבחירת מקצוע הלימוד כולו.
שינויים הקשורים בביקורת עצמית על ההתנהלות האישית. התלמיד העיר לגבי תפקודו במשך ביצוע פרויקט החקר מבחינת מידת שיתוף הפעולה עם שותפיו, יחסו כלפי פרויקט החקר על-פי מידת הרצינות וה"לחץ" הנלווה לביצוע הפרויקט.

לגבי כל אחד מההיבטים שהוזכרו לעיל, נרשם האם הנבדק התייחס או לא התייחס להיבט, כך שלמעשה לכל אחד מההיבטים שתי תשובות אפשריות: "הוזכר" ו"לא הוזכר".
לצורך מהימנות, נבדקה החלוקה להיבטים השונים על-ידי שתי מורות. ההתאמה בין השתיים הייתה גבוהה מ- 90%.

2.2.3 שאלון עמדות כלפי המדע, המדען ועבודתו, שיטתיות ודינאמיות בתהליך החקר.

במטרה לבדוק את עמדות התלמידים כלפי המדע, המדען ועבודתו, שיטתיות ודינאמיות בתהליך החקר נתבקשו התלמידים לענות על שאלון עמדות (נספח 6). שאלון העמדות נבנה ותוקף בעזרת שש מורות. בשאלון 14 היגדים המתייחסים להיבטים שונים הקשורים למדע, למדען ועבודתו ותהליך החקר. ההיגדים נאספו ממספר מחקרים קודמים בהם נשאלו תלמידים לגבי עמדותיהם בהקשרים אלו (קסנר, 1996; Choi & Cho, 2002; Abd-El-Khalick et al., 1998).

התלמידים התבקשו לחוות את דעתם לגבי מידת הסכמתם לנאמר בהיגדים השונים על-פי סולם ליקרט (Likert). התלמיד צריך היה לבחור בין 5 דרגות הסכמה, ממסכים "במידה רבה" (5) ועד "בכלל לא" (1) ולסמן X במקום המתאים.

הגרסא הראשונה של השאלון כללה 29 פריטים. השאלון ניתן לחמש שופטות שנתבקשו לחלק את ההיגדים לפי התכנים הבאים: "שיטתיות" בעבודת החקר, "דינאמיות" במחקר, המדע והמדען. ההסכמה נעה בין 80% עד להסכמה מלאה והתקבלה בהתייחס ל- 20 היגדים. לגבי 20 ההיגדים אלו, נעשה ניתוח גורמים מסוג Principal Component. ניתוח זה נמצא ארבעה גורמים, יחד עם זאת נמצאו ששה פריטים שהטעינות שלהם הייתה נמוכה מ- 0.40 בגורמים השונים. פריטים אלו הורדו ונותרו 14 פריטים.

בניתוח גורמים מחודש נמצאו ארבע גורמים שה- Initial Eigenvalues גדול מ- 1.

ארבעת הגורמים מסבירים 50.20% מהשונות. טעינות הפריטים על ארבעת הגורמים מוצגת בטבלה 7.

טבלה 7 : טעינות פריטי שאלון העמדות על ארבעת הגורמים

מספר	גורמים				
הפריט	היגד	1	2	3	4
<u>שיטתיות</u>					
25	לפני ביצוע חשוב להבין את הרקע העיוני	0.75	- 0.11	- 0.19	0.18
29	סדר פעולות יסייעו בהתקדמות המדעית	0.71	- 0.00	0.06	0.10
20	מדע מבוסס על עקרונות וחוקים	0.69	0.07	0.24	0.05
21	בעזרת המדע רוכשים ידע	0.59	0.06	0.46	- 0.01
<u>דינאמיות במחקר</u>					
26	* תוצאות לא צפויות נובעות מכשלים טכניים	- 0.02	0.74	0.11	- 0.05
24	* תכנון מראש ימנע תוצאות לא צפויות	- 0.03	0.74	0.07	0.04
27	* תוצאות לא צפויות יעכבו התקדמות	0.05	0.72	- 0.09	- 0.14
<u>מדע</u>					
7	שיפור איכות החיים	- 0.02	0.03	0.66	0.04
11	מחקר מדעי קשור לתופעות בחיי היום יום	0.13	- 0.19	0.62	0.21
10	בעזרת המדע ניתן להסביר כל תופעה	0.11	0.26	0.57	- 0.01
<u>מדען</u>					
13	מחקר הנעשה ע"י קבוצת חוקרים פורה יותר	0.00	0.15	- 0.06	0.72
18	מדען חייב להיות סקרן	0.01	- 0.49	0.21	0.67
9	ראש "פתוח" מאפשר התקדמות מדעית	0.24	- 0.23	- 0.07	0.58
12	עבודת המדען מעניינת	0.19	- 0.17	0.23	0.42

כפי שנראה בטבלה, בגורם הראשון 4 פריטים שטעינותם גבוהה מ- 0.5. התוכן המשותף לפריטים אלו הוא ההתייחסות לשיטתיות בעבודת מחקר.

בגורם השני נמצאה טעינות גבוהה מ- 0.5 לשלושה פריטים שהגורם המשותף להם הוא דינאמיות במהלך מחקר.

בגורם השלישי נמצאו שלושה פריטים, גם הם בעלי טעינות הגבוהה מ- 0.5, כאשר המשותף להם היחס למדע.

בגורם הרביעי נמצאו ארבעה פריטים, כאשר לשלושה מהם טעינות גבוהה מ- 0.5 ואילו לרביעי טעינות נמוכה יותר – 0.42. המכנה המשותף לפריטים אלו הוא היחס למדען.

מהשאלון הופקו ארבעה מדדים באמצעות חישוב הממוצע של הערכות הפריטים בכל אחד מהגורמים שהתקבלו. יש לציין שהיגדים מספר 24*, 26*, 27* שנוסחו באופן שלילי עברו היפוך לצורך העיבוד הסטטיסטי. כמו-כן, לצורך סטנדרטיזציה נעשתה טרנספורמציה של הנתונים לאחוזים כך שטווח הציונים האפשרי הוא מ- 0% ועד 100%.

2.2.4 שאלון בנושא מיומנויות חקר דינאמיות

מטרת השאלון לבדוק התמודדות של התלמיד עם בעיית חקר בביולוגיה המבוססת על מיומנויות חקר דינאמיות.

השאלון פותח לצורך עבודת מחקר זו ונקרא "עם ישראל חי".

בשאלון זה הוצגה לתלמידים בעיית חקר, בדומה לבעיות חקר שניתן לבצע בשיעורי המעבדה. בנוסף למיומנויות חקר בסיסיות שולבו שאלות העוסקות במיומנויות חקר דינאמיות על-פי הקריטריונים במחקרה ציון ושותפיה (Zion et al., 2004a, 2004b): זיהוי שינויים המתרחשים במהלך המחקר המוצג בשאלון, זיהוי מרכיבים של למידה תהליכית, הבנה פרוצדורלית והתייחסות אפקטיבית לאירוע המוצג בשאלון (ראו נספח 7). השאלון הכיל 14 פריטים כמפורט בטבלה 8.

השאלון ניתן לחמש שופטות, כולן מורות ותיקות לביולוגיה, שנתבקשו להתאים בין הפריטים השונים בשאלון לבין המיומנויות הנבדקות בקריטריונים השונים, המפורטים בטבלה 8. נמצאה הסכמה מלאה לגבי פריטי השאלונים, פרט לפריטים 9 ו-13 (80%).

טבלה 8: מיומנויות חקר דינאמיות והפריטים בשאלון "עם ישראל חי" הבודקים אותן

קריטריון נבדק	מספר הפריט בשאלון
שינויים המתרחשים במהלך החקר	1,4
למידה תהליכית	6,7,11,12,13
הבנה פרוצדורלית של התהליך	2,3
היבטים אפקטיביים	5,8,9,10,14

המחווך כלל שלוש רמות התייחסות, המעידות עד כמה התלמיד הפנים/השתמש/מבין את מיומנויות החקר הדינאמיות בכל קריטריון שנבדק. רמות ההתייחסות נעות בין 1 – 3, לכל קריטריון, בדומה למפורט בטבלה 9 בהמשך, בעמוד 43.

בדיקת המבחנים נעשתה על-פי מחווך שעבר בדיקה ע"י שתי שופטות שהן מורות ותיקות לביולוגיה ומעריכות בחינות בגרות. ניתוח התשובות של הנבדקים נעשה על-ידי שתי שופטות, שתיהן מעריכות ותיקות הבודקות בחינות בגרות בביולוגיה.

השופטות הגיעו להסכמה של 87%. כאשר לא הייתה הסכמה – דנו בהבדל והגיעו להסכמה. הערך לאחר הדיון בין השתיים, הוא זה שנרשם לתלמיד. במקרים בודדים נערכה פנייה למורה שלישית (גם היא מורה ותיקה לביולוגיה ומעריכה בחינות בגרות) שסייעה להגיע להסכמה.

על שאלון זה ענו רק חלק מהתלמידים שהשתתפו במחקר (41 תלמידים מקבוצת החקר הפתוח ו-32 תלמידים מקבוצת החקר המונחה), בגלל קשיים של המורים לשלב את השאלון, בעיתוי מתאים בהוראה השוטפת, בעת מרוץ ההכנות לבחינת הבגרות.

מכיוון שלא כל התלמידים ענו על שאלון זה, לא נערך סיכום כולל של הישגי התלמידים בשאלון. כל שאלה נבדקה בנפרד ונקבעה רמת התייחסות מקריטריוני החקר הדינאמי. הממצאים משאלון זה סייעו לכימות רמת מיומנויות החקר הדינאמיות בקרב 50 תלמידים משתי קבוצות המחקר, כפי שמפורט בטבלה 9, בעמוד 45.

להלן פירוט לגבי הראיונות :

ראיונות

מטרת הראיון להשיג מידע על נושאים והיבטים שאי אפשר להשיג מבדיקת שאלונים, מבחנים ועבודות חקר של התלמידים. למשל, באמצעות הראיונות ניתן להבחין בידע סמוי (לא מבוטא) והאתגר של החוקר הוא להפוך ידע זה לידע גלוי (שקדי, 2003).

כל הראיונות היו מובנים למחצה. בהתאם לתשובות המרואיינים לשאלות המוכנות מראש נשאלו שאלות נוספות. השאלות המוכנות מראש היו למעשה מעין ראיון פורמאלי, שלעיתים הינו הכרחי על-מנת להבטיח את האחידות של נושאי הראיון (שקדי, 2003).

2.2.5 ראיונות תלמידים

בראיונות אלו נשאלו התלמידים לגבי פרויקט החקר שלהם, בתחילת פרויקט החקר ובסופו. מטרת הראיונות הייתה להשיג מידע לאבחון מיומנויות חקר דינאמיות שרוכשים התלמידים במהלך עבודת החקר שלהם, טיפוסי הידע המתפתחים בקרבם בכל הקשור לביצוע פרויקט החקר שלהם וכן מידע לגבי שינויים שערכו במשך פרויקט החקר.

החיסרון בביצוע ראיון הוא ההשפעה האפשרית של המראיין, בתגובותיו, על תשובות המרואיין (Patton, 1990) שכן ראיון, בנוסף להיותו כלי לאיסוף מידע, הוא גם תהליך בו נוצרת מציאות ששני השותפים לראיון עשויים לתרום לה ולהיות מושפעים מהנאמר במידה זו או אחרת (Woods, 1996) וחשוב היה לי לשמוע את התלמיד מבלי להשפיע עליו.

בנוסף להשפעה אפשרית בעצם קיום הראיון עצמו, קיים חשש (טבעי) של חלק מהמרואיינים להתבטא באופן חופשי, בכל הקשור לנושאים הקשורים בציונים, בבחינות הבגרות ובפרויקט החקר, שכן הם קשורים באופן ישיר ועקיף למורה הכתה. במקביל לחששות, יש לפתח יחסי אמון עם המרואיין (שקדי, 2003) ומפגשים לא פורמליים עשויים להגביר את האמון, בייחוד אם הם צמודים לתצפית משתתפת (צבר בן-יהושע, 1999). לכן הצטרפתי לעיתים לשיעורים מעשיים (מעבדה, עיסוק בפרויקט החקר של התלמידים), במטרה להכיר את התלמידים עוד לפני הראיון. בנוסף, על-מנת ליצור אווירה אינטימית יותר תוך יצירת מערכת של אמון, למרות החשיבות הגדולה בהקלטת הראיונות (שקדי, 2003) לא כל הראיונות הוקלטו, בהתאם לבחירת התלמיד. רישומי שדה שכללו הערות והארות נרשמו מייד בסיום הראיון, כדי שלא יאבדו (צבר בן-יהושע, 1999).

השאלות התייחסו לשאלות ידע מטיפוסים שונים (ידע דקלרטיבי, ידע פרוצדורלי, ידע קונספטואלי וידע לוגי) וניסו לאתר מיומנויות חקר דינאמיות.

בעמוד הבא פירוט השאלות שהיוו שלד לראיון, כאשר שאלות 1 – 8 נשאלו גם בתחילת פרויקט החקר של התלמיד, בכתה י"א וגם בסופו של פרויקט החקר, בכתה י"ב. שאלות 9 – 10 נשאלו רק בסיום פרויקט החקר והחובות הכרוכים בו.

שאלות הריאיון :

1. מה ידוע לך על האורגניזם העיקרי שבחרת בפרויקט החקר :
 - א. סיסטמטיקה.
 - ב. תכונות מאפיינות.
 - ג. אורגניזם "קרוב" מבחינה סיסטמטית ו/או תכונות/התאמות.
2. א. מה התופעה הנחקרת/אפיון בית הגידול בפרויקט?
 - ב. ציין מושגים מדעיים נוספים הקשורים לעבודתך, היכן למדת עליהם : בשיעורי הביולוגיה או במסגרת עבודת החקר (בידע/ביוטופ)?
3. לגבי מושג ביולוגי שהוזכר בסעיף 2, - מה משמעותו? מה הגורמים שמשפיעים עליו...
 4. א. מהי תצפית, מהו ניסוי, במה אתה "משתמש" יותר בעבודתך?
 - ב. אילו שלבים בצעת עד כה בעבודת החקר שלך, ומה היה סדר הביצוע שלהם?
5. האם יש צורך להשתמש בעיבודים סטטיסטיים בסיכום עבודתך? מדוע?

8 – 6:

שאלות 6 – 8 הן למעשה שאלון לאיתור טיפוס ידע. לשאלון חוברו שתי גרסאות- האחת עסקה בגידול תפוחי אדמה והשנייה בגידול דגים. התלמיד ענה על גרסא אחת בכתה י"א ועל הגרסא השנייה בכתה י"ב. שתי הגרסאות של השאלון נבדקו בקרב 55 תלמידים שלא השתתפו במחקר (כמפורט בעמוד 31), ולא נמצא הבדל משמעותי ברמת הקושי בין שתי הגרסאות. פירוט ממוצע הציונים, סטיות תקן והשוואה סטטיסטית מצוי בטבלה 37, בעמוד 186 (נספח 22).

חלק מהתלמידים ענו על השאלון בכתה, במסגרת עבודת כיתה וחלק מהתלמידים ענו על השאלון במשך הראיון, בהתאם לתנאים שהתאפשרו בכל כיתה וכתה.

מקור השאלון בעבודת הדוקטורט של דביר (2000) והוא עבר שינוי קל כדי להתאימו לכיתות המחקר. כל אחד מהשאלונים כלל חמישה סעיפים המשתייכים לטיפוסי ידע שונים :

ידע פרוצדורלי – שאלה המתייחסת לסדר שלבים במהלך החקר.

ידע קונספטואלי – שאלה המתייחסת לפרוש תוצאות.

ידע לוגי – שאלות העוסקות בזיהוי גורמים נבדקים, חיזוי בעקבות הסקת מסקנות והיכולת להבחין בין תוצאה למסקנה.

השאלון המלא מופיע כנספח 8 (גרסה א – תפוחי אדמה) וכנספח 9 (גרסה ב – דגים).

- כזכור, שאלות 9-10 נשאלו רק בסיום פרויקט החקר. השאלות היו כדלהלן :
9. כיצד עזרה לך עבודת החקר להבין את התופעה שזיהית/ את הנושא / את מאפייני בית הגידול?
 10. א. כיצד הבדיקות והניסויים שעשית מסייעים להבין את התופעה/ לאפיין את בית הגידול?
 - ב. כיצד היית ממשיך את פרויקט החקר? מדוע?
 - ג. האם קבלת תוצאה מפתיעה, שלא תאמה את השערתך/ציפיותך? מהי?
- במידה וכן - כיצד התמודדת עם תוצאות אלו?

במטרה לכמת את רמת הביטוי של מיומנויות החקר הדינאמיות בתשובות התלמידים נעזרנו בארבעת הקריטריונים של החקר הדינאמי (ראו עמוד 8) ורמת הידע, על טיפוס הידע השונים (ראו עמוד 47).

הראיון הראשון נערך כחודש לאחר תחילת פרויקט החקר בכיתות. התלמידים כבר התחילו לעסוק בפועל בנושא שבחרו (בקבוצת החקר הפתוח) או נבחר עבורם (בקבוצת החקר המונחה).

הראיון השני נערך לאחר סיום פרויקט החקר של התלמיד. בראיון זה נעזרה המראיינת בעבודה הכתובה של התלמיד, תוצר פרויקט החקר שבוצע. המראיינת בקשה מהתלמיד שירחיב לגבי נושאים שונים שהוזכרו בעבודה ושמקשרים לסעיפים השונים שעלו בראיון. במידה והייתה אי התאמה בין הכתוב בעבודה לתשובת התלמיד בראיון, הסבה המראיינת את תשומת ליבו של התלמיד לאי ההתאמה וניסתה לגרום לתלמיד להסביר מה מקור אי ההתאמה, במטרה לעמוד על רמת הידע של התלמיד בנוגע לנושא הנ"ל.

תשובות התלמידים בראיונות שימשו לקביעת רמת מיומנויות החקר הדינאמיות ורמת הידע שלהם. במספר מקרים, כאשר השופטות לא הגיעו להכרעה זהה לגבי צינור התלמיד ביחס לרמת מיומנויות החקר הדינאמיות (ואפילו באחד הקריטריונים) ו/או רמת טיפוס הידע, פנתה החוקרת למורה של התלמיד שסייעה בהחלטה.

2.2.6 ראיונות מורים

שני ראיונות מובנים למחצה נערכו עם המורים בתחילת המחקר בכתה י"א ובהמשך, בתחילת כתה י"ב. בראיונות נשאלו המורים לגבי אופן ביצוע פרויקט החקר על-ידי התלמידים ולגבי מידת המעורבות של המורה בהנחיית הפרויקטים. השאלות, אשר היוו שלד לראיון, מופיעות בנספח 12. מטרת הראיונות הייתה לוודא שהמורים ממשיכים ללמד בגישת החקר עליה הצהירו בתחילת כתה י"א.

בנוסף, במספר מקרים, כאשר השופטות התקשו להחליט לגבי צינור רמת מיומנויות החקר הדינאמי ו/או הידע של תלמיד מסוים, המורה של התלמיד נשאלה לגבי אותו תלמיד באופן ספציפי. המורה נתבקשה לחוות דעתה על יכולתו של התלמיד, מעורבותו של התלמיד בפרויקט החקר אותו הוא מבצע, הבנתו את תהליך החקר שבפרויקט ורמת הידע של התלמיד בכל הקשור לפרויקט החקר. ראיונות אלו היו ראיונות לא מובנים, כאשר המראיינת אפשרה למורה להתבטא באופן חופשי, לחוות דעה גם על נושאים שלא קשורים ישירות לתלמיד כמו קשיים שעולים במהלך הנחיית פרויקטי החקר ועוד. המידע שמסרה המורה סייע לשופטות להחליט על הצינור הסופי של אותו תלמיד.

להלן פירוט המדדים האינטגרטיביים לניתוח הנתונים :

2.2.7 הערכה של רמת מיומנויות החקר הדינאמיות בקרב התלמידים

נעזרנו בראיונות, בפרויקטי החקר (העבודה הכתובה), בשאלון "עם ישראל חי" (כמפורט בעמוד 41) ובשאלוני העמדות של התלמידים כדי לאתר הימצאותן של מיומנויות חקר דינאמיות בקרב התלמידים, משתי קבוצות המחקר, ולקבוע את רמתן. מקור המידע לקביעת הרמה לכל אחד מהקריטריונים מפורט בטבלה 9.

טבלה 9 : מקור המידע לקריטריונים של מיומנויות חקר דינאמיות

מספר הפריט	מקור המידע	הקריטריון
1,2,8,11 1,4 1,3,4,6,9,12,17,24,28	ראיון שאלון עמדות לאפיון עבודת החקר שאלון "עם ישראל חי" שאלון עמדות ב"ב פרויקט החקר	1. שינויים המתרחשים במהלך החקר
3,8,9,10,12,13,14,17 6,7,11,12,13 25	ראיון שאלון עמדות לאפיון עבודת החקר שאלון "עם ישראל חי" שאלון עמדות ב"ב פרויקט החקר	2. למידה תהליכית
8,20 2,3 6,15,29	ראיון שאלון עמדות לאפיון עבודת החקר שאלון "עם ישראל חי" שאלון עמדות ב"ב פרויקט החקר	3. הבנה פרוצדורלית של התהליך
4,6,15,16,19,20 5,8,9,10,14 2,8,13,14,17,18,27	ראיון שאלון עמדות לאפיון עבודת החקר שאלון "עם ישראל חי" שאלון עמדות ב"ב פרויקט החקר	4. היבטים אפקטיביים

כפי שניתן לראות בטבלה 9, לחיזוק התוקף החיצוני נעשה שימוש בריבוי כלים, בהתאם ל"שיטת השילוש" (Denzin & Lincoln, 1994), משמע איסוף מידע בעזרת כלים שונים והשוואת הנתונים שנאספו בעזרתם: ראיונות, שאלונים בכתב, פרויקט החקר של התלמידים ושאלון העמדות. לכל תלמיד מולא "דף אישי" ובו פירוט תשובותיו במבחנים ובשאלונים וכל שאמר בראיונות ורלוונטי למיומנויות החקר הדינאמיות, כשעיקר הדגש היה על הריאיון. הנתונים ב"דף האישי" שימשו לקביעת רמת המיומנויות הדינאמיות של התלמיד. לכל קריטריון נבנו שלוש רמות התייחסות, המעידות עד כמה התלמיד מפנים/מבין את מיומנויות החקר הדינאמיות בקריטריון הנבדק. מבחינה פדגוגית, הכלי בו נעשה שימוש מבוסס על הכלי המופיע בעבודת המחקר של אמדור (1998). בטבלה 10 ניתן לראות את פירוט הקריטריונים והרמות, כאשר 1 מציין את הרמה הנמוכה ביותר ואילו 3 את הרמה הגבוהה ביותר של ההבנה, יישום וכדומה, ביחס לתחום המיומנויות הנבדק.

טבלה 10 : כימות מיומנויות חקר דינאמיות אצל תלמידי ביולוגיה (י"ב) שביצעו פרויקט חקר

הרמה הקריטריון	גבוהה (3)	בינונית (2)	נמוכה (1)
1. שינויים המתרחשים במהלך החקר	התייחסות מפורטת לשינויים שהתרחשו, תוך הבחנה בין סיבות שונות ונימוק הסיבה לשינוי וההחלטה לשנות. הבנה מעמיקה לגבי הסיבות לשינוי והצורך לשנות.	התייחסות כללית לשינויים ולסיבות. הבנה לגבי הסיבה לשינוי.	התייחסות לשינויים כעובדות מוגמרות או בשל הנחיית המורה. הבנה שטחית או ביטוי "תלות" במורה.
2. למידה תהליכית	הבנה מעמיקה של מרכיבי הלמידה התהליכית. התייחסות מפורטת לתהליכי למידה ושלבי למידה. הנמקה לגבי חשיבות השלבים ותרומתם לתהליך הלמידה.	התייחסות כללית למרכיבי הלמידה התהליכית. אזכור שלבי למידה וחשיבותם.	התייחסות שטחית בלבד, או חוסר התייחסות, או התייחסות לתפקיד המורה כמדריך.
3. הבנה פרוצדורלית של התהליך	הבנה מעמיקה לגבי ביצוע תהליך החקר. התייחסות עניינית למרכיבי החקר תוך הבאת דוגמאות לרוב המרכיבים. התייחסות ביקורתית למרכיבי הניסוי.	הבנה כללית של תהליך החקר. התייחסות כללית לרוב המרכיבים. התייחסות סמי-ביקורתית.	התייחסות שטחית לתהליך החקר. התעלמות ממרכיבי החקר או התייחסות טכנית ("תלוית מורה").
4. היבטים אפקטיביים	התייחסות מפורטת להיבטים אלו, תוך הבאת דוגמאות רלוונטיות. התייחסות לסיבות לשינוי מצב הרוח/סקרנות/מצב לא צפוי ולתגובות שנובעות מכך.	התייחסות כללית תוך הבאת דוגמאות בודדות ותגובות כלליות.	התייחסות שטחית, נטולת דוגמאות.

לאחר ריכוז המידע לגבי כל תלמיד ותלמיד, הוחלט על-ידי שתי שופטות, כל אחת בנפרד, מהי הרמה הנקבעת לכל תלמיד, בכל קריטריון. הערכים נעים בסולם בן שלוש דרגות (בין 1 – 3) לכל קריטריון. כן נערך סיכום כולל לכל תלמיד, ביחס לארבעת הקריטריונים. סיכום זה מהווה ציון כללי של ארבעת הקריטריונים והוא נע בין ערך מינימלי 4 לערך מקסימלי 12.

השופטות הגיעו להסכמה של 93%. כאשר לא הייתה הסכמה – דנו בהבדל והגיעו להסכמה. הערך לאחר הדיון בין השניים, הוא זה שנרשם לתלמיד. במקרים בודדים נערכה פנייה למורת הכתה וחוות דעתה סייעה להחלטה, בקריטריון המסוים.

2.2.8 ניתוח והערכה של טיפוס ידע, בקרב התלמידים

בדומה לתחום מיומנויות החקר הדינאמיות, גם ביחס לטיפוסי הידע היה צורך להגיע למדדים אינטגרטיביים ונעזרנו במספר כלים כדי לאתר טיפוסי ידע (דקלרטיבי, פרוצדורלי, קונספטואלי ולוגי) ולקבוע את רמתם. קביעת רמת טיפוסי הידע בקרב התלמידים, נעשה פעמיים, בתחילת פרויקט החקר שביצעו התלמידים, ובסופו של פרויקט החקר, בשתי גישות ההנחיה השונות - חקר פתוח וחקר מונחה. לחיזוק התוקף החיצוני נעשה שימוש ב"שיטת השילוש" (Denzin & Lincoln, 1994), נאסף מידע בעזרת ראיונות מובנים למחצה שנערכו בתחילת עבודת החקר ובסופה, תשובות שאלוני הידע ששולבו בראיונות או ניתנו לתלמידים בנפרד (בהתאם לבקשת המורה בכתה) ומניתוח פרויקט החקר של התלמידים. ההתייחסות בניתוח ובהערכה של טיפוסי הידע הייתה לארבעה טיפוסי ידע – ידע דקלרטיבי, ידע פרוצדורלי, ידע קונספטואלי וידע לוגי. בתחילה נבנו שלוש רמות התייחסות המעידות עד כמה התלמיד שולט בכל טיפוס ידע. עם תחילת הראיונות בסיום פרויקט החקר של התלמידים, הסתבר שקשה מאד להבחין בין שלוש הרמות ולכן הוחלט לחלק את הרמות לשתיים: רמה נמוכה ורמה גבוהה. בטבלה 11 מוצגים הפריטים של הראיון בהם נעשה שימוש לניתוח טיפוסי הידע. פירוט טיפוסי הידע והאינדקס לכימות טיפוסי הידע. 1 מציין את רמה נמוכה ואילו 2 מציין רמה גבוהה של ידע ביחס לסוג הידע הנבדק. מספרי הפריטים בטבלה מתייחסים לשאלות שנשאלו בראיונות, כמפורט בעמוד 43.

טבלה 11: אינדקס טיפוסי ידע בקרב התלמידים

ידע דקלרטיבי

מספר פריט	גבוה	נמוך
1 א	מכיר היטב, מפרט מספר דרגות מיון מקובלות.	אינו מכיר או מכיר רמת מיון אחת בלבד.
1 ב	מכיר שלוש (ויותר) תכונות מאפיינות נכונות.	מכיר שתי תכונות מאפיינות נכונות, או פחות.
2 א	מפרט לגבי התופעה/מנגנון/תהליכים- ניכרת הבנה לגבי התופעה.	אינו מכיר את המנגנון/תהליכים בבסיס התופעה.
2 ב	יודע לציין שני מושגים נוספים או יותר ויודע להסביר היטב כיצד הם קשורים לפרויקט החקר שלו.	לא מציין מושגים נוספים או מציין אך אינו יודע להסביר כיצד הם קשורים לפרויקט החקר שלו.
3 חלק א	הגדרה נכונה	הגדרה לקויה או שגויה
4 א	הגדרה נכונה של שני מושגים.	הגדרה לקויה או שגויה לאחד המושגים או לשניהם.

ידע פרוצדורלי

מספר פריט	גבוה	נמוך
4 ב	מונה את השלבים, מסביר את הסדר וההיגיון לפיהם עבד.	סדר השלבים וחשיבות הסדר אינו ברור לתלמיד ("המורה אמר...").
6	מסדר לפחות חמישה משפטים בסדר נכון, ממלא את שתי המילים החסרות נכון.	לא נראה סדר הגיוני ברצף המשפטים, שוגה או לא משלים את המשפט, או משלים רק גורם אחד נכון.

ידע קונספטואלי

מספר פריט	גבוה	נמוך
1 ג	מכיר אורגניזם כזה, מפרט לגבי הדמיון והקרבה.	מציין שם אך אינו יודע להסביר מה הדמיון/הקשר.
3 חלק שני	מפרט לפחות שני גורמים המשפיעים וכיצד הם משפיעים, באופן מעמיק.	מתייחס לשני גורמים או פחות באופן שטחי.
4 א חלק שני	יודע לזהות במה משתמש ולנמק תוך התייחסות מפורטת.	מתקשה לזהות, או מזהה אך אינו מנמק, או מנמק באופן שגוי.
7 ב	עונה נכון כיצד משפיע כל גורם, לגבי שניים או שלושה גורמים.	שוגה לגבי שניים מהגורמים או יותר.
9	מקשר בין שעשה לבין התופעה/בית הגידול באופן מעמיק. מסביר היטב את הקשר.	מתקשה לקשר בין שעשה לבין התופעה/בית הגידול.

ידע לוגי

מספר פריט	גבוה	נמוך
7 א	מזהה נכון את שלושת הגורמים.	מזהה שני גורמים או פחות.
7 ג	תשובה נכונה ונימוק מבוסס.	תשובה לא נכונה או נימוק שגוי.
8	תשובה נכונה.	תשובה שגויה.
10 א	יודע להסביר באופן מפורט כיצד. מתייחס לשתי בדיקות/גורמים לפחות. יודע לקשר בין שאלות החקר בפרויקט החקר שביצע.	הסבר לקוי ו/או התייחסות רק לבדיקה/גורם אחד. מתקשה להסביר מה הקשר בין שאלות החקר בפרויקט החקר שביצע.
10 ב	מציע "כיוון" עתידי. מסביר היטב ובאופן מפורט את הקשר לפרויקט החקר שלו והסיבה לבחירה.	לא מציע "כיוון" עתידי ו/או חוזר על דברים שנעשו במסגרת פרויקט החקר שלו.
10 ג	מסביר מדוע התוצאה מפתיעה. ניכרת הבנה לגבי אי ההתאמה שהתגלתה. מפרט כיצד התמודד עם הבעיה/הפתעה.	יודע שהתוצאה מפתיעה בעקבות הנחיה של המורה ו/או פתרון הבעיה התקבל בעזרת הנחייה צמודה של המורה.

לאחר ריכוז המידע לגבי כל תלמיד ותלמיד, שתי שופטות החליטו, כל אחת בנפרד, ביחס לקביעת הרמה של כל תלמיד בכל טיפוס ידע. השופטות התייחסו למכלול התשובות בכל טיפוס ידע כמקשה אחת, ולאור תשובות התלמיד בכל הפריטים השייכים לטיפוס הידע הנבדק החליטו על רמת הידע - גבוהה (2) או נמוכה (1). הערכים נעים בין 1 ל-2 לכל טיפוס ידע.

כן נערך סיכום כולל, לכל תלמיד, ביחס לארבעת טיפוסים הידע. סיכום זה מהווה ציון כללי של מידת הידע של התלמיד, שנע בין ערך מינימלי-4 לערך מקסימלי -8.

השופטות הגיעו להסכמה של 89%. כאשר לא הייתה הסכמה – דנו בהבדל וברוב המקרים הגיעו להסכמה. הערך שהוסכם לאחר הדיון בין השניים, הוא זה שנרשם לתלמיד.

במקרים בודדים בהם לא הגיעו השופטות להסכמה, נערכה פנייה למורת הכתה וחוות דעתה סייעה להחלטה.

2.2.9 כלי לאפיון ביצועים בפרויקט החקר של תלמידי "ביודע", בגישת חקר פתוח

בעבודת מחקר זו, בנוסף להשוואה בין גישות החקר השונות בתיכון (חקר מונחה לעומת חקר פתוח) והשפעתם על הישגים, עמדות ומיומנויות, נערכה בחינה מעמיקה של פרויקטי החקר של תלמידי הביולוגיה, שביצעו את הפרויקט בגישת החקר הפתוח (במסגרת תוכנית ה"ביודע").

במשך תהליכי החקר הפתוח, תלמידים עשויים "לאבד" כיוון או להתקל במכשולים לא צפויים ועליהם לבצע שינויים בהתאם. שינויים אלו נכללים במינוח "ביצועים" (Zion & Slezak, 2005).

במטרה לאפיין את מרכיבי החקר הדינאמי הבאים לידי ביטוי בפרויקטים של תלמידים הלומדים בגישת החקר הפתוח, נבדקו ביצועי התלמידים במהלך ביצוע פרויקט החקר שלהם:

סוג הביצועים, כימות הביצועים מכל סוג ואיתור השלבים בהם חלים הביצועים במהלך ביצוע החקר.

במסגרת ביצוע פרויקט החקר היה על התלמידים לתעד כל פרט ופרט של מהלך העבודה ב"יומן עבודה" (מנדלוביץ, נוסינוביץ, רהט ורייבשטיין, 2003). בנוסף, לקראת סיום פרויקט החקר, במסגרת נהלי תכנית ה"ביודע", היה על כל תלמיד להתייחס בכתב למספר שאלות שאחת מהן מתייחסת לשינויים שהיו בפרויקט, מנקודת ראותו האישית. שאלות אלו מרוכזות בדף הנקרא "דף אישי עם סיום תוכנית הביודע" (ראו נספח 11) ועליהן, על כל תלמיד לענות באופן אישי, גם אם את הפרויקט ביצע עם שותפים.

לאפיון השינויים בעבודות החקר הוערכו יומני העבודה של התלמידים וה"דפים האישיים" של התלמידים. כמו-כן, בראיונות, תלמידים נתבקשו להתייחס לשינויים שערכו במהלך ביצוע פרויקט החקר. השינויים, שמכונים להלן "ביצועים", שנעשו במהלך הפרויקט נספרו וסווגו לתחומי תוכן, על-פי החלוקה של ציון ושותפותיה (Zion et al., 2004b), בעקבות מחקר איכותני שערכו. הביצועים שנבדקו התייחסו לשני קריטריונים מהקריטריונים של מיומנויות החקר הדינאמיות: ביצועים הקשורים בהבנה פרוצדורלית של התהליך ולמעשה קשורים למהימנות החקר, וביצועים הקשורים לשינויים המתרחשים במהלך ביצוע עבודת החקר ולמעשה קשורים לדינאמיות החקר עצמו. בטבלה 12 מוצגים סוג הביצועים שהתלמידים יכלו לבצע במהלך עבודתם, בשני קריטריוני החקר הדינאמי הנ"ל.

טבלה 12 : סוג הביצועים בפרויקט חקר של תלמידים בגישת החקר הפתוח

קריטריון חקר דינאמי	סוג הביצועים
שלבים הקשורים למהימנות מחקר = הבנה פרוצדורלית של התהליך	1. שאלת שאלה. 2. ניסוח השערה. 3. עריכת תצפית בשדה. 4. בידוד משתנים בשדה. 5. שינוי משתנה בלתי תלוי ו/או שינוי טווח הערכים המשתנה. 6. שימוש בדרכי מדידה שונות למשתנה תלוי מסוים. 7. שמירה על תנאים קבועים. 8. קביעת בקרה / בקרות. 9. יצירת ריבוי פרטים. 10. ביצוע חזרות. 11. עיבוד נתונים.
שלבים הקשורים לדינאמיות של החקר = שינויים המתרחשים במהלך ביצוע הפרויקט	1. שינוי בעקבות מציאת חומר ספרותי. 2. שינוי בעקבות תצפית בשדה. 3. שינוי בעקבות שינויים בבית הגידול. 4. שינויים בעקבות העלמות/אי המצאות אורגניזם נבחר. 5. שינוי בעקבות תוצאות ניסוי. 6. ביצוע רעיונות נוספים תוך כדי התהליך. 7. עולה צורך לפתור בעיות טכניות ולהציע פתרונות יצירתיים. 8. שינוי שאלת החקר במקרה הצורך. 9. עריכת ניסויים מקדימים לבניית המערכת הניסויית. 10. תשובה לשאלת חקר משנה כיוון בביצוע החקר. 11. סיבות כלכליות.

במחקר זה נערכו מספר שינויים קלים בתחומי החלוקה של ציון ושותפותיה (Zion et al., 2004b) בעקבות מידע נוסף שהתקבל מהתלמידים, שלא עלה או בא לידי ביטוי קודם לכן: בתחום הקשור להבנה פרוצדורלית, סעיף 5 הורחב וכולל כעת גם שינוי טווח המשתנה הבלתי תלוי. בתחום הקשור לדינאמיות החקר נוסף סוג שינוי הקשור לשיקולים כלכליים, הוא סעיף 11 המכונה "סיבות כלכליות".

שתי מורות מנוסות, המדריכות תלמידים בפרויקט חקר פתוח (במסגרת תוכנית ה"ביודעי"), מיינו בנפרד את השינויים לתחומים ולסוגים השונים. במקרים בהם היו חילוקי דעות נעשתה החלטה משותפת. בשלושה מקרים שלא הגיעו להחלטה הצטרפה לדיון מורה שלישית, גם היא בעלת ניסיון בהדרכה.

2.3 מהלך המחקר

2.3.1 משך המחקר :

בשנת הלימודים תשס"ג נעשה מחקר חלוץ לבדיקת השאלונים השונים ואופן שילובם במהלך ההוראה, בקרב 80 תלמידי כיתה י"ב. המחקר עצמו החל באוקטובר 2004 (תשס"ד), כחודש לאחר תחילת שנת הלימודים, כאשר התלמידים היו בתחילת כיתה י"א. המחקר בכיתות הסתיים ביוני 2005 (תשס"ה), בסיום כיתה י"ב, במקביל לבחינות הבגרות בביולוגיה. סה"כ שתי שנות לימוד מלאות פחות חודש. איסוף הנתונים הסתיים בנובמבר 2005, עם קבלת ציוני הבגרות של התלמידים בוגרי מחזור תשס"ה.

2.3.2 הליך :

הגישה המחקרית שנבחרה למחקר זה משלבת היבטים כמותיים (השוואת ממוצעי הישגים ועמדות, של מספר רב של תלמידים, משתי קבוצות המחקר) וגישה איכותנית הכוללת קיום ראיונות במטרה להגיע להבנה מעמיקה יותר ל"מה מסתתר מאחורי תשובה". בעת בחירת הכיתות למחקר זה, הצהירו המורים על דרך ההוראה הנהוגה בכיתה ועל אופן הנחיית פרויקטי החקר (פתוח או מונחה). במשך מהלך המחקר נערכו שתי שיחות מעמיקות עם המורים. מטרת השיחות הייתה לברר מה אופן ההוראה בכיתה ואופן ביצוע פרויקט החקר על-ידי התלמידים, בפועל. בשיחות אלו נשאלו המורים לגבי אופן הנחיית פרויקט החקר בכיתה, בתחילת כיתה י"א ובאמצע כיתה י"ב, על-מנת לוודא שהמורים דבקים בשיטת החקר (פתוח או מונחה) בה מבצעים התלמידים את פרויקטי החקר. השיחות התבססו על שאלון שמילאו המורים לפני השיחה (נספח 12). המחקר נערך בסביבה הטבעית של הנחקרים. שאלונים שאפשר היה לשלב במהלך ההוראה השוטפת, כדוגמת שאלוני ה"רב מבחן", שולבו במהלך ההוראה השוטף של המורים, במטרה להוות חלק מהרצף הלימודי. המורים נתנו אותם כמבחן/בוחן במועדים שנתבקשו. במספר כיתות רואיינו מספר תלמידים. הראיונות נערכו בסמוך לכיתה, בעיקר בשעות בהם ביצעו התלמידים פעילויות מעבדה. המורות התבקשו להפנות לראיונות תלמידים חלשים, בינוניים וחזקים, בחלוקה שווה פחות או יותר, ולא לומר מי הוא מי, על-מנת שהראיון יערך באופן אובייקטיבי ככל האפשר, ללא "דעות קדומות". שאלוני העמדות ניתנו לתלמידים בתחילת כיתה י"א ובסיום פרויקט החקר בכיתה י"ב. לתלמידים הוצגה מטרת המחקר הקשורה במילוי שאלון זה, במטרה ליצור אמון, שכן זהו תנאי בסיסי לקבלת תשובות אמיתיות (צבר בן-יהושע, 1999).

במטרה לבדוק מה ההשפעה של סוג החקר פתוח/מונחה, בו עוסקים התלמידים, על-פי ניתוח הישגי התלמידים בהתמודדות עם בעיית חקר בסיסית מתבסס המחקר על נתונים משני מקורות :
א. ניתוח הישגים של לימודי ביולוגיה בחטיבה העליונה (י"א – י"ב) במשך שנתיים.
ב. ציונים במבחני הבגרות בביולוגיה בסיום הלימודים.

א. ניתוח הישגי הנבדקים ב"רב מבחן"

מטרת המבחן לבדוק את יכולתם של התלמידים להתמודד עם בעיית חקר בביולוגיה, המבוססת על מיומנויות חקר בסיסיות. בנוסף להשוואה בין שתי קבוצות המחקר, נבדקה ההתקדמות של התלמידים בין תחילת הלימודים בכתה י"א לבין לקראת סיום הלימודים בכתה י"ב. כאמור, "רב המבחן" חולק לשני חלקים, חלק קצר וחלק ארוך. לכל חלק – שתי גרסאות (מוצגים כנספחים 1 – 4). כל תלמיד ענה על גרסא אחת בכתה י"א ועל גרסא שנייה בכתה י"ב. בחלק הקצר – מחצית התלמידים התחילה עם "הגוזל הנגזל" ובכתה י"ב המשיכה עם "למידה מתוקה" והמחצית השנייה התחילה עם "למידה מתוקה" והמשיכה בכתה י"ב עם "הגוזל הנגזל" (Counter balance). בחלק הארוך – מחצית התלמידים התחילה עם "מקדמי הגנה ואנחנו" ובכתה י"ב המשיכה עם "ייחסי הגומלין בין הפטרייה לאורן", והמחצית השנייה התחילה עם "ייחסי הגומלין בין הפטרייה לאורן" והמשיכה בכתה י"ב עם "מקדמי ההגנה ואנחנו". ניתוח הישגים ב"רב מבחן":

בניתוחים סטטיסטיים נבדקו ההישגים של התלמידים ב"רב מבחן" על שני חלקיו וכן הישגים בכל שאלון בנפרד. היו תלמידים שלא ענו על שני השאלונים, הקצר או הארוך בכתה י"א ו/או בכתה י"ב. 253 תלמידים מתוך 295 נבחנו בשני השאלונים הקצרים, גם בכתה י"א וגם בכתה י"ב (142 תלמידים מקבוצת החקר הפתוח ו – 111 תלמידים מקבוצת החקר המונחה). 42 תלמידים נעדרו מאחת הבחינות בשל מחלה, צו גיוס וכדומה והם לא נכללו בניתוח הסטטיסטי של הממצאים ממבחן זה. 268 תלמידים מתוך 295 נבחנו בשני השאלונים הארוכים, גם בכתה י"א וגם בכתה י"ב (147 תלמידים מקבוצת החקר הפתוח ו – 117 תלמידים מקבוצת החקר המונחה). 41 תלמידים נעדרו מאחת הבחינות בשל מחלה, צו גיוס וכדומה והם לא נכללו בניתוח הסטטיסטי של הממצאים ממבחן זה. 229 תלמידים ענו על שני השאלונים, הקצר והארוך, גם בכתה י"א וגם בכתה י"ב. הממצאים בקבוצה זו של 229 התלמידים דומים מאוד לממצאים שהתקבלו כאשר נבדקו כל אחד מהשאלונים בנפרד, בהתייחס לאוכלוסיית המחקר כולה. לכן, התוצאות שיוצגו במחקר לגבי אוכלוסייה זו הן של התלמידים שענו על כל ארבעת השאלונים: שאלון קצר ושאלון ארוך בכתה י"א ובכתה י"ב.

ב. ציונים במבחני הבגרות בביולוגיה, בשאלונים העיוניים, תשס"ה

ביוני 2005 נבחנו התלמידים בבחינות הבגרות העיוניות בביולוגיה. בספטמבר 2005 רוכזו ציוני הבגרות של כל התלמידים, על-פי תעודות הזהות שלהם.

התלמידים, בוגרי י"ב בתשס"ה, נבחנו באותו היום, בשלושה שאלונים:

א. "ליבה" – נושאי בסיס. שאלון המבוסס על תכני הליבה בביולוגיה: תכנים העוסקים בתא, גוף האדם והמערכת האקולוגית. עיקר השאלות עוסקות בידע ביולוגי ולתלמידים ניתנה האפשרות לבחור בין מספר שאלות בחלק מהמבחן.

ב. ניתוח מחקר מדעי לא מוכר – מבוסס על מיומנויות החקר הבסיסי. 38% מהניקוד הוקדש לשאלות העוסקות במיומנויות חקר: חשיבות ריבוי הפריטים, זיהוי בקרה, זיהוי גורמים קבועים, קריאת גרף והסקת מסקנות. לתלמידים לא הייתה יכולת בחירה והם היו צריכים לענות על כל השאלות.

ג. "העמקה" – נושאי בחירה. על התלמיד לבחור שלושה נושאים ולענות על שלוש שאלות בכל נושא. מעט מהשאלות עסקו במרכיבי חקר. בחלק מהשאלות ניתנה בחירה בין הנושאים ובתוך הנושא.

נערך מבחן סטטיסטי לבדיקת מתאם בין הישגים ב"רב מבחן" להישגים במבחני הבגרות השונים (נספח 19 בעמוד 183).

במטרה לבדוק מה ההשפעה של סוג החקר (פתוח/מונחה) בו עוסקים התלמידים, על רמת מיומנויות החקר הדינאמי שלהם ועל רמת טיפוסי הידע, השתמשנו בכלים האינטגרטיביים המתוארים בעמודים 44 ו-47, אשר מבוססים בעיקר על ראיונות שנערכו עם התלמידים. ל-50 תלמידים-25 תלמידים שביצעו פרויקט חקר בגישת החקר הפתוח ו-25 תלמידים שביצעו פרויקט חקר בגישת החקר המונחה, מולא "דף אישי" כפי שפורט בעמוד 45. בדף צוינה הרמה בכל קריטריון של מיומנויות החקר הדינאמיות והסכום הכולל של ארבעת הקריטריונים, כדי שתתאפשר השוואה בין קבוצות התלמידים. כך גם לגבי רמתם של טיפוסי הידע השונים. בדיקת הידע כללה שני ראיונות, עם תחילת ביצוע פרויקט החקר של התלמידים בכתה י"א ובסופו, בכתה י"ב, במטרה לבחון האם חלו שינויים ברמת טיפוסי הידע הקשורים לפרויקטי החקר שביצעו התלמידים.

לסיכום:

מטרות המחקר הינן השוואה בין שתי שיטות הוראה בקרב תלמידי ביולוגיה בתיכון- האחת גישת החקר הפתוח והשנייה גישת החקר המונחה (משתנה בלתי תלוי), והשפעתן על המשתנים התלויים, כמפורט במטרות המחקר, וכן באפיון הביצועים במהלך ביצוע פרויקט החקר של תלמידים המבצעים חקר פתוח. בטבלה 13 מופיע פירוט משתני המחקר וכלי המחקר, על-פי מטרות המחקר ומועדי איסוף הנתונים, בעזרת כלי המחקר השונים. הבדלים, באם ישנם בין שתי קבוצות התלמידים, ואפיון עבודות החקר הפתוח מוצגים בפרק הבא, הוא פרק התוצאות.

טבלה 13 : משתני המחקר ומועדי השימוש בכלי המחקר ואיסוף הנתונים

מספר שאלה	המשתנה הבלתי תלוי	המשתנה התלוי	כלי המחקר וכלים לאיסוף נתונים	מועד השימוש		
				י"א	אמצע י"ב	סיום י"ב
1	סוג החקר (פתוח/ מונחה)	פיתוח מיומנויות חקר בסיסיות	א. "רב מבחן"- יכולת פיתרון בעיית חקר ב. ציונים במבחני הבגרות תשס"ה	+	+	+
2	סוג החקר (פתוח/ מונחה)	רמת מיומנויות חקר דינאמיות	כלי לכימות רמת מיומנויות החקר הדינאמיות מבוסס על איסוף נתונים בעזרת: א. ראיונות ב. שאלון עמדות לאפיון העבודה על-ידי התלמיד ג. שאלון "עם ישראל חי" ד. שאלון עמדות כלפי חקר, המדע והמדען		+	+
3	סוג החקר (פתוח/ מונחה)	הבניית טיפוס ידע	כלי לניתוח טיפוס ידע מבוסס על איסוף נתונים בעזרת: א. ראיונות ב. שאלון ידע	+	+	+
4	סוג החקר (פתוח/ מונחה)	עמדות התלמיד כלפי עבודת החקר שביצע	שאלון עמדות לאפיון העבודה על-ידי התלמיד			+
5	סוג החקר (פתוח/ מונחה)	עמדות תלמידים כלפי המדע, המדען, השיטה המדעית והדינאמיות בחקר	שאלון עמדות כלפי המדע, המדען ותהליך החקר	+		
6	אפיון הביצועים בפרויקטי חקר פתוח (מספר וסוג)		אפיון הביצועים בעזרת א. יומני העבודה של התלמידים ב. דפים אישיים של התלמידים ג. ראיונות			+

3. פרק ג – תוצאות

המחקר עוסק בהשוואה בין שתי שיטות הוראה, גישת החקר הפתוח וגישת החקר המונחה (משתנה בלתי תלוי), והשפעתן על המשתנים התלויים, כמפורט במטרות המחקר, בקרב תלמידי ביולוגיה בתיכון. בנוסף נערך אפיון הביצועים במהלך פרויקט החקר, של תלמידי קבוצת החקר פתוח. התוצאות יוצגו בשישה חלקים, כל חלק יתייחס לשאלת מחקר, לפי סדר שאלות המחקר (ראו עמוד 26).

3.1 הישגי התלמידים בפיתרון בעיות המבוססות על מיומנויות חקר בסיסיות

שאלה ראשונה מתייחסת להישגי תלמידים שביצעו פרויקטי חקר בסביבת חקר פתוח, לעומת תלמידים שביצעו פרויקטי חקר בסביבת חקר מונחה. ההבדלים בסביבות החקר, נבדקו על-פי הישגי התלמידים ב"רב מבחן" (פירוט בפרק הכלים, עמוד 31) ובמבחני הבגרות בביולוגיה. לבדיקת ההבדלים בין סביבות החקר, נעשו בתחילה ניתוחי שונות חד-כיווניים על המדידות שנעשו לפני תחילת ביצוע פרויקטי החקר (תחילת כיתה י"א), זאת על-מנת לבדוק האם הקבוצות דומות ביניהן במדידה ההתחלתית. לאחר מכן נעשה ניתוח שונות 2×2 (סביבת חקר X זמן), עם מדידות חוזרות לגבי זמן, לבדיקת ההבדלים בין הקבוצות השונות, לגבי השינויים שחלו בין המדידה הראשונה למדידה השנייה.

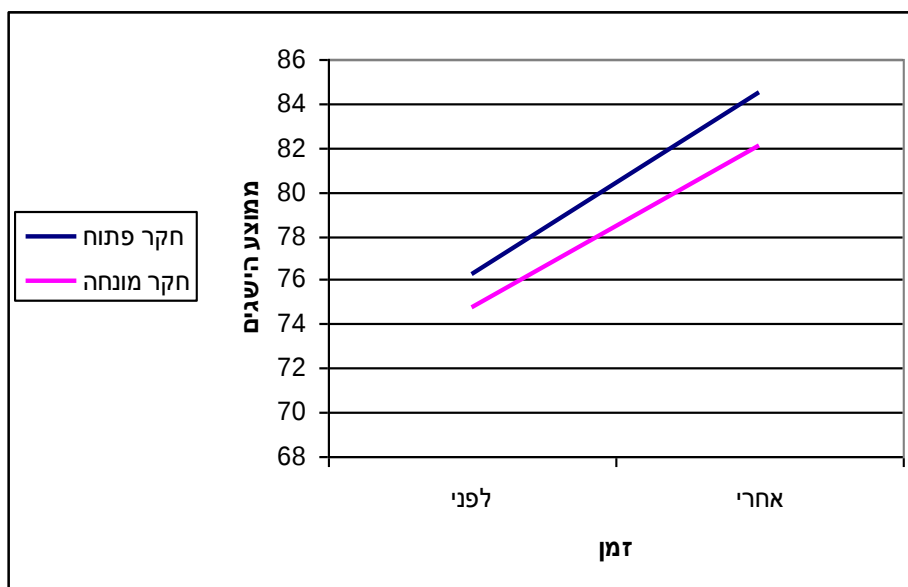
הישגים ב"רב מבחן"

ההישגים ברב מבחן נבדקו באמצעות מדד אחד שמבוטא באחוזים. בניתוח השונות להשוואה בין הקבוצות במדידה הראשונה לא נמצא הבדל מובהק על-פי סביבת החקר, $F(1,227) = 1.41, p > 0.05$, כלומר רמת ההישגים בשתי הקבוצות, בתחילת המחקר, הייתה דומה. כזכור, השערת המחקר מתייחסת להבדלים בין הקבוצות, בשינויים שחלו עם הזמן. בניתוח זה נמצא הבדל מובהק בין מדידה ראשונה בתחילת ביצוע פרויקטי החקר (בכיתה י"א) למדידה השנייה, בסיום ביצוע פרויקטי החקר (בכיתה י"ב), $F(1,227) = 154.40, p < .001, \text{Eta}^2 = .40$. מאידך, לא נמצאה אינטראקציה מובהקת של קבוצות X זמן, $F(1,227) = .43, p > 0.05$. ממוצעי הנבדקים מוצגים בטבלה 14 ותרשים 1. בטבלה 14 מוצגים גם סטיות התקן בשתי קבוצות המחקר, לפני ואחרי ביצוע פרויקט החקר, וניתוח השונות.

טבלה 14 : ממוצעים וסטיות התקן של ציוני "רב מבחן", בשתי קבוצות המחקר, לפני ואחרי ביצוע פרויקט החקר

קבוצת המחקר	לפני (י"א)		אחרי (י"ב)		זמן		קבוצות X זמן	
	M	SD	M	SD	F(1,227)	Eta^2	F(1,227)	Eta^2
חקר פתוח	76.22	9.75	84.47	8.09	154.40***	0.40	0.63	0.00
חקר מונחה	74.77	8.33	82.03	8.64				

*** $p < 0.001$



תרשים 1: "רב מבחן" - ממוצעי הנבדקים בשתי הקבוצות, לפני ואחרי ביצוע פרויקט החקר

מטבלה 14 ותרשים 1 ניתן להסיק שבשתי הקבוצות חלה עליה בין המדידה הראשונה לשנייה. כלומר, חל שיפור בהישגים. יחד עם זאת, נראה שבשתי הקבוצות השיפור היה דומה. ממצאים אלו אינם תומכים בהשערת המחקר לפיה ימצא הבדל בהישגים בהתאם לסביבות החקר.

הישגים במבחני הבגרות בביווגיה

הנבדקים נבחנו בקיץ תשס"ה בשלושה סוגי שאלונים (כמפורט בעמוד 51). בניתוח MANOVA חד-כיווני שנעשה לבדיקת ההבדלים בין שתי קבוצות המחקר, בשלושת ציוני הבגרות נמצא הבדל מובהק $F(3,291) = 8.58, p < 0.001, \text{Eta}^2 = 0.08$. הממוצעים וסטיות התקן וכן ניתוח השונות שנעשו לכל מדד בנפרד מוצגים בטבלה 15.

טבלה 15: ממוצע וסטיית תקן של ציוני בחינות הבגרות, בכל שאלון, של שתי קבוצות המחקר

שיטת החקר						
		חקר מונחה		חקר פתוח		שאלון
Eta^2	$F(1,278)$	SD	M	SD	M	
0.02	4.15*	14.78	81.14	13.79	84.61	"ליבה" – נושאי בסיס
0.05	14.81***	11.50	77.39	11.07	82.57	ניתוח מחקר מדעי לא מוכר
0.00	0.26	15.47	75.93	15.43	76.88	העמקה - נושאי בחירה

* $p < 0.05$ *** $p < 0.001$

מהטבלה ניתן לראות שנמצאו הבדלים מובהקים בהתייחס למבחן ה"ליבה" ולמבחן ניתוח מחקר מדעי לא מוכר, כאשר על-פי גודל האפקט (Eta^2) הסבר השונות לגבי המבחן השני גדול מזה של המבחן הראשון. על-פי הממוצעים המוצגים בטבלה נראה שבשני מבחנים אלו, ההישגים של התלמידים שביצעו את פרויקטי החקר שלהם בסביבת חקר פתוח, גבוהים יותר מההישגים של התלמידים שביצעו את פרויקטי החקר שלהם בסביבת חקר מונחה.

3.2 השפעת סוג החקר על רמת מיומנויות החקר הדינאמיות של התלמידים

שאלת המחקר השנייה מתייחסת להבדלים בין שתי קבוצות המחקר ברמת מיומנויות החקר הדינאמיות.

3.2.1 רמת מיומנויות החקר הדינאמיות בשתי קבוצות המחקר

המיומנויות נבדקו במחקר באמצעות ארבעה מדדים: דינאמיות בחקר (שינויים במהלך ביצוע פרויקטי החקר), למידה תהליכית, הבנת הפרוצדורה והיבטים אפקטיביים, וכן באמצעות ציון כללי המורכב מארבעה מדדים אלו.

מדדי המיומנויות נבדקו לאחר סיום פרויקטי החקר שביצעו התלמידים. בחלק זה של המחקר נטלו חלק 50 מבין הנבדקים שהשתתפו במחקר (25 תלמידים מכל קבוצה), במטרה לבדוק מה ההשפעה של סוג החקר פתוח/מונחה, בו עוסק התלמיד, על רמת הביטוי של מיומנויות חקר דינאמיות (כמפורט בסעיף העוסק בהליך, בעמודים 41-43).

בניתוח MANOVA חד-כיווני, שנעשה לגבי מדדי החקר הדינאמי, נמצא הבדל מובהק בין שתי הקבוצות, $F(4,45) = 7.32$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.39$. ערך כל מדד יכול לנוע בין 1 ל-3, כשהערך המקסימאלי לציון הכולל לארבעת המדדים הינו 12. כמו-כן נעשה ניתוח שונות חד-כיווני בהתייחס לציון הכללי וגם בו נמצא הבדל מובהק, $F(4,48) = 19.95$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.29$. הממוצעים וסטיות התקן, של מרכיבי החקר הדינאמי, בקרב שתי קבוצות המחקר מוצגים בטבלה 16. כמו-כן מוצגים בטבלה תוצאות ניתוחי השונות שנעשו לכל מדד בנפרד ולציון הכולל.

טבלה 16 : ממוצעים וסטיות תקן של רמת מיומנויות החקר הדינאמיות, בשתי קבוצות המחקר

שיטת החקר						
		חקר מונחה		חקר פתוח		
Eta ²	F(1,48)	SD	M	SD	M	מדדים
0.32	22.56***	0.55	1.84	0.58	2.60	דינאמיות בחקר
0.05	2.40	0.41	2.20	0.50	2.40	למידה תהליכית
0.22	13.65***	0.64	1.92	0.58	2.56	הבנת הפרוצדורה
0.00	0.10	0.46	2.72	0.44	2.76	היבטים אפקטיביים
0.29	19.95***	1.18	8.68	1.41	10.36	ציון כולל

*** $p < 0.001$

ניתן לראות בטבלה זו הבדלים מובהקים במדדים: למידה בדינאמיות בחקר (שינויים במהלך החקר) ובהבנת הפרוצדורה, וכן בציון הכולל. על-פי הממוצעים המוצגים בטבלה ניתן לראות שבשני מדדים אלו ובציון הכולל, הממוצע של התלמידים שבצעו את פרויקטי החקר שלהם בסביבת חקר פתוח גבוהים יותר מהממוצעים של התלמידים שביצעו את פרויקטי החקר בסביבת חקר מונחה.

3.2.2 דוגמאות לביטוי רמת מיומנויות החקר הדינאמיות בשתי קבוצות המחקר.

להלן דוגמאות לרמות שונות של מיומנויות חקר דינאמיות בכל הקריטריונים והקטגוריות, משתי קבוצות המחקר. במספר קטגוריות לא נמצאו דוגמאות בשתי קבוצות המחקר ולכן מופיעה דוגמה רק מקבוצת המחקר בה נמצאה.

1. שינויים המתרחשים במהלך החקר (דינאמיות בחקר):

דוגמא לרמה גבוהה – 3

ניכרת התייחסות מפורטת לשינויים שהתרחשו, תוך התייחסות לסיבות לשינוי ולהשלכותיו:

תלמידה מספר 90, (חקר פתוח)

שינויים תוך כדי עשייה בעקבות המציאות בשטח – "חשבנו לבדוק את אחוז הכיסוי מתחת צמחי הטיון ובסביבתם, אבל בגלל שהאזור היה כל כך סבוך ראינו שזה לא מעשי כי קשה היה להבחין היכן מתחיל שיח אחד והיכן מסתיים. חשוב היה לנו לבדוק את הצמחים במרחקים שונים מהים ולכן החלטנו לשנות מדד".

צצים ומבוצעים רעיונות נוספים תוך כדי התהליך – "ראינו שהעלים התייבשו ובמגשים עם פחות עלים האדמה התייבשה יותר מהר. הבנו שיש השפעה לכיסוי ולכמות המים שנשארת לזרעים אז החלטנו שצריך להוסיף טיפול שבו נכסה את הקרקע כאילו יש עלים אבל בלי העלים שלא תהייה ההשפעה של העלים... אז גזרנו קרטון דק כמו עלה ו"עשינו" עלים שלא ישפיעו. בחרנו קרטון בצבע של העלים... אם כבר אז כבר".

"עולה צורך לפתור בעיות טכניות ולהציע פתרונות מעשיים – "רצינו ליצור מיצוי במהירות ועבדנו עם כמה סירים, אז שמנו לב שהסירים בגדלים שונים ולמרות ששמנו אותן כמויות של עלים ומים, שטח הפנים של המים שונה ואולי זה משפיע על האידוי ומה שנקבל לא יהיה באותו ריכוז. חשבנו להתעלם, אבל אז אמרנו שזה לא יהיה נכון... ולעבוד עם סיר אחד לא רצינו כי חבל על הזמן... אז החלטנו לכסות את הסירים, למנוע אידוי, שזה יותר טוב כי רצינו את ההרתחה".

לא נמצאה דוגמה לרמה גבוהה בקרב תלמידי החקר המונחה.

דוגמא לרמה בינונית – 2

התייחסות כללית לשינויים ולסיבות:

תלמיד מספר 96 (חקר פתוח)

שינויים תוך כדי עשייה בעקבות המציאות בשטח – "רצינו לבדוק איזה צבע מושך את הדבורים הכי, החלטנו על ארבעה צבעים אבל היו מעט דבורים וראינו שזה מסובך אז הוצאנו צבע אחד ונשארו עם שלושה צבעים כדי להקל על הביצוע וכדי שהתוצאות יהיו יותר חד משמעיות.... הדבורים לא שיתפו פעולה ומי הסוכר שהבאנו אולי לא היו מספיק טובים, אז הכנו תמיסות חדשות עם יותר סוכר".

עולה צורך לפתור בעיות טכניות ולהציע פתרונות מעשיים - "שמנו את התמיסה בכוס והדבורים התקשו לקחת את התמיסה, הבנו שיש מרחק בין הקצה של הכוס לתמיסה, אז העברנו את התמיסה לצלחת פטרי שיהיה יותר קרוב לדבורים מהקצה של הצלחת, הם גם יכלו לעמוד על הקצה".

תלמיד מספר 236 (חקר מונחה)

שינויים תוך כדי עשייה בעקבות המציאות בשטח – "היו לנו מעט שינויים בעבודה. היו השינויים של מזג האוויר, שהטבע משתנה, אבל במחקר עצמו לא היו לנו שינויים. עשינו מה שתכננו עם המורה. מדדנו מה שהיינו צריכות למדוד וצפינו במה שהיינו צריכות לצפות כדי לענות על שאלות המחקר של הקשר בין טמפרטורה ומאביקים וסוגי פרחים ומאביקים..."

עולה צורך לפתור בעיות טכניות ולהציע פתרונות מעשיים – "היה קשה לספור בדיוק את כל החרקים וגם לא הכרנו אותם. גם לא היה בטוח אם החרק שעף על יד הפרח הוא חרק "חדש" או שכבר היה ואנחנו סופרות אותו פעמיים... אז בהמשך הייתה לנו שיטה של הסתכלות משותפת ושתינו היינו מודיעות על חרק חדש ורושמות ואחר כך משוות"

דוגמא לרמה נמוכה – 1

התייחסות לשינויים כעובדות מוגמרות או בשל הנחיית המורה, הבנה שטחית או ביטוי "תלות" במורה: תלמיד מספר 94 (חקר פתוח)

שינויים תוך כדי עשייה בעקבות המציאות בשטח – "שיניתי גם שאלת מחקר וגם את דרך המדידה בגלל שלא היו תוצאות והמורה אמרה לי... מה זה לא היו תוצאות – לא ראינו נשימה של דרחולים, כאילו הדרחולים לא נשמו, מתו... אבל לא מתו. המורה אמרה שננסה שיטה אחרת ובשיטה האחרת ראינו שיש נשימה. טוב שהמורה אמרה לנו."

תלמיד מספר 276 (חקר מונחה)

שינויים תוך כדי עשייה בעקבות המציאות בשטח – "היו לי שינויים בגלל הבית גידול, עשינו על עופות מים ולפעמים היו עופות ולפעמים לא. בית הגידול השתנה שנוספה הבריקה, בהתחלה לא היו בה מים. והיו לי גם שינויים בגלל שהמורה אמר לי... אני לא זוכר איזה, אבל היו"

תלמידה מספר 226 (חקר מונחה)

שינויים תוך כדי עשייה בעקבות המציאות בשטח – "לא היו שינויים במה שרצינו לעשות. העץ לא זז מהמקום. אם שיניתי משהו זה בגלל שהמורה אמר לי, ואם מתכננים כמו שצריך מה שרוצים לעשות אין שינויים".

2. למידה תהליכית

דוגמאות לרמה גבוהה – 3

ניכרת הבנה מעמיקה של מרכיבי הלמידה התהליכית, התייחסות מפורטת לתהליכי למידה ושלבי למידה והנמקה לגבי חשיבות השלבים ותרומתם לתהליך הלמידה:

תלמידה מספר 90 (חקר פתוח)

הבנת חשיבות התיעוד - "היה מזל שרשמנו את מה שעשינו כי אחרי שמצאנו איך להכין מיצוי, היינו צריכות לקחת שוב עלים מאותם שיחים וככה ידענו לאן ללכת להביא את העלים. וגם אחר כך כשניסינו להסביר את הקשר בין שאלות אז טוב שרשמנו כל מיני רעיונות שהיו לנו, זה הזכיר לנו ועזר לנו לכתוב את הדיון, למשל שבשאלה השנייה השתמשנו בכל החלקים של הטיון ואז רשמנו את זה ובהמשך, זה כיוון אותנו לבדוק את החלקים השונים של הטיון – להפריד".

הבנת חשיבות לימוד מקדים, עולות הצעות להמשך בדרך טבעית - "חשוב מאד להבין את הרקע לפני שנגשים למחקר. חיפשתי חומר על אללופתיה. איך הייתי יכולה לחשוב על שאלות המחקר אם לא הייתי מבינה מה זה... זה שקראתי על ניסוי שעשו עם ריכוזים שונים של מיצוי נתן לי את הרעיון לבדוק עם בצמחים שקרובים אל הים ורחוקים מהים זה משפיע בצורה דומה. זה רעיון שלקחתי מהמאמר, אבל זה מותר, לא? זה שהמשכנו לבדוק באיברים שונים, זה גם רעיון שראינו מהספרות וגם רעיון שלנו, אחרי שהבנו שהעלים השפיעו במידה ויש קשר לכיסוי עלים ולנידוף של החומר שמשפיע – מה שראינו בשאלה הראשונה".

קיים צורך בחיפוש חומר ספרותי נוסף לכל אורך התהליך - "היינו צריכים לחזור לספריה כמה פעמים כי התוצאות בשאלה הראשונה היו קצת מוזרות, אז חשבנו למה זה יכול להיות ככה ומזה חשבנו שאולי שיטת העבודה, איך שעשינו את המיצוי לא מתאימה ואז חפשנו איך לעשות מיצוי יותר טוב ומצאנו כמה הצעות שבחרנו אחת..."

דורש זמן - "הכל לוקח זמן... חשבנו שאם נהייה חרוצות ונתיישב על הכנת הצעת המחקר ואז נעשה את הדברים נוכל לסיים את כל המחקר בחופש הגדול. אבל גם לקח לנו זמן למצוא מידע מתאים וכל פעם שמצאנו משהו שהוסיף לנו מידע, לפעמים לא קשור זה גרם לנו לחשוב לאיזה כיוון אנחנו בכלל רוצות ללכת. ואחר כך שכבר יצאנו לים הצמחים שם לא היו כמו שחשבנו. בכלל לא חיכו לנו מסודרים שאפשר למדוד אותם. ובניסוי שעשינו שוב כי לא חשבנו על זה שלקחנו מעט זרעים וכל דבר לקח זמן, ולא כי היינו עצלניות. ממש לא! מאד השקענו – זה פשוט לוקח זמן ואי אפשר לזרז את זה כמו שעושים בסרטים".

תלמידה מספר 226 (חקר מונחה)

הבנת חשיבות התייעוד - "היה חשוב מאד לרשום בכל. רשמנו כל מה שראינו ואחר כך שהיינו צריכות לענות על השאלות לגבי החרקים והצמחים, היה לנו כל המידע. ראינו קבוצות אחרות שלא רשמו כמו שצריך ואחר כך היה חסר להם ויש דברים שאי אפשר להשלים".

הבנת חשיבות לימוד מקדים - "אם היינו מחכות עד לסוף העבודה כדי להבין את יחסי הגומלין בין הפרחים לחרקים אולי היינו מפספסים דברים, אולי אפילו בתשומת לב לראות את כל החרקים. זה שקראנו קודם וידענו שלפרחים אדומים מגיעות גם חיפושיות קטנות, אז ידענו להסתכל ולחפש אותן. וכשמסתכלים יותר ולמקומות שצריך רואים יותר פרטים בכל המערכת".

עולות הצעות להמשך בדרך טבעית - "בהתחלה חשבנו להתייחס לשתי שאלות הקשורות בשינויים שיקרו בבית גידול שבחרנו – מה השינוי בפריחה ומה השינוי בחרקים והקשר לגורמים שונים כמו מים בקרקע, טמפרטורה ועוד. כשהגענו לבית הגידול ראינו שיש אזור אחד שהיה יותר "פרחוני" זאת אומרת שהיו בו יותר פרחים לעומת אזור מאד קרוב ואז החלטנו גם להשוות בין האזורים כי זה גם מוסיף לנו שאלה והעבודה יותר "מושקעת" אבל גם זה יכול לעזור להסביר את יחסי הגומלין שבדקנו".

דורש זמן - "העבודה לקחה זמן, גם החלק המעשי – לצאת לשטח, למדוד, לספור – אי אפשר לעשות את זה ברגע וגם היינו צריכים לאסוף חומר וגם אחר כך, לעשות את כל הגרפים – זה הדבר שאני חושבת שלקח לנו הכי הרבה זמן. להחליט איזה גרף בדיוק – אם מותר לעשות את זה קווי או שזה עמודות. מה בדיוק נשים בציר ה-X, רק הזמן או אולי דברים אחרים. הדיון אחר כך לא לקח כל כך הרבה זמן כי במשך העבודה המעשית כשראינו דברים דברנו עליהם ותוך כדי עשיית הגרפים כבר חשבנו למה זה ככה ואם זה מתאים להשערות שלנו".

דוגמה לרמה בינונית 2

התייחסות כללית למרכיבי הלמידה התהליכית ו/או איזכור שלבי למידה וחשיבותם :

תלמיד מספר 96 (חקר פתוח)

הבנת חשיבות התייעוד - "לא כל כך נעזרתי ביומן העבודה למרות שהקפדתי לרשום הכל, זה נראה לי חשוב אבל לי לא יצא להשתמש ביומן, אולי כי הזיכרון שלי טוב".

הבנת חשיבות לימוד מקדים - "חשוב לקרוא לפני שמתחילים במחקר כי זה עוזר לקבוע דברים, למשל זה עזר לנו להחליט על צבעים"

דורש זמן - "לתאם עם הכוורן זה היה דבר לא פשוט וגם שאחד ההורים יסיע אותנו, אז לא היה לאף אחד מהקבוצה רישיון, אחר כך בשטח עצמו זה לקח זמן לשים את התמיסות ולחכות לדבורים וגם להכין את ההצעה למחקר ואחר כך לכתוב את המחקר – הכול לקח הרבה זמן".

דוגמה לרמה נמוכה 1

כל התלמידים שרואיינו התייחסו התייחסות כללית למרכיבי הלמידה התהליכית או לפחות לחלק מהקטגוריות של למידה תהליכית באופן שהעיד על הפנמה ברמה בינונית או גבוהה, ולכן אין דוגמה לרמה זו. רוב התלמידים התייחסו לתייעוד, ללימוד המקדים ולכך שהמחקר ושלבו "דורשים" זמן.

3. הבנה פרוצדורלית של התהליך

דוגמא לרמה גבוהה – 3

ניכרת הבנה מעמיקה לגבי ביצוע תהליך החקר, התייחסות עניינית למרכיבי החקר תוך הבאת דוגמאות לרוב המרכיבים. כמו כן יש התייחסות ביקורתית למרכיבי הניסוי :

תלמידה מספר 90 (חקר פתוח)

חשיבות מהימנות התצפיות והבנת המגבלות של בידוד משתנים בשדה - "כשהגענו לים וראינו את כל הצמחים מסביב זה הבהיל אותנו. רצינו לבדוק מה הקשר בין השפעת הטיון על הצמחים סביבו למרחק מהים של הטיון. אבל יש עוד דברים שיכולים להשפיע ולא רק המרחק מהים. למשל האדמה הייתה שונה, מחולית על יד הים לפחות חולית כשמתרחקים וזה גם יכול להשפיע. ומידת הליכלוך שאנשים זרקו במקום או שהגיע עם הרוח היה שונה וגם זה יכול להשפיע וגם בעלי חיים שמסתובבים... לכן החלטנו להתחיל עם ניסוי במעבדה שבו נוכל לשלוט על התנאים ולעשות אותם אותו דבר ולא כמו בשדה".

הבנת חשיבות השמירה על תנאים קבועים - "בניסוי הראשון שמנו לב שהתבנית שהשקנו עם מים, למרות שזה מים ובמים צריכה להיות נביטה הכי טובה, הנביטה לא הייתה הכי טובה. חשבנו למה וראינו שצמר הגפן של קבוצת המים הכי יבש. זה בגלל שלא היו על הצמר גפן עלים כמו בקבוצות האחרות. העלים מנעו איבוד מים גדול. אז הבנו שגם איבוד מים צריך להיות אותו דבר והוספנו עלים מלאכותיים – עלים מקרטון. הקפדנו גם שהם יהיו בצבע הכי דומה שהכל יהיה דומה, שלא יהיה משהו אחר שישפיע כמו אולי החזרה של אור, אני לא יודעת... אבל משהו. ראינו שהנוכחות של העלים מאד השפיעה על המים בצמר גפן..."

הייתה לנו עוד בעייה, כאשר העברנו את הטיון מהגג של הבניין למעבדה כל אחת מהבנות לקחה שתי תבניות לביתה ולמחרת הייתה אמורה להביא אותן לבית הספר. הבעיה פה הייתה שכל אחת שמה את התבנית בטמפרטורה אחרת כלומר אחת שמה את התבנית בתוך הבית בחדר ממוזג (כמובן לחום) אחרת

בחדר לא ממוזג ואחת בכלל שמה את התבנית מחוץ לבית, טמפרטורות הביניים היו שונות ! ייתכן והדבר השפיע גם כן, על הזרעים, אבל המגמה הייתה כמו שציפינו, אז זה לא פגע ממש..."

הבנת חשיבות הבקרה - בהתחלה חשבנו לעשות רק שלושה טיפולים – משיחים שרחוקים מהים במרחקים שונים. אבל אז חשבנו שאולי הזרעים שבמעבדה ונמצאים הרבה זמן במעבדה כבר ישנים ואולי הם לא ינבטו כי הזרעים ישנים ולא בגלל המיצוי של הטיון דווקא, אז עשינו בקרה – זרעים שהשקנו במים, לראות מה הנביטה בלי השפעה של טיון ואז אפשר להשוות ולראות כמה הטיון באמת משפיע על הנביטה. גם לגבי המים היינו צריכים להקפיד על כמות שווה אבל זה שייך לתנאים קבועים..."

הבנת חשיבות החזרות - "עשיתי כמה חזרות. זה חשוב. אם הייתי עושה את הניסוי רק פעם אחת לא הייתי יכולה לדעת אם זה באמת אמור להיות ככה או אולי היו תוצאות מקריות או משהו כזה. זה שעשיתי את הניסוי שלוש פעמים והתוצאות היו דומות בכל פעם זה מחזק את הכיוון ואפשר להסיק מסקנות בלי כל מיני תירוצים למה זה ככה ולמה זה לא ככה..."

גם הבנו שריבוי פריטים חשוב. בפעם הראשונה עשינו את כל הניסוי עם ארבעה זרעים. באחת התבניות אף זרע לא נבט, אפילו שזו הייתה התבנית שהשקנו במים. אז הבנו שאם יש מעט זרעים, אולי מה שקורה קורה בגלל הזרעים ולא דווקא בגלל מה שאנחנו בודקים. אז הגדלנו את מספר הזרעים בתבנית לעשרים. זה הרגיז שצריך לעשות עוד פעם אבל אי אפשר היה להתייחס לתוצאות של הפעם הראשונה עם מעט זרעים."

הבנת חשיבות השימוש בסטטיסטיקה - "התוצאות שלנו היו כמו שחשבנו, במים נבטו כמעט כל הזרעים, 18 מ-20. קרוב לים נבטו 12.3 זרעים מ-20 ורחוק מהים רק 10 מ-20 שזה הכי מעט וזה מאד שמח אותנו כי שיערנו שעל יד הים יש פחות אללופטיה. אבל כשעשינו חישוב סטטיסטי ראינו שההבדל לא משמעותי ולכן אי אפשר להסיק את המסקנות שאנחנו כל כך רצינו להסיק. אבל זה חשוב לעשות את החישוב כי אחרת היינו מסיקות מסקנות לא נכונות. נכון שיש סיכוי שטעינו בזה שאמרנו שאין הבדל משמעותי, אבל זה רק 5% . יכולנו להתעלם מסטטיסטיקה אבל אז זה לא היה מבוסס מה שהיינו אומרות."

תלמידה מספר 226 (חקר מונחה)

הבנת החשיבות של מהימנות התצפיות - "בשטח היו המון צמחים והמון חרקים. לא כל הזמן, אבל היו פעמים שהיו באמת הרבה – חשוב היה שנבחין בכל החרקים ושלא נספור אותם פעמיים, או שנתעלם מהם כי אז מה שהיינו כותבות לא היה מה שבאמת קורה בבית גידול."

הבנת המגבלות של בידוד משתנים בשדה - "כשכתבנו את הדיון כל הזמן היינו צריכות להתייחס לזה שיש כמה גורמים שמשפיעים – גם מים, גם טמפרטורה, גם למשל רוח. אז גם אם מים מאד משפיעים, אולי דווקא כשהיינו הרוח גרמה לזה שהחרקים לא הצליחו לעוף כמו שצריך..."

הבנת חשיבות השמירה על תנאים קבועים - "כדי להשוות בין השדה עם הרבה פריחה לשדה עם פחות פריחה בצורה "הוגנת", השתדלנו ללכת לשם באותו זמן כדי שהתנאים יהיו שווים. כמו שאמרתי יש דברים שיכולים לשנות ולא רק עם יש יותר פרחים ופחות פרחים. למשל טמפרטורה ובגלל שעשינו את זה כמעט באותו זמן אז הטמפרטורה הייתה מאד מאד דומה ואז אפשר להגיד שההבדלים בחרקים זה לא בגלל הטמפרטורה. אם היו הבדלים בטמפרטורה הם היו מזעריים ביותר והם היו בגלל צל במקום שיש יותר צמחייה או חוסר דיוק מוחלט במכשיר עצמו..."

הבנת חשיבות הבקרה - "זה שהשוונו בין שני השטחים זה הוסיף לנו לדעת אם יש קשר לכמות הפריחה. אי אפשר לבדוק את זה בלי שיש קבוצה להשוואה. כאן זה בקרה השוואתית ולא כמו ניסויים שעשינו במעבדה עם בקרה חיצונית או ניסויים שעושים עם תרופות, עם התרופות ובלי התרופות..."

הבנת חשיבות החזרות - "ת'אמת לא היו לנו חזרות. כל כמה זמן הלכנו פעם אחת. אולי היו הבדלים בין יום ליום בעונה ודווקא בפעם שבאנו היה משהו יוצא דופן. עכשיו אני יודעת שצריך במחקר לבדוק כמה פעמים באותם תנאים. אבל זה רק ביוטופ, אי אפשר להגיד את זה (הכוונה לדרישות מטעם משרד החינוך, הערת החוקרת) כי גם ככה זה המון עבודה והשקענו מאד."

דוגמה לרמה בינונית 2

הבנה כללית לתהליך החקר, התייחסות כללית לרוב המרכיבים בקריטריון ההבנה הפרוצדורלית של תהליך החקר ו/או התייחסות סמי-ביקורתית לחקר שבצע התלמיד/ה:

תלמידה מספר 97 (חקר פתוח)

הבנת חשיבות שיטת המדידה של המשתנה התלוי - "המשתנה התלוי שלנו בשאלה השנייה היה קצב הפוטוסינתזה של החזזיות. כדי לבדוק פוטוסינתזה השתמשנו ב"שיטת המשפך" ששמנו את החזזיות בכלי מלא מים, על החזזיות שמנו משפך ועל המשפך מבחנה מלאה במים ואז כשהחזזיות עשו פוטוסינתזה, החמצן שיוצא בפוטוסינתזה עבר למים ועלה במבחנה למעלה ונוצרה בועה. ראינו את הבועה והבועה אמרה לנו כמה פוטוסינתזה יש"

הבנת המגבלות של בידוד משתנים בשדה - "רצינו לדעת מה ההשפעה של זיהום האוויר על החזזיות אז בדקנו חזזיות במרחקים שונים מהכביש, אבל אחרי כמה מרחק התחלנו להתקרב לים ואז יש השפעה של ים, שגם ים לא משפיע טוב על החזזיות אז אי אפשר לדעת מה משפיע ואי אפשר להפריד בין הדברים".

הבנת חשיבות הבקרה - "גם בקרה זה חשוב, זה עוד מרכיב של ניסוי כמו חזרות. זה נותן לנו ידיעה של ההשוואה" (גם במקרה זה לא הצליחה לפרט למה היא מתכוונת).

הבנת חשיבות החזרות - "חשוב לעשות חזרות, זה נותן יותר ביטחון (לשאלה "איזה ביטחון" לא ידעה להשיב) עשינו את הניסוי שלוש פעמים ואת המדידות בשמורת האירוסים גם כמה פעמים".

תלמידה מספר 217 (חקר מונחה)

הבנת המגבלות של בידוד משתנים בשדה - "עשינו השוואה בין אזור מתחת לאקליפטוס לאזור שלא מתחת לאקליפטוס. יודעים שיש אלופתיה באקליפטוס ובדקנו את זה ואז הייתה לנו שריפה שם וחלק נשרף ואז אנחנו לא יכולנו לדעת מה יותר השפיע, האקליפטוס או השריפה."

הבנת חשיבות הבקרה - "בקרה זה חשוב כדי שאפשר יהיה להשוות, למשל אצלנו בעבודה, עשינו השוואה בין שני מקומות שהכל ביניהם היה ממש דומה רק שבאחד היה עץ אקליפטוס ואז אנחנו רואים איך האקליפטוס משפיע בזה שהוא נמצא. אם לא היה לנו האזור בלי האקליפטוס אז לא היינו יכולות לדעת מה ההשפעה דווקא של האקליפטוס. בכל ניסוי טוב צריך את ההשוואה הזו."

הבנת חשיבות החזרות - "חשוב שיהיו חזרות, כל הזמן דברנו על זה בכתה. זה חשוב כי זה חלק מניסוי או מחקר טוב" (לא ידעה להרחיב למה הכוונה...)

דוגמה לרמה נמוכה 1

התייחסות שטחית לתהליך החקר, התעלמות ממרכיבי החקר או התייחסות טכנית ("תלויית מורה") :
תלמיד מספר 60 (חקר פתוח)

התייחסות כללית, לא מדויקת ואף שגויה :

"עבדתי על החצב והייתי צריך לבדוק פעילות של קטלז אבל בכל ניסוי שעשיתי לא היה שינוי, בועות שהיו צריכות להופיע בכל המבחנה, בקושי הופיעו וטוב שעשיתי בקרה כי זה חשוב... עושים חזרות כדי שתהיה בקרה וכדי שזה יצא טוב."

(התלמיד לא ידע להסביר מהי בקרה ומהי חזרה. בתום הראיון המושגים הובהרו לתלמיד ונתנה התייחסות לעבודת החקר של התלמיד – מה היו החזרות ומה הייתה הבקרה).

תלמיד מספר 278 (חקר מונחה)

גם בדוגמה זו ההתייחסות היא כללית, לא מדויקת והתלמיד מחליף בין חזרות לבקרה :

"עץ האלון הוא עץ מאד יפה ובדקנו מה יש בכיוונים השונים של העץ, בצפון ובדרום ובמזרח ובמערב, זה למעשה חזרות והיו לנו ארבע. גם חשוב לעשות בקרה, לעשות את זה שוב כדי שתהיה ביקורת. המורה אמר לנו לעשות את זה כמה פעמים."

(בהמשך התלמיד נשאל שוב כדי לוודא שלא ענה כפי שענה בשל בלבול רגעי והתלמיד חזר על דבריו. בתום הראיון הובהרו לתלמיד המושגים ותוקנה ההתייחסות לדוגמאות שנתן).

4. היבטים אפקטיביים

דוגמה לרמה גבוהה - 3

התייחסות מפורטת להיבטים אפקטיביים, תוך הבאת דוגמאות והתייחסות לסיבות לשינוי מצב הרוח/סקרנות/מצב לא צפוי :

תלמידה מספר 90 (חקר פתוח)

נוצרת סקרנות במיוחד כשלא מצליח, התמודדות עם תוצאות לא צפויות - "בשאלה הראשונה, שהתוצאות יצאו לפי ההשערה אבל למעשה זה לא היה הבדל מובהק חשבנו מה קורה פה. למה זה לא כמו שחשבנו... ודווקא זה היה יותר מעניין מאם זה היה יוצא כמו שחשבנו. כמו שחשבנו – זה ברור, לא צריך לחשוב יותר, כבר היה לנו בסיס ביולוגי. עכשיו היינו צריכות לחשוב וזה היה יותר מעניין. הצענו כמה סיבות אפשריות שאת כולן אפשר לבדוק, אבל כבר לא אנחנו... אולי תלמידים בשנה הבאה 😊 ..."

ישנן אכזבות והפתעות - "קצת התאכזבתי כשהניסוי הראשון לא הצליח. למעשה אנחנו לא הכנו את הדברים כמו שצריך, כמו שאמרתי על זה שלקחנו רק ארבעה זרעים בהתחלה והיינו צריכים לעשות שוב – סתם ביזבוז זמן. אבל אחר כך כשהתוצאות נראו כאילו הן מתאימות להשערה ובמבחן סטטיסטי זה התברר כלא מתאים להשערה. חשבנו שלא יקבלו את התוצאה, אבל כשהבנו שגם כשזה לא זה כן... זאת אומרת שאפשר להסביר את התוצאות, נרגענו. כשהניסוי השני הצליח זה היה מאד נחמד. הוא הצליח גם בזה שהתוצאות היו מתאימות להשערה וגם עשינו אותו יותר טוב עם פחות קשיים והרגשנו שאנחנו מתקדמות. ... עוד משהו שהופתעתי ממנו, זה שהסדרנו יפה. אמא שלי אמרה ששלוש בנות זה לא טוב כי זה יגרום למריבות, שתיים נגד אחת, אבל הסדרנו מאד יפה ושיתפנו פעולה ונעשינו חברות יותר טובות. נהנתי מלעבוד עם החברות ונהנתי גם מהמחקר עצמו, שעשינו דברים והבנו למה חשוב לעשות

בקרה וחזרות וכל מה שהמורה אמרה, ראינו שזה באמת חשוב. אמנם לא מצאתי משהו עם פרסו עולמי אבל הייתי כמו חוקר אמיתי וזה היה כיף, אחרי שגמרנו את כל הכתיבה שלקחה המון זמן..."

שינויי מצב רוח, התמדה והתעקשות - "זה שהיינו צריכות לעשות את הניסוי הראשון עוד פעם, מאד כעסנו... כעסנו אחת על השנייה וגם על המורה ואני גם כעסתי על עצמי, איך לא חשבנו על זה קודם. ואחרי הכעס החלטנו שאנחנו רוצות עבודה טובה ובשביל עבודה טובה צריך להמשיך ולעשות שוב – אז עשינו שוב וטוב שלא ויתרנו. וגם על המורה כבר לא כעסנו כי היא אמרה לנו שכדאי להראות לה מה אנחנו מתכוונות לעשות והתחלנו בלי להראות לה, אז היא באמת לא אשמה..."

גילוי יוזמה של התלמיד - "תהליך החקר מצריך יוזמה רבה. למעשה הרגשתי שותפות בתהליך, לא אחריות של המורה, יותר אחריות שלי. במהלך המחקר הרגשתי כי מוטלת עלי יותר אחריות מ... (המורה). למעשה - אחראיות רבה ליזום את המחקר ולבצעו: החל ממציאת תופעה, גיבוש הצעת המחקר, ביצוע העבודה בזמן ועד לחלק הסופי של כתיבת סיכום מחקר. טוב שהיה לי שותף לחלוק איתו את כל האחריות..."

תלמידה מספר 226 (חקר מונחה)

נוצרת סקרנות במיוחד כשלא מצליח, התמודדות עם תוצאות לא צפויות - "העבודה תרמה לי רבות לעובדה שעכשיו אני מתייחסת אל תופעות מסוימות לא כמו משהו מובן מאלי ואת ניגשת ב"ראש פתוח" יותר אל עבודות והסברים לתופעות שונות. נתקלנו במספר מקרים שהתוצאות לא התאימו ואפילו נגדו את ההשערות שלנו, זה גרם לנו להתחיל לחשוב – מה קורה פה... הביולוגיה "לא בסדר" או שאולי משהו בדרך עבודה שלנו, אולי לא ספרנו את כל החרקים, אולי לא ראינו את כולם... אולי זה היה מקרי... זה הכריח אותנו לחשוב וזה היה יותר מעניין"

ישנן אכזבות והפתעות - "כשבאנו במאי והיו הרבה פרחים והרבה מאביקים זה היה מאד יפה וכיף ולעומת זה באוגוסט היו נורא מעט והיה חם ואפשר לומר שממש לא כיף... גם ראינו שכשאחוז הכיסוי גבוה, בדרך כלל גם הייתה יותר פריחה והיו יותר מאביקים אבל גם בעלי חיים נוספים שהסתתרו בין הצמחים כמו עכבישי. הם הסתתרו גם כדי לתפוס "אוכל" וגם כדי שלא יתפסו אותם, זה היה נחמד לגלות מארג מזון שלם בשטח קטן יחסית"

שינויי מצב רוח - "רב הזמן היה לנו מאד נחמד, היו תלמידים שקיטרו ולא כל כך הקפידו, אבל אנחנו גם הסתדרנו בינינו וגם בחרנו במשהו צבעוני ופורה כך שהיה נחמד, נכון שלא תמיד היה זמן לצאת וזה קצת הכביד, אבל בגדול – היה כיף, מה שכתבנו במבוא לא כתבנו סתם, באמת התכוונו למה שכתבנו!"

להלן המבוא בתחילת עבודת החקר של התלמידה:

"כיום, במאה ה-21, שאנו סובבים סביב האינטרנט, הטלוויזיה ואמצעי הטכנולוגיה המתקדמים האחרים, אנו נוטים להתעלם מנפלאות הטבע שחובק אתנו אינסוף יוצאי דופן.

אך הנה בשיעור תמים אחד ניתנה לנו ההזדמנות להתרומם מעל מהכנולוגיה המפותחת להפסיק שרואים, לחזז מוחות ולהתחיל לחקור. מה שנראה כאסימה בלתי אפשרית לנערים מתבגרים, הפך לאחת החוויות הקסומות והעלאת רגל מנת המכיל של חפציו ולנו בפרט.

עבודת הביטול (שלה היסטוריה בפני עצמה) פיתחה אצלנו מודעות עצומה והרחיבה את אופקינו בכל הנוגע ליחסי השואלין בין צמחים לבשר. נוסף כי הנושא הנ"ל נחקר כיוון שתינו מפרשות מאוד מחוברות לעניין הפריחה הטבע והמאפיינים-הענייני יחסי הצדיות שכאלה הם עולם מופלא. במהלך העבודה הסתקרנו לחקור מעבר לנדרש. טיפנו עניין רב בנושא ומה שנראה לאנשים כחסר חשיבות בעולם העצום והמתקדם הוא בדיוק להפך. לא פעם מצאנו את עצמנו מתהלכות ברחוב ובמאותנו דבורה על פרח מיד עלתה בנו התלהבות והבנו בדיוק מה מתרחש. וכעת אנו טאות לומר: "הטבע הוא חברו הטוב ביותר של האדם".

דוגמא לרמה בינונית - 2

ההתייחסות כללית תוך הבאת דוגמאות בודדות ותגובות כלליות.

תלמידה מספר 108 (חקר פתוח)

ישנן אכזבות והפתעות והתמודדות עם תוצאות בלתי צפויות - "בהתחלה התאכזבתי נורא שלא יצא לנו כמו בהשערה, שזה קשור לכמה פוטוסינתזה עושה כל צמח שבדקנו, אבל הבנתי שלא כל תוצאה לא צפויה היא תוצאה לא טובה ושגם מהתוצאות שלנו אפשר ללמוד ולסיים את העבודה".
גילוי יוזמה של התלמיד ושל המורה - "הייתה לנו בעייה שנסענו לפולין באמצע המחקר והראשנים לא חיכו לנו, אנחנו קצת התייאשנו וטוב שהמורה הציעה לשנות שאלה וזה קידם אותנו".

תלמידה מספר 278 (חקר מונחה)

נוצרה סקרנות - "המעקב אחרי השינויים היה נחמד והיינו סקרנים לדעת מה יקרה בהמשך".
ישנן אכזבות והפתעות - "נהננו לעבוד כקבוצה, במקום שיזה יכביד זה תרם לגיבוש ולהיכרות בין חברי הקבוצה שלא היה ביניהם קשר לפני זה. העבודה הייתה באזור יפה וזה תרם לזה שלא סבלנו יותר מדי. בתצפיות ובבדיקות ובמחקר מצאנו את הטבע והתחברנו אליו בצורה שלא הבנו קודם".

"אכזבות והפתעות" וכן **"התמודדות עם תוצאות בלתי צפויות"** אוזכרו יותר בעבודות החקר הפתוח. להלן דוגמאות נוספות לאכזבות והפתעות שליוו את תהליך החקר:

תלמיד 126 (חקר פתוח)

"אכזבות והפתעות אכן מלוות את תהליך המחקר: בניסוי בו בדקנו האם העפץ משפיע על המבנה המורפולוגי של העלעל ציפינו למצוא שהעפץ פוגע בסימטריה של העלעל, אך לא כך היה הדבר והתאכזבנו. באותה התצפית גילנו דבר נוסף ולא צפוי שסיקן אותנו והוא שהעפץ מגיע תמיד רק עד לעורק הראשי. בהמשך יכולנו לתמוך במסקנה זו באמצעות התוצאות של הניסוי בוא בדקנו האם העפץ משפיע על מידת הפוטוסינתזה של העלעל".

תלמיד 121 (חקר פתוח)

"דוגמה לאכזבות והפתעות במחקר יש לי, ערכנו את הניסוי השלישי (עם הנבטי דגניים) שלוש פעמים ובכל שלושת הפעמים התפתח לנו עובש בצלחות הפטרי. ידענו שעובש הוא גורם מפריע ולכן התאכזבנו

כאשר הוא הופיע למרות כל האמצעים שנקטנו למנוע אותו- שימוש חד פעמי במזרק ומחט בכל השקיה, שימוש במרפאן (חומר מונע היווצרות עובש בריכוז 0.2%), השקיה עם המים רתוחים. הפתעה לא נעימה שקרתה לי במהלך החקר הייתה במהלך חיפוש אחר עפצים בשטח בית הספר. בחיפוש אחר העפצים נעקצתי על ידי דבור ועובדה זו גרמה לנו להפסיק את הניסוי ואת העבודה באותו יום...

בניסוי השלישי בו הכנימות מתו לא יכולנו להגיע לתוצאות. וזה היה ממש לא צפוי... עובדה זו הפריעה לי מאחר ורציתי להגיע לתוצאות שעליהן נוכל לבסס מסקנות מתאימות. התמודדות עם תוצאות לא צפויות לא הייתה צפויה... והפתרון היה שעם הזמן החלטתי שצריך להמשיך הלאה ואני חייב להוציא את המיטב מהמצב הקיים...

את המחקר אני בוחר ומחליט איך לפתח וזאת הייחודיות והריגוש שבמחקר לדעתי.

למדתי לפתח את הנושא בהתאם לנתונים המשתנים. אם למשל אחד הניסויים השתבש למדתי שאין זה אומר שעבודת החקר והשאלה כולה מתבטלים אלא יש לנתח את התהליך ולהבין מדוע הניסוי השתבש ולהפיק לקחים".

תלמידה 115 (חקר פתוח)

"תוצאות שאלת המחקר השלישית לא תאמו את השערותינו, וזו הייתה אכזבה גדולה, אולם במהרה התגברתי על אכזבתי משום שהגעתי למסקנה שגם תוצאות לא צפויות הן תוצאות, ואפילו תוצאות טובות, מכיוון שהן עוזרות לשלול השערות ופותחות פתח למחשבה יצירתית על השערות אחרות".

תלמידה 146 (חקר פתוח)

"אני חושבת, כי במהלך המחקר בהחלט למדתי להתמודד עם תוצאות בלתי צפויות. כך למשל, תוצאות הניסוי לשאלת החקר הראשונה לא איששו כלל את השערותינו, ואף היו בחלקן בלתי מוסברות לחלוטין. עם זאת השתמשנו בתוצאות וערכנו דיון ומסקנות, ואני חושבת כי אני בהחלט מרוצה מהתוצאה הסופית... נוצרת סקרנות"

תלמידה 105 (חקר פתוח)

"נהניתי דווקא כשנוצרה הבעיה כי ככה היה יותר מעניין מאשר הצפוי".

התייחסות לסקרנות נמצאה גם בקרב תלמידי חקר מונחה, אם כי אצל פחות תלמידים :

תלמידה 240 (חקר מונחה)

"אם בהתחלה ראינו בתצפיות כמחויבות לפרויקט, עד מהרה גילינו את הצד המעניין והמרתק של העבודה. בעבודה נתקלנו בקשיים רבים כגון שריפה שתוכננה ע"י העירייה ולא היינו מודעים לה. שריפה זו מצד אחד שיבשה לנו שלושה חודשים של תצפיות ומחקר, אך מצד שני פתחה בפנינו עוד תחום למחקר, ועוד הזדמנות לראות את התחדשותו של הטבע ואת יכולת הנמלים להקים לעצמן קנים חדשים."

דוגמא לרמה נמוכה – 1

בקטגוריה זו לא נמצאו תלמידים. כל התלמידים התייחסו לפחות התייחסות כללית תוך הבאת דוגמאות מספר דוגמאות לאכזבות ו/או הפתעות ו/או גילויי יוזמה מצד התלמיד או לפחות המורה.

3.3 השפעת סוג החקר (פתוח/מונחה) בעת ביצוע פרויקט, על רמת הידע

שאלת המחקר השלישית מתייחסת להבדלים בין שתי קבוצות המחקר ברמת טיפוס הידע, הקשורים לביצוע פרויקט חקר. נבדקה רמת הידע של ארבעה טיפוסים ידע שונים: ידע דקלרטיבי, ידע פרוצדורלי, ידע קונספטואלי וידע לוגי, וכן ציון כללי המורכב מארבעת טיפוסים הידע.

3.3.1 רמת הידע בשתי קבוצות המחקר

רמת הידע בקרב התלמידים נבדקה בתחילת ביצוע פרויקט החקר ובסיומו. גם בחלק זה של המחקר נטלו חלק 50 מבין הנבדקים שהשתתפו במחקר (25 תלמידים מכל קבוצה), במטרה לבדוק מה ההשפעה של סוג החקר פתוח/מונחה, בו עוסק התלמיד, על התפתחות רמת הידע מטיפוסים שונים בקרב התלמידים (פירוט ההליך בעמוד 51). נערך ניתוח 2×2 MANOVA (שיטת הוראה X זמן) עם מדידות חוזרות לגבי הזמן, קרי ההבדל בין רמת הידע בכתה י"א לרמת הידע בכתה י"ב.

רמת הידע נבדקה בכתה י"א, כחודש וחצי לאחר תחילת פרויקט החקר שביצעו התלמידים, ובכתה י"ב עם סיום הפרויקט. במטרה לבדוק האם קיימים הבדלים בין הקבוצות במדידה הראשונה נעשה ניתוח MANOVA חד-כיווני. בניתוח ה- $MANOVA$ נמצא הבדל מובהק בין שתי הקבוצות, $F(4,45) = 2.94, p < 0.05, \text{Eta}^2 = 0.21$.

ערכי רמת הידע בכל "טיפוס ידע", יכולים לנוע בין 1 (רמה נמוכה) ל-2 (רמה גבוהה). הערך המקסימלי לציון הכולל, המורכב מארבעת טיפוסים הידע הינו 8. גם בניתוח השונות שנעשה לגבי הציון הכללי נמצא הבדל בין שתי הקבוצות, $F(1,48) = 12.19, p < 0.01, \text{Eta}^2 = 0.20$. הממוצעים וסטיות התקן של מדדי הידע בקרב שתי קבוצות המחקר מוצגים בטבלה 17. כמו-כן מוצגים בטבלה תוצאות ניתוחי השונות שנעשו לכל מדד בנפרד ולציון הכולל.

טבלה 17: ממוצעים וסטיות תקן של רמת טיפוסים הידע, בשתי קבוצות המחקר, בכתה י"א

שיטת החקר						
חקר מונחה			חקר פתוח			טיפוס ידע
Eta^2	$F(1,45)$	SD	M	SD	M	
0.11	5.76*	0.20	1.04	0.46	1.28	ידע דקלרטיבי
0.10	5.44*	0.33	1.12	0.50	1.40	ידע פרוצדורלי
0.14	7.58**	0.00	1.00	0.44	1.24	ידע קונספטואלי
0.08	4.35*	0.20	1.04	0.44	1.24	ידע לוגי
0.20	12.19**	0.50	4.20	1.28	5.16	ציון כולל

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

כפי שניתן לראות מהטבלה, בניתוחי השונות שנעשו לכל מדד בנפרד נמצאו הבדלים מובהקים בין שתי הקבוצות בכל המדדים. על-פי הממוצעים נראה שבכל המדדים רמת הידע בקרב התלמידים שבצעו את הפרויקט בגישת החקר הפתוח גבוהה יותר מזו של התלמידים שביצעו את פרויקט בגישת החקר המונחה.

כזכור, נבדקה רמת הידע גם בכתה י"ב, בסיום ביצוע הפרויקטים. הממוצעים וסטיות התקן של מדדי הידע בקרב שתי קבוצות המחקר מוצגים בטבלה 18. כמו-כן מוצגים בטבלה תוצאות ניתוחי השונוות שנעשו לכל מדד בנפרד ולציון הכולל.

בניתוח השונוות שנעשה לגבי הציון הכללי נמצא הבדל מובהק בין שתי קבוצות המחקר על פי שיטת החקר, $F(1,48) = 8.11$, $p < 0.01$, $Eta^2 = 0.15$.

טבלה 18 : ממוצעים וסטיות תקן של רמת טיפוס הידע, בשתי קבוצות המחקר, בכתה י"ב

שיטת החקר						
חקר מונחה			חקר פתוח			טיפוסי ידע
Eta^2	$F(1,45)$	SD	M	SD	M	
0.05	2.26	0.37	1.84	0.37	1.84	ידע דקלרטיבי
0.02	6.46*	0.51	1.52	0.44	1.76	ידע פרוצדורלי
0.06	3.10	0.50	1.60	0.48	1.68	ידע קונספטואלי
0.14	7.75**	0.51	1.56	0.37	1.84	ידע לוגי
0.15	8.11**	1.29	6.52	1.24	7.12	ציון כולל

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

כפי שניתן לראות מהטבלה, בניתוחי השונוות שנעשו לכל מדד בנפרד, נמצאו הבדלים מובהקים בין שתי הקבוצות, במדדים ידע פרוצדורלי וידע לוגי. על-פי הממוצעים המוצגים בטבלה 18 נראה שבשני מדדים אלו ובציון הכולל, רמת הידע בקרב התלמידים שבצעו את הפרויקט בגישת החקר הפתוח גבוהה יותר מזו של התלמידים שביצעו את פרויקט בגישת החקר המונחה.

על-פי הממוצעים המוצגים בטבלאות 17 ו- 18 ניתן לראות שחל שיפור בכל ארבעת המדדים בשתי קבוצות המחקר. בהתייחס לכלל התלמידים שהשתתפו במחקר נמצאו הבדלים מובהקים בין שתי המדידות, בארבעת טיפוס הידע ובציון הכולל. הממוצעים וסטיות התקן של טיפוס הידע בתחילת הפרויקט (כתה י"א) ובסופו (כתה י"ב), וכן תוצאות ניתוחי השונוות להשוואה בין שתי המדידות לכל מדד בנפרד מוצגים בטבלה 32, בנספח 17. גם בה, ערכי רמת הידע בכל "טיפוס ידע", יכולים לנוע בין 1 ל- 2. והערך המקסימלי לציון הכולל הינו 8.

מאחר ונמצאו הבדלים מובהקים ברמת הידע, במדדים השונים, בין הקבוצות במדידה הראשונה (י"א) נעשה ניתוח MANCOVA חד-כיווני שלוקח בחשבון את ההבדלים במדידה הראשונה, לבדיקת ההבדלים בין שחלו בין הקבוצות בין המדידה הראשונה למדידה השנייה. בניתוח זה לא נמצא הבדל מובהק בין הקבוצות, $F(4,41) = 1.79$, $p > 0.05$.

בניתוח ה- 2×2 MANOVA (שיטת הוראה X זמן) נמצא הבדל מובהק בין המדידה שנעשתה בכתה י"א למדידה שנעשתה בכתה י"ב, $F(4,45) = 44.08$, $p < 0.001$, $Eta^2 = 0.80$. אך לא נמצאה אינטראקציה מובהקת של קבוצות X זמן, $F(1,45) = 1.21$, $p > 0.05$. כלומר, אין הבדל בין שתי הקבוצות בשינויים שחלו בין המדידה הראשונה למדידה השנייה.

יש לציין שבניתוח נוסף שנעשה לגבי הציון הכללי, נמצאו גם כן ממצאים דומים, קרי הבדל בין המדידות בזמן, $F(1,48) = 170.67$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.78$, ובדומה לניתוח ה-MANCOVA, לא נמצאה אינטראקציה מובהקת של קבוצות X זמן, $F(1,48) = 1.20$, $p > 0.05$.

3.3.2 דוגמאות לביטוי טיפוסי ידע ורמתו בשתי קבוצות המחקר

להלן דוגמאות לרמות שונות של ידע בכל טיפוסי הידע שנבדקו, משתי קבוצות המחקר.

ידע דקלרטיבי

ידע המתייחס לתחום התוכן.

דוגמא לרמה גבוהה (2)

מכיר היטב את האורגניזם ו/או את התופעה בו/בה עוסק, את דרגות המיון המקובלות ותכונות מאפיינות של האורגניזם ואת מהות התופעה והגורמים המשפיעים עליה. יודע להגדיר את מהם ניסוי ותצפית, את ההבדלים בין השניים, תוך מתן דוגמאות לתצפיות וניסויים במהלך י"א – י"ב.

(תלמיד מספר 126 משיטת החקר הפתוח)

"טפילות- טפילות היא סוג של יחסי גומלין שבהן שותף אחד – הטפיל – נהנה והשני – הפונדקאי – ניזוק. ביצירת העפץ, הכנימה (הטפיל) פוגעת בעלעל (הפונדקאי) בכך שהיא מונעת את תהליך הפוטוסינתזה בחלק מהעלה ולוקחת סוכרים מעורקי השיפה לצרכיה.

קראתי מה זה עפץ בהגדרתו הביולוגית. זה ואני מצטט כי למדתי את זה וזה גם נראה לי מאד מסביר: " עפץ הוא גידול של רקמת הצמח, שנוצר בתגובה לפעילות של אורגניזם זר". אני עכשיו מכיר את הכנימה שגורמת לעפץ על אלת המסטיק. בזכות מאמר שקראנו הגענו לפרופסור דוד וול שעזר לנו רבות לכל אורך תהליך כתיבת עבודת המחקר, זה שהיה פרופסור אמיתי שהיה מעורב זה מאד הוסיף לנו גם לידע וגם לרצון להוסיף ידע...

לגבי הטפילות יש קואבולוציה בין טפיל לפונדקאי. אם הטפיל יהיה טפיל "חזק" מדי אז הפונדקאי אולי ימות וגם הטפיל ימות אז יש כאן "משחק" בין הכוחות... אלת המסטיק זה צמח ממשפחת האילתיים ששיכים למחלקת הדו פסיגיים, זה בדקנו כשחיפשנו מידע על העפץ אם הוא ייחודי דווקא לצמחים מסויימים. הכנימות עצמן הן חרקים קטנים, יש כנימות עלים, יש כנימות שגורמות לעפצים. שלנו – גורמת לעפצים. יש משפחה ויש בת משפחה – שמות מסובכים של הכנימות האלו, אין להם שם בעברית. על החרקים בכלל והכנימות אני יכול לספר הרבה. הם פויקילותרמיים ולכם מושפעים מהטמפרטורות והעונה. הרבייה שלהם יש בה חילופי דורות – דור מיני ודור של רבייה אל מינית...

תצפית זה יכול להיות חלק מניסוי אבל זה החלק שרק מסתכלים, לא מתערבים ולא עושים שום דבר – פשוט איך שזה. למשל שיצאנו לסיור והסתכלנו כמה צמחים יש על יד הים וכמה יש רחוק מהים או בבידע שלנו – זה שראינו את התופעה והסתכלנו היכן מצויים העפצים על השיח. ניסוי זה כשאנחנו מתערבים ומשנים משהו שאנחנו רוצים לבדוק. למשל במעבדה החמצנו ירקות – רצינו לבדוק מה השפעת הטמפרטורה על תהליך ההחמצה ועשינו החמצה בכמה טמפרטורות שונות כשאנחנו משנים את הטמפרטורה. בבידע שלנו זה הניסוי שעשינו למשל בדקנו עד כמה הכנימות קשורות לפונדקאי מסויים וניסינו לגדל אותן על נבטים של חיטה."

(תלמיד מספר 224 משיטת החקר המונחה)

"בחרנו בחצב. החצב הוא גיאופיט מהשושניים, מחד פסיגיים והוא מאד מזכיר עירית גדולה, אבל גם צבעוני שבכלל לא דומה מאותה משפחה... גיאופיט זה צורת חיים של צמחים שיש תקופה שאין להם עלים מעל הקרקע ומה שנשאר מתחת לקרקע חי אבל נמצא במצב של כמו תרדמה. ככה זה פיתרון להתמודד עם תקופה יבשה – הקיץ. במקומות שיש קיץ חם ויבש יש הרבה גיאופיטים כמו כלניות ורקפות. החצב, הוא מבשר את בוא הסתיו... הפריחה על עמוד פריחה, בסוף הקיץ, לפני שיוצאים גם עלים. העלים יוצאים אחרי שירדו גשמים ועמוד התפרחת מתייבש. יש לחצב חומרים צורבים שמרתייעים בעלי חיים לאכול אותו וזה יתרון גדול. גם הפריחה בסוף הקיץ זה יתרון כי אין הרבה צמחים שפורחים ואין תחרות על מאביקים... העלים הירוקים הם "בית חרושת" לפוטוסינתזה וזה לקיום החצב, גם בחורף וגם לאגור חומרים כדי שבסוף הקיץ יהיה ממה להוציא את עמוד התפרחת והפרחים... כל מה שכתבתנו בעבודה, ראינו את החצב במארג המזון – נכון שלא אוכלים אותו בגלל הרעילות שלו אבל מגיעים אליו חרקים והם כן ניזונים ממנו, אז יש לו חלק במארג מזון. רגילים לחשוב שבמארג מזון יש רק יחסים של אוכל ונאכל אבל לחצב, ולמעשה לרב הפרחים, יש מערכת יחסים גם של הדדיות עם אלו שאוכלים אותם... כי או שאוכלים את הצוף ולא פוגעים בגרגרי האבקה אותם מעבירים לחצבים אחרים ונותנים שירותים של האבקה או גם אם אוכלים, לא אוכלים הכל וגם נותנים שירותים של האבקה... תצפיות זה מה שעשינו רוב הזמן – רק הסתכלנו ורשמנו מה רואים, אחר כך עשינו טבלאות וגרפים אבל לא שינינו שום דבר. עוד משהו שהוא בין תצפית לניסוי... כי זה לא ניסוי... בתצפיות שילבנו מדידות, של טמפרטורה למשל וגם של כמות הגלוקוז בפרחים, עם סטיק לגלוקוז. זה הראה לנו כמה יש בלי לשנות שום דבר. בניסוי משנים. עשינו הרבה ניסויים במעבדה, למשל מה הקשר בין שטח הפנים של צמח לתהליכים של יציאה של מים ממנו. היה לנו... קישוא אני חושבת ובדקנו קובייה אחת גדולה וקוביות יותר קטנות והרבה קוביות קטנות ואנחנו שינינו את השטח פנים של הקוביות. עוד ניסוי... בדקנו מה השפעת הטמפרטורה על פעילות אנזימים. אנחנו שינינו את הטמפרטורה וראינו מה קורה בכל טמפרטורה".

דוגמא לרמה נמוכה (1)

הכרות שטחית של האורגניזם ו/או את התופעה בו/בה עוסק, לא מכיר דרגות מיון מקובלות ותכונות מאפיינות של האורגניזם, אם מכיר תכונות – מספרן מועט ואינו יכול לפרט. מגדיר באופן חלקי או שגוי מהם ניסוי ותצפית, ואם יש לתלמיד דוגמאות לתצפיות וניסויים, הן אינן נכונות או אינן מדויקות.

(תלמידה מספר 132 משיטת החקר הפתוח)

"שוללית החורף מתחילה בתחילת החורף... למה דווקא שם... כי... שם זה מתאים. ויש בה כל מיני בעלי חיים שבקיץ הם רדומים ובחורף מתעוררים. כל מיני בעלי חיים... בטח שיש להם תכונות דומות – זה שהם רק בחורף... איך זה קורה – קראנו על זה וכתבתנו, את זה סיכמה השותפה שלי, אני תיכף אזכר..."

תצפית זה משהו שעושים לאורך תקופה. זה התצפיות שעשינו על השוללית וראינו מה קורה לה מההתחלה שהיא הייתה יבשה ועד שהיא התמלאה וגם אחר כך שהיא התחילה להתייבש. ניסוי זה משהו שבדקים, משהו מסויים, לא הרבה דברים. למשל במעבדות עשינו הרבה ניסויים לתלקיט (תיק עבודות) עשינו ויטמין C בתפוזים ועגבניות, גידלנו חיידקים... עדו כמה דברים כאלו".

(תלמיד מספר 230 משיטת החקר המונחה)

"חצב הוא גיאופיט ממשפחת השושניים. בקיץ פורח לפני שיש לו עלים וזה מסתדר לו טוב ככה. יש לו חומרים שלא נותנים לבעלי חיים לאכול אותו. הוא חלק ממארג המזון ויש לו יחסי גומלין של פריחה עם החרקים שם, ראינו איך הם באים אליו..."

תצפית זה להסתכל וניסוי זה במעבדה. בניסוי משנים. במחקר שלנו היה ניסוי, כשבדקנו את הגלוקוז בפרחים, במעבדה. (המראיית שואלת "איך הגדרת ניסוי?") התלמיד חושבת רגע, נראה שהוא מתלבט, קצת נבוך ואז הוא ממשיך לדבר) בעצם זה... זה אולי לא ניסוי. לא התערבתי כאן לשנות משהו ולבדוק את זה. בדקתי מה שהיה בצמח. אבל זה לא תצפית שזה רק הסתכלות. זה... טוב יש דברים שהם באמצע."

אחת התלמידות (146, חקר פתוח) הביעה באופן ברור את השינוי בידע הדקלרטיבי (מבלי לכנות אותו במינוח זה) שחל אצלה, בין תחילת החקר לסופו:

"בתחילת המחקר הכרתי את נושא הנביטה ברמה שטחית ביותר. אני חושבת, כי במהלך המחקר עשיתי הכרות עמוקה יותר עם הנושא ולמדתי בדרך עיונית וחוויתית מושגים ותופעות חדשות בנושא הנביטה שלא הכרתי אותן קודם בכלל. לדוגמא, אני לא חושבת שבתחילת המחקר ידעתי מהם שורשון, נצרון ופסיג, ועכשיו אני יודעת את תפקידם ואפילו מצליחה לזהותם לא רק בזרעי כף האווז."

ידע פרוצדורלי

ידע ה המתייחס לסדר פעולות שיש לבצע וקשור בעשייה.

דוגמא לרמה גבוהה (2)

מנה את השלבים השונים בעבודת החקר, הסביר את הסדר וההיגיון בסדר בו עבד.

תלמיד 100 (חקר פתוח)

"בעבודה התחלנו קודם כל מבחירת הנושא. זה ברור, בלי נושא אין מה לחקור. אחרי שבחרנו את הנושא החלטנו מה בדיוק אנחנו רוצים לחקור. התלבטנו בין משהו קל ופשוט על צמחים או משהו יותר מסובך אבל יהיה יותר מעניין וזה בעלי חיים. בחרנו בנמלים כי ניתן למצוא אותן בקלות, בכל מקום. רק אחר כך הסתבר לנו שלא תמיד ניתן למצוא את הנמלים בקלות, אבל כבר התחלנו, אז המשכנו. אחר כך, בדומה לניסויים במעבדות שהם כמו מחקרים קטנים, ניסחנו שאלת מחקר וגם השערה. התחלנו לקרוא חומר על הנמלים כדי להכיר אותם יותר טוב ושיהיה לנו כיוון. במקביל גם חיפשנו נמלים וכשמצאנו עשינו תצפית מקדימה, לראות מה קורה כדי שיהיו לנו "סדרי גודל" של זמנים ומספרים – כמה נמלים יש באזור, איזה צמחים וכמה צמחים וכל פרט שיעזור לנו להכיר את הנמלים, לנסח שאלה שתעניין אותנו ותהיה טובה לפי "הכללים" (לשאלת המראיית פירט מהם "הכללים" – "שני משתנים, תלוי ובלתי תלוי, חיפוש קשר ולא "מנגנון" וכמובן, סימן שאלה") וגם לחשוב איך לבדוק את השאלה – מה למדוד ואיך.

בחרנו בהעדפות המזון של הנמלים. ראינו שמאספסת, צמח שהיה נפוץ מסביב לקן ושהיו לו הרבה זרעים, הנמלים כמעט ולא לקחו זרעים לקן, בעוד שמשיבולת שועל שגם הייתה צמח נפוץ לקחו הנמלים הרבה יותר. החלטנו לבדוק את זה באופן כמותי והשאלה הראשונה הייתה תצפית: מה הקשר בין סוג המזון באזור שלולית החורף לבין מידת העדפתו ע"י נמלת הקציר?

אחרי שניסחנו שאלה וגם השערה, ניגשנו לשלב המעשי. כמובן שהיינו צריכים לתכנן מה לעשות כדי לא לבזבז סתם זמן. להחליט איך לעשות את התצפיות כך שלא נפריע לנמלים אבל נוכל לראות את כל מה שהן מכניסות לקן. לבחור את הקינים, להחליט על מספר תצפיות ועוד. אותו דבר לשאלות הבאות –

ניסחנו את השאלה, החלטנו איך לבדוק ואז בדקנו. לכל שאלה רשמנו את התוצאות, מכל חזרה וחישובנו ממוצעים. לאחר סיום החלק המעשי התחלנו בעיבוד התוצאות – טבלאות מסודרות, גרפים מתאימים ולאחר מכן צריך היה לנסח את הדיון המסכם. היו לנו רעיונות לגבי כל שאלה ושאלה, אבל לנסח את זה באופן שיהיה ברור גם לקוראים שלא היו איתנו בשטח, זה לא פשוט וגם להסביר תוצאות שלא "יצאו" לנו לפי "הספר" ... ניסינו ליצור קשר עם ד"ר עופר שכתב את הספר על הנמלים, בתחילת העבודה, כשלא מצאנו קינים וחשבנו אולי יש משהו ייחודי לאזור בו אנחנו גרים, לא הצלחנו לתאם מפגש ובדיעבד, לא נורא כי מצאנו קינים, אבל אולי הוא היה מוסיף לנו עוד מידע שהיינו יכולים להתייחס אליו בדיון המסכם, כי אנחנו קבלנו רק "תמונת עולם" של האזור שלנו ולו יש "תמונת עולם" של כל ישראל... מידע נוסף שנחשפים אליו יכול לסייע בהבנה של התוצאות ולעזור לכתיבת דיון מעמיק יותר ולא משנה באיזה שלב. בכלל במהלך העבודה הקפדנו על כל מה שקשור למרכיבים של מחקר, עשינו כמה תצפיות שיהיו לנו חזרות ולא יוכלו להגיד שמה שיצא לנו זה מקרי. גם הקפדנו לעשות את התצפיות באותם תנאים פחות או יותר, מבחינת השעה ביום, הרוח, שלא יצא שדווקא הגורם הקבוע שלא היה קבוע הוא זה שמשפיע ולא מה שאנחנו בודקים, ובניסויים שמנו אותה כמות מזון, כי שיטת הבדיקה הייתה לראות איזה מזון נגמר קודם ואם היו כמויות לא שוות, אז יכול להיות שמה שנגמר קודם נגמר קודם לא בגלל העדפה אלא בגלל שהיו מעט זרעים, השתדלנו מאד למרות הקושי בעבודה בשדה."

תלמידה 224 (חקר מונחה)

"עבודת המחקר שלנו כללה כמה שלבים, אני אתחיל מהסוף להתחלה וכל שלב נבנה על השלב שלפניו. הסוף היה שנבחנו בעל פה והראנו לבוחנת שאנחנו יודעות מה עשינו... הגשנו לבוחנת עבודה כתובה שהייתה תוצר של כמה חודשים טובים... זה היה סיכום של התוצאות והדיון במה שמצאנו. לא היינו יכולים לכתוב דיון אם לא היו לנו תוצאות ותוצאות לא היינו מקבלים אם לא היינו מבצעים את החלק המעשי של איסוף הנתונים. לא היינו מבצעות את החלק המעשי אם לא היה לנו נושא לעבודה. התלבטנו בין כמה נושאים מרשימה שנתנה לנו המורה. היו כמה נושאים מעניינים ואם היו בוחרים בנושא שלנו עוד תלמידים, הייתה נוצרת בעיה. יצא ככה שבנושא שלנו, החצב, אף אחד לא בחר וזה יצא טוב. יחד עם המורה החלטנו איזה שאלות נבדוק בעבודה ולפי השאלות גם איך נעבוד. אחרי שהיו לנו שאלות, חיפשנו מידע על החצב ועל מה קורה לו באיזו עונה כדי שנוכל לשער השערות הגיוניות. כאלו שיש להן בסיס ביולוגי. אפשר היה לערוך את התצפיות ואחר כך לקרוא על החצב, אבל אז לדעתי התצפיות היו פחות משמעותיות כי לא היינו חושבות למשל לספור גם את עמודי התפרחת היבשים ולקשר למספר העלים הירוקים. בזכות הקריאה על העלים שמבצעים פוטוסינתזה וחומרי הפוטוסינתזה שנאגרים בחצב וכשיש יותר עלים, יש יותר חומרים לאגירה, יהיו יותר עמודי תפרחת, טוב שקראנו לפני, כי אולי היינו מגיעות לזה ואולי לא וככה היה לנו כיוון וגם ספרנו ואספנו נתונים שאיתם יכולנו לבסס את מה שחשבנו."

דוגמא לרמה נמוכה (1)

סדר השלבים השונים בעבודת החקר אינו ברור לתלמיד ואו משיך את הסדר להנחיות המורה.

תלמידה 97 (חקר פתוח)

"בעבודה עשינו הרבה דברים, גם ניסויים וגם כתבנו את התוצאות... איך התחלנו? היינו צריכים לנסח שאלה. המורה רצתה שנחפש חומר לפני שנחליט על השאלה אבל אני רציתי לעבוד עם החברות שלי ולכן מה שהן רצו, הסכמתי. אחרי שהייתה שאלה חקרנו אותה וכתבנו את העבודה. אז המורה אמרה לנו לקרוא עוד חומר, אבל זה נראה לי מיותר כי היו לנו כבר תוצאות."

תלמידה 232 (חקר מונחה)

"עשינו תצפיות, רשמנו בטבלאות, אחר כך הכנו גרפים וכתבנו את העבודה. לפי מה שהמורה אמרה."

ידע קונספטואלי

ידע המתייחס ליכולת להתמודד עם סכמות וחלוקה לקטגוריות, שילוב ידע חדש עם ידע קיים.

דוגמא לרמה גבוהה (2)

מסוגל להסביר באופן מעמיק כיצד גורמים שונים משפיעים על האורגניזם/התופעה שחקר או לגבי שאלות שנשאל. יודע להסביר במה השתמש בעבודת החקר: תצפית ואו ניסוי ומדוע.

תלמיד 100 (חקר פתוח)

"לגבי השאלה שהייתה במבחן - איך ישפיעו הגורמים השונים על הדגים? ניתן לראות לגבי זיהום המים שכשיש מעט זיהום יש יותר דגים, בזיהום בינוני אותה כמות דגים ובזיהום גדול יש ירידה בגודל אוכלוסיית הדגים. אי אפשר להגיד "ככל שיש יותר זיהום - גודל האוכלוסייה יורד" כי זיהום בינוני משפיע כמו זיהום מועט, כן אפשר לומר שדגים לא מושפעים מהזיהום עד רמה בינונית וברמה גבוהה יש השפעה שלישית. לגבי טורפים - רואים שיש השפעה אם יש הרבה טורפים הדגים נטרפו כולם. ולגבי מקומות מסתור - כשהיו מעט, לא היה טוב לדגים. למעשה, לגבי טורפים ומקומות מסתור - זה די הגיוני והייתי חושב שכך יהיה עוד לפני שראיתי את התוצאות."

... לפני שהתחלנו את המחקר ידעתי שבתצפית לא מתערכים ובניסוי מתערכים, החוקר משנה מה שהוא רוצה לבדוק, אבל חשבתי שתצפית זה דבר שקשור לסביבה הטבעית, מחוץ למעבדה וניסוי קשור למעבדה. היה לי די ברור שבמעבדה מבצעים ניסויים. תוך כדי וכבר בתחילת הבידוע (עבודת החקר) הבנתי שזה לא קשור למקום, בחוץ או במעבדה, אלא קשור למה עושים ואפשר לעשות תצפיות בשני המקומות וגם ניסויים. במחקר שלנו התחלנו משאלה שהייתה תצפיתית ואחר כך ענינו על עוד שלוש שאלות שהיו שאלות המבוססות על ניסוי ועשינו את זה בחוץ, בבית הגידול הטבעי של הנמלים. התלבטנו אם לגדל נמלים בבית נמלים במעבדה ואז לבצע את הניסוי וזאת כדי לשמור על התנאים במעבדה קבועים, אבל העלות והטרחה סביב בית הנמלים והצורך בכמה בתי נמלים או כמה חזרות, לא הצדיקו את המאמץ והשתדלנו לבצע ניסוי טוב, מבחינת העשייה, על יד קיני הנמלים בחוץ."

תלמידה 224 (חקר מונחה)

"העבודה תרמה לנו בכך שכיום אנו פוקחים את עינינו, ושמים לב לסביבה היפה שקיימת בעירנו. כמו כן, למדנו לעבוד בשיתוף פעולה כקבוצה מגובשת ויחסנו התהדקו עוד יותר. קודם לא שמנו לב ליחסי גומלין בין צמחים ובעלי חיים, לא שהם לא היו... היו! ולא היינו מודעים ליחסי הגומלין למשל שכל צד "נותן"

וגם "מקבל" ויש אפילו תלות- הדדיות מלאה. ידענו את זה מלימודי האקולוגיה, זה אחד הדברים הבסיסיים שלומדים בפרק יחסי גומלין בספר אקולוגיה ועכשיו, עם עבודת המחקר שלנו זה קבל משמעות אמיתית. שמנו לב שיש יתרון לחצב שהוא פורח ראשון, הגיעו אליו הרבה יותר מאבירים מאשר בהמשך כשהיו עוד כמה פרחים שהתחילו לפרוח. ולגבי הקבוצה, גם אצלנו הייתה הדדיות. לא שלא ידענו קודם שאם משתפים פעולה זה יותר קל ואפשר לחלק את העומס והמשימות, אבל עם העבודה הזו, שהייתה הכי גדולה מכל העבודות שעשינו עד עכשיו בבית ספר וכנראה הכי גדולה בבית הספר כי למעשה סיימנו, ראינו עד כמה זה נכון...

בעבודה שלנו ערכנו תצפיות שכללו מדידות של טמפרטורת אוויר, טמפרטורת קרקע, רוח – כיוון ועוצמה, עוצמת אור וגם עננות שזה קשור לעוצמת אור. וגם את כמות הצוף בפרחי החצב. ניסוי לא עשינו בעבודת המחקר, אבל אפשר לעשות מחקר שמבוסס על תצפיות. לפני זה חשבתי שמחקר זה ניסויים. אם יש ניסוי אז זה מחקר ודברים אחרים לא. עכשיו אני רואה שאפשר לחקור גם בלי ניסויים ולאסוף נתונים, להתייחס לתוצאות, להסיק מסקנות וללמוד דברים שלא ידענו קודם...

בשאלה של תפוחי האדמה, כשהשקו יותר מים קבלו יותר יכול. זה מובן כי צמח צריך מים כדי להתפתח. בטמפרטורה של 25 מעלות היה יותר יכול מאשר בטמפרטורה של 25 מעלות וגם זה מובן בגלל שידוע שטמפרטורה מזרזת תהליכים, כמובן עד שלב מסויים אז טמפרטורה גבוהה מדי עלולה לפגוע, אבל 25 מעלות זו טמפרטורה נוחה ותהליכים קורים יותר מהר, מתפתחים יותר תפוחי אדמה. לגבי דישון – גם למדנו שצמח צריך מינרלים ודישון זה מינרלים, לא? אז זה בסדר. שום דבר כאן לא מפתיע."

דוגמא לרמה נמוכה (1)

התלמיד לא מסוגל להסביר כיצד גורמים שונים משפיעים על האורגניזם/התופעה שחקר או לגבי שאלות שנשאל. אם מסביר – הסברו אינו נכון. התלמיד לא מבחין בין תצפית לניסוי ואינו יודע לקשרם לעבודת החקר שלו.

תלמידה 107 (חקר פתוח)

"בשאלה על הדגים, זיהום המים משפיע בקצת על גודל האוכלוסייה (לא מתייחסת לטיפולים בהם זיהום המים שונה אבל גודל האוכלוסייה זהה) מקומות מסתור משפיע על גודל האוכלוסייה – קטנה ובכלל לא (לא מקשרת בין מספר מקומות המסתור לגודל האוכלוסייה)..."

במחקר שלנו בדקנו את המאבקים שמגיעים לנר הלילה בטיילת, על יד הפנסים. בדקנו קשר בין כמות אור למספר המאבקים. בהכל הייתה התערבות של בני האדם – הם שמו את הפנסים בטיילת ואנחנו שמנו פנסים בשאלה שלישית" (בעבודה, בשאלה ראשונה צפו התלמידים במספר החרקים שהגיע אל הפרחים במרחקים שונים מעמודי התאורה שדלקו במקום במשך הלילה כולו, בשאלה שלישית, במקום חשוך הדליקו פנס ובדקו כיצד השפיעה ההדלקה על מספר החרקים שהגיעו לשיחים הסמוכים לפנס שהדליקו. שאלה ראשונה היא שאלת תצפית, שאלה שלישית שאלה המבוססת על ניסוי. התלמידה לא הבחינה בהבדל).

תלמידה 251 (חקר מונחה)

"בשאלה על הדגים – טמפרטורה לא משפיעה על הדגים כי היא לא משתנה (התלמידה שגתה בקריאת הטבלה, היא לא התייחסה אל הטמפרטורה כגורם קבוע, שלא נבדק ולא שונה במהלך הניסוי בשאלה אלא התייחסה לטמפרטורה כגורם נבדק בניסוי) ...

בעבודה שלנו, אני חושבת שעשינו רק תצפיות... הסתכלנו על הנמלים, ידעתי קודם שיש הרבה נמלים בקן ושהן הולכות בטור אחת אחרי השנייה וזה באמת ככה, לא שינה לי מה שידעתי על נמלים"

ידע לוגי

ידע המתייחס לסיבתיות, מה גורם למה והיכולת להסביר את הסיבות לכך. הידע מתייחס להבנת קשרים, סיבות ותוצאות.

דוגמא לרמה גבוהה (2)

התלמיד מסביר באופן מפורט כיצד עבודת החקר שביצע סייעה להבנת התופעה/בית הגידול שבדק, יכול להציע כיוון להמשך המחקר ולהסביר כיצד יתרמו הממצאים העתידיים להבנת התופעה/בית הגידול, יכול להסביר את הקשר בין השאלות בעבודת המחקר ותוצאותיהן. אם יש תוצאות מפתיעות, יודע להסביר מדוע הן מפתיעות וכיצד ניתן ליישב את ה"הפתעה".

תלמידה 149 (חקר פתוח)

"מתוצאות חקירת השאלה הראשונה הגענו למסקנות כי החומצה פוגעת בנביטה וכי תפקיד מעטפת הזרע הוא, ככל הנראה, להגן על הזרע מפני גורמים סביבתיים שונים העשויים לפגוע בתוכנו. עם זאת מספר תוצאות היו בחלקן לא מוסברות, למשל, למה נביטת הזרעים העטופים שהושרו 6 דקות בחומצה ומידת הנביטה של הזרעים העטופים שלא הושרו כלל בחומצה הייתה זהה? או מדוע משך זמן ההשריה בחומצה משפיע רק על מידת הנביטה של הזרעים העטופים ולא על מידת נביטתם של הזרעים המקולפים? לכן החלטנו תוך התייעצות עם החוקר ועם המורה להמשיך את המחקר בכיוון אחר, שיש לו סיכוי לקבל תוצאות יותר ברורות. קבענו שהשאלה השנייה תבדוק איך משפיעות תמיסות השקיה שונות על מידת נביטת הזרעים, אשר רק יושרו במים 12 שעות לפני הזריעה. תוצאות הניסוי לשאלת המחקר השנייה הראו שתמיסת ההשקיה המכילה חנקת אשלגן מעודדת את מידת הנביטה בצורה טובה יותר מאשר תמיסת ההשקיה המכילה 0.2% מרפאן. לכן ביקשנו בשאלת המחקר השלישית לבדוק האם תמיסת ההשקיה המכילה חנקת אשלגן משפיעה גם על התפתחות הנבט בצורה טובה יותר מאשר התמיסה המכילה מרפאן.

מסקנות הניסוי לשאלת המחקר השלישית העידו כי התמיסה המכילה חנקת האשלגן אכן מעודדת את התפתחות הנבט בצורה טובה יותר מתמיסת ההשקיה המכילה 0.2% מרפאן. כך למעשה, מסקנות אלו תומכות במסקנות הניסוי לשאלת המחקר השנייה, וניתן להניח כי תמיסת ההשקיה המכילה חנקת אשלגן בהחלט חיונית לנביטת זרעי כף האווז העטופים יותר מאשר המים המזוקקים. איך להמשיך את המחקר? שאלת מחקר חדשה אשר הייתי מעלה היא: באיזו מידה משפיע סוג תמיסת ההשקיה (מרפאן 0.2%/100 ppm חנקת אשלגן) על התפתחותו של הצמח (גובה הצמח, מספר עלים, מפרקים בין העלים)? כי לא מספיק רק לעודד נביטה של הזרעים, צריך לוודא שהם גם יתפתחו לצמחים נורמאליים, רגילים, שלא נפגע בהם משהו בגלל הטיפול השונה שעשינו."

תלמידה 212 (חקר מונחה)

"עיקר העבודה שלי היה על השפעת השריפה על קן נמלים, בהשוואה לקן שלא עבר שריפה. בדקתי כיצד הטמפרטורה של האוויר והקרקע משפיעות על פעילות הנמלים, איך לחות האוויר ולחות הקרקע משפיעות על הנמלים, איך אור משפיע על הנמלים וכל זה בהשוואה בין שני הקינים. גם מהספרים וגם

מה שמצאתי – יש קשר בין הגורמים האביוטים השונים שבדקתי. כשיש יותר אור למשל, יש פחות עננים, יותר חם או כשיותר חם יהיה אידוי של מים מהאדמה ותהייה השפעה על מידת הרטיבות של הקרקע, היא תתייבש יותר... וזה עוד לפני שהתייחסתי לגורמים ביוטים, למשל כשיש צמחים, הם משתמשים במים בקרקע וזה ישפיע על רטיבות הקרקע, מצד שני אם יש צמחים, הקרקע לא חשופה ישירות לשמש ויש פחות אידוי. אנחנו רואים שיש מערכת סבוכה של קשרים בין כל הגורמים.

עד חודש מאי, הפעילות בשני הקינים הייתה מאד דומה אבל ממאי התחילו הבדלים והשריפה היא זו שגרמה להבדלים כי זה הדבר השונה היחיד שבין הקינים. בקן השרוף הפעילות ירדה לפעילות אפסית וניתן להסביר את זה בזה שנשרפו כל הצמחים ולא היה להם (לנמלים) מזון ללקט. כנראה גם נפגעו נמלים בשריפה, למרות שהקן הוא מתחת לפני האדמה, היו נמלים בחוץ וגם עשן בטח חדר לקן. עד החודש הזה, כל הגורמים האביוטים שהשפיעו על הקן שלא נשרף, השפיעו על הקן שנשרף אותו דבר, טמפרטורת האוויר הייתה הגורם שנראה שהשפיע הכי הרבה כי שינויים בטמפרטורת האוויר גרמו לשינויים הגדולים ביותר בפעילות הנמלים. נראה שהקן השרוף הנמלים חסמו כמה מהפתחים, חסמו או שהפתחים נחסמו ואילו בקן שלא נשרף נשארו פתוחים הרבה פתחים. זה כנראה משפיע על הטמפרטורה בתוך הקן, זה ומספר הנמלים הפעילות – בקן שלא עבר שריפה יותר נמלים ופתחים לאוויר חם, טמפרטורות הקן השתנתה ועלתה בקיץ ואילו בקן השרוף כמעט ולא הייתה עלייה בטמפרטורה. גם פחות פתחים לאוויר החם וגם פחות פעילות של נמלים בפנים, בפעילות נפלט חום בשל תהליכי נשימה, הכל קשור בהכל.

למען האמת התחלתי מעבודה על נמלים. לא תכננתי את השריפה ודי דאגתי כשזה קרה כי פחדתי שכל בית הגידול ייהרס וזה יהרוס לי את העבודה ואולי אצטרך להתחיל מחדש... אבל התייעצתי עם המורה והבנתי שאני יכולה להמשיך לראות איך מתאוששים אחרי שריפה ואני יכולה להמשיך ואז גם היה לי הרעיון להשוות בין שני הקינים שזה הוסיף מאד לעבודה...

יש הרבה דברים שאפשר להמשיך את העבודה, קודם כל לא בדקתי את כל העונות ויפה לסגור מעגל, לראות את ההשפעה של הגורמים האביוטים במשך כל עונות השנה. גם רציתי לעשות ניסוי של העדפות מזון לנמלים, לראות איזה מהצמחים בסביבתם הם מעדיפים, את זה דווקא תכננתי לעשות אבל כל הסיפור עם השריפה, שינה לי את הכיוון.

מה שהפתיע אותי זה ההבדל בטמפרטורה בין הקינים אחרי השריפה, לא חשבתי שיש הבדל גדול ואם כן חשבתי שבקן השרוף תהייה טמפרטורה יותר גבוהה כי האדמה הייתה יותר כהה, מהשריפה וזה קולט יותר חום... ובמידות – דווקא בקן השרוף היו טמפרטורות יותר נמוכות מהקן שלא נשרף. אבל מצאתי לזה הסבר שנראה לי הגיוני. אפשר לבדוק את זה בצורה יותר מדעית אם ניקח כמה נמלים ונשים בבית נמלים ולבדוק כמה חום נפלט מהן כשהן פעילות ולבדוק את זה כשיש יותר נמלים ופחות, לראות שיש קשר בין מספר הנמלים בתוך הבית והטמפרטורה. וגם לקחת אותו מספר נמלים בבית נמלים וכל פעם למדוד טמפרטורה כשיש מספר שונה של פתחים לבית.

תלמיד 126 (חקר פתוח) קישר באופן קצר וקולע את הממצאים בשאלות החקר, באופן המעיד על רמת ידע לוגי גבוהה:

"כשבחנו את השפעתו של העפץ על המבנה המורפולוגי של העלעל, הבחנו שהעפץ מגיע רק עד העורק הראשי של העלעל. שיערנו שהעפץ ניזון מהסוכרים של העלעל המצויים בעורקי השיפה. הניסוי בו בדקנו

את השפעת העפץ על מידת הפוטוסינתזה של העלעל אישש את השערתנו. גילינו כי לא מתקיימת פוטוסינתזה בעפץ, כלומר, העפץ לוקח את מזונו מהעלעל. נתון נוסף שאישר את ההשערה הוא כמות העמילן שנמצאה בעלעל מעופץ שהייתה נמוכה מזו שבעלעל רגיל. מכך הסקנו שכמות העמילן בעלעל מעופץ נמוכה יותר בגלל שחלק מהסוכרים "נגזלים" מהעלעל על-ידי בעפץ."

דוגמא לרמה נמוכה (1)

התלמיד מתקשה להסביר כיצד עבודת החקר שביצע סייעה להבנת התופעה/בית הגידול שבדק, מתקשה להציע כיוון להמשך המחקר ולהסביר את הקשר בין השאלות בעבודת החקר ותוצאותיהן. אם יש תוצאות מפתיעות, מתקשה להסביר מדוע הן מפתיעות וכיצד ניתן ליישב את ה"הפתעה".

תלמידה 97 (חקר פתוח)

"העבודה שלנו מאד טובה. המורה אמרה. בדקנו את השפעת זיהום האוויר על החזזיות. השאלה הראשונה לא בדיוק קשורה כי בדקנו את החזזיות במרחקים שונים מהכביש, אולי זה קשור לזיהום מהמכוניות. השאלה השנייה הייתה כבר קשורה יותר לנושא כי נתנו לחזזיות לעשן... כן, שמנו אותם בכלי מיוחד, עם צינור והיו חזזיות שעישנו סיגריות אחת והיו כאלו ששתי סיגריות והיו ששלוש ובדקנו את ההבדל. רצינו לראות איך זה משפיע על החזזיות. למשל הצבע שלהן. שאלה שלישית הייתה על פוטוסינתזה. את זה השותפה שלי רצתה ולי לא היה אכפת לעשות... לא נראה לי שהיו תוצאות מפתיעות..." (מבדיקת העבודה ומשיחה עם השותפות של התלמידה עולה שבאחד הניסויים קבלו תוצאות לא הגיוניות, ציפו לכך שיהיה הבדל בקצב הפוטוסינתזה בין החזזיות שעברו טיפולים שונים מבחינת חשיפה לעשן סיגריות. התוצאות שקבלו נגדו את ההשערה ואת המידע מהספרות. כשעברו שוב על מערך הניסוי, הסתבר שהתקינו תאורה באופן כזה שגם גורם האור היה שונה בין הטיפולים השונים ולא ניתן היה לייחס את התוצאות דווקא להשפעת עשן הסיגריות. הבנות ביצעו שוב את הניסוי. התלמידה לא ייחסה משמעות לניסוי זה, גם כשנשאלה ישירות לגבי אופן ביצוע שאלת החקר השנייה, ציינה שחזרו שוב על הניסוי כי השותפה "אמרה..." "איך היינו ממשיכים את המחקר? אפשר לבדוק את השפעת העשן עם ארבע וחמש סיגריות. אנחנו עשינו רק עד שלוש סיגריות."

תלמידה 338 (חקר מונחה)

"העבודה שלנו על חוף הים הסלעי. בדקנו גורמים אביוטים ואיך זה משפיע על חופיות או בלוטונים. לכל אורגניזם היה גורם אביוטי אחד או שניים שהשפיעו עליו... גם ניסינו למשל ממה שלמדנו אפשר להרכיב מארג מזון... למדנו שיש קשר בין עליה וירידה בטמפרטורה לבין הבעלי-חיים בבית הגידול (לשאלה "איזה קשר" לא ידעה לענות, התפתלה באי נוחות על הכסא ולכן עברה המראיינת לשאלה אחרת).

"להמשיך את העבודה? אני לא יודעת... לא חשבתי על זה... אולי אפשר היה לבדוק עוד גורם אביוטי שלא בדקנו? כמו... אין לי דוגמה עכשיו כי אני חושבת שבדקנו כמעט כל מה שיש..."

3.4 עמדות התלמידים כלפי פרויקט החקר שביצעו

שאלה רביעית מתייחסת לקשר בין סוג החקר בו עסק התלמיד (חקר פתוח מול חקר מונחה) לעמדות התלמיד כלפי פרויקט החקר שביצע, כמפורט בפרק השיטות, עמודים 35 - 38. עמדות התלמידים נבדקו בסיום ביצוע פרויקטי החקר. בחלק זה של המחקר השתתפו כל נבדקי המחקר (295 תלמידים).

בחלק א של השאלון צריך היה התלמיד להתייחס להיגדים שונים שקשורים למידת התרומה של ביצוע הפרויקט, השקעת הזמן שלו בפרויקט, מידת התיעוד במהלך הפרויקט ושינויים להם נחשף במהלך הפרויקט ("דינאמיות"). המדדים נבדקו על-פי סולם ליקרט (Likert), בסולם בין חמש דרגות בין 1 ל-5, כשכל שהערך גבוה יותר, עמדות התלמיד גבוהות יותר בהתייחסותו למדד הנבדק.

בניתוח MANOVA חד-כיווני שנעשה לגבי עמדות התלמידים כלפי פרויקט החקר, נמצא הבדל מובהק בין שתי הקבוצות $F(4,290) = 22.67$, $p < 0.001$, $Eta^2 = 0.24$. הממוצעים וסטיות התקן מוצגים בטבלה 19. כמו כן מוצגים בטבלה תוצאות ניתוחי השונות שנעשו לכל מדד בנפרד.

טבלה 19: ממוצעים וסטיות תקן של אפיון פרויקט החקר על ידי התלמידים, על-פי סוג החקר בו עסקו התלמידים

שיטת החקר בה עסקו התלמידים						
		חקר מונחה		חקר פתוח		עמדות כלפי
Eta ²	F(1,293)	SD	M	SD	M	
0.11	36.48***	0.07	2.98	0.06	3.54	תרומת הפרויקט
0.00	0.66	0.06	4.13	0.06	4.19	השקעת הזמן
0.06	19.08***	0.08	4.31	0.07	3.84	תיעוד
0.01	3.38	0.07	3.06	0.06	2.89	דינאמיות בחקר

*** $p < 0.001$

כפי שמוצג בטבלה 19 נמצאו הבדלים מובהקים בין קבוצות המחקר ביחס התלמידים למידת התרומה של ביצוע הפרויקט ובמידת התיעוד במהלך הפרויקט. על-פי הממוצעים המוצגים בטבלה ניתן לראות שתלמידים שביצעו את פרויקטי החקר שלהם בסביבת חקר פתוח חשים שביצוע הפרויקט תרם להם יותר מאשר תלמידים שביצעו את פרויקטי החקר שלהם בסביבת חקר מונחה. לגבי תשומת הלב לתיעוד הפרויקט, המצב הפוך - תלמידי החקר המונחה חשים שהקדישו תשומת לב רבה יותר לתיעוד מאשר תלמידים שביצעו את פרויקטי החקר שלהם בסביבת החקר הפתוח.

בחלק ב של השאלון הופיעו שאלות בהן הנבדק נדרש לבחור תשובה אחת מבין מספר תשובות נתונות.

נבדקה שכיחות הנבדקים שבחרו בכל אחת מהחלופות האפשריות. לבדיקת ההבדלים בין שתי הקבוצות נעשו בשאלות אלו ניתוחי Chi^2 .

בהתייחס להערכת הנבדק האם השערותיו בפרויקט החקר קבלו תמיכה או לא (שאלה 16 בשאלון, נספח 5), נמצא ש 89.2% מהנבדקים טענו שהשערותיהם אוששו, לעומת 10.8% בלבד מהתלמידים שאמרו שלא כך היה. בניתוח Chi^2 לגבי תשובות התלמידים על שאלה זו, לא נמצא הבדל מובהק בין שתי קבוצות המחקר.

שתי שאלות נוספות (17-18 בשאלון המוצג בנספח 5) התייחסו לשלבים השונים בפרויקט החקר (הכנות לביצוע, ביצוע הפרויקט, עיבוד גרופי של הנתונים וכתובת הדיון). בשאלות אלו הנבדק היה צריך להצביע על השלב בו השקיע את מירב זמנו יחסית לשלבים האחרים, ועל השלב בו הרגיש קושי גדול יותר מאשר בשלבים האחרים.

מספר תלמידים סימנו יותר מתשובה אחת והדבר מוצג בטבלה 20, בה מפורט מספר התלמידים שהתייחסו לכל שלב בפרויקט החקר, בהתאם לשתי קבוצות המחקר.

השקעת זמן:

השקעת הזמן הגדולה ביותר הייתה בשלב האחרון, שלב כתיבת הדיון. 44.41% מכלל התלמידים ציינו ששלב זה ארך זמן ממושך יותר מהשלבים האחרים. לאחריו שלב ביצוע העבודה, 33.22% ציינו שזה היה השלב הממושך בעבורם. 26.44% מהתלמידים התייחסו לעיבוד הנתונים ורק 9.15% מהתלמידים הרגישו שהשלב הממושך ביותר בפרויקט היה שלב ההכנות לביצוע המעשי של החקר.

הקושי במהלך ביצוע פרויקט החקר:

50.17% מכלל התלמידים ציינו שהשלב הקשה ביותר עבורם היה שלב כתיבת הדיון. 26.1% מהתלמידים התקשו בעיבוד הגרופי של הנתונים, 13.56% מהתלמידים ציינו את הקושי שבביצוע המעשי של העבודה ואילו 11.86% ציינו שהתקשו בשלבי ההכנה לקראת הביצוע המעשי. נשאלת השאלה האם קיימים הבדלים בין שתי קבוצות המחקר במידת ההשקעה ו/או הקושי בשלבים השונים ולשם כך נעשו ניתוחי χ^2 המוצגים גם הם בטבלה 20.

טבלה 20 : השקעת זמן וקושי בשלבים השונים של פרויקט החקר - מספר התלמידים שבחרו בכל תשובה, וניתוחי χ^2 בין קבוצות המחקר

"נראה לי שהשקעתי את מרב זמני ב..."

<u>שיטת הוראה</u>					
<u>חקר מונחה</u>			<u>חקר פתוח</u>		
χ^2	%	N	%	N	שלב בפרויקט החקר "הכנות" -
8.47**	3.80	5	13.60	22	בחירת נושא/ניסוח שאלה/תכנון
53.16***	11.30	15	51.60	83	ביצוע העבודה
0.21	27.80	37	25.50	41	עיבוד גרופי של הנתונים
39.73***	64.70	86	28.00	45	כתיבת הדיון

"החלק הקשה ביותר היה..."

<u>שיטת הוראה</u>					
<u>חקר מונחה</u>			<u>חקר פתוח</u>		
χ^2	%	N	%	N	שלב בפרויקט החקר "הכנות" -
6.02**	6.80	9	16.00	26	בחירת נושא/ניסוח שאלה/תכנון
20.02***	3.80	5	21.90	35	ביצוע העבודה
7.40**	34.10	45	20.00	32	עיבוד גרופי של הנתונים
5.64*	58.30	77	44.40	71	כתיבת הדיון

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

באשר להשקעת הזמן, נמצאו הבדלים מובהקים בכל השלבים, פרט לשלב עיבוד הנתונים. ההבדל העיקרי שנמצא היה בביצוע המעשי של העבודה ובכתיבת הדיון. תלמידי החקר הפתוח השקיעו זמן רב יותר בשלב הביצוע המעשי ואילו תלמידי החקר המונחה השקיעו יותר זמן בכתיבת הדיון. גם בשלב ה"הכנות" תלמידי החקר הפתוח השקיעו יותר זמן מתלמידי החקר המונחה.

באשר לקושי, נמצאו הבדלים מובהקים בין שתי קבוצות המחקר גם בהגדרת השלב הקשה במהלך ביצוע פרויקט החקר. תלמידים שביצעו את פרויקט החקר בסביבת חקר פתוח חשו שההכנות לביצוע המעשי והביצוע המעשי הם השלבים הקשים יותר בפרויקט, לעומת תלמידים שביצעו את הפרויקט בסביבת חקר מונחה. לגבי עיבוד גרפי של הנתונים וכתיבת הדיון המצב שונה: תלמידים שביצעו את פרויקט החקר בסביבת חקר מונחה חשו שאלו השלבים הקשים בביצוע פרויקט החקר, לעומת תלמידים שביצעו את הפרויקט בסביבת חקר פתוח.

שאלה נוספת בשאלון התייחסה ליוזם השינויים בפרויקט (שאלה 19 בשאלון). מי היה היוזם לשינוי כאשר צריך היה לשנות משהו במהלך הפרויקט. נבדקה היוזמה של הנבדק עצמו, חבר לצוות, המורה, הבורנט או הממצאים עצמם.

התפלגות תשובות הנבדקים מוצגת בטבלה 21. שלושה עשר מבין התלמידים הנבדקים טענו שלא צריך היה לשנות דבר בפרויקט, כולם השתייכו לקבוצת החקר המונחה. שלושה עשר תלמידים אחרים רשמו שגם לבורנט היה חלק ביוזמה לשינויים, כולם השתייכו לקבוצת החקר הפתוח.

באופן כללי נבדקים רבים מעידים על עצמם שהם היו מבין היוזמים (39.66%). כשליש מכלל התלמידים (33.9%) שייך יוזמה לחברים ואחוז זהה שייך יוזמה למורים. מספר קטן יותר של תלמידים שייך את השינויים לשינויים בתוצאות/בית הגידול, 15.6% מהתלמידים, כולם היו מקבוצת החקר המונחה. בטבלה 21, בנוסף להתפלגות תשובות התלמידים לגבי היוזמים שינויים במהלך פרויקט החקר, מוצגים תוצאות ניתוחי χ^2 לבדיקת ההבדלים בתשובות התלמידים משתי קבוצות המחקר.

טבלה 21: היוזם לשינויים - מספר התלמידים שבחרו בכל תשובה וניתוחי χ^2 בין קבוצות המחקר

"כאשר צריך היה לשנות משהו בעבודה,					קריטריון
שיטת הוראה					
חקר פתוח		חקר מונחה			
Chi ²	%	N	%	N	
53.20***	17.60	21	61.50	96	אני
31.76***	17.60	21	50.60	79	חבר
1.43	40.30	48	33.30	52	מורה
10.41***	0.00	0	8.30	13	לבורנט
72.00***	38.70	46	0.00	0	בית הגידול/התוצאה
17.78***	10.90	13	0.00	0	לא צריך היה לשנות

*** p < 0.001 ** p < 0.01 * p < 0.05

בניתוח χ^2 לבדיקת ההבדלים בין שתי קבוצות המחקר, בשאלה המתייחסת ליוזמה במהלך ביצוע הפרויקט, נמצאו ההבדלים מובהקים. ההבדלים המובהקים נמצאו בהתייחס לכל היוזמים האפשריים פרט למורה.

תלמידים שביצעו את פרויקט החקר בסביבת חקר פתוח חשו שעיקר היוזמה לשינויים היה של השותפים לפרויקט: הם עצמם, חבר או לבורנט, לעומת התלמידים שביצעו את הפרויקט בסביבת חקר מונחה. תלמידי החקר המונחה חשו שעיקר היוזמה לשינויים היא בשל גורמים חיצוניים (בית הגידול, התוצאה) או שלא היה כלל צורך לבצע שינויים.

בקרב תלמידי החקר הפתוח, 61 תלמידים ציינו שני גורמים או יותר כיוזמי שינויים (37.65% מקרב תלמידי הקבוצה) לעומת 16 תלמידים בקבוצת החקר המונחה (12% מקרב תלמידי הקבוצה).

בחלק ג של השאלון נתבקשו התלמידים לכתוב, ללא הנחייה מכוונת, הערות כלליות במה תרם להם ביצוע פרויקט החקר ואיזה שינויים היו מבצעים לו יכלו להחזיר את הגלגל לאחור. התלמידים רשמו את דעתם לגבי התרומה והשינויים שהיו מבצעים באופן חופשי.

מתוך 295 תלמידים שענו על חלקים א + ב בשאלון, 263 תלמידים התייחסו בחלק ג, לפחות לאחד התחומים. 153 תלמידים משיטת החקר הפתוח (94% מתלמידי הקבוצה) ו-110 תלמידים משיטת החקר המונחה (83% מתלמידי הקבוצה).

תרומת פרויקט החקר לתלמיד:

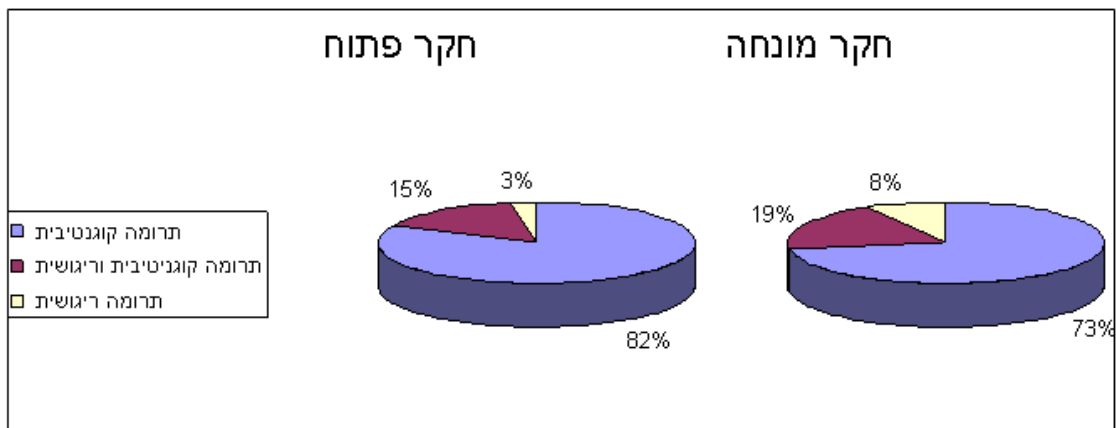
תשובות התלמידים סווגו לשתי קטגוריות – תרומה קוגניטיבית ותרומה ריגושית.

בתרומה הקוגניטיבית התייחסו התלמידים להיבטים הקשורים בכתיבת עבודת חקר, כגון: ניסוח שאלות חקר, עיבוד נתונים, הסקת מסקנות, הבנת מהות החקר, היכולת לתכנן ניסוי ולבצע אותו, הכרת שיטות עבודה, הבנת תופעה ביולוגית, ידע בתחום החקר, היכולת להתמודד עם תוצאות לא צפויות והתמודדות טובה יותר עם קטע מחקרי לא מוכר (Unseen) וכן ביצוע מעבדות שאינן קשורות לפרויקט החקר. בתרומה ריגושית התייחסו התלמידים להיבטים של מוטיבציה, רצון לחקור, סקרנות, עבודת הצוות, סיפוק, הנאה, עניין, יצירתיות, תחושת עצמאות ואפילו דברים "שלא לומדים בביה"ס" כמו פיקניק בחיק הטבע.

שישה תלמידים (אחד מקבוצת החקר הפתוח וחמישה מקבוצת החקר המונחה) התייחסו לתרומה שלילית כגון "כאב ראש" ועומס. בשל המספר הקטן של הערות שליליות, בניתוח התוצאות לא תהייה התייחסות להערות אלו.

מבין התלמידים שהשתתפו במחקר, 245 תלמידים (83.1%) התייחסו לפחות לאחת הקטגוריות הקשורות לתרומת פרויקט החקר לתלמיד, כאשר 115 תלמידים (39%) התייחסו ליותר מהיבט אחד, לפחות באחת הקטגוריות.

את התפלגות התייחסות התלמידים לתחומי התרומה, על פי קבוצות המחקר, ניתן לראות בתרשים 2.

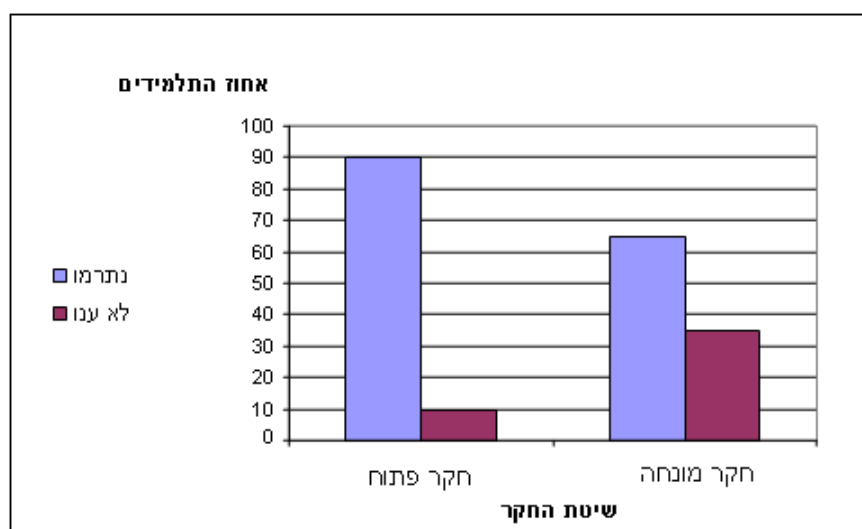


תרשים 2 : התפלגות (%) תרומות העבודה לתלמידים, בתחומים השונים, על פי קבוצות המחקר.

לפי התרשים, הרוב הגדול מבין הנבדקים, בשתי קבוצות המחקר ציינו את תרומת המחקר מבחינה קוגניטיבית. אחוז קטן יותר התייחס לתרומה קוגניטיבית ותרומה רגשית גם יחד ומיעוטם של העונים, בשתי קבוצות המחקר, התייחס רק לתרומה רגשית.

במטרה לבדוק האם קיימים הבדלים בין תלמידים הלומדים חקר פתוח לתלמידים הלומדים חקר מונחה, בתפיסת התרומה של ביצוע פרויקט החקר על-ידי התלמידים, נעשו ניתוחי χ^2 ונמצא הבדל מובהק בהתייחס לתרומה הקוגניטיבית, $\chi^2 = 27.53$, $p < 0.001$, אך לא בהתייחס לתרומה הריגושית $\chi^2 = 0.49$, $p > 0.05$.

מספר ההערות הממוצע לתלמיד בקבוצת החקר הפתוח: $M = 1.58$ ($SD=0.87$) ובקבוצת החקר המונחה: $M = 1.07$ ($SD=0.73$). במבחן t-test התקבל הבדל מובהק, $t = 4.88$, $p < 0.001$. תלמידי החקר הפתוח העירו יותר הערות חיוביות לגבי תרומת ביצוע פרויקט החקר, בהשוואה לתלמידי החקר המונחה. תרשים 3 מציג את התפלגויות הנבדקים בהתייחס לתרומה הקוגניטיבית על-פי שיטת החקר (פתוח/מונחה).



תרשים 3 : התפלגות המשתתפים בהתייחס לתרומה קוגניטיבית, על-פי שיטת החקר בה עסקו

מהתרשים ניתן לראות שבשתי הקבוצות רוב התלמידים העריכו שהמחקר תרם להם קוגניטיבית. יחד עם זאת, בעוד ש- 90.2% מהתלמידים שלמדו בשיטת החקר הפתוח העריכו שלביצוע פרויקט החקר הייתה תרומה ראויה לציון, השיבו כך רק 65.2% מקרב התלמידים שלמדו בשיטת החקר המונחה.

פירוט לגבי ההיבטים התורמים השונים שצינו התלמידים מביצוע פרויקט החקר, מספר התלמידים שהתייחס לכל קטגוריה ואחוזם מכלל התלמידים בכל קבוצת מחקר, ניתן לראות בטבלאות 22 (תרומה קוגניטיבית) ו- 23 (תרומה ריגושית). בטבלאות אלו משולבים גם תוצאות מבחני χ^2 שנערכו בין שתי קבוצות המחקר.

טבלה 22 : היבטים שונים של תרומה קוגניטיבית, לתלמידי חקר פתוח ותלמידי חקר מונחה וניתוחי χ^2 בין קבוצות המחקר

שיטת הוראה					
	חקר פתוח		חקר מונחה		χ^2
	N	%	N	%	
1	69	42.59	13	9.77	38.34***
2	60	37.04	46	34.59	0.12
3	33	20.37	22	16.54	1.18
4	20	12.34	15	11.28	0.06
5	19	11.73	4	3.01	7.55**
6	10	6.17	1	0.75	5.88*
7	7	4.32	7	5.26	0.16
8	4	2.47	0	0.00	3.28

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

בניתוח χ^2 שנעשו לבדיקת ההבדלים בין שתי קבוצות המחקר נמצאו הבדלים בסוגי התרומות, הקשורים להבנת מהות החקר, לתכנון וביצוע ניסוי ולהכרת שיטות עבודה. מהאחוזים המופיעים בטבלה ניתן לראות שהתלמידים שביצעו פרויקט חקר פתוח ציינו שנתרמו בתחומים אלו, יותר מחבריהם שביצעו פרויקט חקר מונחה.

טבלה 23 : היבטים שונים של תרומה ריגושית, לתלמידי חקר פתוח ותלמידי חקר מונחה וניתוחי χ^2 בין קבוצות המחקר

שיטת הוראה					
	חקר פתוח		חקר מונחה		χ^2
	N	%	N	%	
1	15	9.26	18	13.53	1.44
2	9	5.56	8	6.02	0.04
3	7	4.32	2	1.50	1.90
4	2	1.23	1	0.75	0.16

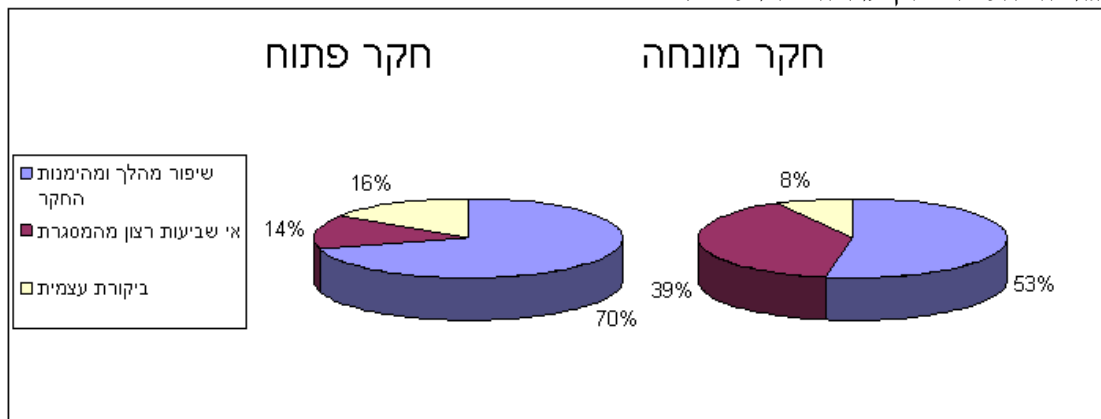
בניתוח χ^2 , שנעשו לבדיקת ההבדלים בין שתי קבוצות המחקר, לא נמצאו הבדלים מובהקים הקשורים לתרומת ביצוע פרויקט חקר מבחינה רגשית.

הצעות לשינויים ו/או שיפורים

התלמידים נתבקשו לכתוב את הצעותיהם לשינוי/שיפור פרויקט החקר שבצעו: מה היו משנים לו יכלו לחזור לתחילת תכנון וביצוע פרויקט החקר.

תשובות התלמידים קובצו לשלוש קטגוריות עיקריות (כמפורט בפרק הכלים בעמוד 38):

1. שינויים הקשורים בביצוע ושיפור פרויקט החקר עצמו.
 2. שינויים הקשורים לאי-שביעות רצון מהמסגרת הכללית של פרויקט החקר.
 3. שינויים הקשורים לביקורת עצמית על התנהלות אישית.
- מבין התלמידים שהשתתפו במחקר, 212 תלמידים (72%) התייחסו לפחות לשינוי אחד שהיו מבצעים בפרויקט החקר. את התפלגות התלמידים, מבין התלמידים שהציעו שינוי, בהתייחסותם לשלוש קטגוריות השינוי ניתן לראות בתרשים 4.



תרשים 4: התפלגות (%) תחומי השינוי שהציעו התלמידים, מבין התלמידים שהציעו שינוי, בשתי קבוצות המחקר.

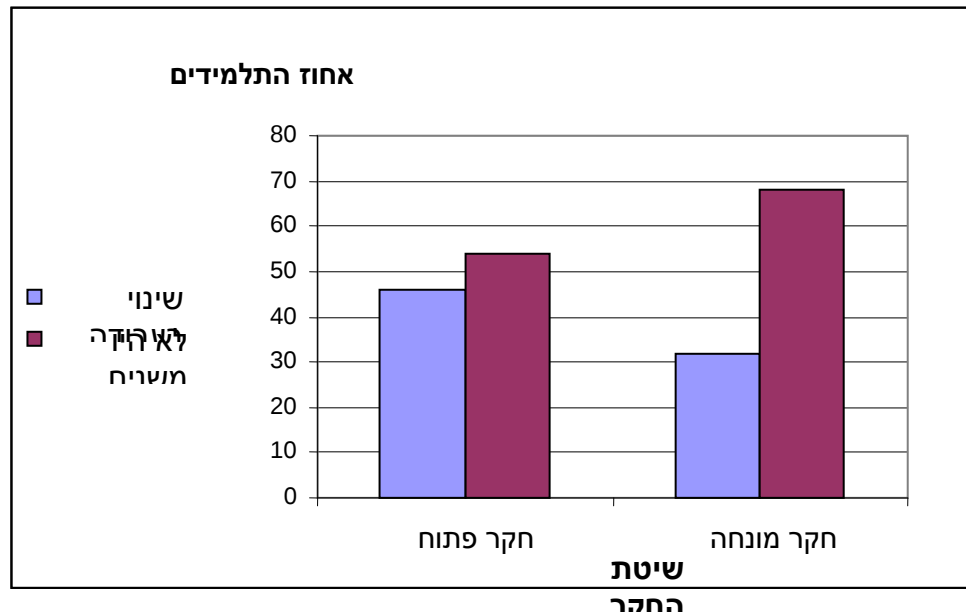
בטבלה 24 מוצג פירוט הקטגוריות לשינוי שצינו התלמידים, מספר התלמידים שהתייחס לכל קטגוריה ואחוזם מכלל התלמידים, בכל קבוצת מחקר. בנוסף מוצגים בטבלה זו גם תוצאות מבחני χ^2 שנערכו בין שתי קבוצות המחקר.

טבלה 24: קטגוריות השינויים שצינו על ידי התלמידים וניתוחי χ^2 בין קבוצות המחקר

שיטת הוראה					
χ^2	חקר מונחה		חקר פתוח		קטגוריה – שינויים בתחום
	%	N	%	N	
6.14**	34.59	46	50.61	82	1 מהלך עבודת החקר ושיפור מהימנות
10.17***	25.56	34	9.88	16	2 אי שביעות רצון מהמסגרת הכללית
3.10	5.26	7	11.11	18	3 ביקורת עצמית
		87		116	סה"כ הצעות לשינויים

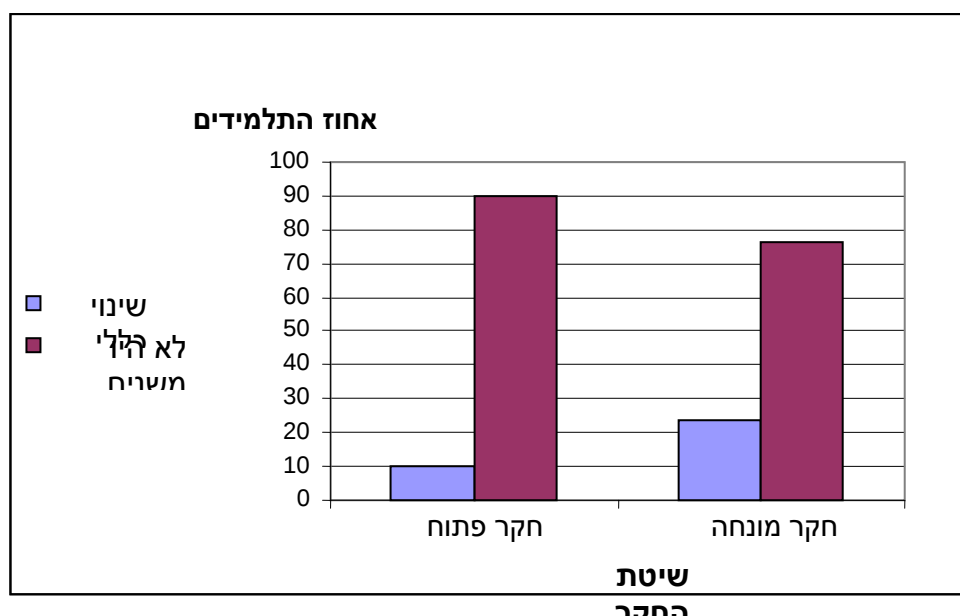
* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

בניתוחי χ^2 לבדיקת ההבדלים בין שתי שיטות ההוראה של התלמידים – חקר פתוח וחקר מונחה, נמצא הבדל מובהק בשתי הקטגוריות הראשונות: בהתייחס לשינויים הקשורים בשיפור עבודת החקר עצמה (קטגוריה 1) ובהתייחס לשינויים כלליים (קטגוריה 2). הבדל לא מובהק נמצא בהתייחס לשינויים הקשורים להתייחסות האישית-רגשית, הכוללת ביקורת עצמית (קטגוריה 3). תרשים 5 מציג את התפלגויות הנבדקים בהתייחס לשינויים הקשורים בשיפור עבודת החקר עצמה, על-פי שיטת החקר הפתוח או המונחה (קטגוריה 1).



תרשים 5: התפלגות (%) הנבדקים ביחסם לשינוי/שיפור פרויקט החקר שלהם, על-פי שיטת החקר

מהתרשים ניתן לראות שבשתי הקבוצות כשליש ויותר מהתלמידים היו משפרים את עבודתם. יחד עם זאת, בעוד ש- 46% מהתלמידים שלמדו בשיטת החקר הפתוח הציעו שיפורים הקשורים במהימנות עבודתם, רק 31.8% בקרב התלמידים שלמדו בשיטת החקר המונחה עשו זאת. תרשים 6 מציג את התפלגויות הנבדקים בהתייחס לשינויים כלליים הקשורים במסגרת הפרויקט, על-פי שיטת החקר הפתוח או המונחה (קטגוריה 2).



תרשים 6 : התפלגות (%) הנבדקים ביחסם לשינויים הכללים שהיו עורכים, על- פי שיטת החקר

מהתרשים ניתן לראות שבשתי הקבוצות פחות מרבע מהתלמידים היו מבצעים שינויים כללים (הבעת אי-שביעות רצון), יחד עם זאת בעוד שרק 9.8% מהתלמידים שלמדו בשיטת החקר הפתוח חשבו על שינויים לאור חוסר שביעות הרצון, בקרב התלמידים שלמדו בשיטת החקר המונחה היה האחוז גבוה יותר - 23.5%.

במבחן t-test לבדיקת ההבדל במספר ההצעות הממוצע לשינויים לתלמיד, לא נמצא הבדל משמעותי בשתי קבוצות המחקר ($t = 0.85$, $p > 0.1$): בגישת החקר הפתוח - $M = 0.72$ ($SD = 0.38$) ובגישת החקר המונחה - $M = 0.65$ ($SD = 0.39$).

הקטגוריות אליהן התייחסו התלמידים, על ההיבטים השונים בכל קטגוריה: שינויים שיאפשרו שיפור של עבודת החקר הספציפית שביצעו (סעיפים 1 – 5), שינויים הקשורים לאי-שביעות רצון המתייחסת להיבטים כלליים (סעיפים 6 – 8) ושינויים הקשורים להתייחסות האישית -רגשית, של התלמיד כלפי עבודת החקר (סעיף 9) מפורטים בטבלה 25. בטבלה מוצגים גם תוצאות מבחני χ^2 שנערכו בין שתי קבוצות המחקר.

טבלה 25 : שינויים שהתלמידים היו מבצעים לו היו חוזרים על עבודת החקר וניתוחי χ^2 בין קבוצות המחקר

שיטת הוראה					קטגוריה – שינויים בתחום	
Chi ²	חקר מונחה		חקר פתוח			
	%	N	%	N		
	בפריקט עצמו					
2.89	15.9	21	23.90	39	מהימנות (חזרות, מדידות, רישום, קבועים)	1
1.39	9.02	12	13.58	22	לוי	2
2.57	5.26	7	10.49	17	שיטות/אורגניזם/עיבוד/שאלה	3
0.12	3.76	5	3.09	5	מרחיב/מוסיף רקע תאורטי	4

5	סדר העבודה	1	0.62	6	4.51	4.87
	<u>במסגרת הכללית</u>					
6	נושא	11	6.79	16	12.03	2.53
7	את הצוות	4	2.47	7	5.26	1.65
8	מקצוע אחר	0	0.00	5	3.76	6.28*
	<u>בעצמי</u>					
9	יחס כלפי העבודה ושיתוף הפעולה	18	11.11	7	5.26	3.10

* $p < 0.05$

בניתוח χ^2 שנעשו לבדיקת ההבדלים בין שתי קבוצות המחקר לא נמצאו הבדלים מובהקים בקטגוריות שצינו התלמידים לגבי שינויים שהיו עושים, פרט לשינוי מקצוע הלימוד. חמישה תלמידים ציינו זאת בקרב קבוצת החקר המונחה (משלוש כיתות שונות) ובקבוצת החקר הפתוח לא צוין כל שינוי בבחירת מקצוע הביולוגיה.

לסיכום, בעקבות ניתוח תשובות התלמידים לשאלון העמדות ביחס לפרויקט החקר שביצעו, ניתן לומר שתלמידים מקבוצת החקר הפתוח מרגישים שביצוע הפרויקט תרם להם יותר. הדבר בא לידי ביטוי גם בחלק א' של השאלון, בו התייחסו למידת ההסכמה להיגדים הרשומים בשאלון וגם בחלק ג', בו רשמו באופן חופשי במה החקר תרם להם. ההבדל במידת התרומה נצפה בהקשרים קוגניטיביים, בעוד שבהקשר הריגושי התרומה הייתה דומה.

התלמידים משתי קבוצות המחקר התייחסו באופן דומה למידת הזמן שהשקיעו בביצוע הפרויקט ולמידת הדינאמיות לה נחשפו במהלך התקופה. יחד עם זאת, לתלמידי החקר הפתוח היו יותר הצעות לשינויים לשיפור פרויקט החקר בו עסקו במטרה שהסקת המסקנות מהפרויקט תהייה מהימנה יותר. זאת לעומת תלמידי החקר המונחה, שהתייחסו יותר לשינויים שהיו מבצעים בשל אי שביעות-רצון מהמסגרת הכללית של פרויקט החקר.

תלמידי החקר המונחה חשו שהקדישו תשומת לב רבה יותר לתיעוד, הן מבחינת חשיבות התיעוד והן בביצוע תיעוד.

במהלך ביצוע הפרויקט תלמידי החקר הפתוח השקיעו זמן רב יותר בביצוע העבודה המעשית והשלבים הקודמים לה (בחירת נושא, ניסוח שאלות חקר ותכנון) מאשר תלמידי החקר המונחה. תלמידי החקר המונחה השקיעו את עיקר זמנם בעיבוד גראפי של הנתונים וכתיבת הדיון של פרויקט החקר.

תלמידי החקר הפתוח העידו שאותם חלקים בהם השקיעו זמן היו גם החלקים הקשים יותר עבורם במהלך ביצוע הפרויקט, כך גם תלמידי החקר המונחה שהעידו שהתקשו יותר בשלבים בהם השקיעו יותר זמן.

תשובות התלמידים לגבי התמודדותם עם שינויים במהלך הפרויקט מצביעה על-כך שתלמידי החקר הפתוח יזמו יותר ושיתפו יותר פעולה עם השותפים לפרויקט (תלמידים, מורה, לבורנט) מאשר תלמידי החקר המונחה, שייחסו שינויים רבים במהלך החקר ל"מציאות".

בנוסף, נמצא הבדל בין בנות לבנים, ללא קשר לקבוצת המחקר אליה השתייכו (נספח 18 בעמוד 183). בנות חשו שהשקיעו יותר זמן בביצוע הפרויקט, יותר תשומת לב לתיעודו ולדבריהן, ביצוע הפרויקט תרם להן יותר.

3.5 עמדות התלמידים כלפי המדע, המדען ותהליך החקר

בשאלה חמישית נבדק מהו הקשר בין סוג החקר בו עוסקים התלמידים (חקר פתוח לעומת חקר מונחה) לשינויים בעמדת התלמידים כלפי המדע, המדען ועבודתו, שיטתיות בעבודת החקר ומידת הדינאמיות במחקר, בעקבות ההתנסות בביצוע פרויקט חקר.

בטבלה 26 מוצגים הנתונים באחוזים, כך שטווח הציונים האפשרי הוא מ 0% ועד 100%. במטרה לבדוק האם קיימים הבדלים בין שתי הקבוצות, בטרם תחילת תוכנית הלימודים השונה, נעשה ניתוח MANOVA חד-כיווני. במדידה שנעשתה לפני תחילת הוראת החקר לא נמצא הבדל מובהק בין הקבוצות. $F(4,288) = 2.12, p > 0.05$. כלומר, הקבוצות היו דומות בעמדותיהן לפני תחילת תוכנית ההתערבות.

לבדיקת השערת המחקר נעשה ניתוח 2×2 MANOVA (קבוצות X זמן) עם מדידות חוזרות לגבי הזמן. בנייתו זה נמצא הבדל בין המדידה הראשונה שנערכה בתחילת כיתה י"א לבין המדידה השנייה שנערכה באמצע כיתה י"ב: $\eta^2 = 0.14, F(4,289) = 12.08, p < 0.01$. לעומת זאת לא נמצאה אינטראקציה מובהקת של קבוצות X זמן, $F(4,289) = 0.63, p > 0.05$. כלומר, השינוי שחל בין המדידות אינו תלוי בקבוצה.

הממוצעים וסטיות התקן של נבדקי המחקר במדידות, לפני ואחרי החשיפה לשיטות החקר השונות, מוצגים בטבלה 26. כמו-כן מוצגים בטבלה ניתוחי השונות שנעשו לכל מדד בנפרד.

טבלה 26: ממוצעים וסטיות תקן של עמדות התלמידים במדידה ראשונה (י"א) ושנייה (י"ב)

עמדות כלפי	זמן					
	לפני			אחרי		
	M	SD		M	SD	
מדע	64.52	14.22		64.44	13.36	$F(1,292)$
מדען	81.08	11.44		82.64	11.12	η^2
שיטתיות	82.43	11.24		83.99	11.08	
דינאמיות בתהליך	48.37	15.40		54.27	15.02	

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

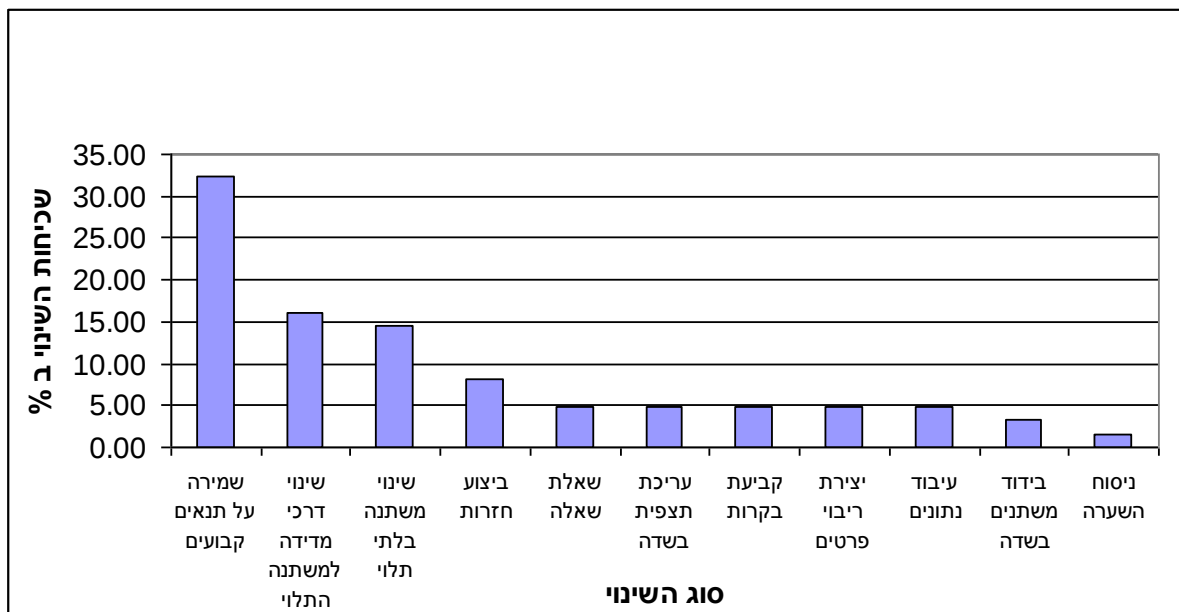
בניתוחי השונות שנעשו לכל מדד בנפרד נמצאו הבדלים מובהקים בין המדידה לפני למדידה אחרי, בכל המדדים מלבד "מדע", כאשר על-פי גודל האפקט (η^2) ניתן לראות שהאפקט בדינאמיות גדול, קרי מעל 10%. לעומת זאת בשני המשתנים האחרים האפקט חלש, 1-2% בלבד.

עד כה הובאו ההבדלים בין שתי קבוצות המחקר: תלמידים שבצעו חקר פתוח לעומת תלמידים שביצעו חקר מונחה. נמצאו הבדלים בהתייחס להישגים במבחני הבגרות, רמת מיומנויות החקר הדינאמיות, רמת הידע, ועמדות התלמידים כלפי פרויקט החקר שביצעו. השאלה השישית מתמקדת באפיון מרכיבי חקר דינאמיים בפרויקטים שביצעו תלמידי החקר הפתוח.

3.6 סוג הביצועים ושכיחותם במסגרת חקר פתוח

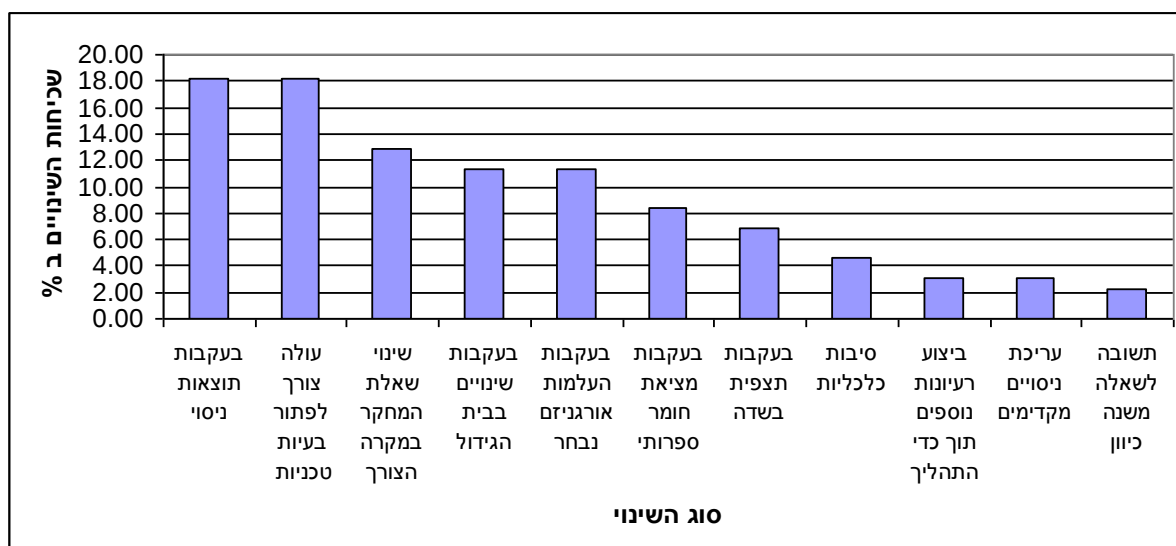
במטרה לבדוק את אפיוני החקר הדינאמי להם נחשפים תלמידים שמבצעים חקר פתוח, נעשה ניתוח של יומני העבודה והדפים האישיים של התלמידים. ביומנים נערך תיעוד של מהלך הפרויקט, כולל תיעוד שינויים. שינויים אלו נכללים במינוח "ביצועים" (כמפורט בעמוד 49). הביצועים שאליהם התייחסו התלמידים ביומניהם חולקו לשני תחומים: ביצועים הקשורים להבנה פרוצדורלית (קשורים למהימנות הניסויים והתצפיות שביצעו התלמידים) וביצועים המבוססים על שינויים הקשורים בדינאמיות של החקר, המתרחשים במהלך ביצוע פרויקט החקר.

נבדקו 73 עבודות חקר שכללו 194 ביצועים ושינויים שבאו לידי ביטוי בפרויקטים של התלמידים - 62 הקשורים בהבנה פרוצדורלית ו- 132 הקשורים בדינאמיות החקר. תרשימים 7 ו- 8 מציגים את הקטגוריות שנמצאו בכל אחד מתחומים, בהתאם לקטגוריות שהוצגו במחקרה של ציון ושותפותיה (Zion et al., 2004b), בשינויים קלים (כפי שפורט בפרק השיטה בעמוד 50). בנוסף מוצגת בתרשימים שכיחות הביצועים בכל קטגוריה בתחומים אלו.



תרשים 7: שכיחות הביצועים הקשורים בהבנה פרוצדורלית, בעת ביצוע פרויקט חקר פתוח

מהתרשים נראה ששכיחות הביצועים הקשורים להבנה הפרוצדורלית, גבוהה ביותר בקטגוריה "שמירה על תנאים קבועים", 32% מכלל הביצועים. לאחר מכן "שימוש בדרכי מדידה שונות" ו"שינוי משתנה בלתי תלוי", כ- 16% מכלל הביצועים, כל אחד. בשאר הקטגוריות, מספר הביצועים קטן ואינו עולה על 8% מכלל הביצועים.



תרשים 8 : שכיחות הביצועים הקשורים לדינאמיות החקר, בעת ביצוע פרויקט חקר פתוח

מהתרשים נראה ששכיחות הביצועים הקשורים לדינאמיות שבחקר, גבוהה יותר בקטגוריות "ביצוע רעיונות נוספים תוך כדי התהליך" ו"עולה צורך לפתור בעיות טכניות ולהציע פתרונות יצירתיים", כ- 18% מכלל השינויים מסוג זה, כל אחד. לאחר מכן "שינוי שאלת המחקר במקרה הצורך", כ- 13% מכלל הביצועים. "שינויים בעקבות העלמות/אי המצאות אורגניזם נבחר" ו-"שינויים בעקבות שינויים בבית הגידול", כ- 11% מכלל הביצועים. בשאר הקטגוריות היה % הביצועים קטן מ- 10% כל אחד.

כפי שעולה מהממצאים, מספר הביצועים הקשורים בדינאמיות החקר גדול יותר ממספר הביצועים הקשורים בהבנה הפרוצדורלית. במטרה לבדוק האם הבדל זה מובהק, נעשה ניתוח לא פרמטרי מסוג Wilcoxon. ניתוח זה נעשה מאחר ונמצאו סטיות תקן גבוהות יותר מאשר מספר הביצועים הממוצע, בהתייחס לביצועים הקשורים בהבנה פרוצדורלית: $M=0.85$, $SD=1.5$, ואילו בביצועים הקשורים בדינאמיות החקר $M=1.81$, $SD=1.33$.

בניתוח Wilcoxon נמצא הבדל בין שני סוגי הביצועים. נמצא שמספר הביצועים הקשורים לדינאמיות החקר גדול יותר ממספר הביצועים הקשורים בהבנה פרוצדורלית, באופן מובהק: $Z = 4.87$, $p < 0.001$.

התלמידים ביצעו את פרויקט החקר בקבוצות של עד שלושה תלמידים (על-פי הנחיות משרד החינוך, ניתן לבצע את הפרויקט ביחידים, בזוגות או בקבוצות של שלושה תלמידים). בעקבות ניתוח הביצועים, נראה היה שיש הבדל במספר הביצועים בפרויקטים שבוצעו על-יד תלמיד בודד לעומת פרויקטים שבוצעו על-ידי שני תלמידים ושלושה תלמידים.

בטבלה 27 מוצגים מספר הביצועים הממוצע וסטיות התקן לקבוצות בעלות מספר תלמידים שונה.

טבלה 27 : מספר הביצועים הממוצע וסטיית התקן בקבוצות בעלות מספר תלמידים שונה, בעת ביצוע פרויקט חקר פתוח.

<u>מספר הביצועים הכולל</u>					
מספר תלמידים בקבוצה	מספר הקבוצות	מספר הביצועים הממוצע	סטיית תקן	המינימלי לקבוצה	המקסימלי לקבוצה
1	12	1.67	1.97	0	6
2	41	2.49	1.58	1	6
3	20	3.60	1.50	1	8
סה"כ	73	2.66	1.73	0	8

מטבלה זו ניתן לראות שככל שמספר התלמידים בקבוצה יותר גדול, מספר הביצועים בממוצע לקבוצה יותר גדול.

במטרה לבדוק האם קיימים הבדלים במספר הביצועים, בכל תחום, כתלות בגודל קבוצת העבודה (תלמידים בודדים לעומת זוגות ושלישיות) נעשו ניתוחים בפרמטרים מסוג Kusk-Wallis. ממוצעים וסטיות תקן וממוצעי הדירוגים בכל אחד מסוגי הביצועים, על-פי מספר התלמידים בקבוצה, וכן תוצאות ניתוחי Kusk-Wallis להשוואה ביניהם, מוצגים בטבלאות 28 ו- 29.

טבלה 28 : ממוצעים וסטיות תקן של מספר הביצועים בכל תחום, על-פי מספר התלמידים בקבוצה, בעת ביצוע פרויקט חקר פתוח.

<u>שינויים הקשורים בהבנה</u>			<u>שינויים הקשורים בדינאמיות</u>		
<u>פרוצדורלית</u>		<u>החקר</u>			
מספר הביצועים	מספר הקבוצות	מספר הביצועים	מספר הקבוצות	SD	SD
1	12	0.42	0.51	1.25	1.66
2	41	0.73	0.74	1.76	1.28
3	20	1.35	1.56	2.25	1.12
סה"כ	73	0.85	1.04	1.81	1.33

טבלה 29 : ניתוחי Kusk-Wallis להשוואה של מספר הביצועים לסוגיהם, על-פי מספר תלמידים בקבוצה, בעת ביצוע פרויקט חקר פתוח.

<u>מספר תלמידים בקבוצה</u>				
תחום ביצועים	1	2	3	K-W
הבנה פרוצדורלית	ממוצע דרוג	ממוצע דרוג	ממוצע דרוג	Chi ²
	28.00	35.83	44.80	5.81*
דינאמיות בחקר	25.38	36.26	45.50	7.41*

* $p < 0.05$

מהטבלה ניתן לראות שנמצאו הבדלים מובהקים על-פי מספר התלמידים בקבוצה, בשני התחומים, כאשר ככל שמספר הנבדקים בקבוצה עולה, מספר הביצועים גדל.

יש לציין שגם במתאם ספירמן שנעשה לבדיקת הקשר בין מספר התלמידים בקבוצה לבין תחומי הביצועים נמצאו מתאמים חיוביים מובהקים בין מספר התלמידים בקבוצה ומספר הביצועים הקשורים בהבנה פרוצדוראלית, Spearman's $\rho = 0.28$, $p < 0.05$ ובין מספר התלמידים בקבוצה ומספר הביצועים הקשורים בדינאמיות בחקר, Spearman's $\rho = 0.32$, $p < 0.01$.

בניתוחי χ^2 שנעשו במטרה לבדוק האם יש קשר בין מספר התלמידים בקבוצה לסוג הביצוע, לא נמצא הבדל מובהק. כמו כן לא נמצאו הבדלים מובהקים במספר הביצועים בין כיתות שונות, משמע מספר הביצועים בכל כיתה היה דומה ולא קשור במורה או בבית הספר.

לסיכום פרק הממצאים טבלה מסכמת (טבלה 30) המתארת באיזה משתנים נמצאו הבדלים מובהקים ובאיזה משתנים ההבדלים לא היו מובהקים, בין שתי קבוצות המחקר: קבוצת החקר הפתוח וקבוצת החקר המונחה. בעמודה המתייחסת למובהקות ההבדלים, האות p מסמנת הבדל מובהק, כאשר מצוינת בצידה רמת המובהקות.

טבלה 30: המשתנים התלויים במחקר והבדלים מובהקים ולא מובהקים בין קבוצות המחקר בכל משתנה תלוי שנבדק בעבודת מחקר זו.

מספר שאלה	המשתנה התלוי	כלי המחקר/כלים לאיסוף נתונים/מזדים שנבדקו	מובהקות ההבדלים	
			p -	כיווניות – רמה גבוהה יותר בקרב תלמידי:
1	פיתוח מיומנויות חקר בסיסיות	א. "רב מבחן" – יכולת פיתרון בעיית חקר ב. ציונים במבחני הבגרות תשס"ה – שאלון ליבה – נושאי בסיס ניתוח מחקר מדעי לא מוכר העמקה – נושאי בחירה	$p < 0.05$ $p < 0.001$ -	חקר פתוח חקר פתוח
2	רמת מיומנויות חקר דינאמיות	דינאמיות בחקר למידה תהליכית הבנת הפרוצדורה היבטים אפקטיביים ציון כולל	$p < 0.001$ - $p < 0.001$ - $p < 0.001$	חקר פתוח חקר פתוח חקר פתוח
3	הבניית טיפוסי ידע	טיפוסי ידע בכתה י"א טיפוסי ידע בכתה י"ב	$p < 0.01$ $p < 0.01$	חקר פתוח חקר פתוח
4	עמדות התלמיד כלפי עבודת החקר שביצע	שאלון עמדות (חלק א): תרומת הפרויקט השקעת זמן תיעוד דינאמיות בחקר	$p < 0.001$ - $p < 0.001$ -	חקר פתוח חקר מונחה
5	עמדות תלמידים כלפי המדע, המדען, השיטה המדעית והדינאמיות בחקר	שאלון עמדות כלפי המדע, המדען ותהליך החקר	-	

4. פרק ד - דיון וסיכום

חקר משמעו "בחינה ובדיקה, עיון מעמיק בדבר כדי לגלות את הגלום בו" (אבן שושן, 1969, עמוד 828). החקר, מכל הטיפוסים, הינו מרכיב חשוב בלמידת מדעים והוראתם (זוהר, 2006; דרייפוס, 2006; AAAS, 1994; Anderson, 2007; NRC, 2000; Lazarowitz, 2007; Roberts & Gott, 2003). מזה שלושה עשורים ויותר שלימוד הביולוגיה, בבתי הספר התיכוניים בישראל, סב סביב הוראת החקר (תמיר, 2006), ומהווה מרכיב חשוב ביותר בלימודי הביולוגיה (אגרסט, 2003; לזרוביץ והרץ-לזרוביץ, 2006; Lazarowitz, 2000; Lazarowitz, 2007; Lazarowitz & Tamir, 1994).

בעבודה זו נבדקו דרכי ההוראה של מרכיב מרכזי זה. המטרה המרכזית של המחקר הייתה לבדוק את השפעתה של תוכנית לימודי הביולוגיה בתיכון, המדגישה תהליך חקר פתוח, הכולל התייחסות לפרוצדורה של תהליך החקר, וזאת לעומת השפעתה של תוכנית המדגישה חקר מונחה. ההשוואה התייחסה להישגי התלמידים במיומנויות חקר בסיסיות, לרמת התלמידים בביטוי מיומנויות חקר דינאמיות, לטיפוסי הידע שרכשו התלמידים בעקבות ביצוע פרויקט חקר, לעמדות התלמידים כלפי פרויקט החקר שביצעו ולעמדותיהם כלפי שיטת החקר, המדע והמדען (שאלות 1 – 5). בנוסף אופיין תהליך החקר הדינאמי שבא לידי ביטוי בפרויקטי החקר של התלמידים, במסגרת תוכנית ה"ביודע" בה הם מבצעים חקר פתוח (שאלה 6). להלן הדיון בממצאים על-פי שאלות המחקר:

4.1 שאלה ראשונה:

בשאלה זו ניסינו לענות על השאלה: מה ההשפעה של סוג החקר בו עוסק התלמיד (חקר פתוח לעומת חקר מונחה) על פיתוח מיומנויות חקר בסיסיות?

מיומנויות חקר בסיסיות מתפתחות בקרב תלמידים העוסקים בחקר (לזרוביץ וקרסנטי, 1989; רטנר, 1995; Gibson & Rea-Ramirez, 2002; Hofstein et al., 2004; Hunter et al., 2007; Stohr-; Wu & Hsieh, 2006; Tamir & Lunetta, 1981; Hunt, 1996). גם במחקר זה נמצא שחל שיפור בהישגי התלמידים מתחילת כיתה י"א להישגיהם בכיתה י"ב. התלמידים התמודדו טוב יותר עם השאלות ב"רב-מבחן", שאלות שבדקו מיומנויות חקר בסיסיות, והציון הממוצע בכיתה י"ב היה גבוה בעשרה אחוז ("ציון") מהציון הממוצע בכיתה י"א.

לא נמצאו הבדלים מובהקים בין קבוצות המחקר. היה דמיון רב בין שתי הקבוצות, הן בתחילת הלמידה בכיתה י"א והן בכיתה י"ב, לפני סיום פרויקטי החקר. הבדלים נצפו מאוחר יותר, בהישגים בשניים משלושה שאלונים במבחן הבגרות שנערך בסוף שנת הלימודים, אחרי סיום פרויקט החקר וביצוע תרגולים לקראת בחינת הבגרות.

תלמידי מחקר זה נבחנו בשלושה שאלונים במבחן הבגרות. נמצאו מתאמים חיוביים מובהקים בין שלושת השאלונים השונים במבחן הבגרות ל"רב-מבחן", גם בכיתה י"א וגם בכיתה י"ב (נספח 19 בעמוד 183). במבחן שהתבסס בעיקר על ידע (שאלון נושאי בחירה) וכלל בחירה רבה, לא נמצא הבדל מובהק בין קבוצות המחקר. במבחן בו הבחירה הייתה מצומצמת יותר (שאלון הליבה) נמצא הבדל של 3 נקודות בין שתי הקבוצות, כשהציון של תלמידי החקר הפתוח היה גבוה יותר באופן מובהק (0.05). לגבי שאלון החקר (ניתוח מאמר מדעי) המתבסס על מיומנויות חקר בסיסי (38% מהשאלון), בו לא הייתה לתלמידים

בחירה על אילו שאלות לענות – נמצא הבדל גדול יותר בין שתי הקבוצות. הציון הממוצע של תלמידי החקר הפתוח היה גבוה ב- 5 נקודות, הבדל גדול יותר ומובהק יותר מקודמו (0.001).

רכישת מיומנויות והפנמתם הינה מתמשכת ודורשת זמן (Knishfe & Abd-El-Khalick, 2002;) (Staer et al., 1998; Yen & Huang, 2001; Zion et al., 2007). במבחנים בכתב הבודקים מיומנויות חקר יש סיכוי שבטווח זמן קצר לא יורגש הבדל בין שיטות הוראה, אלא לאחר משך זמן ארוך יותר (Harlen, 2004). אכן, עד אמצע כיתה י"ב לא נצפו הבדלים משמעותיים בין שתי קבוצות המחקר. ההבדלים באו לידי ביטוי בבחינת הבגרות, בסוף שנת הלימודים ואחרי שהתלמידים סיימו את פרויקטי החקר. סיום פרויקטי החקר כלל כתיבת דו"ח סופי ובחינה בעל-פה על תוכן הפרויקט ועל מיומנויות החקר הקשורות בפרויקט.

במחקר שנערך בקרב תלמידי כימיה נמצא שתלמידים שבצעו חקר פתוח יכלו להציע שינויים ושיפורים לניסוי אותו ביצעו, בעוד שחבריהם שביצעו חקר מונחה, התקשו בכך (Berg et al., 2003). הדבר בא לידי ביטוי כנראה גם בקרב תלמידי מחקר זה, שכן חלק מהשאלות במבחן הבגרות עסקו בהיבטים הקשורים במהימנות הניסוי המתואר במבחן הבגרות. את ההבדל בהישגים במיומנויות חקר בסיסיות ניתן ליחס להבדל שנמצא ברמת מיומנויות חקר דינאמיות, אליו נתייחס בדיון בשאלת המחקר הבאה.

במחקר שבוצע בחטיבת הביניים נמצא שמערך הוראה המשלב הוראה מפורשת של המיומנויות וביצוע של משימות המתמקדות במיומנויות מביא להישגים גבוהים יותר ממערך הכולל רק את אחד המרכיבים (ספקטור-לוי, שרץ ואלון, 2006). בתיכון, בביצוע פרויקט החקר, בהנחיה של חקר פתוח הושם דגש מיוחד על מיומנויות החקר שבאו לידי ביטוי בפרויקט עצמו. דבר זה עשוי להוסיף להסבר ההבדלים שנמצאו במבחני הבגרות ולהשגים הטובים יותר של תלמידי קבוצת מחקר זו. בראיונות, התלמידים מקבוצת החקר הפתוח התייחסו בהרחבה לקשר בין ביצוע פרויקט החקר שלהם, למיומנויות חקר בסיסיות, יותר מאשר תלמידים מקבוצת החקר המונחה. בשאלון הבגרות שתי שאלות התייחסו במישרין לבקרה ולשמירה על גורמים קבועים, וערכן הינו 12% מהשאלון. ניתן לקרוא בנספח 13 דוגמאות מפורטות להתייחסות תלמידים מקבוצת החקר הפתוח לזיהוי המשתנים (משתנה תלוי ומשתנה בלתי תלוי), לחשיבות הבקרה ולחשיבות השמירה על תנאים קבועים: הצורך להחליט מי יהיו המשתנים בפרויקט החקר סייע בזיהוי המשתנים בקטע המדעי הלא מוכר שאיתו היו צריכים להתמודד (תלמיד מספר 96); למידה "בדרך הקשה" הצורך לבצע שוב ניסוי בגלל בקרה חסרה, הבהיר מה היא בקרה גם בקטעי מחקר לא מוכרים (תלמיד מספר 94); וקשיים ביצירת מיצוי הבהירו את חשיבות הגורמים הקבועים במהלך ניסוי ואיתורם בקטע המחקר הלא מוכר (תלמידה מספר 98).

בחינת הבגרות נערכה לאחר שהתלמידים סיכמו את פרויקט החקר בכתב ואף נבחנו עליו בעל-פה. כאשר ניתן לתלמיד להתבטא בצורות ביטוי שונות, למשל בכתב ובעל-פה, הדבר מסייע להישגיו (Crawford, 2005). ייתכן שגם בקרב תלמידי מחקר זה, הצורך לסכם בכתב את פרויקט החקר שביצעו והבחינה בעל-פה שחייבה את התלמידים לדבר על מרכיבי החקר בעבודתם, סייעו להם במבחני הבגרות, בחלק העוסק בחקר בפרט. במבחן בעל-פה של קבוצת החקר הפתוח נשאלו התלמידים שאלות רבות יותר הקשורות גם לפרוצדורה ולהבנת הפרוצדורה: אופן הביצוע וההתמודדות עם הגדרת משתני החקר ומרכיבי החקר, בעוד שבמבחן בעל פה של קבוצת החקר המונחה הושם דגש על התוצר ופחות על הפרוצדורה. ממחקרים קודמים עולה שעיסוק בפרוצדורה מסייע להישגים (Roberts & Gott, 1999;)

(Tamir et al., 1998) ולהבנה המדעית (Bencze, 2000), דבר שכנראה בא לידי ביטוי בתוצאות מבחן הבגרות אצל התלמידים מקבוצת החקר הפתוח, לעומת עמיתיהם בקבוצת החקר המונחה.

מקובל להניח שבלמידה פעילה, לעומת למידה פאסיבית, הישגי התלמידים גבוהים יותר (Taraban, Box, Myers, Pollard, & Bowen, 2007). בביצוע פרויקט החקר היו תלמידי שתי קבוצות המחקר פעילים, אך תלמידי החקר הפתוח – פעילים יותר: החל מבחירת שאלת חקר, דרך תכנון מהלך החקר וכלה בהתמודדות עם שינויים ו/או תוצאות לא צפויות במהלך החקר (Zion et al., 2004a, 2004b). ההישגים הגבוהים יותר במיומנויות חקר בסיסיות, של תלמידים שעסקו בחקר פתוח, ניתנים להסבר גם בעזרת הממצאים שעלו בשאלת המחקר השנייה לגבי מיומנויות חקר דינאמיות, המוצגים בהמשך.

במחקר הנוכחי לא נמצא הבדל מובהק בהישגים בין בנים ובנות ולא נמצאה קורלציה בין מגדר לשיטת ההוראה. גם במחקרים אחרים, שנערכו לאחרונה ובהם בדקו הישגי תלמידים, לא נמצאו הבדלים מובהקים בין בנים לבנות, בגילאים צעירים (Pine et al., 2006). הבדלים היו קיימים בעבר: במבחני מדעים כלל ארציים בארה"ב שנערכו בשנות השבעים של המאה הקודמת, בכל קבוצות הגילאים שנבדקו, בחטיבת הביניים ובתיכון, הישגי הבנים היו גבוהים יותר מאלו של הבנות. הבדל גדול, של 14%, נמצא בפיסיקה, ואילו בביולוגיה נמצא הבדל קטן יותר, רק של 2% (Kahle, 2004). גם בשנות השמונים, במבחנים בינלאומיים (TIMSS) המיועדים לתלמידי חטיבת הביניים נמצאו הבדלים בכל 23 המדינות שהשתתפו במבחן. בכולן, הישגי הבנים היו גבוהים יותר מאלו של הבנות במדעים. באמצע שנות התשעים לבנים היה ממוצע גבוה יותר במדעים, רק בחלק מהמדינות המשתתפות, כשעיקר ההבדלים נבעו בשל שאלות בפיסיקה, בעוד שבביולוגיה ההבדלים היו זניחים (Beaton et al., 1996). בישראל, ההישגים של הבנים והבנות, בקרב תלמידי הביולוגיה בתיכון, היו דומים (Tamir, 1988). במחקרם של זוהר וסלע (Zohar & Sela, 2003) נמצאו הישגים דומים, בסיום התיכון, גם בקרב תלמידי ותלמידות הפיסיקה. במחקר אחר שהציגו זוהר וגרשיקוב (Zohar & Gershikov, in press) לא נמצאו הבדלים בין תלמידות לתלמידים בהישגיהם בפתרון בעיות בנושאים שאינם שייכים למגדר, כמו צמחים ובעלי חיים בגילאים צעירים. ממצאים ומגמות אלו מסבירים את הדמיון בהישגי התלמידים והתלמידות במחקר זה.

לסיכום, בתשובה לשאלה שעסקה בפיתוח מיומנויות חקר בסיסי, ניכרה התקדמות דומה בשליטה במיומנויות חקר בסיסיות, בשתי קבוצות המחקר, עד לסיום פרויקט החקר. לאחר סיום פרויקט החקר, נצפה הבדל בין הקבוצות במבחני הבגרות. הישגי התלמידים שביצעו חקר פתוח, בשאלון שכלל התייחסות רבה למיומנויות חקר בסיסיות, היו גבוהים יותר באופן מובהק, בכ- 5 נקודות ("חצי ציון") מחבריהם לקבוצת החקר המונחה.

4.2 שאלה שנייה:

בשאלה זו ניסינו לבדוק מה ההשפעה של סוג החקר בו עוסק התלמיד (חקר פתוח לעומת חקר מונחה), על רמת הביטוי של מיומנויות חקר דינאמיות.

נמצאו הבדלים מובהקים ברמת מיומנויות החקר הדינאמיות שהפגינו התלמידים משתי קבוצות המחקר. ההבדלים נצפו גם בציון הכולל של מיומנויות החקר הדינאמיות וגם בשניים מארבעת הקריטריונים לפיהם נקבע הציון הכולל: שינויים המתרחשים במהלך החקר (דינאמיות בחקר) והבנה פרוצדוראלית של התהליך. תלמידי החקר הפתוח הפגינו שליטה טובה יותר במיומנויות אלו. ממצא זה

תואם את העובדה שתלמידים המבצעים חקר פתוח חשופים יותר לשינויים המתרחשים במהלך ביצוע פרויקט החקר. בעצם היותם עצמאיים יותר הם חשופים יותר לשינויים אפשריים ומבינים עד כמה תהליך החקר אינו חוזר על עצמו ובעל כיוון מוגדר, אלא לעיתים מתקבלות תוצאות לא צפויות ויש צורך לשנות ולפתור בעיות שונות (Yen & Huang, 2001; Zion et al., 2004b). שינויים המתרחשים במהלך ביצוע פרויקט החקר למעשה מתאימים לאחד המרכיבים של טבע המדע (NOS), שידע מדעי הוא טנטטיבי (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002).

הבדל מובהק נמצא גם ברמת ההבנה הפרוצדוראלית. הפרוצדורה מתייחסת לעשייה ויש להבחין בין מיומנויות בסיסיות של עשייה כגון קריאת מדחום והפעלת מכשירים לבין הבנה של הפרוצדורה העוסקת באיסוף הנתונים, עיבודם ותקפות המסקנות – מיומנויות הדורשות חשיבה מורכבת יותר. כדי לבצע חקר משמעותי נדרשת הבנה פרוצדוראלית מעבר ליכולת להשתמש במכשירים (Roberts, 2001; Roberts & Gott, 2003). ההבנה הפרוצדוראלית הייתה מעמיקה יותר בקרב תלמידי החקר הפתוח. דוגמאות לכך ניתן לראות בדברי התלמידים בפרק התוצאות בעמודים 59-61 ובנספח 13, כאשר התייחסו לזיהוי משתנים, בקרה ושמירה על גורמים קבועים. העיסוק בפרוצדורה חשוב מאד בתהליך החקר (Chinn & Malhorta, 2001; Roberts, 2001; Roberts & Gott, 1999; Zion et al., 2007; Zion et al., 2004b), וגוט ורורסט (Gott & Roberts, 2004) אף מעודדים להרחיב את החלק העוסק בפרוצדורה. לדבריהם יש לבדוק את ההבנה הפרוצדוראלית במהלך ביצוע החקר גם בעזרת מבחנים בכתב המתייחסים להבנת הפרוצדורה ולא דווקא לגוף הידע. ההבנה הפרוצדוראלית קשורה בידע פרוצדוראלי, ידע הנרכש במהלך העיסוק בחקר, גם באופן גלוי אך גם באופן סמוי (Sun et al., 2005). אל רמת הידע בקרב תלמידי שתי קבוצות המחקר נתייחס בשאלה הבאה בדיון, בעמוד 100. בנוסף, לתלמידים המעורבים במידה רבה יותר בביצוע של חקר יכולות טובות יותר במספר תחומים, למשל יכולת ניסוח של שאלות (Germann et al., 1996), תיאור מרכיבי ניסוי שביצעו וחשיבה ביקורתית (Berg et al., 2003; Yen & Huang, 2001).

בהתייחסות התלמידים להבטים אפקטיביים הקשורים בביצוע פרויקט החקר לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שתי קבוצות המחקר. תלמידים משתי הקבוצות התייחסו בדרך כלל בהרחבה לשינויים במצב הרוח בעקבות התקדמות, או אי התקדמות של פרויקט החקר, גילויי סקרנות וקשר עם המורה. הלמידה החוץ כיתתית אהובה על התלמידים (Mooney, 2006; Orion & Hofstein, 1994) ומעוררת סקרנות (McGlashan, Gasser, Dow, Hartney & Rogers, 2007). לזרוביץ (Lazarowitz, 2007) מניח שתלמידים שלומדים בשדה מפתחים אחריות על תהליכי הלמידה ואיכפתיות כלפי הסביבה. נוכחנו שאכן כך וכי ביצוע פרויקט החקר בשדה, או כ"יוצא" מהשדה עשוי לחזק את הקשר של התלמיד עם סביבתו ומוסיף לחדוות הלמידה, כפי שעלה במחקרים קודמים, תלמידים שמעורבים באופן פעיל בפעילות חוץ כיתתית הקשורה לנושא הנלמד מרוצים יותר (Orion, Hofstein, Tamir, & Giddings, 1997). למרות שבאופן כללי לא נמצא הבדל מובהק בין הקבוצות, עולה הרושם כי תלמידי החקר הפתוח התייחסו לקטגוריה "לאכזבות והפתעות", המהווה קטגוריה של הקריטריון "היבטים אפקטיביים", יותר מהאחרים. קטגוריה זו הופיעה כמעט אצל כל התלמידים שביצעו את פרויקט החקר שלהם בשיטת החקר הפתוח, בעוד שרק חלק קטן מהתלמידים שביצעו את פרויקט החקר שלהם בשיטת החקר המונחה התייחסו לאכזבות והפתעות במהלך ביצוע הפרויקט. דוגמאות לאכזבות והפתעות מצויות בפרק

התוצאות, בעמודים 64-67. עוד קטגוריה שהשתמשו בה תלמידים שעסקו בחקר פתוח, יותר מתלמידים שעסקו בחקר מונחה היא "סקרנות". גם סקרנות מופיעה כחלק בלתי נפרד ממרכיבי טבע המדע (NOS) שכן בפיתוח ידע מדעי המדען משתמש ביצירתיות, דמיון וסקרנות (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002).

תלמידים שעסקו בחקר פתוח ותכננו אותו בעצמם, היו חשופים לשינויים והביעו ציפיות (Yen & Huang, 2001; Zion & Slezak, 2005), בעוד שתלמידים שעסקו בחקר מונחה הובלו על-ידי המורה, היו חשופים פחות לשינויים, היו פסיביים יחסית לחבריהם ולא הביעו ציפיות. והרי ידוע לכולנו שכשאינן ציפיות, לרוב אין אכזבות וגם לא הפתעות.

גם בקריטריון "למידה תהליכית" לא היה הבדל מובהק בין שתי קבוצות המחקר. התלמידים בשתי הקבוצות הבינו את חשיבות התיעוד, הבינו את חשיבות הלימוד המקדים, הבינו שיש צורך במידע נוסף ורצוי להרחיב את הידע לגבי הנושא הנחקר במהלך הפרויקט ולא בסופו. בשתי הקבוצות חשו התלמידים על בשרם שתהליך החקר אורך זמן. הדבר עלה מהראיונות עם התלמידים והמורים כאחד, בדומה לממצאיה של ציון ושותפיה (Zion et al., 2004b) בקרב תלמידים שעסקו בחקר פתוח. מורים בשתי קבוצות המחקר ציינו שהקפידו על תיעוד העבודה, גם בשל החשיבות של התיעוד עצמו וגם בשל העובדה שלביצוע התיעוד חלק בציון הסופי של התלמיד בפרויקט החקר. שני הפרויקטים נמשכים זמן ממושך יחסית, בשניהם נדרשים התלמידים לתעד את הממצאים ביומן עבודה ולסכם את הפרויקט, כאשר התוצר הוא עבודה כתובה על-פי הנחיות משרד החינוך (מנדלוביץ ושות', 2003; משרד החינוך התרבות והספורט, 2006). בפרויקט החקר הפתוח ציינו שתהיה למידה תהליכית ברמה גבוהה יותר, מאחר ונדרשת חשיבה רפלקטיבית כחלק ממהלך החקר. מכאן שההנחיות לביצוע חשיבה רפלקטיבית ו/או היישום צריכים להתבצע בצורה יעילה יותר, כפי שמוצע בפרק העוסק בהשלכות יישומיות בעמוד 118.

כמו-כן נמצאו במחקר מתאמים חיוביים מובהקים בין כל חמשת המדדים של מיומנויות החקר הדינאמיות לשאלון הברגרות העוסק בניתוח מחקר מדעי לא מוכר (נספח 19, עמוד 183). לעומת זאת, לא נמצאו מתאמים מובהקים לשני השאלונים האחרים בבחינת הברגרות. מכאן שיש קשר בין מיומנויות החקר שבאו לידי ביטוי במהלך ביצוע פרויקט החקר ורמתן, להישגים בשאלון הברגרות שעוסק במיומנויות חקר בסיסיות. לדוגמה, בקבוצת החקר הפתוח ההבנה הפרוצדוראלית הייתה ברמה גבוהה יותר, ממצא המסביר את ההבדל בהישגים שנמצא בשאלה הראשונה במחקר זה – הישגי התלמידים מקבוצת החקר הפתוח בהתמודדות עם ניתוח מחקר מדעי לא מוכר, היו גבוהים יותר.

לסיכום: בהקשר לרמת מיומנויות החקר הדינאמיות, ניתן לומר שרמתן גבוהה יותר בקרב תלמידי החקר הפתוח לעומת תלמידי החקר המונחה וההבדל נובע בעיקר מהחשיפה לדינאמיות שבחקר, לשינויים בתהליך החקר ומהבנה פרוצדוראלית טובה יותר של התהליך בעת ביצוע פרויקט החקר. זאת בעוד שב"למידה תהליכית" והיבטים אפקטיביים לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הקבוצות.

4.3 שאלה שלישית:

בשאלה זו ניסינו לבדוק מה ההשפעה של סוג החקר בו עוסק התלמיד (חקר פתוח לעומת חקר מונחה) על הבניית טיפוס ידע אצל התלמיד.

הידע כולל טיפוס ידע שונים כמו ידע דקלרטיבי, ידע פרוצדוראלי, ידע קונספטואלי וידע לוגי המאופיינים באיכויות שונות כמו למשל רמת הידע, רמה שטחית או מעמיקה (De Jong & Ferguson, 1996). במחקר זה נבדקה רמת הידע, שטחית או מעמיקה, בהקשר לפרויקט החקר של התלמידים. נערכה השוואה ברמת הידע בין שתי קבוצות המחקר. ההבדל בין רמת הידע על ארבעת סוגי בכתה י"א, בין תלמידי החקר הפתוח לתלמידי החקר המונחה, בשבועות הראשונים של ביצוע פרויקט החקר, נמצא מובהק. רמת הידע של תלמידי החקר הפתוח הייתה גבוהה יותר מרמת הידע של תלמידי קבוצת החקר המונחה. הבדל ברמת הידע בין הקבוצות נשמר גם בסיום הפרויקט בכתה י"ב.

הלמידה הפעילה מבוססת על הגישה הקונסטרוקטיסטית ללימוד מדע, בה התלמיד מעורב באופן פעיל בתהליך הבניית הידע (Orion et al., 1997), ונרכש בה ידע רב יותר מאשר בלמידה לא פעילה (Taraban et al., 2007). בהתנסות של חקר פתוח, על-פי ממצאי מחקר זה, התלמיד פעיל יותר, וכן תהליך הבניית הידע היה מהיר יותר ויעיל יותר. רמת הידע בארבעת טיפוס ידע שנבדקו אצל תלמידי החקר הפתוח הייתה גבוהה יותר כבר בהתחלה, כנראה בשל הצורך שלהם להכיר את הנושא ולהחליט על שאלות חקר בגישה של לומד עצמאי. בנוסף עשויה להיות השפעה של טיפוס ידע אחד על משנהו, כשטיפוס טיפוס ידע אחד עשוי לתרום לטיפוס ידע אחר (Hogan, 2000). למשל שאילת שאלות חקר דורשת שילוב של ידע דקלרטיבי ופרוצדוראלי (Alexander & Judy, 1988; Farnham-Diggory, 1994). בחקר הפתוח מתנסים התלמידים בניסוח שאלות, להבדיל מתלמידי החקר המונחה המקבלים שאלות חקר מן המוכן. כדי לשאול שאלות יש להפגין רמה מסוימת של ידע בנושא, דבר שחייב, כבר בתחילת הפרויקט, את תלמידי החקר הפתוח לחפש מידע הנוגע לנושא אותו רצו לחקור. עקב כך הם רכשו ידע דקלרטיבי רב יותר מחבריהם לחקר המונחה.

ידע פרוצדוראלי ניתן לרכוש במגוון דרכים, כמו בעזרת הנחיות כתובות, תרשימים, סרטונים וכדומה. השימוש במספר דרכי הוראה מסייע להטמעת הידע (Michas & Berry, 2000). במסגרת ביצוע פרויקט החקר בביוולוגיה, תלמידי החקר הפתוח מרבים להשתמש בדפי הנחיה מפורטים, דפים המרוכזים בחוברת "ביודע" לתלמיד (מנדלוביץ ושות', 2003), בעוד שלתלמידי החקר המונחה לא ניתנות הנחיות מפורטות ברמה זו. שימוש התלמידים בחוברת ההנחיות עשוי לסייע גם הוא להתפתחות הידע הפרוצדוראלי ולהסביר את ההבדל שנמצא ברמת הידע הפרוצדוראלי בין שתי הקבוצות.

ידע קונספטואלי כולל עיסוק בתרשימים, מפות מושגים וחלוקה לקטגוריות, הנוצרות עקב חשיפה חוזרת לדוגמאות הדומות במספר היבטים ושונות בהיבטים אחרים (Farnham-Diggory, 1994). על התלמידים שעוסקים בחקר פתוח לבצע שלוש שאלות חקר. ישנה תבנית אחידה לאופן כתיבת הצעת החקר על-ידי התלמיד, תבנית עליה חוזר התלמיד שלוש פעמים. ייתכן שבשל הדמיון והשוני בכתיבת ההצעות לשאלות החקר וביצוען, רמת הידע הקונספטואלי גבוהה יותר בקרב התלמידים העוסקים בחקר פתוח. כמו-כן, בקרב תלמידים שמבצעים חקר פתוח מקובל יותר להשתמש בתרשימי זרימה לתיאור מהלך החקר (ציון, 2003; Zion et al., 2004b), סיבה נוספת העשויה לתרום להבדל ברמת הידע הקונספטואלי.

גם ברמת טיפוס הידע הרביעי שנבדק, ידע לוגי, נמצא הבדל מובהק בין קבוצות המחקר. רמת הידע הלוגי בקרב תלמידי החקר הפתוח גבוהה יותר. ידע לוגי מתייחס לביצוע הקשרים והתייחסות לגורמי סיבה ותוצאה (מה גורם למה). בחקר הפתוח, בתוכנית הבידע על התלמיד לנסח, לתכנן ולבצע שלוש שאלות חקר שיש ביניהן קשר לוגי כלשהו, שניתן להסבירו (Zion et al., 2004b). לכן, מעצם העיסוק בקשר לוגי בין שאלות החקר, התלמיד מחדד את כישורי הידע הלוגי שלו. כבר בשלב התכנון התלמידים מחפשים קשרים אפשריים בין שאלות החקר ואף משתדלים ששאלה תנבע משאלה. בסיכום הפרויקט על התלמידים להתייחס לקשר בין השאלות בדף אישי (נספח 11), דבר המחייב אותם להתמודד עם תהליך החקר ברמה לוגית. לעומת זאת, התלמידים בקבוצת החקר המונחה לא נדרשים לכך, לא בתחילת הפרויקט וגם לא בסופו.

בשתי הקבוצות חל שיפור בכל ארבעת טיפוסים הידע שנבדקו. רמת הידע של שתי הקבוצות עלתה מתחילת הפרויקט בכתה י"א ועד לסיומו בכתה י"ב (טבלה 32 בעמוד 181). מידת השיפור הייתה דומה ולא נמצאה אינטראקציה בין שיטת החקר לשיפור ברמת הידע בין כתה י"א לכתה י"ב, אם כי רק בשניים מהממדים נשמר הבדל מובהק: ידע פרוצדורלי וידע לוגי. ממצאים אלו עולים בקנה אחד עם התוצאות שנצפו בשאלת המחקר השנייה לגבי רמת מיומנויות החקר הדינמי. תלמידי חקר פתוח הפגינו רמה גבוהה יותר של הבנה פרוצדורלית, דבר המסביר את הציון הגבוה יותר בידע הפרוצדורלי של תלמידי קבוצה זו. במחקר קודם נמצא שטיפוסי ידע לא בהכרח נרכשים באותה מידה (LeFevre et al., 2006), גם במחקר זה, השינוי ברמת הידע, בטיפוסי הידע השונים, לא היה זהה. השיפור הגדול ביותר חל ברמת הידע הדקלרטיבי לעומת טיפוסים הידע האחרים. דביר וחו (2000) מצאו שתלמידים שביצעו חקר רכשו ידע דקלרטיבי. ידע זה נרכש בעצם העיסוק בנושא מסוים וגם תלמידים חלשים רוכשים ידע דקלרטיבי (Friege & Lind, 2006). בניגוד לדביר וחו (2000) שמצאו שהתלמידים שביצעו חקר רכשו ידע דקלרטיבי ופרוצדורלי בלבד ולא מצאו עדויות לרכישת סוגי הידע האחרים, במחקר זה נמצא שהתלמידים רכשו את ארבעת סוגי הידע הנבדקים. משך הזמן לביצוע הפרויקט עשוי להסביר הבדלים אלו, שכן עיסוק בפרויקט חקר דורש זמן (Zion et al., 2004b) ורכישת ידע גם היא אורכת זמן (Harlen, 2004). משך הזמן של פרויקט החקר שבצעו התלמידים במחקר של דביר וחו (2000) היה קצר, כחודשיים בלבד, בעוד שמשך הזמן של פרויקט תלמידי הביולוגיה היה ארוך יותר- הוא התחיל בכתה י"א והסתיים במחצית כתה י"ב, וברוב המקרים ארך יותר משישה חודשים.

לסיכום ההבדלים ברמת הידע בין תלמידי החקר הפתוח ומונחה: רמת הידע של תלמידי החקר הפתוח גבוהה יותר בתחילת ביצוע פרויקט החקר בכל ארבעת טיפוסים הידע שנבדקו (ידע דקלרטיבי, ידע פרוצדורלי, ידע קונספטואלי וידע לוגי) ונשארה כזו גם בסוף הפרויקט. מגמת העלייה ברמת הידע בשתי הקבוצות הייתה דומה ומכאן שיש להסב את תשומת ליבם של העוסקים בחקר מונחה לחשיבות הבניית ידע כבר בתחילת העיסוק בפרויקט החקר, כפי שיפורט בפרק העוסק בהמלצות ליישומיות בהמשך, בעמוד

4.4 שאלה רביעית:

בשאלה זו רצינו לגלות מה הקשר בין סוג החקר בו עוסק התלמיד (חקר פתוח מול חקר מונחה) לעמדות התלמיד כלפי פרויקט החקר שביצע.

בחלק הראשון של השאלון, המתייחס לפרויקט החקר, התייחסו התלמידים למידת התרומה של פרויקט החקר לתלמיד, מידת הזמן שהשקיעו בפרויקט, עד כמה תיעדו את מהלך הפרויקט ומה מידת הדינאמיות בחקר, אליה נחשפו במהלך ביצוע פרויקט החקר.

התלמידים בשתי קבוצות המחקר דיווחו על השקעת זמן דומה בפרויקט ובשתי הקבוצות חשו התלמידים שהקדישו זמן רב לפרויקט. תחום נוסף בו נמצא דמיון בהתייחסות התלמידים היה - מידת הדינאמיות בחקר. ההבדל בדיווח על מידת השינויים שנאלצו התלמידים לבצע במהלך החקר והחשיפה לדינאמיות בחקר, לא היה מובהק. ממצאים אלו מפתיעים למדי בשל ההבדל המובהק שנמצא בכימות קריטריון הדינאמיות בחקר (כמפורט בעמוד 55) ובשל ההבדל בשיטת ביצוע פרויקט החקר.

אחת הסיבות שמורים בוחרים בחקר מונחה ולא בחקר פתוח היא כדי למנוע שינויים ותוצאות לא צפויות במהלך החקר של תלמידיהם (Trautmann et al., 2002; Trautmann & MaKinster, 2005; Veronesi & Voorst, 2000). אך מכיוון שבמקרה זה מדובר בהרגשה סובייקטיבית של התלמידים, כנראה, גם כשהשינויים היו מועטים, מבחינת התלמידים היו שינויים והם הרגישו שהם אינם עובדים לפי התכנית המקורית.

סיבה נוספת אפשרית לכך שלא נמצא הבדל בתחושת התלמידים לגבי מידת הדינאמיות בחקר היא מידת ה"סיכון" שהיו מוכנים לקחת תלמידי החקר הפתוח. התלמידים התייחסו להיגד הבא:

"לפני ביצוע הניסוי/תצפית העלתי השערה ומצאתי את עצמי בדרך כלל צודק/לא צודק".

רוב התלמידים, משתי קבוצות המחקר ענו שמצאו עצמם צודקים וההבדל בתשובות התלמידים בין הקבוצות לא היה מובהק. תלמידי החקר הפתוח שיכלו להתמודד עם נושאים לא מוכרים ושם היו נחשפים לדינאמיות רבה יותר בחקר, העדיפו "ללכת על בטוח".

כהגדרת אחד התלמידים (תלמיד מספר 94), נצמדו לעקרונות ביולוגים ידועים ובחרו בנושאים יותר ידועים ומוכרים, כפי שעלה בראיונות. מספר דוגמאות של תלמידים משתי קבוצות החקר שהתייחסו לסיבות היותם "צודקים" או "לא צודקים" מובאות בנספח 14. היו אף תלמידים, מקבוצת החקר הפתוח, שאמרו ישירות שרצו "ללכת על בטוח" (תלמידה מספר 90) וידעו מה התוצאות הצפויות והרגישו בטוחים יותר בעצם הידיעה (תלמיד מספר 96). בקרב תלמידי החקר המונחה נשמעו סיבות הקשורות להנחיה שנערכה בכתה. לדבריהם, לא היו "הפתעות" משום שיצאו לשדה לראות את מה שלמדו בכתה (תלמידה 226), בעזרת הנחייה של המורה להשערות ה"רצויות" (תלמידה מספר 217).

בודדים מתלמידי החקר הפתוח החליטו להעזיז ולנסות ללכת בכיוון פחות מוכר וברור, כמו תלמיד מקבוצת החקר הפתוח (תלמיד מספר 100). תלמיד זה, ציוניו במבחני הבגרות ובפרויקט החקר- גבוהים מאוד, התייחס אל הלא ידוע:

"בעבודת בידע (פרויקט החקר) שלנו בדקנו העדפות מזון של נמלים. ניסינו לנסח את ההשערות כך שיהיו מבוססות על רקע ביולוגי שהתייחס לתכולת זרעים וחומרים שהנמלים צריכות. אבל במציאות יש עוד גורמים שמשפיעים ולא רק אחוז שומן או תכולת פחמימות. זה דווקא היה יותר מעניין לראות שדברים הם לא בדיוק כמו שחושבים, כי אם הכל היה כמו שחושבים, למה לחקור בכלל? ... ולגבי השאלה של העדפת מזון לפי ריח, כאן בכלל לא

היה לנו מושג וגם לא היה לנו בסיס ביולוגי מספיק. התחלנו משהו חדש, ותחושת החידוש היא תחושה טובה".

בין תלמידי החקר הפתוח היו תלמידים שהרקע התאורטי שלהם לא היה מעמיק מספיק בעת ניסוח שאלות החקר ולכן לא צדקו בהשערותיהם, בעוד שבקרב תלמידי החקר המונחה נראה שתלמידים לא הקדישו מחשבה מעמיקה להשערות בתחילת הפרויקט אלא ניסו להסביר את הממצאים לאחר מעשה: "לא כל כך חשבנו על מה שאנחנו אמורים למצוא" (תלמידה מספר 236), או כתבו השערות כי המורה אמרה... (תלמידה מספר 214).

למרות שהתלמידים בחרו "ללכת על בטוח" עדיין נחשפו לשינויים במהלך ביצוע פרויקט החקר. סיבה אפשרית נוספת לתחושת הדינאמיות עשויה לנבוע מביצוע החקר בשדה. בקבוצת החקר המונחה בוצעו כל הפרויקטים בשדה וכללו מעקב אחרי שינויים בבית גידול. מכאן עשויה לנבוע תחושת השינוי שהרגישו התלמידים ולא דווקא בשל שינויים מהותיים במהימנות החקר או בשלבים השונים בביצוע החקר. כמו כן יש שינויים רבים שהשדה "הכתיב" – לרוב בשל התערבות האדם והרס בתי גידול. למרות שההבדלים לא היו מובהקים, רק בקבוצת החקר הפתוח ניתן היה לשמוע התייחסות לאי הוודאות בתהליך החקר, כפי שאמרה תלמידה (122): "לא ידעתי לאיזה ניסוי אמשיך ואיך תראה עבודתי בסוף. לדעתי זאת הינה המהות של עבודת המחקר – אינך יודע איפה תסיים".

הבדלים מובהקים בין קבוצות המחקר נמצאו בדיווח התלמידים לגבי התיעוד במהלך ביצוע פרויקט החקר ומידת התרומה של פרויקט החקר לתלמיד.

תלמידי החקר המונחה הרגישו שתיעודו יותר, למרות שגם בהנחיות החקר הפתוח יש התייחסות לצורך בתיעוד מתמיד. ייתכן שתלמידי החקר הפתוח לא ראו בתיעוד "עיקר העבודה", אלא בתכנון ובביצוע מערכי הניסוי שתכננו, כפי שניתן לראות בתשובותיהם לשאלות נוספות בשאלון (פרק התוצאות עמוד 80). תלמידי החקר המונחה לעומתם ראו בתיעוד חלק עיקרי, מאחר ובשלב הראשוני של תכנון והחלטה לגבי שיטות העבודה כמעט ולא היו מעורבים.

התחושה לגבי השקעת הזמן, בשלבים השונים של הפרויקט, הייתה שונה באופן מובהק בין שתי קבוצות המחקר. תלמידי החקר הפתוח ציינו שהשקיעו זמן רב יותר בשלבים הראשונים של בחירת הנושא, ניסוח שאלות החקר, תכנון העבודה וביצועה, בעוד שתלמידי החקר המונחה ציינו שהשקיעו יותר זמן בכתיבת הדיון. הממצאים היו דומים גם בתחושת הקושי של התלמידים לגבי שלבים אלו: תלמידי החקר הפתוח ציינו שעיקר הקושי היה בשלבים בהם הם השקיעו זמן רב יותר, בעוד תלמידי החקר המונחה ציינו שהדיון היה חלק קשה עבורם וכך גם עיבוד הנתונים. כפי שכתבו שתי בנות (תלמידות מספר 251 ו-253) מקבוצת החקר המונחה: "גילינו שיש לנו עבודה רבה בכל תצפית... כשהתחלנו לכתוב את העבודה בתחילת שנה זו, גילינו שהתצפיות היו החלק הקל של העבודה".

ממצאים אלו אינם מפתיעים, מאחר ובקבוצת החקר המונחה, המורה מוביל את התלמידים בשלבים הראשונים ובביצוע, ורק לקראת עיבוד הנתונים וכתיבת הדיון "משחרר את החבל" ומאפשר לתלמידים יותר עצמאות. התלמידים שבשלבם אלו נאלצו להיות יותר עצמאיים חשו בקושי. תלמידי החקר הפתוח היו עצמאים יותר מתחילת הפרויקט ולמעשה עברו תהליכים של בחירת נושא, ניסוח שאלות, החלטת החלטות לגבי השאלות והדרך לבדיקתן והגיעו, לשלבי עיבוד הנתונים וכתיבת הדיון עם ניסיון כלשהו בהתמודדות עם חקר, בהשוואה לתלמידי החקר המונחה. יש לציין שלמרות שיותר ממחצית תלמידי החקר המונחה העידו על קושי בשלב הדיון, יותר מחבריהם בקבוצת החקר הפתוח, גם בקרב קבוצת החקר הפתוח, לדברי התלמידים, השלב הקשה יותר היה כתיבת הדיון. יותר משתי חמישיות מחברי קבוצת תלמידי החקר הפתוח ציינו שלב זה, לעומת כחמישית בכל אחד מהשלבים הקודמים לכתיבת

הדיון. נתון זה תואם את הידוע שכתבת דיון דורשת מיומנויות חשיבה גבוהות ואינה מעשה של מה בכך עבור התלמידים (דביר, 2000; דביר וחו, 2000; זוהר, 2006; זוהר ותמיר, 1991; 1991; Ogens, 1991).

בנוסף, להבדלים בתחושת התלמידים לגבי השקעת הזמן בשלבים השונים ובתיעוד, נמצא הבדל מובהק גם במידת התרומה של פרויקט החקר לתלמידים. תלמידי החקר הפתוח, בהשוואה לתלמידי החקר המונחה, הרגישו/הצהירו שעבודת החקר תרמה להם יותר. ממצאים אלו עולים בקנה אחד עם מחקרים נוספים שבדקו תרומת ביצוע חקר הפתוח לתלמידים (Berg et al., 2003; Chin & Chia, 2001; Germann et al., 1996; Ornstein, 2006; Ritchie & Rigano, 1996; Yen & Huang, 2001). כאשר התלמיד פעיל יותר הוא חש שביצוע חקר תרם לו יותר (Taraban et al., 2007). כאשר תלמידים בחרו נושאים שקרובים ללבם ועסקו בנתונים שלהם, הם גילו יותר מוטיבציה ועניין (Germann et al., 1996). יש לציין, שההבדלים במידת התרומה היו קשורים להבטים קוגניטיביים שצינו התלמידים, בעוד שבהיבט הריגושי לא היה הבדל בין שתי קבוצות המחקר. תלמידים רואים בביצוע חקר ויציאה אל מחוץ לכתה פעילויות מהנות, עם העדפה ברורה על פעילויות אחרות (להוציא צפייה בסרטוני וידאו), כאשר אחוז התלמידים שהתייחס לפעילויות כמהנות היה גבוה יותר מאחוז התלמידים שהתייחס לפעילויות כאפקטיביות ללימוד (Murray, Cerini & Reiss, 2003). ממחקרים עולה שהעניין במדע גדל עם היציאה אל מחוץ לכתה וביצוע ניסויים (Dimopoulos & Smyrniou, 2005). גם במחקר זה התלמידים הביעו שביעות רצון מפעילויות הקשורות ביציאה לשדה ולביצוע ניסויים.

הבדלים מובהקים נוספים בעמדות התלמידים כלפי פרויקט החקר שלהם נמצאו בין בנים לבנות שהשתתפו במחקר, כפי שניתן לראות בטבלה 33 בעמוד 182 (נספח 18). לא נמצאה אינטראקציה בין מגדר לשיטת החקר, אך בהחלט נמצאו הבדלים מובהקים בתחושות הקשורות לתרומת ביצוע הפרויקט, השקעת הזמן ומידת התיעוד. התייחסות לדינאמיות בחקר הייתה דומה ומידת השינויים לה נחשפו אינה תלויה מגדר והיא אובייקטיבית יחסית לתחומים האחרים.

בשלושת התחומים בהם נמצא הבדל מובהק תחושת הבנות הייתה שביצוע הפרויקט תרם להן יותר והן השקיעו יותר זמן בביצוע הפרויקט ובתיעודו. טרומפר (Trumper, 2006) מצא שבנות מראות יותר עניין בביווגיה, ותמיר (Tamir, 1988) מצא בקרב תלמידי ביולוגיה בתיכון שלבנות גישה חיובית יותר לבית הספר ולמטלות הכרוכות בלימודים. במחקר אחר בחטיבת הביניים נמצא שבנות משקיעות יותר בביצוע מטלות בית ספריות מבלי שהדבר פוגע בדימוי שלהן בחברה ואילו בנים אמורים להחשב "גזעיים" אם ישקיעו פחות בביצוע מטלות (Warrington, Younger & Williams, 2000). בסקר המבוסס על נתוני מבחן TIMSS שנערך בישראל בשנת 2003 דיווחו תלמידות חטיבת הביניים שהן מקדישות יותר שעות ביום להכנת שיעורי בית (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2006). גם תלמידות פיסיקה בתיכון דיווחו שהן מקדישות זמן לעיסוק בפיסיקה, בביתן, יותר מאשר הבנים תלמידי הפיסיקה (Zohar & Sela, 2003). כל אלו מסבירים את ההבדלים שנמצאו במחקר זה בדיווח בין הבנות לבנים לגבי ההשקעה בפרויקט החקר.

עוד עלה משאלון העמדות שתלמידים שבצעו חקר פתוח דיווחו על שיתוף פעולה גדול יותר מחבריהם בקבוצת החקר המונחה (פרק התוצאות, טבלה 21 בעמוד 81). נתון זה תואם את הקביעה שהעוסקים

בחקר פתוח מבינים את חשיבות שיתוף הפעולה (Yen & Huang, 2001). יחד עם זאת, שיתוף הפעולה לא פגע בתחושת העצמאות של התלמידים. תלמידי החקר הפתוח דיווחו על כך שהיו עצמאיים והפגינו יוזמה במידה רבה יותר מתלמידי החקר המונחה. ובאמת עצמאות ויוזמה הם כישורים שאמורים לבוא לידי ביטוי בחקר פתוח (מנדלביץ ונוסינוביץ, 2002; Chinn & Malhotra, 2004, 2006; Chin & Chia, 2007; Herron, 1971; Zion et al., 2002; Germann et al., 1996).

התלמידים נתבקשו להציע הצעות לשינוי/שיפור פרויקט החקר שבצעו (מה היו משנים לו יכלו לחזור לתחילת תכנון וביצוע פרויקט החקר). שלוש קטגוריות של הצעות עלו מדברי התלמידים: שינויים הקשורים במהלך פרויקט החקר עצמו, תוך שיפור מהימנות הניסויים שערכו התלמידים, שינויים הקשורים בשינוי המסגרת הכללית של פרויקט החקר ולימודי הביולוגיה, ושינויים הקשורים בביקורת עצמית.

בשתי הקטגוריות הראשונות נמצאו הבדלים מובהקים (תרשימים 5 ו-6 בעמוד 86): בקטגוריה הראשונה תלמידי החקר הפתוח הציעו יותר שינויים הקשורים לשיפור מהימנות החקר שביצעו גם במחקרם של ברג ושותפיו (Berg et al., 2003) תלמידי החקר הפתוח ידעו לתאר טוב יותר את הניסוי שביצעו והציעו הצעות רבות יותר לשיפור מהימנותו. בנוסף, בהשוואה בין תחושת התלמידים לגבי תהליך הלמידה, התלמידים שהתנסו בחקר פתוח ציינו שלמדו יותר. ממצא זה מתקשר לתוצאות מבחן הבגרות בשאלון העוסק בניתוח מאמר מדעי לא מוכר. החשיבה הביקורתית אפשרה לתלמידים שהתנסו בחקר פתוח לענות על השאלות שהתייחסו למרכיבי מחקר בצורה טובה יותר.

יש לציין שלא נמצא הבדל בתחומי השינוי הקשורים בשיפור מהימנות החקר שהציעו התלמידים, ואין לשיטת הוראה בדרך החקר פתוח עדיפות בעניין אופן השיפור על שיטת ההוראה בדרך החקר מונחה, אלא בעניין מספר ההצעות לשיפור המימנות, כפי שנראה בטבלה 25, בעמוד 87.

בקטגוריה השנייה, שהתייחסה לשינויים במסגרת פרויקט החקר, נמצא שתלמידי החקר הפתוח היו מרוצים יותר מהמסגרת הקיימת. ממצא זה עולה בקנה אחד עם הממצאים בחלק הראשון של שאלון העמדות בו תלמידי החקר הפתוח ציינו שנתרמו מביצוע פרויקט החקר ברמה גבוהה מזו שצינוה על-ידי תלמידי החקר המונחה. תחושת שביעות הרצון בקרב תלמידים שבצעו חקר פתוח עלתה גם במחקרים קודמים (Berg et al., 2003; Yerrick, 2000). ממצאים אלו עשויים להרגיע את אותם מורים המביעים חשש מעיסוק בחקר פתוח עם תלמידים בעלי הישגים נמוכים, שכן יש להוביל אותם שלב אחרי שלב בתהליך. וכן חשש מתלמידים מצטיינים בלימודים שיהפכו למתוסכלים או מוטרדים, כשהם מצפים לתשובות ברורות וחד משמעיות (Trautmann & MaKinster, 2005). למרות החשש, לא דווח על תסכול בקרב תלמידי החקר הפתוח, ואפילו להיפך - רוב התלמידים ציינו שהיה מעניין לגלות משהו חדש והיה מעניין להרגיש כחוקרים. בקבוצת הדיון של תלמידי הבידוע, באתר מורי הביולוגיה השתתפו אלפי תלמידים. אחוזים בודדים מהתלמידים הביעו קשיים ריגשיים, תחושה שאינם סומכים על המורה ועל הנחייתו ותיסכול מתהליך החקר (Zion, 2007). הדבר לא בא לידי ביטוי בקרב התלמידים שעסקו בחקר פתוח במחקר זה, אולי בשל האנונימיות שמקנה השימוש בקבוצת דיון. דווקא בקרב תלמידי החקר המונחה עלו רגשות של תסכול ונאספו הערות רבות יותר שהעידו על תסכול מהפרויקט, אך גם הן לא במידה שבאה לידי ביטוי באופן כמותי ביחס לכלל ההערות הרגשיות שעלו במילוי השאלונים והראיונות. בשנות התשעים של המאה הקודמת חשו שלא הצליחו להגביר את האוריינות המדעית של התלמידים, למרות תוכניות הלימודים שהדגישו למידת חקר. אחת הסיבות האפשריות לכך היא שבגישת

החקר הודגשו היבטים אקדמאיים וקוגניטיביים והוזנחו היבטים ריגושיים – חברתיים (Lazarowitz, 2000; לזרוביץ וחרץ-לזרוביץ, 2006). ליציאה מהכתה יש פוטנציאל לאפשר קשרים חברתיים וביטוי להיבטים רגשיים (Orion & Hofstein, 1994). מהממצאים במחקר זה עולה שהתלמידים שעסקים בחקר ובפרט תלמידי החקר הפתוח היו מרוצים גם מבחינה רגשית וגם מבחינה קוגניטיבית מפרויקט החקר שלהם.

לסיכום העמדות כלפי פרויקט החקר שביצעו, התלמידים בשתי קבוצות המחקר הביעו עמדות חיוביות כלפי פרויקט החקר שבצעו. תלמידי החקר הפתוח דיווחו שיזמו יותר, היו עצמאיים יותר ושיתפו יותר פעולה עם עמיתים, זאת בהשוואה לתלמידי החקר המונחה. כמו-כן, תלמידי החקר הפתוח היו מרוצים וחשו שביצוע הפרויקט תרם להם יותר מתלמידי החקר המונחה. השקעת הזמן והקושי בשלבים השונים של ביצוע הפרויקט היו שונים בין שתי הקבוצות, כאשר תלמידי החקר המונחה חשו בקושי גדול יותר בשלבי סיכום הפרויקט, שלבים בהם נאלצו להפגין יותר עצמאות, יחסית לשלבי החקר האחרים שעברו.

4.5 שאלה חמישית:

בשאלה זו רצינו לגלות מה הקשר בין סוג החקר בו עוסק התלמיד (חקר פתוח לעומת חקר מונחה), לבין השינויים בעמדות התלמידים כלפי המדע, המדען ועבודתו, ותהליך החקר לאחר התנסות בביצוע פרויקט חקר.

בעוד ששאלת המחקר הרביעית התמקדה בעמדות התלמיד כלפי פרויקט החקר האישי שלו (או של קבוצתו), כאן נתבקש התלמיד להתייחס לכלל ולא לפרט. זאת מאחר ויש הבדל בין עיסוק עצמי בחקר לתפיסת המדע בכללותו (Hogan, 2000).

"לפני ביצוע חשוב להבין את הרקע העיוני", "המחקר המדעי קשור לתופעות המתרחשות בחיי היום יום" ו – "עבודתו של המדען מעניינת" הם חלק מההיגדים בשאלון העמדות עליו נתבקשו התלמידים לענות בתחילת כתה י"א ובסיום כתה י"ב.

"עמדה" (Attitude) מבטאת למעשה את הרגשתו של הפרט כלפי נושא מסוים, שיש אפשרות שההרגשה לגביו תשתנה. העמדה מתגבשת על סמך התנסות בתחום הקוגניטיבי ו/או הרגשי ו/או ההתנהגותי, לרוב מדובר בשלושת התחומים (Simpson, Koballa, Oliver & Crawley, 1994). העמדה מייצגת את תחושותיו של הפרט, שלרוב משפיעות על התנהגותו כלפי הנושא. כשדנים ב"עמדות" מתייחסים בעיקר להרגשה ולנטייה להתנהגות ולא בהתנהגות עצמה (Crawley & Coe, 1990; Simpson et al., 1994).

עמדות חיוביות כלפי מדע מסייעות להישגים (George, 2003; Sorge, Newsome & Hagerty, 2000) והן מהוות מרכיב חשוב באוריינות מדעית (Koballa & Glynn, 2007) ולכן מקובל והגיוני שמורי המדעים צריכים להתייחס לא רק להבניית ידע והבנת המדע אלא גם לטיפול עמדות חיוביות, עמדות שיקרבו את התלמידים למדעים ואף יעודדו אותם להמשיך בעיסוק במדעים בהמשך דרכם (Zeidler, 2002; Sadler, Simmoms & Howes, 2005; Zeidler, Walker, Ackett & Simmoms, 2002). על-פי מחקרים שונים הגורמים המשמעותיים ביותר המשפיעים על עמדות התלמידים הם התפיסה העצמית של היכולת ביחס להישגים במדעים, הרלוונטיות של הנלמד בשיעור ומידת ההנאה של התלמיד מהמדע, כולל

פעילויות מעבדה (Lee & Burkam, 1996; Shrigley, Koballa & Simpson, 1988; Simpson et al., 1994). הערך המוסף של פעילויות מעבדה נצפה גם בארץ, כשמחקרים שנעשו לגבי שילוב מעבדות בגישת חקר מצביעים על עניין רב והתלהבות בקרב התלמידים (דורי, ברנע וקברמן, 1999; Hofstein, 2004; Hofstein et al., 2001; Hunter et al., 2007; Ornstein, 2006; Smith, 2000; Smith et al., 2005). אולם, אוגנס (Ogens, 1991) לדוגמה טוען אחרת. לטענתו להוראה באמצעות חקר, השפעה מוגבלת על תלמידי תיכון. למרות שהתלמידים נהנים מפעילויות מעשיות כגון פעילות מעבדה, הם לא בהכרח מפגינים מושגים ועקרונות, ולא בהכרח מפתחים יחס חיובי כלפי המדע (Ogens, 1991).

טענה זו של אוגנס (Ogens, 1991) אינה נפוצה ולראייה, בסיכום של כ- 200 מחקרים שנערכו בין 1976 ל- 1983 נמצא שעמדותיהם של תלמידי ביולוגיה חיוביות ואף חיוביות יותר כלפי מדע מאשר עמדותיהם של תלמידי הפיסיקה (Koballa, 1988). ממצאי עבודת מחקר זו מתווספים למחקרים אלו, שכן עמדות התלמידים כלפי המדע ותרומתו, בעבודה זו נמצאו חיוביות. העמדות החיוביות אינן מפתיעות לאור העובדה שהתלמידים בתיכון, בוחרים בלימודים הביולוגיה ואינם מחויבים ללמוד מקצוע זה. זוהי נקודת מוצא חשובה לעמדות ועניין של התלמידים בנושא, היבט שעולה גם במחקרים מלפני שלושים שנה (Barrington & Hendricks, 1988) וממחקרים עדכניים יותר (Reid, 2003).

תלמידים מעדיפים ללמוד ביולוגיה על-פני מקצועות מדעיים אחרים מפני שהתחום קשור לחיי היום יום לגוף האדם ולדברים ה"מתרחשים" מסביבם (Murray et al., 2003). תחומים אלו הם לב ליבה של תוכנית הלימודים בביולוגיה, בישראל (משרד החינוך, 2006). התלמידים במחקר זה בחרו ללמוד ביולוגיה בתיכון, ולכן היה סביר להניח שעמדותיהם כלפי המדע והמדען תהיינה חיוביות מלכתחילה. תוצאה זו אכן עלתה מהממצאים כבר בתחילת כיתה י"א.

עמדות כלפי מדע ותחומים אחרים נלמדות מניסיונות שחווה הפרט ומכיוון שכך הן ניתנות לשינוי, אך לא בקלות ולא באופן אקראי. משהו צריך לקרות כדי שיתרחש שינוי ויש צורך במסגרת מתאימה (אורן, 2004; Koballa, 1988). מספר גורמים עשויים להשפיע על עמדות התלמידים, וביניהם ההורים, חברים לכתה והמורים (George, 2000; Shrigley et al., 1988), כשמכל אלו, המורים הם בעלי ההשפעה הרבה ביותר על עמדות התלמידים (George, 2000, 2003). גורמים נוספים הם חשיפה למדיה: טלוויזיה, רדיו, עיתונים, סרטים וספרים (Song & Kim, 1999) עיסוק בנושאים אתיים במדע (Chi & Cho, 2002) וגם השתתפות פעילה בפעילויות מדעיות.

ההשתתפות הפעילה נמצאה משמעותית במספר מחקרים: נמצא שעמדות התלמידים כלפי מקצועות מדעיים תלויות במידת השתתפותם הפעילה בלימודים (Simpson et al., 1994). כמו-כן להשתתפות פעילה בפעילות מדעיות השפעה חיובית על עמדות התלמידים צעירים ובוגרים כאחד כלפי מדע (George & Kaplan, 1998), אם כי שינוי עמדות הוא לא דבר של מה בכך והוא קשה יותר עם העלייה בגיל (תמיר, 1976). כן נמצא שיש קשר בין הגישה החיובית למדע לתכנים הנלמדים בכתה (Simpson & Oliver, 1985). מחקרים נוספים מלמדים שעיסוק בחקר, בנושאים המעניינים את התלמידים, מסייע לטיפוח עמדות חיוביות בקרב תלמידי חטיבת ביניים (Scherz & Oren, 2006). כמו-כן להוראה העוסקת בבעיות אותנטיות יש השפעה חיובית על עמדות התלמידים כלפי מדע (Choi & Choi, 2002).

(Cho, 2002). השפעה של תוכנית בגישת STS במסגרת לימודי כימיה ופיסיקה התבטאה בתפיסה ריאלית יותר והבנה טובה יותר של תפקיד המדען (Solbes & Vilches, 1997).

בלמידת החקר הפתוח התלמיד נחשף יותר, לכל המתוארים מעלה. התלמיד פעיל יותר, עוסק בבעיות אותנטיות שהוא בוחר, תוך התייחסות להיבטים שונים, המזכירים את גישת ה-STS (מנדלוביץ ונוסינוביץ, 2002). למרות זאת – לא נצפו הבדלים מובהקים בין קבוצות המחקר. עמדות התלמידים, בשתי קבוצות המחקר, בתחילת כיתה י"א היו חיוביות ודומות וכך גם בסיום כיתה י"ב.

נמצא שינוי בקרב כל תלמידי המחקר, בין עמדותיהם בכתה י"א לעמדותיהם בכתה י"ב. על-פי הממוצעים המוצגים בטבלה 26 בעמוד 89 ניתן לראות שחלה עליה מובהקת בעמדות התלמידים בשלושה מדדים הנוגעים למדען, לשיטתיות ולדינאמיות בחקר. לא נמצא הבדל מובהק ביחס התלמידים כלפי המדע. במחקר שנערך בארה"ב, עקבו אחר שינויים בעמדותיהם של תלמידי תיכון, בעקבות חשיפה ליחידת לימוד בביוכימיה שעסקה בחקר ונמצא שלא חל שינוי בעמדות התלמידים כלפי המדע (Sandoval & Morrison, 2003), כך גם בקרב תלמידי מחקר זה.

לעומת זאת, לאחר ההתנסות בחקר, עמדות התלמידים הפכו לחיוביות יותר בהערכה כלפי המדען. לתלמידים מודעות גבוהה יותר ליתרונות בשיטתיות בעבודת החקר והם נוכחו לראות שהמחקר כולל בתוכו תוצאות לא צפויות ויש בו דינאמיות רבה. זאת בהשוואה למה שהתלמידים סברו לפני שחוו את ביצוע פרויקט החקר על בשרם (להבדיל מתלמידים בחטיבת הביניים הנוטים לראות במדע גוף ידע קשיח ומתייחסים לרעיונות מדעיים כנכונים או שגויים וניסוי אמור לתת תשובה ברורה ומיידית והתלמידים הצעירים לא ערים לכך שיש התפתחויות ברכישת הידע מדעי (Sandoval, 2003)). תלמידי הביוכימיה בתיכון שנבדקו במחקר זה חשו על בשרם את הדינאמיות שבחקר ועמדותיהם השתנו בהתאם. במחקר שנערך בתיכון בארה"ב לא נמצאו הבדלים ביחס למדען ועבודתו, אך יש לציין שיחידת הלימוד בה התנסו תלמידי המחקר בארה"ב נמשכה ארבעה שבועות בלבד והתלמידים למדו על חקר ולא ביצעו חקר. "עשיית מדע" אינה זהה ל"לדבר על מדע" (Sandoval, 2003). בעקבות התנסות פעילה בפעילויות חקר הקשורות לשינויים במדע חל שיפור ביחס כלפי המדען (Scherz & Oren, 2006), וניתן לגרום לתלמידים להבין שתיאוריות מדעיות משתנות עם הזמן ותוצאות חדשות ממחקרים הם הבסיס לשינויים (Hogan, 1999). ממצאים ממחקר זה מדגישים את חשיבות הזמן וחשיבות העשייה, וההתנסות עצמה בשינוי עמדות התלמידים, לכיוון חיובי יותר.

במחקר זה נמצאו עמדות חיוביות יותר, עם סיום פרויקט החקר שבצעו התלמידים, כלפי המדען והשיטה המדעית. בניגוד להשערה ששינוי חיובי יהיה גבוה יותר בקבוצת החקר הפתוח, לא נמצא הבדל מובהק במידת השינוי בעמדות בין שתי קבוצות המחקר. תוצאות דומות לממצאי מחקר זה נמצאו במחקר שנערך בקרב תלמידי תיכון בארה"ב: חל שינוי חיובי בעמדות התלמידים בעקבות חשיפה לתכנים מדעיים שעסקו באוריינות מדעית, אך לא היה הבדל בעמדות התלמידים בין שתי קבוצות המחקר, שכל אחת נחשפה לתכנים בצורה אחרת (Siegel & Ranney, 2003). ולכן נראה כי לעצם העיסוק בחקר השפעה על שינוי העמדות ולא דווקא לאופן החשיפה לחקר.

בעמדות התלמידים לא נמצאו הבדלים מובהקים בין בנים לבנות. הבדלים בין בנים לבנות בלימודי המדעים בכלל ולימודי הביוכימיה בפרט הולכים ומצטמצמים. אמנם במחקרים משנות השבעים והשמונים של המאה הקודמת נמצא שלבנים בני 16 גישה חיובית יותר כלפי מדע, מאשר בנות גילם (Koballa & Glynn, 2007; Simpson & Oliver, 1985; Weinburgh, 1995), אך ממצאים עדכניים

יותר מעידים על כך שההבדלים מצטמצמים (Dawson, 2000). כך למשל בקרב תלמידי חטיבת ביניים בישראל, לא נמצא הבדל בין עמדות הבנים לעמדות הבנות, בהתייחס למושגים מדען ומדע (אורן, 2004; Scherz & Oren, 2006). בארינגטון והנדריקס (Barrington & Hendricks, 1988) ציינו שבכיתות גבוהות, במידה ויש הבדל בין בנים לבנות, אזי הבנות מראות יותר עניין במדע, בהשוואה לבנים עם יכולות דומות.

המורות שתלמידיהן השתתפו במחקר זה לא הבחינו בהבדלים מיוחדים בין בנות לבנים, הן בהישגים והן בעמדות. בישראל, בנות רבות יותר בוחרות ללמוד ביולוגיה בהשוואה לבנים (בן ששון-פורסטנברג, 2001; מסר ירון וכהנוביץ, 2003; Tamir, 1988). בנוסף, בנות רבות יותר ממשיכות ללמוד ביולוגיה במוסדות להשכלה גבוהה (מסר-ירון וכהנוביץ, 2003). אי לכך לא מפתיע שלא נמצאו הבדלים מובהקים בין בנים לבנות בקשר לעמדותיהם כלפי המדע, המדען וביצוע חקר. בניגוד לממצאים ממחקרים קודמים, שם נמצאו הבדלים במגדר, לבנים הייתה גישה יותר חיובית לאורח החיים המדעי (Miller, Blessing & Schwartz, 2006). יחד עם זאת לבנות הייתה העדפה ללמוד ביולוגיה מכלל המדעים (Baram-Tsabari & Yarden, 2005; Koballa & Glynn, 2007; Miller et al., 2006; Weinburgh, 1995). מספר בנות ציינו שהן לא אוהבות מדעים אך אוהבות ביולוגיה ולכן יש להפריד בין ביולוגיה לשאר המדעים כשבדקים התייחסות מגדרית (Miller et al., 2006).

לסיכום: השוני באופן ביצוע פרויקט החקר, בגישת החקר הפתוח או החקר המונחה לא השפיע על מידת השינוי בעמדות התלמידים. עמדת התלמידים כלפי המדע, כלפי השיטה המדעית וכלפי המדען היו חיוביות כבר בתחילת כיתה י"א והפכו לחיוביות יותר ביחס למדען ולשיטה המדעית עם סיום המחקר. התנסות בחקר ותפקוד כמדענים הם שני היבטים שהתלמידים התנסו בהם במהלך ביצוע פרויקט החקר. בנוסף, התלמידים בכתה י"ב ערים לכך שהדינאמיות היא חלק בלתי נפרד מהחקר, במידה רבה יותר מאשר בתחילת דרכם בפרויקט החקר, בכתה י"א.

4.6 שאלה שישית:

שאלה זו עסקה באפיון החקר הדינאמי הבא לידי ביטוי בפרויקטים של התלמידים שעסקו בחקר פתוח. במחקר נבדק מהו סוג הביצועים שערכו התלמידים במהלך פרויקט החקר בגישת החקר הפתוח, ומה שכיחות הביצועים הקשורים בדינאמיות של החקר ובהבנת הפרוצדורה.

השינויים עליהם דיווחו התלמידים בהרחבה ביומן העבודה מעידים על הביצועים במהלך פרויקט החקר. הביצועים שנעשו קשורים בשני קריטריונים של מיומנויות חקר דינאמיות: ביצועים המתרחשים במהלך החקר, עקב הדינאמיות שבחקר, וביצועים הקשורים בהבנה פרוצדוראלית של תהליך החקר. ביצועים מעין אלו התרחשו גם בפרויקטי חקר שבצעו תלמידים בשנים שקדמו למחקר זה (Zion et al., 2004b). עיקר הביצועים בפרויקטי החקר (כשני שלישי) היו קשורים בדינאמיות החקר, כאשר הביצועים העיקריים נעשו בעקבות תוצאות ניסוי או בשל הצורך לפתור בעיות טכניות. כשליש מהביצועים הקשורים להבנה פרוצדוראלית היו קשורים לשמירה על תנאים קבועים במהלך ביצוע הניסוי. הבנת התלמידים את הצורך בשמירה על תנאים קבועים בעת ביצוע החקר היא בעלת חשיבות רבה בחינוך המדעי (Lin & Lehman, 1999). דוגמאות לביצועים מכל קריטריון וסוג ניתן לקרוא בנספח 15.

בקבוצת דיון לתלמידי בידע, באתר מורי הביולוגיה, תלמידים מבקשים עזרה הקשורה לניהול פרויקט החקר. תלמידים נעזרו בפורום בעיקר לחיפוש מידע על האורגניזם, התהליך, שיטות העבודה,

הפרוצדורות וניסוח שאלות החקר. כל שלבי החקר המדעי באו לידי ביטוי בקבוצת הדיון, כאשר התלמידים בקשו עזרה בעיקר בחיפוש מידע מדעי, שיטות עבודה וניסוח שאלות חקר (Zion, 2007). גם בעבודת מחקר זו באו לידי ביטוי ביצועים הקשורים למרכיבי חקר אלו, כמפורט בתרשים 7 בעמוד 90 ובתרשים 8 בעמוד 91.

במחקר זה נמצא קשר מובהק בין מספר התלמידים בקבוצה למספר הביצועים במהלך עריכת פרויקט החקר. ניתן לומר שככל שמספר התלמידים בקבוצה רב יותר, נערכו יותר ביצועים במהלך פרויקט החקר (טבלאות 27, 28 ו-29 בעמוד 92).

בעשורים האחרונים החלו לשנות בבתי הספר את הגישה, מגישה יחידנית – תחרותית, לגישה שתאפשר קיום תהליכי חקר בדומה לנעשה בקרב המדענים. זאת מאחר והתוצאות וההישגים של המדע הם תוצר של שיתופי פעולה, של מספר חוקרים, תוך חלוקת תפקידים ואחריות אישית. העוסקים בהוראה הגיעו להכרה שתלמיד יכול וצריך לפעול גם כיחיד וגם כחלק מקבוצה. העבודה בקבוצה מאפשרת רכישת והפעלת מיומנויות חברתיות ורגשיות (תמיר, 2006; Sowell, Johnston & Southerland, 2007). על-פי ממצאי מחקר זה, העבודה בקבוצה השפיעה על מספר הביצועים שערכו התלמידים בפרויקט החקר. את ההבדל במספר הביצועים, בהתאם למספר התלמידים בקבוצה, ניתן לקשר לתקשורת שבין השותפים לפרויקט. כאשר תלמידים לומדים בצוות הם נוטים להתייעץ זה עם זה, ולדון בתהליך ובמצאים (Kim & Song, 2006), גם בכתה וגם מחוצה לה (Krajcik, Blumenfeld, Marx, & Soloway, 2000).

תלמידים שעובדים בקבוצות, באווירה חיובית, ישאלו זה את זה "למה התכוונת?", "איך אתה יודע?". שאלות אלו מקדמות את הלמידה (NRC, 2005) ותורמות לאיתור ליקויים בתכנון ובביצוע משימת החקר. מהדיונים עשויות לצמוח תובנות המסייעות לשיפור מערך הניסוי. בהתאם לזאת למידה שיתופית בקבוצה מעודדת תלמידים לחשוב חשיבה רפלקטיבית (גורודצקי, 2006; Gibson & Rea-Ramirez, 2002), ונמצא שדיאלוג שהתקיים בין חברי הקבוצה לפרויקט החקר עזר לחברי הקבוצה להבהיר את המחשבה והרעיונות שלהם (Hmelo-Silver, Nagarajan & Day, 2002), וגרם לכך שיועלו רעיונות רבים יותר, והצעות רבות יותר לשינוי ולביצוע, בקרב קבוצות שהכילו שלושה תלמידים. זאת לעומת זוגות או תלמידים בודדים, להם לא היה עם מי לקיים דיאלוג. בקבוצת רבת משתתפים מועלים מגוון הצעות וכיווני מחשבה, יש "יותר ידיים ויותר העזה...", כפי שעלה מדברי התלמידים, החל משלבי התחלתיים בבחירת שאלות החקר (תלמיד מספר 100):

"היו לנו הרבה ויכוחים. כמעט על כל דבר ואני לא מתכוונת רק למתי להפגש ואצל מי. אני מתכוונת לשאלות מחקר, כל אחת רצתה משהו אחר ומזה שהעלנו כמה שאלות יכולנו לבחור את השאלה הכי טובה...". (תלמידה מספר 98). בהמשך, בשלבים השונים של הפרויקט: "אני לא רוצה להשוויץ אבל אני נחשב לתלמיד טוב וכל הזמן אומרים שאני עושה את כל העבודה ובאמת מבחינה מחשבתית וידע, יש בזה משהו. אבל גם נחמד לי עם השותפות וגם יש להן רעיונות. למשל את הניסוי השני עשינו בזכות הצעה של מירי, ואם לא הייתה ההצעה הזו, היינו עושים משהוא הרבה יותר מסובך שאני הצעתי והיינו מסתבכים קשות."

בשנים האחרונות החלו להתייחס גם להיבטים חברתיים של הלמידה. אנשי חינוך מבינים שללמידה בקבוצה, יש השפעה ומשמעות לבניית הידע (לזרוביץ והרץ-לזרוביץ, 2006; Abd-El-Khalick &

שכדי לשפר את ההצלחה בפתרון בעיות על התלמידים ללמוד כיצד לשתף פעולה עם תלמידים אחרים- הן במידע והן ברעיונות. כך איכות הפתרונות שהועלו בקבוצות הייתה גבוהה יותר בזכות שיתוף תובנות בין המשתתפים בקבוצה. עוד נמצא שהשיתוף יעיל יותר בקרב תלמידים בוגרים יותר ושבביצוע פרויקט חקר התלמידים לומדים אחד מהשני (Gibson & Rea-Ramirez, 2002; de Kock, Sleegers & Voeten, 2004). בנוסף, עבודה שיתופית של תלמידים עם תלמידים עמיתים ושיחה על מה שהם עושים מסייעים למגוון תחומים כמו פיתוח חשיבה ביקורתית ועידוד המוטיבציה (Smith, 2000). ממצאים מעודדים לגבי ביצוע פעילות חקר בקבוצה נמצאו גם במחקר שנערך בקרב תלמידי ביולוגיה במכללה. הועלה חשש שעבודה משותפת לתלמידים שלא הכירו זה את זה לפני כן תהייה אתגר גדול מדי ותקשה על ביצוע החקר. להפתעת החוקרים לא רק שהתלמידים לא נרתעו מהעבודה בקבוצות, אלא אף הגיעו עם רעיונות לחקר שהמורים אפילו לא חשבו עליהם. בנוסף הישגי התלמידים בעקבות הפעילות הקבוצתית עלו (Luckie et al., 2004).

אחד החששות שהעלו המורות שתלמידיהן השתתפו במחקר הוא שביצוע החקר בקבוצות עלול לגרום לכך שיהיו תלמידים שישתדלו ויתאמצו בעוד שהשותפים יהנו מפירות עמלם של הראשונים. אמנם, תרומת התלמידים לקידום המשימה בקבוצות לא זהה, אם בשאלת שאלות, ואם בהבעת הסכמה או אי הסכמה. התלמידים שונים זה מזה ויש לקחת זאת בחשבון בניהול הלמידה (Hogan, 1999). בעקבות הממצאים במחקר זה, ניתן להרגיע במעט את המורות. מתוצאות שאלת מחקר זו עולה שיש קשר בין מספר התלמידים בקבוצה למספר הביצועים שהתלמידים עורכים במהלך החקר, ביצועים שחלקם הגדול קשור בשיפור מערך החקר ומהימנותו. לזוג תלמידים בקבוצה יותר ביצועים מאשר התלמיד הבודד, ולשלושה תלמידים בקבוצה יותר ביצועים מאשר זוג. מכאן שגם לתלמיד השלישי יש תרומה לקבוצה ולפרויקט החקר.

לסיכום אפיון הביצועים שערכו התלמידים שעסקו בחקר פתוח, בפרויקטי החקר, ניתן לומר שרוב הביצועים שנעשו היו קשורים ב"דינאמיות החקר" והתרחשו במהלך החקר. עיקר הביצועים בתחום זה היו קשורים בתוצאות ניסוי ובבעיות טכניות שהתעוררו במהלך העשייה. תחום נוסף בו נערכו ביצועים הוא בהבנה הפרוצדוראלית של תהליך החקר, ביצועים שאמורים היו לשפר את מהימנות הניסויים. שליש מהביצועים בתחום זה היו קשורים לצורך בשמירה על תנאים קבועים במהלך ביצוע ניסויים.

מספר התלמידים בקבוצה נע בין תלמיד בודד לשלושה. נמצא שיש קשר בין מספר התלמידים בקבוצה למספר הביצועים, בשני התחומים. ככל שהיו יותר שותפים לחקר, היו יותר ביצועים. ההנחה הינה שמרבית הביצועים תרמו לשיפור מהלך החקר ומהימנותו, מכאן שסביר להניח שלכל תלמיד בקבוצה תרומה משלו לביצוע הפרויקט.

4.7 השלכות המחקר והצעות למחקר עתידי

המחקר הנוכחי מביא מספר חידושים בהיבטים הקשורים בביצוע פרויקט חקר על-ידי תלמידים בגישת החקר הפתוח לעומת גישת החקר המונחה. באמצעות שילוב של שתי שיטות מדידה, כמותית ואיכותנית מתקבלת זווית ראייה רחבה יותר לגבי ההשפעה של גישת החקר על רמת מיומנויות החקר הבסיסיות והדינאמיות של התלמידים, הידע שרכשו במהלך ביצוע הפרויקט ועמדותיהם כלפי פרויקט החקר. בכל אחד מההיבטים ישנן השלכות יישומיות ותיאורטיות שיפורטו להלן. כמו-כן, לאור ממצאי המחקר, יפורטו הצעות נוספות למחקרי המשך.

4.7.1 השלכות תאורטיות:

במחקר זה נעשה איפיון של החקר הדינמי הבא לידי ביטוי בקרב תלמידי ביולוגיה. אחד החידושים בשנים האחרונות בהוראת החקר הוא המשקל הגדול יותר הניתן להוראת הפרוצדורה והחקר הדינמי. ישנם מחקרים רבים העוסקים בהתפתחות מיומנויות חקר בסיסיות, המתמקדים בבסיס הרעיוני להוכחות המדעיות ותכנון וביצוע חקר המסתיים במסקנה (Tamir et al., 1998; Roberts & Gott, 1999), לגבי מיומנויות החקר הדינמי, אין הדבר כך. איפיון מושג החקר הדינמי נמצא בחיתוליו, ונעשה במסגרת מעקב איכותני אחרי תוכנית הבידוע (Zion et al., 2004a). עבודת מחקר זו הביאה ביטוי כמותי לרמת מיומנויות החקר הדינמיות בקרב תלמידים משתי קבוצות המחקר. בנוסף לבחינה מעמיקה של פרויקטי החקר של קבוצת התלמידים שבצעה חקר פתוח עלו באופן כמותי המרכיבים הדינמיים בלמידת חקר, הבאים לידי ביטוי והקשורים בביצוע פרויקט חקר פתוח, המשלב מספר שאלות חקר.

מחקר זה מחזק את הקשר בין הוראה בדרך החקר והגישה הקונסטרוקטביסטית שכן להוראה בדרך החקר הרבה מהמשותף להוראה בגישה הקונסטרוקטביסטית, במיוחד לחקר הפתוח שכן החקר מאפשר לתלמיד לתפקד כלומד עצמאי, ולהגיע לפתרון בעיות (Bencze, 2000; Osborne, 1996). גם בחקר המונחה וגם בחקר הפתוח התלמיד אינו יכול להישאר פסיבי ואמור להשתתף במידה זו או אחרת בתהליך הלמידה. הוראה בדרך החקר מתאימה מאד להלך הרוח של הדוגלים בקונסטרוקטביזם (Anderson, 2007), שכן מדובר בתיאורית למידה בה מושם דגש על אחריות התלמיד על תהליך הלמידה תוך ביצוע רפלקציה ושיתוף פעולה עם עמיתים (Savery & Duffy, 1995). מהממצאים עולה שחקר פתוח מתאים אף יותר בשל האוטונומיה שיש לתלמיד והעצמאות לה הוא זוכה בביצוע פרויקט החקר מתחילתו ועד סופו. למורים בעלי תפיסות אנטי-קונסטרוקטביסטיות לא תתאים גישת החקר בכלל (Bencze, Bowen & Alsop, 2006), והחקר הפתוח בפרט. פילוסופיית המורה למדעים צריכה להתבסס על ניסיון העבר ולהיות דינמית ומתפתחת בהתאם לניסיון המצטבר של המורה (Crawford, 2007) דבר שעשוי לבוא יותר לידי ביטוי בעיסוק בחקר פתוח.

קושי בלמידת חקר עולה גם מהתלמידים עצמם. למידת חקר כרוכה באסטרטגיות חשיבה גבוהות שרבים מהתלמידים אינם שולטים בהן. לפי שיקולים תיאורטיים, הוראה ההופכת את מבני החשיבה הכללים למפורטים מגבירה את יכולת ההעברה. העברה היא היכולת להפעיל אסטרטגיות חשיבה שנדרשו להקשר אחד בהקשר אחר, חדש ושונה (זוהר, 2006). בלמידת החקר אמורה להתקיים העברה, במיוחד בחקר הפתוח שם הקשר בין שאלות החקר הדוק ומחייב חשיבה לוגית. היבט זה ראוי שייבדק בעתיד.

בקרב אנשי חינוך קיימת הסכמה רחבה לגבי חשיבות ההוראה בדרך החקר, אך ישנם חילוקי דעות לגבי דרך החקר המועדפת להוראה בכתה, מטעמים שונים (זוהר, 2006; NRC, 2006; Brown et al., 2006).

הוראה בדרך החקר האחת ולא האחרת עשויים להיות קשורים בשיקולים פדגוגיים או כלכליים כמו למשל ביכולות התלמידים (Brown et al., 2006), מסוגלות ו/או רצון המורים (Trautmann & Yen & 2005; Shedletsky & Zion, 2005; MaKinster, 2005), המשאבים העומדים לרשות בית הספר (Huang, 2001) ושילוב של מספר שיקולים גם יחד. אנשי אקדמיה ומורים מתלבטים בין מספר טיפוסים חקר המקובלים בהוראה בדרך החקר, ובעבודת מחקר זו מוצגת השוואה בין "חקר מונחה" לחקר פתוח" בקרב תלמידי הביולוגיה. ההשוואה מוסיפה נקודות מחשבה ליתרונות של גישה זו או אחרת, להתרשמותו של הקורא. כמו כן בנוסף להשלכות תיאורטיות, לממצאים גם השלכות ישומיות, המפורטות בתת הפרק הבא.

4.7.2 השלכות יישומיות :

לאור ממצאי מחקר זה, האם כדאי לעודד את המורה לבצע עם תלמידיו פרויקטי חקר בגישת החקר פתוח או החקר המונחה?

יו"ר המזכירות הפדגוגית במשרד החינוך הוא התפקיד השלישי בחשיבותו במשרד החינוך (אחרי השר ומנכ"ל המשרד) ובאחריותו פיתוח ופיקוח על תוכניות הלימודים, הכשרת המורים, והתפיסה הפדגוגית הכוללת (מה צריך תלמיד לדעת ומה עליו להיות מסוגל לעשות כשיסיים את בית הספר). לדברי יו"ר המזכירות הפדגוגית במשרד החינוך, "בבחינת יש מעט מדי מטלות הדורשות הבנה מעמיקה וחשיבה ברמה גבוהה. באים לידי ביטוי כמעט בלעדי הישגים הנמדדים על ידי בחינות בכתב ואלה בודקים בעיקר ידע והבנה בסיסית".

עוד הוסיפה יו"ר המזכירות הפדגוגית ש"גם תלמידים שהישיגיהם נמוכים מראים התקדמות גדולה מאוד כאשר הם לומדים את החומר דרך דגש על חשיבה, שאילת שאלות ודיון בנושאים הרלוונטיים להם. לתלמיד חלש לא מגיעה למידה משעממת" (חרומצ'נקו, 2007). דברים אלו מעידים על הרוחות הנושבות לאחרונה בקרב אנשי החינוך: שימת תהליך הלמידה והלומד במרכז התהליך הלימודי חינוכי. אנשי החינוך מבטאים תחושות תסכול ואי-נחת מכך שהתלמידים לא לומדים כיצד ללמוד, וכיצד להתמודד עם דינאמיות ועם שינוי המאפיינים תהליכים כה רבים בסביבתם. המטרה היא שהתלמיד יזנח את עמדת הפאסיביות כמוכל וכמקבל תכנים ויידרש לאמץ את עמדת היוזם של תהליכי החקר לפי בחירתו, ולבנות ידע בהקשר של בעיה נחקרת (גורודצקי, 2006). כך יושם הדגש על הבנה ויישום של ידע ותהליכים מדעיים (Gallagher, 2000).

במחקר שנערך בארה"ב, נבדקה השפעה של הוראה בגישת חקר לעומת הוראה בגישה אקספוזיטורית, על רכישת ידע ויכולת הנמקה. התלמידים נבחנו בתחילת הסמסטר הראשון במבחן ידע ובמבחן שכלל דרישה לנתח נתונים כמדד ליכולת הנמקה. בהמשך חולקו התלמידים לשתי קבוצות בהן למדו ביולוגיה. קבוצה אחת למדה בשיטת חקר וקבוצה שנייה בגישה האקספוזיטורית. בסוף הסמסטר נבחנו שוב התלמידים במבחנים דומים. תלמידים שלמדו בגישה האקספוזיטורית וצברו ידע, לא שיפרו באופן משמעותי את הציון במבחן שבדק יכולת הנמקה וכושר ניתוח. זאת לעומת התלמידים שלמדו בגישת חקר ושיפרו הישגים בשני סוגי המבחנים (Johnson & Lawson, 1998).

כפי שעולה מסקירת הספרות בפרק הראשון של עבודה זו, אין ויכוח לגבי החשיבות של הוראה בדרך החקר, ונחזור אל השאלה בה פתחנו פרק זה – באיזו גישת חקר על המורה לבחור?

במחקר שנערך במכללה נמצא שניסויים של חקר פתוח דרשו יותר זמן ומאמצים מניסויים של חקר מונחה. עוד נמצא שסטודנטים היו מוכנים להשקיע יותר זמן בחקר פתוח, בעיקר משום שהם נמשכו למסגרת המיוחדת המאפיינת את הנושא. לפני הקורס, רוב המשתתפים חשבו שחקר הוא הליך שגרתי (רוטיני) של ביצוע פעילויות על-פי הנחיות לקבלת תוצרים צפויים. עם התקדמות החקר שביצעו נתקלו בתוצאות לא צפויות והיו צריכים להתמודד איתן ומהן הם למדו (Yen & Huang, 2001). דווקא התלמידים שנתקלו בתוצאות לא צפויות ובניסויים "כושלים" למדו יותר מההתנסות והתמחו בחשיבה ביקורתית ובטכניקות עבודה נוספות (Luckie et al., 2004). חקר פתוח אינו משחרר את המורה מהאחריות הכרוכה בהדרכת התלמיד. גם בחקר פתוח, במיוחד כשמשתמשים במכשירים משוכללים כמו דטא-לוגר, על המורה להנחות את התלמידים בשימוש במכשירים, צריך לוודא שהזמן המוקדש לניסויים הוא סביר, ובנוסף על המורה להבטיח שכל התלמידים בקבוצה לוקחים חלק פעיל בפרויקט במידה זו או אחרת (Gipps, 2002).

בחקר הפתוח קיים סיכוי גדול יותר לבחור נושא מעניין, והסיכויים להתקל בתוצאות לא צפויות, גדולים יותר. להבדיל מתלמידי המכללה, לתלמידים בתיכון אין יכולת לבחור את אופן החקר בו ינהלו את פרויקט החקר והבחירה היא של המורה. טראוטמאן ושותפיו (Trautmann et al., 2002) מצאו שלמרות רצונם של המורים, יש כיתות בהן הוראת חקר פתוח לא התאפשרה. לדבריהם, ההבדלים בין חקר מונחה לעומת חקר פתוח עשויים להיות דקים. ואכן, במחקר זה, המורות שעסקו בחקר פתוח השתדלו שהפרויקט ינוהל בגישת החקר הפתוח, בעוד שהמורות שהנחו את ביצוע פרויקט החקר בגישת החקר המונחה, "פזלו" מדי פעם לכיוון החקר הפתוח. זאת משום שהמורות שהשתתפו במחקר זה, הן מורות הפתוחות לאמץ גישות חדשות ובעלות מוטיבציה לקדם את תלמידיהן.

פאנסהם, גונסטון ווויט (Fensham, Gunstone & White, 1994) דימו את מקומו של המורה בסביבת הלמידה בהתאם למעורבותו של המורה בהנחיית התלמידים, לצנחן שיכול לשלוט במצנחו: המורה יכול לבצע "נפילה חופשית" ולנחות בכבדות על השקפות התלמידים על-ידי מתן תשובות ישירות ודוגמטיות, "תשובות נכונות". אפשרות אחרת, המורה יכול להמשיך "לרחף" מעל תהליכי הלמידה ללא מתן סיוע, כשהתלמידים יכולים לעשות כרצונם ולהסיק מסקנות לבד. לחילופין, יכול המורה לצנח בעדינות בעזרת שאלות שאלות והכוונה כללית לקראת ממצאים מועילים לקידום החקר שמבצעים התלמידים.

במחקר הנוכחי ניתן לציין כי כיתות החקר הפתוח אכן ביצעו חקר פתוח, והמורים "צנחו" להם בעדינות בין התלמידים. באוכלוסייה הכללית של תלמידי הביולוגיה בתיכון, שלא נבדקה בכללותה במחקר זה, יש כיתות "ביודע" שלמעשה פועלות במתכונת חקר מונחה. במפגש מורי ביודע ב- 23.10.06 אמרה מורה, בעיצומו של דיון סוער לגבי קשיים בהוראת החקר הפתוח: "בסופו של דבר יש מקרים שאנחנו מאכילים את התלמידים" ומשפט זה ביטא תסכול גדול מרמת התלמידים מחד וממחסור בזמן מאידך.

לבורנטית של אחת מכיתות המחקר, שנכחה במעבדה לפני קיום הראיונות עם התלמידים התייחסה ליתרונות ולחסרונות של החקר הפתוח והחקר המונחה:

"בביודע (חקר פתוח) התלמידים בחרו כל מיני נושאים שלא נגענו בהם קודם ונראה לי שהם מבינים יותר מה הם עושים, אבל חידוש הוא לא בהכרח טוב... יש יתרונות לתוכנית הרגילה (חקר מונחה) בזה שיש הנחיות ברורות, זה מונע מהתלמידים להתברבר. בביודע התלמידים מבצעים פחות מעבדות, מכירים פחות כלים" (10.5.05).

חקר פתוח דורש יותר גמישות הן מצד המורים והן מצד התלמידים (Zion et al., 2004b). גם מדענים חושבים שיש לקרב את התלמידים אל המדע על היבטיו השונים (Bencze, DiGiuseppe & Bowen, 2007) ובאמצעות חקר פתוח ייחשף התלמיד לחקר הדומה יותר לחקר שמבצע מדען (Herron, 1971; Yen & Huang, 2001; Zion et al., 2004a). מאחר והתלמידים רואים במדע כתחום "מקצועני" יש לנסות לקרבם אליו. כדי לקרב את התלמידים למדע יש לאפשר להם "לבצע מדע" – לעסוק בחקר ולקשר את הפרויקטים שהם מבצעים למדע ה"מקצועי" ולעקרונות מדעיים. יחד עם זאת, למרות שחקר פתוח הוא האידיאלי, רוב התלמידים מתקשים לנהל את החקר של עצמם מבלי לקבל הדרכה (Sandoval, 2003).

שילוב החקר במהלך ההוראה לא צריך להעשות באופן מלאכותי. חשוב לוודא שתלמיד רואה בחקר בבית הספר כמשהו שונה מ"סתם" עבודת בית ספר שגרית (Sandoval, 2003), "משהו" שמהווה מרכיב חשוב במדע, הן מבחינת התוכן והן מבחינת הדרך. עוד חשוב לציין שהעיסוק בחקר אינו מוגבל לפרויקט החקר בלבד. מורים יכולים לשלב חקר בפעילויות שונות בכתה, קצרות וארוכות, עיוניות ו/או מעשיות. מורה יכול לשלב את הפעילויות הרבות והמגוונות שמתאימות לסגנון ההוראה שלו (Keys & Bryan, 2001). פעילויות חקר יבוצעו כל עוד תהייה התייחסות למרכיבי חקר כמו העלאת שאלות חקר על-ידי המורה ו/או התלמידים, תכנון כיצד לענות על השאלות, העלאת השערות, שיתוף עמיתים בהתלבטויות, איסוף נתונים, רישום הערות ותוצאות בדרך מתאימה, ניתוח תוצאות ועריכת רפלקציה על תהליך החקר (Harlen, 2004; Wu & Hsieh, 2006). יש לאפשר לתלמידים סביבת למידה שתקדם חקר באופן שוטף ולא כאירוע חד-פעמי (Wu & Krajcik, 2006). עיסוק בשאלות הקשורות לפרויקט החקר של התלמיד הופך את המדע והחקר למוחשיים לתלמיד, יותר מאשר עיסוק בשאלותיהם של מדענים (Sandoval & Reiser, 2004).

ההמלצה בתוכניות הלימוד היא לבצע חקר פתוח (משרד החינוך התרבות והספורט, 2006; NRC, 2000), אך בפועל סוג החקר המתבצע בכתה תלוי בגודלה של הכתה, בניסיון הקודם של התלמידים בחקר ובאמצעים העומדים לרשותו של המורה (Songer, Lee & McDonald, 2003). למשל בכיתות גדולות למורים קל יותר לבצע חקר מונחה (NRC, 2005; Songer et al., 2003; Zion et al., 2007). במכללות ובאוניברסיטאות מעודדים מרצים לשלב סטודנטים במחקריהם ולהשתלב בקורסים המבוססים על חקר, בין היתר כדי לקרב בין המורים לתלמידים (Jenkins & Healey, 2007). במסגרת חקר פתוח הדבר מתאפשר יותר מאשר במסגרת חקר מונחה, כפי שעולה מדברי מורות שהשתתפו במחקר זה:

מורה מספר 10:

"גם קודם היה לי קשר טוב עם תלמידים. כשהדרכת ביטופים (חקר מונחה) היה נחמד לצאת עם התלמידים לשטח והיה ייחוד בלימודי הביולוגיה לעומת מקצועות אחרים בקשר מורה – תלמיד. היינו מדברים על פרויקט החקר, אבל בדרך כלל בפורום של הכתה, כי הבעיות בהן נתקלו התלמידים היו דומות. לפעמים הרגשתי שאני מכירה תלמיד יותר מאשר המחנכת שלו. עכשיו בבידוע (חקר פתוח) הקשר הרבה יותר משמעותי. לכל קבוצת תלמידים נושא משלה והקשיים אחרים והתלמידים מגיעים אלי באופן יזום ולא יזום להתייעץ והקשר איתם התהדק"

"המעבר מביוטופ (חקר מונחה) לביודע (חקר פתוח) לא היה לי קל. פתאום לא ידעתי דברים והייתי צריכה ללמוד עם התלמידים... זה חיזק ביננו את הקשר. הם ראו שאני בן אדם והם התחילו לשתף אותי גם בדברים אחרים שלא קשורים דווקא בביודע. ראיתי שאני "מגיעה" אליהם יותר, לא רק במישור האישי, גם במישור הלימודי, נראה לי שהם הבינו טוב יותר את כל הנושא של חקר ומרכיבי החקר".

יתרונות נוספים לעיסוק בחקר פתוח: לתהליך החקר הדינאמי אין כיווניות אחת ברורה מראש, אלא, מהלך המשתנה תוך כדי תהליך ותוך בדיקה מתמדת של מהימנות התהליך (ציון, 2003), כשלכיווניות זו נחשפו יותר תלמידי החקר הפתוח. כמו-כן העיסוק בחקר אותנטי, עצמי ועצמאי של התלמידים תורם להתפתחות אפיסטימולוגיה מדעית (Sandoval & Reiser, 2004).

הסתבר שבחקר פתוח התלמידים התייחסו לתהליך החקר ולא רק לתוצר. כמו כן הם ביצעו רפלקציה והיו צריכים לנמק ולהסביר את בחירתם לגבי הדרך בה בחרו להתקדם במהלך הפרויקט (Zion et al., 2004b).

כל מורה יודע שחלק מהשאלות הטובות ביותר מגיעות מהתלמידים (Luckie et al., 2004), בעקבות מפגש/אינטרקציה עם התופעה (NRC, 2005). חקר פתוח במסגרת תכנית הביודע עונה על מטרות אלו: למידה עם דגש על חשיבה ורפלקציה. בכך מושג עידוד התלמיד לפתח הרגשת בעלות ואחריות המעודדת אותו להיות מעורב, להיות יוזם ופעיל. אם כך, בחקר פתוח מעודדים את התלמיד לשאול שאלות באופן עצמאי והגישה מתאימה יותר לחזונה של יו"ר המזכירות הפדגוגית.

הצעות ליישומים תתייחסנה למורה בכיתתו, למפתחי תוכניות לימודים ולהמלצות הנוגעות בהכשרת מורים.

4.7.1.1 המורה בכיתתו:

מורים מתלבטים באיזו גישת חקר לנקוט בכתה מטעמים שונים: מגבלות של זמן, עמדות אישיות והערכת היכולת של התלמידים. בהנחה שהמורה אינו מהווה "גורם מגביל" בבחירת גישת החקר ויש לו את הניסיון והרצון לעסוק בחקר פתוח, אזי צריך המורה לבדוק את האמצעים העומדים לרשותו, גודל הכתה ואופי התלמידים.

א. שילוב חקר פתוח ורפלקציה בהוראה

גם אם הישגי התלמידים בבגרות לא היו שונים במידה רבה (למרות ההבדל המובהק), הרי שרמת מיומנויות החקר הדינאמי ורמת הידע של תלמידי החקר הפתוח היו גבוהות יותר. עמדותיהם של התלמידים כלפי פרויקט החקר בגישת החקר הפתוח לעומת גישת החקר המונחה, עשויה להקל על המורים את הבחירה. שביעות הרצון מפרויקט החקר של תלמידי החקר הפתוח הייתה גבוהה יותר וכך גם התחושה שביצוע הפרויקט תרם להם.

לכן, גם אם המורה לא יכול לעסוק בחקר פתוח לביצוע פרויקט החקר, כדאי שישלב פעילויות חקר פתוחות מצומצמות יותר. פעילויות שישרתו את קידום ההוראה, על יתרונותיו של החקר הפתוח, אך לא בהיקף המחייב של הפרויקט המעשי. בנוסף, גם לעוסקים בחקר מונחה חקר אינו דבר פשוט, גם לא לפרחי הוראה שחשו מבולבלים בכל הקשור לחקר וביצעו (Dreon, 2006). מעצם ביצוע ניסוי או עבודת

חקר לא מתפתחת בהכרח הבנה לגבי התכנים ותהליך החקר עצמו. הרפלקציה מסייעת להבנה (Knishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Sandoval & Reiser, 1997). מורים צריכים לכוון את התלמידים לביצוע חקר מדעי שבעקבותיו תתבצע רפלקציה לגבי התהליך עצמו והתוצר (Abd-El-Khalick, et al., 2004). לאור ההתייחסות בספרות לחשיבות הרפלקציה וקיומם של מספר הבדלים ברמת התלמידים במחקר זה, במספר תחומים, שחלקם קשורים לרפלקציה, למורי החקר המונחה, מומלץ לשלב גם בחקר המונחה פעילות רפלקציונית, עוד לפני שיערך מחקר מקיף בעניין. נזק לא יגרם וסביר להניח שהתלמידים יפיקו מכך תועלת, כפי שעולה ממחקרן של מיכלסקי, ציון ומברך (Michalsky, Zion & Mevarech, 2007), שהכוונה מטה-קוגניטיבית הדורשת מהתלמידים לבצע רפלקציה, מועילה גם לתלמידי חקר פתוח וגם לתלמידי חקר מונחה.

ב. נשירת תלמידים

במהלך השנתיים בהן התנהל המחקר עזבו מספר תלמידים את לימודי הביולוגיה. אחוזי הנשירה בשתי קבוצות המחקר גם יחד עומד על 15%, בעוד שבקבוצת החקר הפתוח אחוז הנשירה עמד על 18.2% בקבוצת החקר המונחה אחוז הנשירה עמד על 10.7%. פירוט הנתונים בטבלה 31 בעמוד 180 (נספח 16). במבחן χ^2 לבדיקת ההבדל במספר התלמידים שנשרו במהלך הלימודים, בשתי שיטות ההוראה, העומד על 15%, נמצא הבדל מובהק, גבולי ביותר $p = 0.054$. עד שיערך מחקר לבדיקת הסיבות לנשירה, כפי שיוצע בהמשך, על המורים להיות ערים לכך. יתכן ולקושי שבחקר פתוח יד בדבר. אי לכך, לתלמידים מתקשים יש לתת יותר עזרה מלאחרים, גם אם לא יושגו מטרות הלימוד בדרך החקר הפתוח במלואן. לחלופין, באם התלמידים מתקשים, ואחת ממטרות המורה היא שהתלמידים יסיימו את לימודי הביולוגיה לבגרות, יש להתאים את שיטת הלימוד לתלמידי הכתה וייתכן ועדיף לבחור, במקרה זה, בלימוד בדרך החקר המונחה.

ג. עידוד לביצוע פרויקט החקר בקבוצות

היבט נוסף וחשוב שעולה מעבודת מחקר זו הוא הקשר בין מספר התלמידים בקבוצה למספר השינויים שביצעו התלמידים במהלך ביצוע פרויקט החקר בגישת החקר הפתוח, שינויים שתרמו למהימנות החקר. ממצא זה יסייע בידי המורים לעודד את התלמידים לעבוד בקבוצות של שלושה ולא לוותר בקלות לתלמידים שמבקשים לבצע את פרויקט החקר ללא שותפים. רצוי לצוות את התלמידים לשלישיות ולא רק כי כך מצטמצם העומס על המורה בהדרכת מספר נושאים גדול יותר, אלא גם ואולי בעיקר מטעמים פדגוגיים. זאת בשל חשיבות השיח בין לומדים וביצוע רפלקציה משמעותית יותר בקבוצה לעומת התלמיד הבודד.

4.7.1.2 מפתחי תוכניות לימודים

יש לקחת לתשומת הלב ממצאים ממחקר זה הנוגעים לרכישת מיומנויות חקר דינאמיות, שילוב רפלקציה, ורמת הידע שרכשו התלמידים במסגרת ביצוע פרויקט החקר.

א. פיתוח הנחיות לשיפור הלמידה התהליכית של התלמידים בעת ביצוע פרויקט חקר: ברכישת מיומנויות חקר דינאמיות בקריטריון העוסק בלמידה תהליכית לא נמצא הבדל בין שתי קבוצות המחקר ורמת קריטריון זה הייתה נמוכה מרמת הקריטריונים האחרים בקרב תלמידי החקר הפתוח. שיערנו שבקריטריון זה יהיה יתרון לתלמידי החקר הפתוח בשל הדרישה לבצע חשיבה רפלקטיבית במהלך ביצוע פרויקט החקר והדגשים המושמים במהלך ביצוע פרויקט החקר - העיסוק גם בדרך ולא בתוצר בעיקר. הדבר לא בא לידי ביטוי בשדה. נראה שיש לכוון את המורה לדרך בה יעודד את תלמידיו לביצוע חשיבה רפלקטיבית יעילה. כמו-כן יש לשפר את אופן ביצוע התיעוד כך שיתאפשר לתלמידים להבין שעברו תהליך ולא עסקו בתיעוד כהליך טכני בלבד.

ב. חשיבות הרפלקציה, שידרוגה בתוכנית החקר הפתוח ושילובה גם בתוכנית חקר מונחה: לרפלקציה חשיבות רבה (Bell et al., 2003; Zion, Michalski & Mevarech, 2005) ושילוב פעילויות מטה-קוגניטיביות בחקר תרם להישגי התלמידים (Zion et al., 2005). הדבר נעשה במידת מה בקבוצת החקר הפתוח, במסגרת הנחיות תוכנית הבידוע. בדומה להמלצה למורה (בעמוד הקודם), אנו פונים למפתחים לשפר את ההנחיות למורים ולתלמידים בתוכנית החקר הפתוח ולשלב רפלקציה גם בחקר מונחה, באופן יזום ומכוון. רצוי ששילוב הרפלקציה לא יעשה באופן "התנדבותי" על-ידי המורים, בהתאם למידת ההכרה בחשיבות הרפלקציה. שילוב הנחיות ברורות יסייע למורים לקדם את תלמידיהם.

ג. טיפוח רמת הידע בקרב תלמידים המבצעים פרויקט חקר: רמת הידע של תלמידים שביצעו חקר פתוח הייתה גבוהה יותר בכל ארבעת טיפוס הידע עם תחילת ביצוע פרויקט החקר. השיפור ברמת הידע עם הזמן היה דומה בשתי קבוצות המחקר והפער בין הקבוצות נשמר. מכאן שכדאי להקדים בטיפוח רכישת הידע ועל המפתחים למצוא דרך בה גם בחקר מונחה יוכלו להקדים ולהעמיק ברמת הידע, כבר בתחילת דרכם בפרויקט.

4.7.1.3 הכשרת מורים

למרות הקשיים בהוראת חקר פתוח, מורים רבים בעולם מתעניינים בתוכניות הקיימות ובשילוב חקר פתוח בכיתה (Trautmann & MaKinster, 2005) גם בישראל (Zion et al., 2007). בהשתלמות מורים בה ביצעו המורים חקר פתוח כהתנסות, נתקלו המורים בקשיים דומים לאלו של תלמידיהם המתנסים בחקר זה. ההתנסות, למרות הקשיים, חידדה את הצורך בביצוע חקר פתוח לתלמידים (Shedletsky & Zion, 2005).

עידוד ביצוע פרויקטי חקר פתוח מחייב הכשרת מורים במקביל. לאישיות המורה, לרקע שלו, לתפיסת העולם של המורה יש השפעה רבה על הישגי התלמידים הלומדים בשיטות שונות. הצלחת תוכניות לימודיות שונות מותנית במידת הכנתו של המורה (Novak, 1965). השתתפות בהשתלמויות, גם אם נראית מיותרת למורים, שהתנסו בחקר פתוח בעבר, תורמת בידע ובהכרת שיטות עבודה נוספות, שכן הוכח שמורים רכשו ביטחון ו/או מיומנויות כדי לבצע חקר פתוח עם תלמידיהם בעזרת סדנאות

(Trautmann et al., 2002). כן הסתבר שמורים בעלי ניסיון בחקר מספקים לתלמידיהם מסגרת חקר פתוחה יותר (Tal & Argaman, 2005) ואת הניסיון בחקר ניתן להקנות בהשתלמות להתפתחות מקצועית (Akerson & Hanuscin, 2007; Tal & Argaman, 2005). אם כך אין ויכוח לגבי חשיבות הכשרת המורים (Lee et al., 2006), וטוב יהיה אם המורים יתנסו במה שהם אמורים ללמד (Darling-Hammond & Baratz-Snowden, 2007). אכן, המורות התייחסו בראיונות לכך שההשתתפות בהשתלמות סייעה להן להשתלב בתוכנית הבידוע. ממחקרים עולה שהכשרת מורים המבוססת על ביצוע חקר פתוח על-ידי המורים עצמם, תוך התייחסות לניתוח תוצאות החקר האישי שלהם עם עמיתים, מסייעת למורים ללמד חקר בצורה טובה יותר (Hogan & Berkowitz, 2000; Shedletsky & Zion, 2005).

מורים המעוניינים להשתלב בהוראת תוכנית הבידוע חייבים להשתתף בהשתלמות למורי בידוע. כפי שפורסם בחוזר מפמ"ר (המפקח הראשי של לימודי הביולוגיה) תשס"ז/1: "מורים נוספים הצטרפו בתשס"ו לתכנית הבידוע ונטלו חלק בקורס הנדרש לשם כך. מורים המעוניינים להשתתף בתכנית מתבקשים לפנות למרכז הארצי למורי ביולוגיה. להזכירכם, האישור ללמד לפי התכנית הבידוע ניתן למורה שמשתתף בקורס ושייך לקבוצת עמיתים ולא לבית ספר." (משרד החינוך, 2006ב, עמוד 7). השתתפות בהשתלמות מקנה כלים להנחיית חקר פתוח וקבלת תמיכה מעמיתים (Zion et al., 2007). המלצת מחקר זה הינה לאפשר לכלל המורים להחשף לחקר פתוח, גם אם אין להם תכניות להשתלב בהוראת תכנית הבידוע בהמשך, בטווח הזמן הקצר או הארוך. כך יכירו המורים את גישת החקר הפתוח ואולי ישלבו ממנה בהוראה, גם ללא ביצוע הפרויקט המעשי. אי לכך רצוי:

א. לקיים השתלמויות להכרת גישות חקר לקהל המורים הרחב.

ב. לשלב את הכרת גישות החקר, כולל חקר פתוח, והתנסות בהן בשלבים מוקדמים בהכשרת המורים, כבר במכללות ובאוניברסיטאות (Zion et al., 2007).

4.7.3 מגבלות המחקר והצעות למחקרי המשך :

מחקר זה כלל מספר רב של תלמידי ביולוגיה בתיכון ממספר בתי ספר שונים בארץ, ששוויון לשתי קבוצות המחקר על-פי אופן ביצוע פרויקט החקר שלהם. קבוצת החקר הפתוח של תלמידים שביצעו "בידוע" וקבוצת החקר המונחה של תלמידים שביצעו "ביוטופ". במחקר נערך מעקב אחר התלמידים מתחילת כיתה י"א ועד לסיום כיתה י"ב וזאת על מנת לבדוק הבדלים בין הקבוצות בפיתוח מיומנויות חקר בסיסיות, רמת מיומנויות החקר הדינאמיות ועוד, כפי שפורט בשאלות המחקר.

4.7.3.1 מגבלות המחקר :

1. אוכלוסיית המחקר :

במחקרים העוסקים בהשוואה בין שתי קבוצות, תוך התייחסות לתהליכי למידה שעברו, יש צורך לוודא שרק ניסיון החקר הוא השונה. על הקבוצות להיות זהות בשאר המשתנים כמו התכנים המדעיים הנלמדים, תכונות התלמידים והרקע שלהם (מין, מוצא אתני, שפה בבית), הרקע של המורים והיחס שלהם למדע והוראה.

ישנו קושי לשלוט בכל המשתנים האלו כדי לקבל קבוצות זהות של ניסוי ובקרה. אחת הדרכים להימנע מקשיים אלו היא להשתמש בקבוצה כבקרה של עצמה, למדוד את השינויים לפני ההתערבות ולמדוד לאחר תקופה, אחרי ההתערבות (Harlen, 2004). בחירת האוכלוסייה למחקר לא הייתה קלה: הצורך בהסכמת המורים והמנהלים. הצורך במציאת מורים והרכב כיתות דומים ככל האפשר. במחקר זה נעשה מאמץ שכל הגורמים האחרים, פרט לשיטת החקר, יהיו דומים ככל האפשר, כמתואר בפרק השיטה, עמוד 28. בדיקת ההבדלים בהישגים במבחנים, ברמת הידע ובעמדות, השוואה בין הקבוצות התייחסה לשינויים שחלו בכל קבוצה לפני תחילת המחקר ובסופו.

אחת ממגבלות המחקר נבעה מאילוצים הקשורים במורים שהשתתפו במחקר. לכל כיתה מורה שונה וידוע שלמורה השפעה רבה על המתרחש בכיתה (Parker & Rennie, 2002). השתדלנו מאד לבחור במורות הדומות מאד ביכולת ההוראה שלהן, בשליטה בתכנים, בלהט ללמד ובקשר הטוב שנוצר עם התלמידים. אולם, הלמידה של התלמיד מושפעת ממכלול גורמים, לא רק השפעת המורה הישיר. גם השפעה של הבית, המדינה, העמיתים, מורים אחרים (Harlen, 2004). על מכלול הגורמים לא הייתה לנו שליטה, אך בזכות המספר הגדול של התלמידים, יש להניח שהשפעות אלו הפכו למזעריות.

2. כלי המחקר :

במחקר הנוכחי נעשה שימוש גם בכלים אינטגרטיביים שהתבססו על ראיונות.

אחד החששות בקיום הראיונות היה פגיעה בתוקף הפנימי. בראיונות, בעצם קיום הראיון, השפעת החוקר שצריך לשמור על אובייקטיביות, ניסיון להימנע ממעורבות על-ידי נקיטת עמדה ניטרלית מוגזמת עלולה להוביל לניתוק, לאדישות ואפילו לעוינות (צבר בן יהושע, 1999). במחקר זה התלמידים שיתפו פעולה ברצון והאווירה בכל הראיונות הייתה נינוחה ונעימה. כמו-כן הייתה הקפדה שאותה מראינת ראינה את התלמידים על מנת שהמעורבות תהייה אותה מעורבות וההשפעה של הראיונות, באם הייתה, הייתה דומה בשתי הקבוצות.

בנוסף, שאלון העמדות (עמוד 39) כלל רק 14 פריטים, בשל הרצון לשמור על מהימנות מבחינה סטטיסטית. כדאי במחקרי המשך, באם משתמשים בשאלון, לעבותו בעזרת פריטים נוספים.

3. עומק החקר בתחומים שאינם קשורים למטרות המחקר :

קיימים תחומים שונים אשר עלו במסגרת המחקר הנוכחי אך לא נבדקו בעומק הרצוי/ראוי מאחר ולא היו חלק ממטרות המחקר. עם זאת מצאנו לנכון להתייחס אליהם בשל חשיבותם, אולם ההתייחסות אליהם הייתה ראשונית בלבד. למשל, הבדלים בין בנים לבנות, חשיבות ביצוע פרויקט החקר בקבוצה, משך הזמן הנדרש לשינוי ונשירה של תלמידים מלימודי הביולוגיה, כאשר מרחפת מעל השאלה עד כמה לגישת החקר יש "יד" בדבר. לכן כדאי לחזור ולבדוק אותם בצורה מעמיקה יותר. פירוט לגבי תחומים אלו בתת הפרק הבא.

4.7.3.2 הצעות למחקרי המשך:

מחקר זה מציע כיוונים נוספים למחקרים עתידיים הנובעים מהממצאים שעלו במחקר הנוכחי וממגבלותיו.

1. הכללת הממצאים :

כאשר התוצאות המוצגות מוגבלות למספר הכיתות והתלמידים המסוים, כשהמשתתפים לא אמורים לייצג את האוכלוסייה כולה. רצוי לבצע מחקר נוסף, במדגם אחר, כדי שאפשר יהיה להכליל בלב שלם את התוצאות מהמחקר בהווה (Knishfe & Abd-El-Khalick, 2002). יש הטוענים שניתן להגיע להכללות חלקיות בלבד שכן כל סיטואציה "לגופה" ומכלול הגורמים הפועלים בה, שונה (צבר בן יהושע, 1999).

במחקר זה אוכלוסיית המחקר לא הכילה מיעוטים ולא תלמידים שנשלחים לבצע את פרויקטי החקר מחוץ לבית הספר, בעזרת מנחה חיצוני שאינו מורה הכתה. אי לכך כדאי לבדוק :

א. רמת מיומנויות חקר דינאמי באוכלוסיות גדולות יותר.

ב. כיצד משפיעה גישת החקר על המדדים שנבדקו בקרב תלמידי המיעוטים.

ג. כיצד משפיעה הנחייה של המורה לעומת השפעת הנחייה חיצונית על פיתוח מיומנויות החקר ועמדות התלמידים, בקרב תלמידי החקר המונחה. הציונים בשאלון הבגרות שעסק בנייתו מחקר מדעי לא מוכר, בשתי קבוצות המחקר (83 ± 11 בקבוצת החקר הפתוח, 77 ± 11 בקבוצת החקר המונחה), היו גבוהים יותר מהממוצע הארצי (72 ± 17). בקרב תלמידי החקר המונחה, כל המורות הדריכו באופן אישי את התלמידים ולא שלחו אותם לגופים חיצוניים, לקבלת הנחייה בפרויקט החקר, כפי שמקובל בבתי ספר רבים. כדאי לבדוק עד כמה להנחיה האישית של המורים יש השפעה על השליטה במיומנויות החקר.

2. העמקה במספר תחומים בהם התקבל מידע במחקר זה :

א. השוואה בין בנים לבנות.

הישגי הבנים והבנות במבחנים השונים ("רב מבחן" ושאלוני הבגרות) היו דומים. גם עמדות התלמידים כלפי המדע, המדען והחקר היו דומות. הבדלים נצפו בהתייחסות התלמידים לפרויקטי החקר האישיים שלהם. בנות העידו שביצעו חקר תרם להן יותר מבנים. מעניין יהיה לבדוק את הדבר ביחס לרמת מיומנויות החקר הדינאמיות. האם שם ימצאו הבדלי מגדר? האם העובדה שהתלמידות העידו שהחקר תרם להן יותר בא לידי ביטוי במרכיבי החקר הדינאמי?

ב. תרומת הקבוצה לתלמיד במסגרת ביצוע פרויקט חקר.

כדאי לבדוק את הישגי התלמידים ורמת המיומנויות הדינאמיות של התלמידים על-פי מספרם בקבוצה. במחקר זה נמצא שתלמיד בודד ביצע פחות שינויים בפרויקט מאשר זוג תלמידים, ושלושה תלמידים ביצעו מספר שינויים גדול עוד יותר, שינויים שתרמו להימנעות החקר. האם במקביל לעריכת מספר שינויים גדול יותר, חל שיפור גדול יותר ברמת הידע ומיומנויות החקר של התלמידים בקבוצה? תלמידים לומדים זה מזה וידע נרכש ונבנה בתהליכים חברתיים. דבר זה מעצים את החשיבות של לימוד וביצוע פרויקטים יחד עם תלמידים נוספים. בעצם ביצוע פרויקט במשותף, דנים התלמידים בידע הרלוונטי ובמיומנויות הנדרשות לפרויקט החקר תוך צורך מתמיד לשתף פעולה, להאזין לשותפים ולרכוש מיומנויות חברתיות (de Kock et al., 2004). בדיקה מעמיקה של הקשר, בין מספר התלמידים, למשתנים שהוזכרו, תסייע בהחלטה עד כמה לעודד את התלמידים לעבוד בשלישיות. פרט לתרומה להישגים, לרכישת מיומנויות חקר ולרכישת הידע, מעניין יהיה לנתח את יחסי הגומלין בקבוצות.

ג. משך הזמן הנדרש לשינוי.

במהלך חודשיים של ביצוע פרויקט חקר בחממה לא רכשו התלמידים ידע קונספטואלי וידע לוגי (דביר, 2000). במחקר זה, במהלך פרויקט חקר שערך יותר מחצי שנה, רכשו התלמידים טיפוס ידע אלו. עולה מכך שלזמן יש כנראה השפעה על הלמידה. השאלה המעניינת היא, מה טווח הזמן שבו יש לבדוק שינוי? טווח זמן קצר? טווח זמן ארוך יותר? כמו-כן האם לא כדאי לבדוק אם לגישת החקר השפעה ארוכת טווח, גם לאחר סיום התיכון?

מחקרים שנערכו בקרב תלמידי חטיבת ביניים, עסקו בזיהוי משתנים והיחס ביניהם, תוך עידוד מטה-קוגניציה. ההבדלים בסיום ההוראה בין קבוצת הניסוי לקבוצת הבקרה היו קטנים. שנה לאחר מכן החלו להופיע הבדלים נוספים כמו ציונים גבוהים יותר במדעים, במתמטיקה ובאנגלית בקבוצת הניסוי. מהתוצאות עולה שמיומנויות חשיבה אפשר ללמד והתוצאות עשויות להראות לאחר זמן, לא דווקא מיד (Harlen, 2004). במחקר זה היו הבדלים מובהקים בכמה תחומים בין קבוצות המחקר, אך באופן כללי לא היה הבדל גורף שישכנע את כל מורי הביולוגיה לעבור ללמד בגישת החקר הפתוח. מעניין לבדוק האם ימצאו הבדלים בין התלמידים לאחר משך זמן ממושך יותר, של שנים למשל. האם ההתנסות בחקר הפתוח תשאיר חותמה לאורך זמן ממושך יותר מאשר התנסות בחקר מונחה. מה "נשאר" לתלמיד...? מידע זה יוסיף מימד נוסף להערכת כדאיות הוראת גישת חקר אחת לעומת אחרת.

ד. נשירה מלימודי הביולוגיה בתיכון.

במהלך המעבר מכתה י"א לכתה י"ב עזבו מספר תלמידים את לימודי הביולוגיה. גם בכתה י"ב היו מספר תלמידים שעזבו את לימודי הביולוגיה ולא נגשו למבחני הבגרות. כפי שכבר צוין, אחוז הנשירה בקבוצת החקר הפתוח היה 18.2% ובקבוצת החקר המונחה 10.7% (פירוט הנתונים בנספח 16). במבחן χ^2 לבדיקת ההבדל במספר התלמידים שנשרו במהלך הלימודים, בשתי שיטות ההוראה, העומד על 15%, נמצא הבדל מובהק, גבולי ביותר $p = 0.054$. לנשירה יכולות לגרום סיבות רבות שלא נבדקו במחקר זה. ייתכן שלסוג החקר יד בדבר. חקר אינו דבר פשוט, במחקר בקרב סטודנטים ציינו הסטודנטים שתהליך החקר היה קשה ומסובך יותר מאשר חשבו (Hmelo-Silver et al., 2002). כאשר מדובר בחקר פתוח, הדרישות מהמשתתפים גבוהות יותר (Shymansky & Kyle, 1992; Tobin & Gallagher, 1987; Yen & Huang, 2001), ותלמידים חסרי ידע ביולוגי ושליטה במיומנויות חקר יתקשו לבצע חקר פתוח

(Zion et al., 2007). במחקרים נוספים יש מקום לבדוק את הסיבות לנשירה בקרב התלמידים. אם לגישת החקר חלק בנשירה יש להחליט מה מטרת ההוראה, האם "חקר פתוח" עלול לבוא על חשבון "ביולוגיה לעם".

3. כיוונים נוספים :

א. השפעת עמדות התלמיד כלפי ביצוע פרויקט חקר לפני ביצוע הפרויקט, על התמודדות התלמיד עם ביצוע הפרויקט ועל הישגיו של התלמיד.

ברג ושותפיו (Berg et al., 2003) מצאו שתלמידים, שעמדותיהם כלפי ביצוע ניסויים, לפני ביצוע פעילות מעבדה, היו חיוביות פחות, בהשוואה לעמיתים בעלי עמדות חיוביות יותר, נזקקו ליותר תמיכה מהמורה כדי להתמודד באתגר ביצוע חקר פתוח. מחקר זה נסב סביב ביצוע פרויקט חקר על-ידי התלמידים.

מעניין יהיה לראות אם הממצאים שנמצאו במחקר שבדק עמדות כלפי פעילות מעבדה יהיו דומים לאלו שבידקו עמדות כלפי פרויקט חקר. תשובה חיובית תאיר על הצורך לטפל בעמדות תלמידים, שכן התייחסות לעמדות עשויה לשפר מוטיבציה בקרב התלמידים ובעקבותיה את הישגיהם (Koballa & Glynn, 2007) ואת ביצועי החקר שלהם.

ב. רכישת טיפוסי ידע.

כאמור, רמת הידע של תלמידים שבצעו חקר פתוח הייתה גבוהה יותר בכל ארבעת טיפוסי הידע, עם תחילת ביצוע פרויקט החקר. השיפור ברמת הידע עם הזמן היה דומה בשתי קבוצות המחקר והפער בין הקבוצות נשמר. רצוי לבחון את תבנית רכישת הידע. כיצד משתנה רמת הידע בין שתי נקודות הזמן שנבדקו. יש לבחון את רמת הידע בנקודות זמן רבות יותר, ואף לפני תחילת פרויקט החקר, וזאת על מנת לצמצם את הפער בין רמות הידע של התלמידים בשתי קבוצות המחקר.

ג. שיפור יכולת הנמקה בעקבות התנסות בחקר פתוח.

בבחינות הבגרות בביולוגיה כלולות שאלות שבהן נדרשים התלמידים לנמק תשובה או לנסח הסבר. כמו בשנים קודמות, גם בתשס"ה, ההישגים בשאלות אלו היו נמוכים מההישגים בשאלות רב-ברירתיות (נוסינוביץ ואדר, 2005). הניתוח המוצג כאן מתייחס לכלל תלמידי הביולוגיה. מעניין יהיה לבדוק האם חל שיפור ביכולות ההנמקה בעקבות ההתנסות בחקר פתוח בכל הקשור לשאלות חקר, תכנון ניסוי ומהימנות ניסוי.

4.8 סיכום

המחקר הנוכחי עסק בשני הבטים הקשורים לחקר: היבט אחד התייחס לשאלה איזו שיטת חקר (פתוח/מונחה) תוביל לתוצאות רצויות בטיפוח תלמידי ביולוגיה בתיכון. ההיבט השני התייחס לאפיון החקר הדינאמי, כפי שבא לידי ביטוי בפרויקט החקר של תלמידי החקר הפתוח. בנוסף לנסיון לענות על השאלה בדבר שיטת החקר שתוביל לתוצאות הרצויות, ייחודו של מחקר זה הינו בכך שהוא הוסיף היבט כמותי למיומנויות החקר הדינאמי בקרב תלמידי הביולוגיה ואפיין את השינויים שמבצעים התלמידים במסגרת ביצוע פרויקט חקר פתוח. היבטים אלו לא נחקרו בעבר ומוסיפים נדבך לידע בנושאים אלו.

הטקסונומיה של בלום (Bloom, 1956) מתייחסת לתחומים הקוגניטיבי, האפקטיבי והפסיכומוטורי. במחקר זה הממצאים מתייחסים לשני תחומים, התחום הקוגניטיבי והתחום האפקטיבי. בלום התרכז במיוחד בפאן הקוגניטיבי, פאן שבא לידי ביטוי בפרויקט החקר הן במיומנויות החקר הבסיסיות והדינאמיות שרכשו התלמידים והן בטיפוסי הידע שהתפתחו אצלם. בתחום הקוגניטיבי נמצא שתלמידי החקר הפתוח השיגו הישגים גבוהים יותר בניתוח מחקר מדעי לא מוכר, רמת הידע שלהם לגבי פרויקט החקר שלהם הייתה גבוהה יותר וכך גם לגבי רמת השליטה במיומנויות חקר דינאמיות. הערכת התלמידים את התרומה הקוגניטיבית מביצוע פרויקט החקר הייתה גבוהה יותר בקרב תלמידי החקר הפתוח. בתחום האפקטיבי לעומת זאת לא נמצאו הבדלים מובהקים, לא בראיונות ולא בשאלון העמדות בו העריכו התלמידים את התרומה הרגשית ושביעות הרצון מפרויקט החקר. ממצאים אלו בתחום האפקטיבי דומים לממצאים ממחקרים קודמים לגבי השפעה של תוכניות לימוד חדשות בביולוגיה. כמו כן גם בהם נמצא שבתחום האפקטיבי, השפעות התכניות אינן מובהקות כלל לגבי התלמידים. זאת על אף שבאו לידי ביטוי בהשפעה החיובית של התכניות הן על מידת העניין שמוצאים בהם תלמידים והן בעמדותיהם כלפי נושאי התוכנית ומידת הרלוונטיות שהם מייחסים להם (פורת, 1995).

למחקר הנוכחי השלכות תאורטיות ומעשיות.

בתחום התיאורטי, איתור מיומנויות חקר דינאמיות ואפיון החקר הדינאמי במהלך ביצוע פרויקט חקר הם בעלי פוטנציאל לשיפור ההבנה הפרוצדוראלית והאפיסטימולוגיה המדעית של התלמידים, בשתי גישות החקר.

מבחינה מעשית, מחקר זה מראה שאין "שיטת פלא" להקניית מיומנויות החקר לתלמידים. עולה השאלה, איזה שינוי יחשב כהצלחה, כמספיק כדי לשנות שיטת הוראה ומדיניות חינוכית? החלטה המבוססת על סטטיסטיקה היא בעייתית, שכן הבדל סטטיסטי בציונים אינו בהכרח הבדל חינוכי מובהק (Harlen, 2004). במחקר זה אין תשובה חד משמעית ליתרון גדול של שיטה אחת או שנייה. יש להיעזר בניתוחים סטטיסטיים, אך החלטה פדגוגית לא צריכה להתבסס רק על ניתוחים אלו. לשיטת החקר הפתוח יתרונות, אך גם קשיים.

בתנאים מסוימים לחקר הפתוח יתרונות רבים. הוא עשוי להטיב עם התלמידים, הוא עולה בקנה אחד עם ממצאי המחקר שהצביעו על היבטים שונים של הטבה זו וגם עם המדיניות של משרד החינוך בתקופה האחרונה. עם זאת, כבר בתקופות קדומות נכתב -

"חֲנֹךְ לְנֶעַר עַל-פִּי דִרְכּוֹ ; גַּם כִּי -יִזְקֶיךָ, לֹא-יִסּוּר מִמֶּנָּה:" (משלי, כב, 6).

מחקר זה הראה כי תהליך למידת החקר ארוך הינו משמעותי ומסייע להפנים את המיומנויות הנרכשות לפרק זמן ארוך. עוד מראה עבודת מחקר זו כי ללמידת חקר פתוח יש ערך מוסף במספר היבטים. לא

נמצאו היבטים בהם ללמידת חקר מונחה היה יתרון. מכאן ובזהירות, בהתאם ליכולותיו של המורה וסביבת הלמידה, ניתן להמליץ לכוון את ההוראה לכיוון החקר הפתוח. בעניין אפיון החקר הדינאמי בעת ביצוע פרויקט חקר פתוח, בנוסף לאפיון הביצועים של התלמידים, נמצא קשר ליתרונות ביצוע פרויקט החקר בקבוצה:

"טובים השנים, מן-האחד: אשר יש-להם שֵׁכר טוב, בְּעֶמְלָם. כִּי אִם-יִפְּלוּ, הָאֶחָד יָקִים אֶת-חֵבְרוֹ; וְאִילוּ, הָאֶחָד שִׁיפֹּל, וְאֵין שָׁנִי, לְהִקְיָמוֹ." (קהלת, ד, 10-9), או במקרה שלנו מוטב שלושה.

לסיום, ציטוט מדברי תלמיד (88):

"אם יבקשו ממני להרצות לתלמידים שעומדים בפני השאלה האם להרחיב ביולוגיה ולעמוד בפני המחקר היישומי הייתי וודאי אומר שלא כל אחד יכול. בעבודת החקר דרושים עקשנות, מסירות, התמדה, אחריות (אם בקבוצה ואם ביחיד) וכמובן בלי לקפח את החשוב מכולם – סקרנות."

ועלינו כאנשי חינוך, מורים, מפתחי תכניות לימודים וחוקרים כאחד, בכל גישת חקר שהיא, לטפח סקרנות זו.

רשימת מקורות

אבן-שושן, א. (1969). המילון החדש – אוצר שלם של הלשון העברית הספרותית המדעית והמדוברת ניבים ואמרות עבריים וארמיים. מונחים בינלאומיים. בשבעה כרכים. ירושלים. הוצאת קריית-ספר בע"מ. הדפסה ראשונה בתשכ"ז.

אגרסט, ב. (2003). סיכום, פרידה ומה הלאה? אתר מורי הביולוגיה. נדלה ב 1 ביוני, 2007, מתוך <http://bioteach.snunit.k12.il/upload/.doc04/1697.doc>

אורן, מ. (2004). השפעת יחידת הלימוד "תחקירות במדע וטכנולוגיה" על עמדות תלמידים הקשורות למדע וטכנולוגיה – המקצוע והתחום. חיבור לשם קבלת תואר מוסמך, אוניברסיטת בר-אילן.

אילן, ר. (1991). העבודה האקולוגית – בעיה אמיתית. העלון למורי הביולוגיה, 125, 68-69.

אמדור, ל. (1998). הערכת כישורים מטה קוגניטיביים באמצעות רפלקציה על עבודות חקר בכתה ה. חיבור לשם קבלת תואר מוסמך, אוניברסיטת תל-אביב. תל-אביב.

בירנבוים, מנוחה. (1997). חלופות בהערכת הישגים. תל אביב: רמות.

בן-מנחם, ע. (2005). משחק ומציאות – הצד הרגשי של הוראת המדעים. אאוריקה, 20. נדלה ב 3 במרץ, 2007, מתוך <http://www.matar.ac.il/eureka/newspaper20/docs/gameAndReality.pdf>

בן שלמה, ע., מנדלוביץ, ר. ואגרסט, ב. (1995). סקר על העבודה האקולוגית/תשנ"ד. העלון למורי הביולוגיה, 142, 52-62.

בן ששון-פורסטנברג, ש. (2001). הבדלים בין המינים במערכת החינוך. מסמך רקע לדיון בנושא. מוגש לח"כ חוסנייה גברה. הכנסת מרכז מחקר ומידע. נדלה ב 3 באפריל, 2007, מתוך <http://www.knesset.gov.il/mmm/data/docs/m00927.rtf>

ברזלי, ש. (2006). הערך המוסף של האינטרנט ללמידת חקר. בתוך ע. זוהר (עורכת), למידה בדרך החקר: אתגר מתמשך (עמ' 308-341). ירושלים. הוצאת ספרים ע"ש י"ל מאגנס, האוניברסיטה העברית.

ברנשטיין, ע. (1992). ביולוגיה חוקרת. הוצאת עם עובד.

גורודצקי, מ. (2006). "פדגוגיה קונטקסטואלית: מענה ללמידה משמעותית" בתוך ד. גורדון (עורך). מקצועות לימוד במבחן: חלופות להוראה הקונבנציונאלית בבית הספר (עמ' 119-132). מכון ון ליר בירושלים בשיתוף הוצאת הקיבוץ המאוחד.

דביר, מ. (2000). למידת חקר בסביבת חממה לימודית- מחקר על היבטים תיאורטיים ופרקטיים באמצעות ניתוח מקרה. חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה", אוניברסיטת תל-אביב.

דביר, מ. וחרן, ד. (2000). למידת חקר בסביבת חממה לימודית- מחקר על היבטים תיאורטיים ופרקטיים באמצעות ניתוח מקרה. בתוך פ. נאסר, נ. חטיבה וז. שרץ (עורכים), המחקר בחינוך ויישומו בעולם משתנה (חלק א') (עמ' 288-290). אבן יהודה. הוצאת רכס.

דורי, י. (2006). גישת החקר בסביבות למידה ממוחשבות. בתוך ע. זוהר (עורכת), למידה בדרך החקר: אתגר מתמשך (עמ' 279-307). ירושלים. הוצאת ספרים ע"ש י"ל מאגנס, האוניברסיטה העברית.

דורי, י., ברנע נ. וקברמן צ. (1999). הערכת פרוייקט 22 בתי הספר "בגרות 2000". דו"ח מחקר מוגש למדען הראשי משרד החינוך והתרבות, הטכניון.

דרייפוס, ע. (1995). אסטרטגיות ההולמות הוראה במעבדה - גלים בהוראת המדעים. העלון למורי הביולוגיה, 142, 6-22.

דרייפוס, ע. (2006). הכשרת מורים לקראת ניהול פעילות חקר בהשפעה קונסטרוקטיביסטית. בתוך ע. זוהר (עורכת), *למידה בדרך החקר: אתגר מתמשך* (עמ' 166-186). ירושלים. הוצאת ספרים ע"ש י"ל מאגנס, האוניברסיטה העברית.

הופשטיין, א., שור, ר., קיפניס, מ. ולוי נחום, ת. (2006). למידה בדרך החקר במעבדות הכימיה. בתוך ע. זוהר (עורכת), *למידה בדרך החקר: אתגר מתמשך* (עמ' 107-132). ירושלים. הוצאת ספרים ע"ש י"ל מאגנס, האוניברסיטה העברית.

זוהר, ע. (עורכת). (2006). *למידה בדרך החקר: אתגר מתמשך*. ירושלים. הוצאת ספרים ע"ש י"ל מאגנס, האוניברסיטה העברית.

זוהר, ע. ווינברגר, י. (1995). *חשיבה במדע - פיתוח חשיבה בהוראת הביולוגיה*. ירושלים. המרכז הישראלי להוראת המדעים על שם עמוס דה שליט, האוניברסיטה העברית.

זוהר, ע. ותמיר, פ. (1991). פיתוח חשיבה ביקורתית בהוראת הביולוגיה. העלון למורי הביולוגיה, 128, 31-47.

זועבי, מ. (2005). הורים ותלמידים חוקרים מדע. *אאוריקה*, 21. נדלה ב 3 במרץ, 2007, מתוך http://www.matar.ac.il/eureka/newspaper21/docs/Parents_and_Children.pdf

זיו, ע. (1990). העבודה האקולוגית – הביוטופ (הרהורי כפירה). העלון למורי הביולוגיה, 120, 69-73.

זליקוביץ, מ. 26 במרץ 2007, רפורמה בהוראה ובבגרות: חשיבה במקום שינון. ידיעות אחרונות אינטרנט. נדלה ב 30 במרץ, 2007, מתוך <http://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-3381255,00.html>

חרומצ'נקו, י. 5 במרץ 2007. פחות שינון, יותר חשיבה - יו"ר המזכירות הפדגוגית במש' החינוך רוצה סדר יום חדש. הארץ אינטרנט. נדלה ב 10 במרץ, 2007, מתוך <http://www.haaretz.co.il/hasite/pages/ShArtPE.jhtml?itemNo=755168&contrassID=2&subContrassID=21&sbSubContrassID=0>

לזרוביץ, ר. והרץ-לזרוביץ, ר. (2006). למידה שיתופית ומיומנויות חקר בהוראת הביולוגיה. בתוך ע. זוהר (עורכת), *למידה בדרך החקר: אתגר מתמשך* (עמ' 133-165). ירושלים. הוצאת ספרים ע"ש י"ל מאגנס, האוניברסיטה העברית.

לזרוביץ, ר. וקרסנטי, ג. (1989). הוראת ביולוגיה בקבוצות עמיתים חוקרות לעומת הוראה פרונטלית – הישגים לימודיים, מיומנויות חקר, אקלים כיתתי ודימוי עצמי. *עיונים בחינוך*, 51/52: 133 – 156.

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. (2006). החינוך בישראל בראי הסטטיסטיקה 1995 – 2004 (אינדיקטורים חברתיים מספר 13). נדלה ב 5 במאי, 2007, מתוך http://www.cbs.gov.il/publications/education_statistic04/word/prt01.doc

מינץ, ר. (2006). תקשוב בהוראת מדע וטכנולוגיה – יתרונות ויישומים. *אאוריקה*, 23. נדלה ב 20 באפריל, 2007, מתוך <http://www.matar.ac.il/eureka/newspaper23/docs/03.pdf>

מנדלוביץ, ר. (1996). *הוראת הביולוגיה בבית הספר התיכון בישראל באמצע שנות התשעים בדגש על החקר*. חיבור לשם קבלת תואר מוסמך. האוניברסיטה העברית בירושלים.

מנדלוביץ, ר. ונוסינוביץ, ר. (2002). *ביודע - חלופה לחלק המעשי בתכנית הלימודים בביולוגיה 5 י"ל*. בהוצאת משרד החינוך והתרבות.

מנדלוביץ, ר., נוסינוביץ, ר., רהט, מ. ורייבשטיין, נ. (2003). *תכנית ביודע – התנסות תלמידים במחקר*. האגף לתכנון ופיתוח תכניות לימודים, משרד החינוך, המרכז הישראלי להוראת המדעים

ע"ש עמוס דה שליט, האוניברסיטה העברית בירושלים המרכז להוראת המדעים והמרכז הארצי למורי הביולוגיה.

מניס, י., ממלוק, ר. והופשטיין, א. (1999). התפתחות בהוראת המדעים בישראל. בתוך ר. גלובמן וי. עירם (עורכים). *התפתחותה של ההוראה במוסדות החינוך בישראל* (עמ' 463-489). תל-אביב: הוצאת רמות.

מסר-ירון, ח. וכהנוביץ, ש. (2003). נשים ומדע בישראל – תמונת מצב. המועצה לקידום נשים במדע וטכנולוגיה. נדלה ב 5 ביוני, 2007, מתוך

<http://edu.technion.ac.il/TechnionWomen/WomenInScience.doc>

משרד החינוך והתרבות. (1990). *תכנית הלימודים החדשה בביולוגיה*. ירושלים.

משרד החינוך והתרבות. (1991). *ביולוגיה, תכנית הלימודים לכיתות ז' - י"ב*. מהדורה שלישית. ירושלים.

משרד החינוך. (2006). *ביולוגיה, תכנית לימודים לחטיבה העליונה בכל המגזרים*. ירושלים.

משרד החינוך. (2006). *חוזר מפק"ר ביולוגיה תשס"ז/1*. מדינת ישראל, משרד החינוך, המזכירות הפדגוגית, אגף המפמ"רים, הפיקוח על הוראת ביולוגיה. ירושלים. נדלה ב 10 בפברואר, 2007, מתוך

<http://bioteach.snunit.k12.il/upload/.docs06/hozer107.doc>

משרד החינוך והתרבות והספורט. (2006). *הוראת הביולוגיה במעבדה ובשדה*. ירושלים.

נוסינוביץ, ר. ואדר, א. (עורכות). (2005). *בחינות הבגרות בביולוגיה – תשס"ה*. האוניברסיטה העברית בירושלים, המרכז להוראת המדעים והמרכז הארצי למורי ביולוגיה. ירושלים.

ניר-גל, ע., נור, ט., גלברט, ר. וריינגולד, ר. (2005). *תפקיד המורה בלמידה המקוונת – בחינת היישום ע"פ מאפייני קורסים מקוונים*. מחקר בסיוע מכון מופ"ת. המכללה האקדמית לחינוך אחווה. נדלה ב 20 באפריל, 2007, מתוך

http://www.biu.ac.il/bar-e-learn/meital_report_nirgal.doc

ספקטור-לוי, א., שרץ, ז. ואלון, ב. (2006). *ללמו(ד) כיצד ללמוד. קריאת בנינים - ביטאון למורי מו"ט בחט"ב*. 9, 15-21.

עלון מורי הביולוגיה. (1990). מתוך דיון משותף של צוות הביולוגיה במרכז להוראת המדעים והמערכים הבכירים. *עלון מורי הביולוגיה*. 120, 79 - 82.

פונדק, ד. ורוזנר, ש. (2001). *הוראה בזמן אמת. עיונים בטכנולוגיה ובמדעים*. אורט ישראל. 34, 17 - 20.

פורת, נ. (1995). *השפעת תכניות לימודים חדשות בארץ על הישגים בתחום הקוגניטיבי והאפקטיבי ועל עמדות צוות ההוראה כלפיהן. הלכה למעשה – אוסף מאמרים*. גליון 10, 55-28.

פרחי כנרת. נדלה ב 7 במאי, 2007 מתוך <http://www2.kinneret.ac.il/kinneret/bioeco.htm>

צבר-בן יהושע, נ. (1988). *תוכנית לימודים בגלגוליה*. תל-אביב. הוצאת יחדיו.

צבר-בן יהושע, נ. (1999). *המחקר האיכותי בהוראה ובלמידה*. מודן הוצאה לאור בע"מ.

ציון, מ. (2003). *חקר דינמי – תהליך, רפלקציה ומה שביניהם. עלון מורי הביולוגיה*, 168, 23-25.

קיפניס, מ. (2006). *שיפור המיומנויות של שאלת שאלות חקר במעבדת החקר. על-כימיה, עיתון למורי הכימיה*. 9, 41 - 47.

קיפניס, מ. והופשטיין, א. (2003). *הגישה לעבודה במעבדה: השוואה בין גישת חקר לגישה המסורתית*. דיווח פנימי, המחלקה להוראת המדעים, מכון וייצמן.

קסנר, מ. (1996). פיתוח, הפעלה והערכה של גישות שונות להוראת נושאים מן התעשייה הכימית בביה"ס התיכון. חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה", מכון ויצמן.

קרמר-חיון, ל. (1986). שיקולי דעת בהוראה, תל-אביב: צ'ריקובר.

רטנר, נ. (1995). 'פיתוח מיומנויות החקר אצל תלמידים, הלומדים ביולוגיה ברמה מוגברת לפי תוכנית חקרית בהשוואה לתלמידים הלומדים פיסיקה או כימיה ברמה מוגברת לפי תוכנית שאין בה הדגשה על החלק המדעי'. עבודת גמר לשם קבלת התואר "מוסמך למדעי הרוח", בית הספר לחינוך, אוניברסיטת תל-אביב.

שפרונץ, מ. ושגיב, א. (1995). יבוטל ה"ביוטופ", העלון למורי הביולוגיה, 142, 63-67.

שקדי, א. (2003). מילים המנסות לגעת. מחקר איכותני – תאוריה ויישום. תל-אביב. הוצאת רמות – אוניברסיטת תל-אביב.

תמיר, פ. (1971). החקר והוראת הביולוגיה. א. ריבלין (עורך), מתודיקה- עיון בדרכי ההוראה העל יסודי. ביולוגיה (קובץ ג'), (עמ' 163-178). תל-אביב. הוצאת ביה"ס לחינוך של אוניברסיטת תל-אביב.

תמיר פ' (1976). "עשור לתכנית החדשה בביולוגיה בביה"ס התיכון", הלכה למעשה בתכנון לימודים, 1, 93-112.

תמיר, פ. (1989). הערכת הישגים לימודיים במדעי הטבע. ירושלים. הוצאת המרכז הישראלי להוראת המדעים על שם עמוס דה שליט, האוניברסיטה העברית.

תמיר, פ. (2006). החקר בהוראת המדעים והשתקפותו בהוראת הביולוגיה בישראל. בתוך ע. זוהר (עורכת), למידה בדרך החקר: אתגר מתמשך (עמ' 56-15). ירושלים. הוצאת ספרים ע"ש י"ל מאגנס, האוניברסיטה העברית.

Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. L. (2007). On the role and use of "theory" in science education research: A response to Johnston, Southerland, and Sowell. *Science Education*, 91(1), 187 - 194.

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417 - 436.

Abd-El-Khalick, F., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok, R., Hofstein, A., BouJaoude, S., Niaz, M., & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397 - 419.

Akerson, V. L., & Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653 - 680.

Alberts, B. (2000). Some thoughts of a scientist on inquiry. In J. Minstrell & E. H. van Zee (Eds.). *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (pp. 3 - 13). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

Alexander, A. P., & Judy, E. J. (1988). The interaction of domain-specific and strategic knowledge in academic performance. *Review of Educational Research*. 58(4), 375 - 404.

- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- American Associated for the Advancement of Science (AAAS). (1994). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Anderson, J. R. (1982). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, 89, 369 - 406.
- Anderson, R. D. (2007). Inquiry as an organizing theme for science curricula. In S. K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*. (pp. 807 - 830). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc, US.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York : Holt, Rinehart & Winston.
- Avery, L., Trautmann, N., & Krasny M. (2003). *Impacts of participation in a GK- 12 fellowship program on teachers' conceptions and use of inquiry science*. Paper presented at the meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Philadelphia, PA. Retrieved April 2, 2007, from http://ei.cornell.edu/pubs/NARST_CEIRP_03.pdf.
- Barab, S. A., & Hay, K. E. (2001). Doing science at the elbows of experts: Issues relate science apprenticeship camp. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 70 - 102.
- Baram-Tsabari, A., & Yarden, A. (2005). Characterizing children's spontaneous interests in science and technology. *International Journal of Science Education*. 27(7), 803 - 826.
- Barrington, B. L., & Hendricks B. (1988). Attitudes towards science and science knowledge of intellectually gifted and average students in third, seven and eleventh grades. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 679 - 687.
- Barrow, L. (2006). A Brief history of inquiry: From Dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265 - 278.
- Beaton, A .E., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Smith, T. A., & Kelly, D. L. (1996). *Science achievement in the middle school years: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)*. Chestnut Hill, MA. Retrieved April 5, 2007, from http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2/content_storage_01/0000000b/80/27/16/a6.pdf

- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A., & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487 - 509.
- Bencze, L. (2000). Procedural apprenticeship in school science: Constructivist enabling of connoisseurship. *Science Education*, 84(6), 727 - 739.
- Bencze, L., Bowen, M., & Alsop, S. (2006). Teachers' tendencies to promote student-led science projects: Associations with their views about science. *Science Education*, 90(3), 400 - 419.
- Bencze, L., DiGiuseppe, M., & Bowen, G. (2007, April). *Scientists' willingness to educate students about profit-driven science*. Paper presented at the annual conference of the American Educational Research Association Chicago, IL. Accepted from the authors.
- Benjamin, S. (1989). An Ideascap for education: what futurists recommend. *Educational Leadership*, 47(1), 8 -14.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347 - 370.
- Berg, C. A. R., Bergendahl, V. C .B., Lundberg, B. K. S., & Tibell, L. A. E. (2003). Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the same experiment. *International Journal of Science Education*, 25(3), 351 - 372.
- Bloom, B. S. (1956). *A taxonomy of educational objectives: Book 1 Cognitive Domain*. New York: McKay.
- Brand, B. (2003, March). *Enhancing inquiry instruction through a collaborative partnership*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Philadelphia PA.
- Brill, G., & Yarden, A. (2003). [Learning biology through research papers: a stimulus for question-asking by high-school students](#). *Cell Biology Education* 2(4), 266 - 274.
- Brossard, D., Lewenstein, B., & Bonney, R. (2005). Scientific knowledge and attitude change: The impact of a citizen science project. *International Journal of Science Education*. 27(9), 1099 - 1121.
- Brown, P. L., Abell, S., K, Demir, A., & Schmidt, F. (2006). College science teachers' views of classroom inquiry. *Science Education*, 90(5), 784 - 802.
- Bruner, J.S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*. 31, 21 - 32.

- BSCS (2005). *Doing science: The process of scientific inquiry*. National Institutes of Health & National. Colorado Springs, CO USA. Retrieved April 28, 2007, from <http://science.education.nih.gov/supplements/nih6/inquiry/default.htm>
- Bybee, R. W., & DeBoer, G. E. (1993). Research on goals for the science curriculum. In D.L. Gabel, (Ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 357 - 387). New-York: Macmillan.
- Carson, R. (2004). A taxonomy of knowledge types for use in curriculum design. *Interchange* 35(1), 59 - 79.
- Chiappeta, E. L., & Adams, A. D. (2004). Inquiry-based instruction: Understanding how content and process go hand-in-hand with school science. *The Science Teacher* 71(2), 46 - 50.
- Chin, C., & Chia, L. (2004). Problem-based learning: Using students' questions to drive knowledge construction. *Science Education*, 88(5), 707 - 727.
- Chin, C., & Chia, L. (2006). Problem-based learning: Using ill-structured problems in biology project work. *Science Education*, 90(1), 44 - 67.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2001). Epistemologically authentic scientific reasoning. In K. Crowley, C. D. Schunn, & T. Okada (Eds.), *Designing for science: Implications from every day, classroom, and professional settings* (pp.351 - 392). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175 - 218.
- Choi, K., & Cho, H. (2002). Effects of teaching ethical issues in science. *Journal of Biological Education*, 37(1), 26 - 30.
- Cohen, E. G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64(1), 1 - 35.
- Cornish, E. (1986). Educating children for the 21st century. *Curriculum Review*, 25(4), 12 -17.
- Costenson, K., & Lawson, A. E. (1986). Why isn't inquiry used in more classrooms? *The American Biology Teacher*, 48(3), 150 - 158.
- Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: new roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916 - 937.
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613 - 642.

Crawford, B. A., Krajcik, J. S., & Marx, R. W. (1999). Elements of a community of learners in a middle school science classroom. *Science Education*, 83(3), 701 - 723.

Crawford, T. (2005). What counts as knowing: Constructing a communicative repertoire for student demonstration of knowledge in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 139 - 165.

Crawley, F. E., & Coe, A. S. (1990). Determinants of middle school students' intention to enroll in high school science course: An application of the theory of reasoned action. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 461 - 476.

Cuevas, P., Lee, O., Hart, J., & Deaktor, D. (2005). Improving science inquiry with elementary students of diverse backgrounds. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(3), 337 - 357.

Darling-Hammond, L., & Baratz-Snowden, J. (2007). A good teacher in every classroom: Preparing the highly qualified teachers our children deserve. *Educational Horizons*, 85(2), 111 - 132.

Dawson, C. (2000). Upper primary boys' and girls' interests in science: have they changed since 1980? *International Journal of Science Education*, 22(6), 557 - 570.

DeBoer, G.E. (1991). *A History of Ideas in Science Education: Implications for Practice*. New York: Teachers College Press, Columbia University.

De Kock, A., Slegers, P., & Voeten, M. J. (2004). New learning and the classification of learning environments in secondary education. *Review of Educational Research*, 74(2), 141 - 170.

De Jong, T., & Ferguson-Hessler, M. G. H. (1996). Types and qualities of knowledge. *Educational Psychologist*, 31(2), 105 - 113.

Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (1994). Introduction: Entering the field of qualitative research. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 1 - 17). CA. Thousand Oaks: Sage Publications.

Dimopoulos, K., & Smyrniou, Z. (2005). Factors related to students' interest in science learning. In D. Koliopoulos & A. Vavouraki (Eds.), *Science education at cross roads: Meeting the challenges of the 21st century* (pp. 135 - 142). Athens, Greece.

Dreon, O. J., & McDonald, S. P. (2006, June) Using an online community of practice to foster inquiry as pedagogy amongst student teachers. Paper presented at the 7th international conference on Learning sciences, Bloomington, Indiana, USA.

Retrieved April 28, 2007, from <http://delivery.acm.org/10.1145/1160000/1150055/p140-dreon.pdf?key1=1150055&key2=0876389711&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=23223382&CFTOKEN=37658535>

- Dreyfus, A. (1993). Selecting appropriate strategies for laboratory teaching: A problem in teacher training. *European Journal of Teacher Education*, 16(3), 257 - 270.
- Farnham-Diggory, S. (1994). Paradigms of knowledge and instruction. *Review of Educational Research*, 64(3), 463 - 477.
- Fensham, P. J., Gunstone, R. F., & White, R. T. (Eds.). (1994). *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning*. London, Falmer Press.
- Finn, H., Maxwell, M., & Calver, M. (2002). Why dose experimentation matter in teaching ecology? *Journal of Biological Education*, 36(4), 158 - 162.
- Friedrichsen, P., Munford, D., & Zembal-Saul, C. (2003). Using inquiry empowering technologies to support prospective teachers' scientific inquiry and science learning. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 3(2), 223 - 239.
- Friege, G., & Lind G. (2006). Types and qualities of knowledge and their relations to problem solving in physics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4(3), 437 - 465.
- Furió, C., Calatayud, M.L., Bárcenas, S.L., & Padilla, O.M. (2000) Functional fixedness and functional reduction as common sense reasoning in chemical equilibrium and in geometry and polarity of molecules. *Science Education*, 84(5), 545 - 565.
- Furtak, E. M. (2006). The problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching. *Science Education*, 90(3), 453 - 467.
- Gagne, R. M. (1963). The learning requirements for inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 1, 144 - 153.
- Gallagher, J. J. (2000). Teaching for understanding and application of science knowledge. *School Science and Mathematics*, 100, 310 - 318.
- Gallagher, S. A., Sher, B. T., Stepien, W. J., & Workman, D. (1995). Implementing problem-based learning in science classrooms. *School Science and Mathematics*, 95(3), 136 - 146.
- Gallagher, J. J., & Tobin, K. G. (1987). Teacher management and student engagement in high school science. *Science Education*, 71(4), 535 - 555.
- George, R. (2000). Measuring change in students' attitudes toward science over time: An application of latent variable growth modeling. *Journal of Science Education and Technology* 9, 213 - 225.

- George, R. (2003). Growth in students attitudes about the utility of science over the middle and high school years: Evidence from the longitudinal study of American youth. *Journal of Science Education and Technology*, 12(4), 439 - 448.
- George, R., & Kaplan, D. (1998). A structural model of parent and teacher influences on science attitudes of eighth graders: Evidence from NELS: 88. *Science Education*, 82(1), 93 - 109.
- Germann, P. J., Haskins, S., & Auls, S. (1996). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: Promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 475 - 499.
- Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, 86(5), 693 - 705.
- Gibson, H. L., & Rea-Ramirez, M. A. (2002). *Keeping the inquiry in curriculum designed to help students' conceptual understanding of cellular respiration*. (Eric Document Reproduction No. ED465634).
- Gipps, J. (2002). *Data logging and inquiry learning in science*. Australian Computer Society, Inc. Seventh World Conference on Computers in Education, Copenhagen, Denmark. Retrieved April 28, 2007, from <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=820060.820066>
- Gott, R., & Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham: Open University Press.
- Gott, R., & Roberts, R. (2004). A written test for procedural understanding: A way forward for assessment in the UK science curriculum?. *Research in Science & Technological Education*, 22(1), 5 - 23.
- Haapasalo, L. (2003). The conflict between conceptual and procedural knowledge: Should we need to understand in order to be able to do, or vice versa? In L. Haapasalo & K. Sormunen (Eds.), *Towards Meaningful Mathematics and Science Education*. Proceedings on the IXX Symposium of the Finnish Mathematics and Science Education Research Association. University of Joensuu. *Bulletins of the Faculty of Education* 86, 1- 20. Retrieved April 2, 2007, from <http://www.joensuu.fi/lenni/PC-Conflict.pdf>
- Harlen, W. (2004, May). *Evaluating inquiry-based science developments*. A paper commissioned by the National Research Council Board on Science Education NW, Washington. Retrieved April 28, 2007, from http://www7.nationalacademies.org/bose/WHarlen_Inquiry_Mtg_Paper.pdf
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments?. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 655 - 675.
- Henson, K. (1986). Inquiry learning: A new look. *Contemporary Education*, 57(4), 181 - 183.

- Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *School Review*, 79, 171 - 212.
- Hmelo-Silver, C., Nagarajan, A., & Day, R. (2002). "It's harder than we thought it would be": A Comparative case study of expert - novice experimentation strategies. *Science Education*, 86(2), 219 - 243.
- Hodson, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Science Education*, 12(1), 25 - 27.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 71, 33 - 40.
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28, 115 - 135.
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation and evaluation. *Chemistry Education Research and Practice*. 5(3), 247 - 264.
- Hofstein, A., Levi-Nahum, T., & Shore, R. (2001). Assessment of the learning environment of inquiry-type laboratories in high school chemistry. *Learning Environments Research*, 4, 193 - 207.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28 - 54.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions, resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*. 42(7), 791-806.
- Hofstein, A., Shore, R., & Kipnis, M. (2004). Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory - A case study. *International Journal of Science Education* 26, 47 - 62.
- Hogan, K. (1999). Relating students' personal frameworks for science learning to their cognition in collaborative contexts. *Science Education*, 83(1), 1 - 32.
- Hogan, K. (2000). Exploring a Process View of Students' Knowledge about the Nature of Science. *Science Education*, 84(1), 51 - 70.
- Hogan, K., & Berkowitz, A.R. (2000). Teachers as inquiry learners. *Journal of Science Teacher Education*, 11(1), 1 - 25.

- Hunter, A-B., Laursen, S.L., & Seymour, E. (2007) Becoming a scientist: The role of undergraduate research in students' cognitive, personal and professional development. *Science Education*, 91(1), 36 - 74.
- Jenkins, A., & Healey, M. (2007, April). *Knowledge through research: The research evidence summarised*. An International Colloquium, Marwell Conference Centre, Winchester, UK. Retrieved April 28, 2007, from http://portal-live.solent.ac.uk/university/rtconference/2007/resources/healey_jenkins2ins%20.pdf
- Johnson, M., & Lawson, A. (1998). What are the relative effects of reasoning ability and prior knowledge on biology achievement in expository and inquiry classes?. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(1), 89 -103.
- Kahle, J. B. (2004). Will girls be left behind? Gender differences and accountability. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 961 - 969.
- Keys, C. W., & Bryan, L. A. (2001). Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(6), 631 - 645.
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551 - 578.
- Kim, H., & Song, J. (2006). The features of peer argumentation in middle school students' scientific inquiry. *Research in Science Education*, 36(3), 211 - 233.
- Kipnis, M., & Hofstein, A. (2007). The inquiry laboratory as a source for development of metacognitive skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*. (On line first). Retrieved April 4, 2007, from <http://springerlink.metapress.com/content/1707572213313k11/?p=e3d9bc61aefc46728c804fa6b7aa796b&pi=12>
- Kirschenbaum, H., & Simon, S. (1974). Values and the futures movement in education. In A. Toffler (Ed.). *Learning for tomorrow: The role of the future in education* (pp. 257 - 270). New York: Random House.
- Koballa, T.R. (1988). Attitude and related concepts in science education. *Science Education*, 72(2), 115 - 126.
- Koballa, T.R., & Glynn, S.M. (2007). Attitudinal and motivational constructs in science learning. In S. K. Abell and N. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on science education*. (pp. 75 - 102). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc, US.
- Krajcik, J. S., Blumenfeld, P. C., Marx, R.W., Bass, K.M., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7, 313 - 350.

- Krajcik, J.S., Blumenfeld, P.C., Marx, R.W., & Soloway, E. (2000). Instructional, curricular, and technological supports for inquiry in science classrooms. In J. Minstrell, & E. H. van Zee, (Eds.), *Inquiry into inquiry science learning and teaching*. (pp. 283 - 315). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science Press.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96(4), 674 - 689.
- Kuhn, D., Black, J., Keselman, A., & Kaplan, D. (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognition and Instruction*, 18(4), 495 - 523.
- Lazarowitz R. (2000). Research in science, content knowledge structure, and secondary school curricula. *Israel Journal of Plant Sciences*. 48(3), 229 - 238.
- Lazarowitz R. (2007). High school biology curricula development: Implementation, teaching, and evaluation from the twentieth to the twenty-first century. In S. K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*. (pp. 561 - 598). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc, US.
- Lazarowitz R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D.L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching* (pp. 94 - 127). New York: Macmillan.
- Lee, V.E., & Burkam, D.T. (1996). Gender differences in middle grade science achievement: subject, domain, ability level, and course emphasis. *Science Education*, 80(6), 613-650.
- LeFevre, J., Smith-Chant, B. L., Fast, L., Skwarchuk, S.-L., Sargla, E., Arnup, J.S., Penner-Wilger, M., Bisanz, J., & Kamawar, D. (2006). What counts as knowing? The development of conceptual and procedural knowledge of counting from kindergarten through Grade 2. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93, 285 - 303.
- Liang, L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O., Adams, A., Macklin, M., & Ebenezer, J. (2006, April). *Student understanding of science and scientific inquiry (SUSSI): Revision and further validation of an assessment instrument*. Paper Prepared for the 2006 Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST) San Francisco, CA. Retrieved April 4, 2007, from <http://arapaho.nsuok.edu/~nsutpc/articles/NARST.pdf>
- Lidar, M., Lundqvist, E., & Östman L. (2006). Teaching and learning in the science classroom: The interplay between teachers' epistemological moves and students' practical epistemology. *Science Education*, 90(1), 148 - 163.
- [Lin, X.](#), & [Lehman, J. D.](#) (1999). Supporting learning of variable control in a computer - based biology environment: Effects of prompting college students to reflect on their own thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 1 - 22.

- Linn, M. (1992). Science education reform: Building on the research base. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 821 - 840.
- Little, W., Fowler, H. W., & Coulson, J. (1955). *The shorter oxford English dictionary*. In C. T. Onions (Ed.). London: Oxford at the Clarendon press. First edition at 1933.
- Luckie, D. B., Maleszewski, J. J., Loznak, S. D., & Krha, M. (2004). Infusion of collaborative inquiry throughout a biology curriculum increases student learning: a four-year study of "Teams and Streams". *Advances in Physiology Education*, 28, 199 - 209.
- Lunetta, V. N., & Tamir, P. (1979). Matching lab activities with teaching goals. *The Science Teacher*, 46, 22 - 24.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry: Exploring the many types of inquiry in the science classroom. *The Science Teacher*, 69(2), 34 - 37.
- McGlashan, P., Gasser, K., Dow, P., Hartney, D., & Rogers, B. (2007). *Outdoor inquiries - Taking science investigations outside the classroom*. Heinemann Portsmouth, NH. Retrieved April 4, 2007, from <http://books.heinemann.com/shared/onlineresources/E01120/introduction.pdf>
- Michalsky, T., Zion, M., & Mevarech, Z. R. (2007). Developing students' metacognitive awareness in asynchronous learning networks in comparison to face-to-face discussion groups. *Journal of Educational Computing Research*, 36(4), 421 - 450.
- Michas, I., & Berry, D. (2000). Learning a procedural task: Effectiveness of multimedia presentations. *Cognitive Psychology*, 14, 555 - 575.
- Miller, J. (2003, April). *Inquiry-based activities that address misconceptions in a college introductory meteorology course*. Paper Prepared for the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Philadelphia PA.
- Miller, P. H., Blessing, J. S., & Schwartz, S. (2006). Gender differences in high-school students' views about science. *International Journal of Science Education* 28(4), 363 - 381.
- Minstrell, J., & van Zee, E. H. (Eds.). (2000). *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- Mintzes, J., & Quinn, H. J. (2007). Knowledge restructuring in biology: Testing a punctuated model of conceptual change. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(2), 281 - 306.
- Mitchell, R. (1992). *Testing for Learning*. New York : The Free Press.

- Molebash, P. E., Dodge, B., Mason, C., & Bell, R. (2002). Promoting student inquiry: Webquests to web inquiry projects (WIPs). *Society for Information Technology in Teacher Education*, 2002. Charlottesville, VA: Association for the Advancement of Computing in Education. Retrieved April 28, 2007, from http://edweb.sdsu.edu/wip/WIP_Intro.htm
- Mooney, S. J. (2006). A simple group work approach for effective field work: A soil sciences case study. *Journal of Geoscience Education*, 54(1), 74 - 79.
- Moscovici, H. (2003). *Using the dictator, the expert, and the political activist prototypes with secondary science preservice teachers: Shifting practices towards inquiry science teaching and learning*. Paper Prepared for the 2003 Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Philadelphia PA.
- Murray, I., Cerini, B., & Reiss, M. (2003). *Student review of the science curriculum*. Retrieved April 2, 2007, from www.planet-science.com/sciteach/review
- National Association for Research in Science Teaching. (2003). *Final program and abstracts*. NARST Annual International Conference 2003. Philadelphia, PA.
- National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards*. Washington, D.C: National Academy Press.
- National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, D.C: National Academy Press.
- National Research Council. (2005). *How students learn: Science in the classroom*. Washington, DC: The National Academy Press.
- Newell, A. (1980). Reasoning, problem solving and decision processes: The problem space as a fundamental category. In R. S. Nickerson (Ed.), *Attention and performance 8: Proceedings of the eighth international symposium on attention and performance*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Assoc.
- Northwest Regional Educational Laboratory, Mathematics and Science Education Center. (1998). *Why won't you tell me the answer? Inquiry in the high school classroom*. Retrieved April 8, 2007, from <http://www.nwrel.org/resource/singleresource.asp?id=7527&DB=res>
- Novak, J. D. (1965). A Model for the interpretation and analysis of concept formation. *Journal of Research in Science Teaching*, 3(1), 72 - 83.
- Ogens, E. M. (1991). A review of science education: past failures, future hopes. *The American Biology Teacher*, 53(4), 199 - 203.
- Orion, N., & Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1097 - 1119.

- Orion, N., Hofstein, A., Tamir, P., & Giddings, G. J. (1997). Development and validation of an instrument for assessing the learning environment of outdoor science activities. *Science Education*, 81(2), 161 - 171.
- Ornstein, A. (2006). The frequency of hands-on experimentation and student attitudes toward science: A Statistically significant relation. *Journal of Science Education and Technology*, 15 (3), 285 - 297.
- Osborne, J.F. (1996). Beyond constructivism. *Science Education*, 80(1), 53 - 82.
- Parker, L. H., & Rennie, L. J. (2002). Teachers' implementation of gender-inclusive instructional strategies in single-sex and mixed-sex science classrooms. *International Journal of Science Education*, 24(9), 881 - 897.
- Patton, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods* (2nd Ed.). Newbury Park, CA: Sage Publications, Inc.
- Piburn, M. D., & Baker, D. R. (1993). If I were a teacher... Qualitative study of attitude toward science. *Science Education*, 77(4), 393 - 406.
- Pine, J., Aschbacher, P., Roth, E., Jones, M., McPhee, C., Martin, C., Phelps, S., Kyle, T., & Foley, B. (2006). Fifth graders' science inquiry abilities: A comparative study of students in hands-on and textbook curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(5), 467 - 484.
- Pintrich, P., Wolters, C., & Baxter, G. (2000). Assessing metacognition and self-regulated learning. In G. Schraw & J. Impara (Eds.), *Issues in the assessment of metacognition* (pp. 43 - 97). Lincoln, NE: University of Nebraska Press.
- Qin, Z., Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1995). Cooperative versus competitive efforts and problem solving: A meta-analysis; *Review Education Research*, 65(2), 129 - 144.
- Rallis, S. F., & MacMullen, M. M. (2000). Inquiry-minded schools: Opening doors for accountability. *Phi Delta Kappan*. 81(10), 766 - 773. Retrieved April 25, 2007, from <http://www.pdkintl.org/kappan/kral0006.htm>
- Reid, N. (2003). Gender and physics. *International Journal of Science Education*, 25(4), 509 - 536.
- Ritchie, S. M., & Rigano, D. L. (1996). Laboratory apprenticeship through a student research project. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(7), 799 - 815.
- Roberts, R. (2001). Procedural understanding in biology:"Thinking behind the doing". *Journal of Biological Education*, 35(3), 113 - 117.
- Roberts, R., & Gott, R. (1999). Procedural understanding: Its place in the biology curriculum. *School Science Reviews*, 81(294), 19 - 25.

- Roberts, R., & Gott, R. (2000). Procedural understanding: How is it characterized in text. *School Science Reviews*, 82, 83 - 91.
- Roberts, R., & Gott, R. (2003). Assessment of biology investigations. *Journal of Biological Education* 37(3), 114 - 121.
- Rudolph, J. L. (2005). Inquiry, instrumentalism, and the public understanding of science. *Science Education*, 89(5), 803 - 821.
- Samarapungavan, A., Westby, E. L., & Bodner, G. M. (2006). Contextual epistemic development in science: A comparison of chemistry students and research chemists. *Science Education*, 90(3), 468 - 495.
- Sandoval, W.A. (2003). The inquiry paradox: Why doing science doesn't necessarily change ideas about science. In C. P. Constantinou & Z. C. Zacharia (Eds.), *Proceedings of the Sixth Intl. Computer-Based Learning in Science Conference 2003* (pp. 825-834). Nicosia, Cyprus. Retrieved April 12, 2007, from <http://www.gseis.ucla.edu/faculty/sandoval/pdf/sandoval-cblis03.pdf>
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634 - 656.
- Sandoval, W. A., & Morrison, K. (2003). High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 369 - 392.
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (1997). *Evolving explanations in high school biology*. (Eric Document Reproduction No. ED409165).
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), 345 - 372.
- Santa Clara Valley Section of the American Chemical Society. (2002). October meeting: Grate beginning, continuing success, and a fitting culmination – Gareth Wong. *Silicon Valley Chemist*. 24(9), 1 - 3. Retrieved April 2, 2007, from <http://scvacs.org/newsletter/news0209.pdf>
- Savery, J.R., & Duffy, T.M. (1995). Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35(5), 31 - 37.
- Scherz, Z., & Oren, M. (2006). How to change students' images of science and technology. *Science Education*, 90(6), 965 - 985.
- Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as inquiry. In J. J. Schwab & P.E. Brandweine (Eds.), *The teaching of science*. Cambridge, Mass: Harvard university press.
- Schwab, J. J. (1963). *Biology Teacher's Handbook*. Willy, New York.

- Schwartz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158 - 186.
- Shedletzky, E., & Zion, M., (2005). The essence of open-inquiry teaching. *Science Education International*, 16(1), 23 - 38.
- Shimoda, T. A., White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (2002). Student goal orientation in learning inquiry skills with modifiable software advisors. *Science Education*, 86(2), 244 - 263.
- Shrigley, R. I., Koballa, T. R., & Simpson, R.D. (1988). Defining attitude for science educators. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 659 - 678.
- Shulman, L. S., & Tamir, P. (1973). Research on teaching in the natural science. In R. Travers (Ed.), *Second Handbook of Research in Teaching AREA*. Chicago: Rand McNally, IL.
- Shymansky, J. A., & Kyle, W. C, Jr. (1992). Establishing a research agenda: Critical issues of science curriculum reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 749 - 778.
- Siegel, M. A., & Ranney, M. A. (2003). Developing the changes in attitude about the relevance of science (CARS) questionnaire and assessing two high school science classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(8), 757 - 775.
- Simpson, R. D., Koballa, T. R., Oliver, J. S., & Crawley, F. E. (1994). Research on the affective dimension of science learning. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan.
- Simpson, R. D., & Oliver, J. S. (1985). Attitude toward science and achievement motivation profiles of male and female science students in grades six through ten. *Science Education*, 69(4), 511 - 526.
- Smith, K. A. (2000). *Inquiry-Based Collaborative Learning*. Retrieved April 5, 2007, from http://www.nciia.org/proceed_01/Smith%20handouts.pdf
- Smith, K.A., Sheppard, S. D., Johnson, D. W., & Johnson, R.T. (2005). Pedagogies of engagement: Classroom-based practices. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 87 - 101.
- Solbes, J., & Vilches, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81(4), 377 - 386.
- Song, J., & Kim, K. (1999). How Korean students see scientists: The images of the scientist. *International Journal of Science Education*, 21(9), 957 - 977.
- Songer, N.B., Lee, H.S., & McDonald, S. (2003). Research towards an expanded understanding of inquiry science beyond one idealized standard. *Science Education*, 87(4), 490 - 516.

- Sorge, C., Newsome, H. E., & Hagerty, J. J. (2000). Fun is not enough: Attitudes of hispanic middle school students toward science and scientists. *Hispanic Journal of Behavioral Sciences*, 22, 332 - 345.
- Sowell, S., Johnston, A., & Southerland, S. (2007). Calling for a focus on where learning happens: A Response to Abd-El-Khalick and Akerson. *Science Education*, 91(1), 195 - 199.
- Staer, H., Goodrum, D., & Hackling, M. (1998). High school laboratory work in western Australia: Openness to inquiry. *Research in Science Education*, 28(2), 219 - 228.
- Stohr-Hunt, P.M. (1996). An analysis of frequency of hands-on experience and science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 101 - 109.
- Suchman, J.R. (1968). *Developing Inquiry in Earth Science*. Chicago, IL: Science Research Associates.
- Sun, R. (1997). Learning, action, and consciousness: A hybrid approach towards modeling consciousness. *Neural Networks*, 10, 1317 - 1331.
- Sun, R., Slusarz, P., & Terry, C. (2005). The interaction of the explicit and the implicit in skill learning: A dualprocess approach. *Psychological Review*, 112, 159 - 192.
- Tabak, I., Sandoval, W. A., Smith, B. K., Agganis, A., Baumgartner, E., & Reiser, B. J. (1995). Supporting collaborative guided inquiry in a learning environment for biology. In J. L. Schnase & E. L. Cunnius (Eds.), *Proceedings of the Computer Support for Collaborative Learning '95 Conference*. (pp. 362 - 366) Bloomington, IN: Erlbaum. Retrieved April 16, 2007, from <http://www.letus.org/bguile/Papers/cscl95.pdf>
- Tal, R., & Argaman, S. (2005). Characteristics and difficulties of teachers who mentor environmental inquiry projects. *Research in Science Education* 35(4), 363 - 394.
- Tamir, P. (1976). Invitations to inquiry in teacher training. *The American Biology Teacher*, 38, 50 - 53.
- Tamir, P. (1988). Gender differences in high school science in Israel. *British Educational Research Journal*, 14(2), 127 - 140.
- Tamir, P. (1998). Assessment and evaluation in science education: opportunities to learn and outcomes. In B.J. Fraser & K.G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 761 - 789). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Tamir, P., & Lunetta, V. N. (1981). 'Inquiry related tasks in high school science laboratory handbooks'. *Science Education*, 65(5), 477 - 484.

- Tamir, P., Nussinovitz, R., & Friedler, Y. (1982). A practical tests assessment inventory. *Journal of Biological Education*, 16, 42 - 50.
- Tamir, P., Stavy, R., & Ratner, N. (1998). Teaching science by inquiry: Assessment and learning. *Journal of Biological Education*, 33(1), 27 - 32.
- Taraban, R., Box, C., Myers, R., Pollard, R., & Bowen, C. W. (2007). Effects of active - learning experiences on achievement, attitudes, and behaviors in high school biology. *Journal of Research in Science Teaching*, (On line first). Retrieved April 12, 2007, from <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/114036225/PDFSTART>
- Taylor, B., Curtice, J., & Heath, A. (1995). Balancing Scales: Experiments in question form and direction. *Working Paper Series*, 37. The Centre for Research into Elections and Social Trends (CREST). Retrieved April 2, 2004, from <http://www.crest.ox.ac.uk/p37.htm>
- Tobin, K., & Gallagher, J. J. (1987). What happens in high school science classrooms? *Journal of Curriculum studies*, 19, 549 - 560.
- Trautmann, N., Avery, L., Krasny, M., & Cunningham, C. (2002, April). *University science students as facilitators of high school inquiry-based learning*. Poster presented at the Annul Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New-Orleans, LA. Retrieved April 25, 2007, from http://ei.cornell.edu/pubs/CEIRP_NARST_02.pdf
- Trautmann, N. M., & MaKinster, J. G. (2005, January). *Teacher/scientist partnerships as professional development: Understanding how collaboration can lead to inquiry*. Presented at the AETS 2005 International Conference, Colorado Springs, CO. Retrieved April 25, 2007, from http://ei.cornell.edu/pubs/AETS_CSIP_%2005.pdf
- Tretter, T. R. (2000, March). *The effect of inquiry-based teaching on physical science standardized test scores*. Paper presented at the North Carolina Association for Research (NCARE) Annual Meeting. Retrieved April 17, 2007, from http://education.uncc.edu/ncare/manuscripts/Tretter_Thomas.pdf
- Trumbull, D. J., Bonney, R., & Grudens-Schuck, N. (2005). Developing materials to promote inquiry: Lessons learned. *Science Education*, 89(6), 879 - 900.
- Trumper, R. (2006). Factors affecting junior high school students' interest in biology. *Science Education International*. 17(1), 31 - 48.
- Tsui, C.-Y., & Treagust, D. F. (2007). Understanding genetics: Analysis of secondary students' conceptual status. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 205 - 235.

- Uno, G. E. (1997). Learning about learning through teaching about inquiry. In A. P. McNeal & C. D'Avanzo (Eds.), *Student-active science: Models of innovation in college science teaching* (pp. 189–198). Fort Worth, TX: Saunders College Publishing.
- Veronesi, P., & Voorst C. V. (2000, January). *Science teacher beliefs: Toward an understanding of state science exams and their influence on teacher beliefs*. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science, Akron, Ohio. Retrieved July 25, 2003, from <http://aets.chem.pitt.edu/>
- Wang, H. A., Thompson, P., & Shuler C. F. (1998). *Essential components of problem-based learning for the K-12 inquiry science instruction*. CCMB. Retrieved April 1, 2007, from <http://www.usc.edu/hsc/dental/ccmb/usc-csp/esscomponents.htm>
- Warrington, M., Younger, M., & Williams, J. (2000). Student attitudes, image and the gender gap. *British Educational Research Journal*, 26(3), 393 - 407.
- Wee, B., Shepardson, D. P., Fast, J., & Harbor, J. (2007). Teaching and learning about inquiry: Insights and challenges in professional development. *Journal of Science Teacher Education*, 18(1), 63 - 89.
- Weinburgh, M. (1995) Gender differences in student attitudes towards science: A metaanalysis of the literature from 1970 to 1991. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 387 - 398.
- Welch, W.W., Klopfer, L.E., Aikenhead, G.S., & Robinson, J.T. (1981). The role of inquiry in Science Education: Analysis and recommendations. *Science Education*, 65(1), 33 - 50.
- Willden, J., Gubanich, A. A., Crowther, D. T., & Cannon, J. R. (2003, March). *A comparison of instruction approach: Inquiry based vs. traditional lecture in introductory biology*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Philadelphia PA.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice?. *Science Education*, 87(1), 112 - 143.
- Woods, P. (1996). *Researching the art of teaching: Ethnography for educational use*. London: Routledge.
- Wu, H.-K., & Hsieh, C.-E. (2006). Developing sixth graders' inquiry skills to construct explanations in inquiry-based learning environments. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1289 - 1313.
- Wu, H.-K., & Krajcik, J. S. (2006). Inscriptional practices in two inquiry-based classrooms: A case study of seventh graders' use of data tables and graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(1), 63 - 95.

- Yen, C., & Huang, S. (2001). Authentic learning about Tree Frogs by preservice biology teachers in open-inquiry research settings. *Proceedings of the National Science Council, Republic of China, ROC(D)*, 11(1), 1 - 10. Retrieved July 25, 2003, from <http://nr.stic.gov.tw/ejournal/ProceedingD/v11n1/1-10.pdf>
- Yerrick, R. K. (2000). Lower track science students' argumentation and open inquiry instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 807 - 838.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmoms, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357 - 375.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmoms, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343 - 367.
- Zion, M. (2007). On line forums as a 'rescue net' in an open inquiry process. *International Journal of Science and Mathematics Education* (On line first). Retrieved April 4, 2007, from <http://springerlink.metapress.com/content/a78k354262820n38/?p=e3d9bc61aefc46728c804fa6b7aa796b&pi=11>
- Zion, M., Cohen, S., & Amir, R. (2007). The spectrum of dynamic inquiry teaching practices. *Research in Science Education*, (On line first). Retrieved May 4, 2007, from <http://www.springerlink.com/content/x60570571r1335k2/?p=029138abd37c4f4993505b74f3cb292a&pi=13>
- Zion, M., Michalski, T., & Mevarech, Z. R. (2005). The effects of meta-cognitive instruction embedded within asynchronous learning network on scientific inquiry skills. *International Journal of Science Education*, 27, 957 - 983.
- Zion, M., Shapira, D., Slezak, M., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., Orian, T., Nussinowitz, R., Agrest, B., & Mendelovici, R. (2004a). Biomind – A new Biology curriculum that enable authentic inquiry learning. *Journal of Biological Education*, 38(2), 59 - 67.
- Zion, M., & Slezak, M. (2005). It takes two to tango: In dynamic inquiry, the self-directed student acts in association with the facilitating teacher. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 875 - 894.
- Zion, M., Slezak, M., Shapira, D., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., Orian, T., Nussinowitz, R., Court, D., Agrest, B., Mendelovici, R., & Valanides, N. (2004b). Dynamic, open inquiry in Biology learning. *Science Education*, 88(5), 728 - 753.
- Zohar, A., & Sela, D. (2003). Her physics, his physics: gender issues in Israeli advances placement physics classes. *International Journal of Science Education*, 25, 245 - 268.
- Zohar, A., & Gershikov, A. (in press). "Gender and Performance in Mathematical Tasks: Does the Context Make a Difference?".

4.9 פרסומים שנכתבו על בסיס עבודה זו

1.

Zion, M., & Sadeh, I. (2007). Curiosity and open inquiry learning. *Journal of Biological Education*, 41(4); 162 – 168.

מאמר זה תורגם לעברית לעלון מורי הביולוגיה בארץ:

ציון, מ., ושדה, א. (2007). סקרנות ולמידת חקר פתוח. *עלון מורי הביולוגיה*, 177 ; 3-15.

2. שדה א., ציון, מ. וספקטור – לוי, א. (2005). מינים פולשים – אויב? אוהב? ו/או אתגר ללמידת חקר ומגוון ביולוגי. *עלון מורי הביולוגיה*, 172 ; 20-31.

3. חלק מהממצאים הצגתי בכנס ESERA המאורגן על ידי הארגון האירופאי של הוראת המדעים (European Science Education Research Association) שנערך בשוודיה, באוגוסט 2007 :
Development of dynamic inquiry skills during open-inquiry learning in comparison to guided-inquiry learning.

על סמך הממצאים שהוצגו בכנס נכתב מאמר בשם זה, שמצוי בשלבי כתיבה מתקדמים.

4. נשלחה הצעה לכנס ERIDOB המאורגן על ידי הארגון האירופאי של הוראת הביולוגיה (European Researchers in Didactics of Biology) שאמור להתקיים בהולנד, בספטמבר 2008 :
High school students doing an inquiry project. How do they like it, Open or Guided?
(P52_287C38)

מאמרים נוספים – בתהליכי אישור לפרסום.

6.1. שאלון חקר "הגוזל הנגזל"

הגוזל הנגזל ואחיו בר המזל

שם התלמיד/ה _____

קרא את הקטע הבא וענה על השאלות:

ד"ר דייגו גיל מאוניברסיטת סנט אנדרוז בסקוטלנד, שם לב כי גוזלים שאביהם הוא זכר חזק ויפה מקבלים לעיתים יחס מיוחד מאימותיהם. תצפית זו עוררה את השאלה - האם תוספת תשומת לב אימהית מתחילה כבר בשלב הביצה? החוקר שיער שאם אכן כך, תתבטא עזרה זו במנת טסטוסטרון שתחדיר האם לתוך הביצה לפני שהיא מטילה אותה. טסטוסטרון הוא הורמון הגורם לגוזלים לבקש מזון באופן אגרסיבי יותר. גוזלים בעלי כנף הנולדים מביצים המכילות רמות גבוהות של טסטוסטרון נוטים להיות בוגרים דומיננטיים יותר. ד"ר גיל עבד עם ציפורים מסוג Zebra Finch. במחקרים קודמים התברר שניתן להשפיע על משיכת הנקבות לזכרים על ידי כך שעונדים טבעות צבעוניות לרגלי הזכרים. טבעות אדומות הופכות את הזכרים למושכים יותר בעיני הנקבות, טבעות ירוקות הופכות אותם לפחות מושכים. בניסוי נבדק הקשר בין היות הזכרים מושכים בעיני הנקבות לבין רמת הטסטוסטרון שהוחדר לביצים. בניסוי ענדו ל-6 זכרים בני מזל טבעות אדומות, ול-6 אחרים טבעות ירוקות. אחר כך זיווגו 12 נקבות לזכרים אלו. מחציתן לזכרים עם טבעת אדומה ומחציתן עם זכרים בעלי טבעת ירוקה. לאחר שהנקבות הטילו את הביצים, נבדקה כמות הטסטוסטרון בתוך הביצים. אחר כך התבצע הניסוי בשנית, אך הפעם הנקבות שזווגו קודם לכן עם זכר שענד טבעת אדומה, קיבלו זכר עם טבעת ירוקה ולהפך. בכל המקרים, הביצים שהזכר שהיה אביהן היה בעל טבעת אדומה נמצאו עשירות יותר בטסטוסטרון לעומת הביצים שאביהן היה בעל טבעת ירוקה. מסקנת החוקר הייתה שתוספת הטסטוסטרון, הניתנת לגוזלים שאביהם היה מושך יותר, תעלה עוד יותר את הסיכויים של הגוזלים החזקים הנושאים את התכונות הטובות לשרוד.

חלק א

בחן מחקר זה על פי המקובל במחקר המדעי:
מה הייתה השאלה שסקרנה את החוקר?

מהי ההשערה של החוקר?

האם החוקר הסתמך על רקע תיאורטי כדי לערוך את הניסוי? נמק

מהו המשתנה הבלתי תלוי בניסוי?

מהו המשתנה התלוי בניסוי?

כיצד מדדו את המשתנה התלוי?

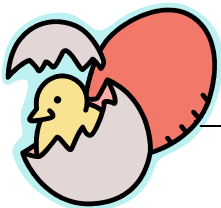
האם יש חזרות בניסוי? נמק.

האם יש בקרה בניסוי? נמק.

מהם תוצאות הניסוי?

מהי המסקנה של החוקר?

מסור את חלק א למורה ובקש את חלק ב



חלק ב – הגוזל הנגזל ואחיו בר המזל

שם התלמיד/ה _____

הצע הצעה לניסוי המשך. בהצעתך ציין :

מהי הבעיה שהנך עומד לחקור?

את ההשערה המתאימה לניסוי?

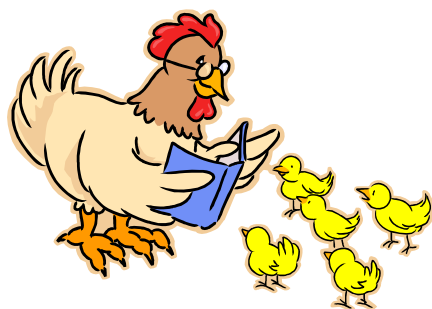
את המשתנה הבלתי תלוי?

את המשתנה התלוי?

מהי הבקרה בניסוי?

מנה את הגורמים שיש להקפיד כי יהיו קבועים בניסוי.

אלו תוצאות יתמכו השערתך?



בהצלחה

6.2. שאלון חקר "למידה מתוקה"

למידה מתוקה

שם התלמיד/ה _____

קרא את הקטע הבא וענה על השאלות

מורים שמו לב כי בשיעורים המתקיימים אחרי שיעור ספורט התלמידים לא מרוכזים. הועלתה אפשרות כי התלמידים לא שותים מספיק לאחר הפעילות הגופנית, ולכן אינם מרוכזים. בניסיון לעודד שתייה מרובה החליט המורה לספרות לבחון את השפעת סוג המשקה על כמות השתייה. עשרים התלמידים שהגיעו ראשונים לשיעור ספרות (שהתקיים לאחר שיעור ספורט) הופנו אל המקרר בו נמצאה שתייה ממותקת. עשרים התלמידים הבאים הופנו אל הברז. בשני המקומות היו כוסות והתלמידים התבקשו לשתות הרבה, ולרשום את מספר הכוסות ששתו במשך חצי שעה. תוצאות הבדיקה העלו כי התלמידים שקבלו את השתייה הממותקת שתו, בממוצע, 2.5 כוסות בחצי שעה. התלמידים שקבלו מי ברז שתו, בממוצע, 1.9 כוסות בחצי שעה. כתוצאה מכך הציע המורה להנהלה לדאוג לשתייה ממותקת קרה בסוף שיעורי ספורט, כדי שתשופר יכולת הריכוז של התלמידים בשיעור שאחריו.



המורה לספרות ערך, למעשה, מחקר קטן. בחן מחקר זה על פי המקובל במחקר המדעי? מהי הבעיה שעוררה את המורה לערוך מחקר?

מהי ההשערה של החוקר?

האם המורה הסתמך על רקע תיאורטי כדי לערוך את הניסוי? נמק

מהו המשתנה הבלתי תלוי בניסוי?

מהו המשתנה התלוי בניסוי?

כיצד מדדו את המשתנה התלוי?

האם יש חזרות בניסוי? נמק.

האם יש בקרה בניסוי? נמק.

מהם תוצאות הניסוי?

מהי המסקנה של המורה?

מסור את חלק א למורה ובקש את חלק ב

חלק ב – למידה מתוקה

שם התלמיד/ה _____

הצע הצעה לניסוי המשך. בהצעתך ציין :

מהי הבעיה שהנך עומד לחקור?

את ההשערה המתאימה לניסוי?

את המשתנה הבלתי תלוי?

את המשתנה התלוי?

מהי הבקרה בניסוי?

מנה את הגורמים שיש להקפיד כי יהיו קבועים בניסוי.

אלו תוצאות יתמכו השערתך?



בהצלחה

6.3 שאלון חקר "מקדמי ההגנה ואנחנו".

מקדמי ההגנה ואנחנו.

בשנת 1987 חתמו 24 מדינות על הסכם מונטריאול. זהו הסכם שמטרתו צמצום ולבסוף גם חיסול הייצור והשימוש בחומרים הפוגעים בשכבת האוזון.

שכבת האוזון מגינה על כדור הארץ. עקב הידלדלותה של שכבת האוזון, חודרת קרינה אולטרה סגולית שמקורה בקרינת השמש וגורמת לפגיעה בצומח, ומגדילה את מספר האנשים החולים בסרטן העור. חברת תכשירי קוסמטיקה ותרופות המליצה למרוח את האיברים החשופים לשמש בקרם הגנה, למנוע את נזקי הקרינה.

מדענים רצו לבדוק האם יש טעם בשימוש בקרם ההגנה.

כדי לבדוק זאת נעזרו בעכברים מזן מיוחד, חסר פרווה. הם לקחו 100 עכברים וחילקו אותם לשתי

קבוצות. כאן נתקלו המדענים בבעיה – כיצד לחלק את העכברים לשתי הקבוצות?

מדען א' טען שאת חמישים העכברים שייתפסו ראשונים יש להכניס לכלוב א' והאחרים יוכנסו לכלוב ב'. מדען ב' טען שאת העכבר הראשון שילכדו, יכניסו לכלוב הראשון, את העכבר השני, לכלוב השני וכך חוזר חלילה עד שיסיימו לחלק את העכברים בין שני הכלובים. מדען ג' טען שאין זה משנה, חבל על הזמן שהם מבזבזים בויכוח, יש להטיל מטבע כדי לבחור את אחת הדרכים שהוצעו ולהתקדם הלאה במחקר...

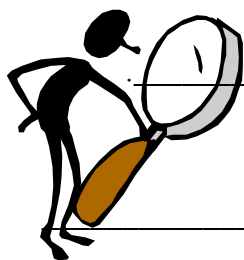
1. מי מבין השלושה צודק? א / ב / ג

מדוע?

את העכברים בכלוב א' (קבוצה מספר 1) מרחו בקרם ההגנה ואילו את העכברים בכלוב ב' (קבוצה מספר 2) לא מרחו. את שני הכלובים חשפו במשך שלוש שעות ביום לקרינה אולטרה סגולית בעוצמה הדומה לזו המגיעה מהשמש, בימי הקיץ, בשעות הצהריים.

מדי יום בחנו את עורם של העכברים וחיפשו סימנים להופעת גידולים סרטניים על עורם.

2. מה הבעיה אותה חוקרים המדענים?



3. א. נסח השערה

ב. מה הבסיס הביולוגי להשערתך?

לאחר חודשיים, נמצאו בכלוב א' שני עכברים חולים בסרטן עור ובכלוב ב' – שמונה.

4. מנתונים אלו ניתן להסיק ש : (ניתן לסמן מספר משפטים)

א. קרם ההגנה יעיל לבני אדם.

ב. קרם הגנה מצמצם את הסכנה לחלות בסרטן העור.

ג. שלוש שעות חשיפה לקרינה יגרמו לסרטן עור.

ד. מספר העכברים בניסוי היה קטן מדי.

ה. קרינה אולטרה סגולית עלולה לגרום לסרטן.

5. קבוצה מספר 1 היא :

- א. קבוצת הניסוי
ב. קבוצת הניסוי וקבוצת הבקרה
ג. קבוצת הבקרה
ד. לא זה ולא זה.

נימוק :

6. קבוצה מספר 2 היא :

- א. קבוצת הניסוי
ב. קבוצת הניסוי וקבוצת הבקרה
ג. קבוצת הבקרה
ד. לא זה ולא זה.

נימוק :

7. הניסוי כלל 100 עכברים :

מדוע לא 1000 ?

מדוע לא 10 ?

המדענים החליטו לעודד את השימוש בקרם ההגנה. מכיוון שבחנויות ניתן לרכוש מספר סוגים של קרם הגנה בעלי מקדמי הגנה שונים, בקשו מהמדענים להמליץ על אחד מהם. לצורך קטע זה, נדון בשלושה מקדמי הגנה שונים של קרם כלשהוא : A, B ו-C.

המדענים החליטו למרוח את העכברים במקדמי ההגנה השונים, לחשוף אותם לקרינה אולטרה סגולית ולעקוב הופעת סרטן העור בעכברים.

במעבדה גידלו 240 עכברים בכלוב אחד גדול.

החליטו לחלק אותם למספר קבוצות כדי לבדוק את יעילות מקדמי ההגנה.

8. ראשית התווכחו המדענים לכמה קבוצות לחלק את העכברים :

- א. להשאירם בקבוצה אחת.
ב. לשתי קבוצות.
ג. לשלוש קבוצות.
ד. לארבע קבוצות.

בחר את מספר הקבוצות (הקף את האות המתאימה לבחירתך) ונמק בחירתך :



9. מה הייתה בעיית המחקר של התלמידים ?

המשך הניסוי כלל מריחה (או אי מריחה) של העכברים במקדמי ההגנה השונים. בכל יום נחשפו העכברים לקרינה אולטרה סגולית, במשך כשלוש שעות. מדי יום נבדק האם הופיעו גידולים סרטניים על עורם של העכברים.

להלן רשימה של מונחים/פריטים הקשורים לניסוי :

- א. 240 עכברים.
ב. סוג מקדם ההגנה.
ג. הטמפרטורה במעבדה.
ד. הקרינה האולטרה סגולית.
ה. עור העכברים.
ו. שלוש שעות.
ז. מספר העכברים בכל כלוב.
ח. כמות המזון שניתנה לעכברים.
ט. הטיפול השונה לכל קבוצה.
י. גודל הכלובים.
יא. גידולים סרטניים על עור העכברים.
יב. עוצמת הקרינה.

16. האם נערכו בשני הניסויים המוזכרים בקטע חזרה/חזרות?

אם כן – מהי/מהן? _____.

אם לא – כיצד יש לבצע זאת? _____.

17. נסח שאלת מחקר חדשה המתעוררת בעקבות קריאת הקטע :

_____.

בהצלחה

6.4 שאלון חקר "יחסי הגומלין בין הפטרייה לאורן"

יחסי גומלין בין פטריות ושיתלי אורן

מבוסס על מאמר מעלון השדה (1995), ע"ה/י"ב, 75-78.

שיתלי האורן הניטעים בחלקי הייעור בישראל, נחשפים לאחר נטיעתם לתנאי בית גידול שונים מהתנאים שהיו במשתלה. לאחר הנטיעה, לא ניתנת כל תוספת מים בהשקיה. רק שתילים שמפתחים במהירות מערכת שורשים מעמיקה ומסועפת ונוף על-קרקעי יצליחו לשרוד. אחת הדרכים שנבדקו להשגת התפתחות מהירה של השתילים היא שימוש בפטרייה החיה בסימביוזה מסוג הדדיות עם שורשי הצמחים.

תלמידים השתתפו בניסוי לבדיקת ההשפעה של הפטרייה על הישרדות שיתלי האורן. 200 שתילים חולקו במשתלה, לשתי קבוצות. רק ל 100 מהם הוסיפו נבגי פטרייה במשתלה, תוספת זו של נבגי פטרייה לעצי האורן מכונה - אילוח.

בשלב החלוקה לשתי קבוצות, התווכחו התלמידים כיצד לחלק את העצים במשתלה לשתי קבוצות. תלמיד א' טען שיש לעבוד מסודר, למאה העצים הקרובים לפתח המשתלה להוסיף את הפטרייה ואת מאה העצים שבהמשך, להשאיר ללא פטרייה. תלמיד ב' טען שיש לחלק את העצים לשתי קבוצות באופן אקראי. תלמיד ג' טען שאין זה משנה, חבל על הזמן שהם מבזבזים בויכוח, יש להטיל מטבע כדי לבחור את אחת הדרכים שהוצעו ולהתקדם הלאה במחקר...

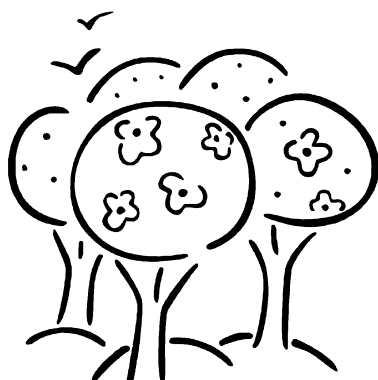
1. מי מבין השלושה צודק? א / ב / ג מדוע?
לאחר שהדביקו 100 עצים בפטרייה (קבוצה מספר 1), המשיכו להשקות ולדשן גם את הצמחים המאולחים וגם את הצמחים הלא מאולחים (קבוצה מספר 2) במשתלה, במשך חצי שנה. לאחר חצי שנה נטעו את השתילים והמשיכו לעקוב אחרי התפתחותם.
2. מה הבעיה אותה חוקרים התלמידים ?

3. א. נסח השערה

ב. מה הבסיס הביולוגי להשערתך?

- במידה של גובה השתילים במועד הנטיעה נמצא כי גובהם נע בין 24 ס"מ בקבוצה ללא הפטריות ל- 26 ס"מ בשתילים מאולחים.
- בתום שנה לנטיעה, נמצא הבדל בין צמיחת השתילים המאולחים לאלה שלא עברו טיפול. לגובהם של השתילים המאולחים נוספו 8 ס"מ, תוספת של 30%. לגובהם של השתילים הלא-מאולחים נוספו 3 ס"מ, תוספת של 13%.

4. מנתונים אלו ניתן להסיק ש : (ניתן לסמן מספר משפטים)
 - א. הפטרייה משפרת את התפתחותם של צמחים.
 - ב. אין הבדל בין צמחים לא מאולחים לצמחים מאולחים.
 - ג. השקיה סדירה חשובה להתפתחות עצי האורן.
 - ד. הפטרייה משפרת את התפתחותם של שיתלי אורן.
 - ה. בתנאי שדה יש יתרון לעצי אורן מאולחים.



5. קבוצה מספר 1 היא :

- א. קבוצת הניסוי
- ב. קבוצת הניסוי וקבוצת הבקרה
- ג. קבוצת הבקרה
- ד. לא זה ולא זה.

נימוק :

6. קבוצה מספר 2 היא :

- א. קבוצת הניסוי
- ב. קבוצת הניסוי וקבוצת הבקרה
- ג. קבוצת הבקרה
- ד. לא זה ולא זה.

נימוק :

7. הניסוי כלל 200 עצים :

מדוע לא 2000 ?

מדוע לא 20 ?

בידי החוקרים שני מינים של פטרייה. הם ניסו לקבוע באיזה מין כדאי יותר להשתמש לאילוח עצי האורן. במשתלה גידלו 240 עצים. החליטו לחלק אותם למספר קבוצות כדי לבדוק את יעילות שני המינים של הפטרייה.

8. ראשית התווכחו המדענים לכמה קבוצות לחלק את העצים :

א. להשאירם בקבוצה אחת.

ב. לשתי קבוצות.

ג. לשלוש קבוצות.

ד. לארבע קבוצות.

בחר את מספר הקבוצות (הקף את האות המתאימה לבחירתך) ונמק בחירתך :



9. מה הייתה בעיית המחקר של החוקרים, בשלב זה של המחקר ?

המשך הניסוי כלל אילוח (או אי ביצוע אילוח) של העצים במיני הפטרייה השונים. לאחר חצי שנה שתלו את העצים בשטח הפתוח ועקבו אחרי התפתחותם. להלן רשימה של מונחים/פריטים הקשורים לניסוי :

א. 240 עצים.

ז. מספר העצים בכל קבוצה.

ב. מין הפטרייה.

ח. כמות המים.

ג. הטמפרטורה במשתלה.

ט. הטיפול השונה לכל קבוצה.

ד. ההדבקה בפטרייה.

י. גודל המשתלה.

ה. גובה העצים.

יא. נטיעת העצים בשדה הפתוח.

ו. חצי שנה.

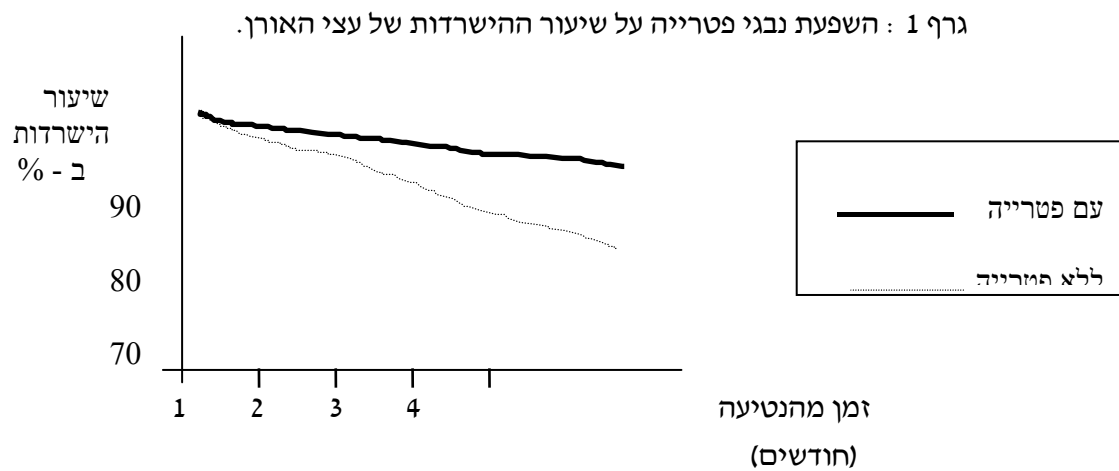
יב. דישון.

10. המשתנה הבלתי תלוי בניסוי זה הוא :

11. המשתנה התלוי בניסוי זה הוא :

12. התנאים הקבועים שיש לשמור במשך הניסוי הם (ניתן לרשום מספר אפשרויות)

לאחר שנה, בנוסף להבדלים בגובה, נמצא הבדל באחוז ההישרדות של העצים.



13. לאור הממצאים המוצגים בגרף, מה יהיה לדעתך ההבדל בשיעור ההישרדות של עצי האורן שגודלו עם פטרייה לבין עצים ללא פטרייה, לאחר שלושה חודשים נוספים?
 א. יגדל. ב. יקטן. ג. דומה. ד. זהה.
 נימוק :

14. א. מה תוכל להסיק מהגרף לגבי תרומת הפטרייה לעצי האורן ?
 ב. הצע הסבר לממצאים אלו.

15. משרד החקלאות מתלבט, בשל שיקולים שונים, אם לאשר אילוח לשתילי אורן.
 העלה טיעון בעד האילוח וטיעון נגד האילוח.

16. האם נערכו חזרות, בשני הניסויים המוזכרים בקטע ?
 אם כן – מהן?

אם לא – כיצד יש לבצע זאת?

17. נסח שאלת מחקר חדשה המתעוררת בעקבות קריאת הקטע עד כה.

בהצלחה.



6.5 שאלון עמדות לאפיון פרויקט החקר, על ידי התלמיד: שאלון לתלמידי "ביוטופ" איפיון העבודה האקולוגית (ביוטופ)

שם/ת.ז.

קרא את ההיגדים וסמן את מידת הסכמתך לגבי כל היגד.

במידה רבה				בכלל לא	
5	4	3	2	1	
					1 שינית את השאלות האקולוגיות.
					2 נאלצתי לשנות את בית הגידול.
					3 בקרתי בספריה לצורך חיפוש חומרי עזר.
					4 נתקלתי בתוצאות לא צפויות.
					5 המעבדות שבצענו במשך השנה תרמו לעבודה.
					6 הרגשתי שאני מבצע עבודה של מדען.
					7 הרגשתי שאני מבצע בעיקר עבודה טכנית.
					8 בעקבות תוצאה לא צפויה (אם הייתה כזו) א. שיניתי לגמרי שאלה האקולוגיות. ב. שיניתי נושא. ג. ניסיתי להסביר את התוצאה שקיבלתי.
					9 רשמתי ביומן התצפיות במידה רבה.
					10 נעזרתי ברשום ביומן תצפיות.
					11 בין תחילת העבודה לסופה, מספר השינויים היה רב.
					12 השקעתי זמן רב בעבודה המעשית עצמה.
					13 השקעתי זמן רב בארגון הנתונים/תוצאות בטבלאות וגרפים.
					14 השקעתי זמן רב בכתיבת הדיון.
					15 נהנתי מביצוע עבודת הביוטופ.
					16 ביצוע הביוטופ היה מעניין ומאתגר.
					17 עבודת הביוטופ סייעה לי בהתמודדות עם קטע מחקרי בלתי מוכר (אנסיין).

הקף את התשובה הנראית לך ביותר :

16. לפני ביצוע העבודה היו לי השערות לגבי השינויים שיתרחשו בבית הגידול ויחסי הגומלין בין

האורגניזמים שבבית הגידול. מצאתי את עצמי בדרך כלל : לא צודק / צודק .

17. במבט לאחור נראה לי שהשקעתי את מירב זמני ב :

חיפוש נושא / ניסוח שאלות אקולוגיות / תכנון העבודה / ביצוע העבודה עצמה / עיבוד הנתונים / כתיבת העבודה.

18. החלק הקשה ביותר היה :

חיפוש נושא / ניסוח שאלות אקולוגיות / תכנון העבודה / ביצוע העבודה עצמה / עיבוד הנתונים / כתיבת העבודה.

19. כאשר צריך היה לשנות משהו בעבודה, זה קרה בדרך כלל בגלל :

בגללי / חברי לצוות / המורה / הלבורנטית / בית הגידול / אחר _____

20. הערות והארות....

א. במה תרמה לך העבודה?

ב. מה היית משנה לו יכולת להחזיר את הגלגל לאחור?

ג. שונות....



תודה על שיתוף הפעולה

6.5 שאלון עמדות לאפיון פרויקט החקר, על ידי התלמיד: שאלון לתלמידי "ביודע" איפיון עבודת החקר בביודע

שם/ת.ז.

קרא את ההיגדים וסמן את מידת הסכמתך לגבי כל היגד.

במידה רבה	בכלל לא	1	2	3	4	5
1	שינית את שאלות המחקר.					
2	נאלצתי לשנות את אמצעי המדידה.					
3	ביקרתי בספריה לצורך חיפוש חומרי עזר.					
4	נתקלתי בתוצאות לא צפויות.					
5	המעבדות שבצענו במשך השנה תרמו לעבודה.					
6	הרגשתי שאני מבצע עבודה של מדען.					
7	הרגשתי שאני מבצע בעיקר עבודה טכנית.					
8	בעקבות תוצאה לא צפויה (אם הייתה כזו) א. שיניתי לגמרי את שאלת המחקר. ב. שיניתי שיטות מדידה. ג. ניסיתי להסביר את התוצאה שקיבלתי.					
9	רשמתי כל פרט ביומן העבודה.					
10	נעזרתי ברשום ביומן העבודה במידה רבה.					
11	בין התכנון לביצוע, מספר השינויים היה רב.					
12	השקעתי זמן רב בעבודה המעשית עצמה.					
13	השקעתי זמן רב בארגון הנתונים/תוצאות בטבלאות וגרפים.					
14	השקעתי זמן רב בכתיבת הדיון.					
15	נהנתי מביצוע עבודת החקר.					
16	העבודה הייתה מעניינת ומאתגרת.					
17	עבודת המחקר סייעה לי בהתמודדות עם קטע מחקרי בלתי מוכר (אנסיין).					

הקף את התשובה הנראית לך ביותר :

16. לפני ביצוע הניסוי/תצפית העליתי השערות ומצאתי את עצמי בדו"כ : לא צודק / צודק.

17. במבט לאחור נראה לי שהשקעתי את מירב זמני ב :

בחירת נושא / ניסוח שאלות מחקר / תכנון העבודה / ביצוע העבודה עצמה / עיבוד הנתונים / כתיבת הדיון.

18. החלק הקשה ביותר היה :

בחירת נושא / ניסוח שאלות מחקר / תכנון העבודה / ביצוע העבודה עצמה / עיבוד הנתונים / כתיבת הדיון.

19. כאשר צריך היה לשנות משהו בעבודה, היוזם בדרך כלל היה :

אני / חברי לצוות / המורה / הלבורנטית / אחר _____

20. הערות והארות...

א. במה תרמה לך העבודה? _____

ב. מה היית משנה לו יכולת להחזיר את הגלגל לאחור? _____

ג. שונות... _____

תודה על שיתוף הפעולה



6.6 שאלון עמדות כלפי המדע, המדען , שיטתיות ודינאמיות בתהליך החקר
שאלון עמדות

שם/ת.ז. _____

קרא את ההיגדים וסמן את מידת הסכמתך לגבי כל היגד.

במידה רבה				בכלל לא	
5	4	3	2	1	
					1 בעת ביצוע המחקר, החוקר עובד בדיוק על פי התכנון שלו.
					2 הסברים מדעיים יכולים להינתן רק ע"י מדענים.
					3 התוצאות המתקבלות בעת ביצוע ניסוי – צפויות מראש.
					4 כל פתרון של בעיה במדע מעלה בעיות חדשות שטרם נפתרו.
					5 המדע מדויק.
					6 עבודתו של המדען חוזרת על עצמה.
					7 המטרה העיקרית של המדען בעבודתו - לשפר את תנאי החיים של האדם.
					8 מחקרים מדעיים רבים מחייבים שיתוף פעולה של מספר חוקרים מתחומים שונים.
					9 ראש "פתוח" מאפשר התקדמות מדעית.
					10 בעזרת המדע ניתן להסביר כל תופעה.
					11 המחקר המדעי קשור לתופעות המתרחשות בחיי היום יום.
					12 עבודתו של המדען מעניינת.
					13 מחקר הנעשה ע"י קבוצת חוקרים, פורה יותר ממחקר המבוצע על ידי חוקר בודד.
					14 כדי להיות מדען מצליח צריך להיות אגואיסט.
					15 שיטתיות רק תפריע להתקדמות המדעית.
					16 פיתוח המדע והטכנולוגיה תרם לנו יותר תועלת מאשר גרם נזק.
					17 מתוצאות לא צפויות ניתן להתקדם לתגליות חדשות.
					18 מדען חייב להיות סקרן.
					19 ככל שהמדע מתפתח, אנשים נעשים עצלים יותר.
					20 מדע הוא ידע של עקרונות, חוקים ותיאוריות העוזרים להסביר את העולם סביבנו.
					21 בעזרת המדע רוכשים ידע ומשתמשים בו לשפר את איכות חיינו.
					22 מדענים הם אובייקטיביים, הגיוניים, לא משוחדים ובעלי "ראש פתוח"
					23 מדע וטכנולוגיה אחראיים במידה רבה לבעיות כמו מלחמות וזיהומים סביבתיים.
					24 יש לתכנן את הניסוי מראש ואם מתכננים היטב, אין הפתעות.
					25 לפני שניגשים לביצוע מחקר, חשוב להבין את הרקע העיוני שעליו הוא מבוסס.
					26 כשמתקבלות במחקר תוצאות שונות מהצפוי, סביר להניח שהבעיה היא טכנית ואם היא תיפתר תתקבלנה תוצאות הצפויות
					27 תוצאות לא צפויות מעכבות את התקדמות המחקר.
					28 בעת ביצוע מחקר החוקר עובד על פי תכנון מוקדם, שאינו ניתן לשינוי לאחר תחילת הביצוע.
					29 סדר פעולות וחשיבה מדעית יסייעו בהתקדמות המדעית.

תודה על שיתוף הפעולה

6.7 שאלון בנושא מיומנויות חקר דינאמיות

עם ישראל וחי בחזית האחקר...

עם , ישראל וחי, תלמידי 5 יח"ל ביולוגיה גרים בבניין רב קומות. בכניסה לבניין עמדו חמישה עציצים, בכל עציץ חמישה נרקיסים. יום אחד השקו את הצמחים, בטעות, במי סבון. כעבור כמה ימים הופיעו כתמים סגולים על העלים, בכל העציצים.

בשיחה בין השלושה נאמרו המשפטים הבאים :

- א. עם : אי אפשר להסיק מסקנה לגבי השפעת הסבון, כי אנחנו לא יודעים באיזה סוג סבון השתמשו.
- ב. ישראל : הסבון גרם להופעת הכתמים מכיוון שלפני ההשקיה במי הסבון לא היו כתמים כאלה.
- ג. חי : יש מקומות שמשקים עם מי סבון ואין שם כתמים סגולים, לכן לא ייתכן שמי הסבון גרמו להופעת הכתמים.

מכיוון שבמעבדה עסקו בהנבטת זרעים, החליטו השלושה לבדוק את השפעת מי הסבון על נביטת הזרעים.

הם הזמינו אותך להצטרף.

שמתם 25 זרעים בצלחת, על נייר סינון, הכנתם תמיסת מי סבון כלים מרוכזת והוספתם מדי יומיים שלושה תמיסת סבון לצלחת הזרעים, במהלך הניסוי הקפדתם לשמור שנייר הסינון יהיה תמיד לח. לאחר שלושה שבועות לא נבט אף זרע.

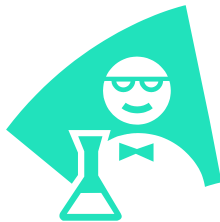
מאוכזבים, אמרתם :

א. אם אין תוצאות, משמע הניסוי נכשל.

ב. גם "אין תוצאות" זו תוצאה.

ג. צריך לעשות שוב את הניסוי בדיוק באותה דרך.

ד. יש לבצע את הניסוי שוב, עם ריכוז סבון שונה.



1. מי אתה מהארבעה ? א / ב / ג / ד מפני ש _____

המורה בקשה מכם לחשוב מה עשויות להיות הסיבות לאי נביטה. שיערתם שאי הנביטה קשורה לזרעים או לתמיסת הסבון.

2. מה היה חסר בניסוי שערכתם כדי להיות בטוחים שאין בעיה בזרעים? _____

הסבר : _____

3. מה ניתן לעשות כדי לבדוק שהתופעה נגרמה בגלל הסבון? _____

הסבון אזל ורציתם להתחיל בניסוי מהר ככל האפשר. לכן קניתם שני סוגים של נוזלי כביסה. החלטתם לבדוק השפעת ריכוזים שונים של נוזלי הכביסה על הנביטה. במשך שבוע השקתם את צלחות הזרעים, בדומה למה שעשיתם עם מי הסבון. מהלתם את נוזל הכביסה במים.

* שיערתם שהשפעת שני הסוגים של נוזלי הכביסה, על הנביטה תהייה דומה.

להלן מערך הניסוי והתוצאות :

סוג נוזל הכביסה	ריכוז הנוזל ב - %	שיעור נביטה ב - %	הערות
א	50	3	
א	25	2	התפתח עובש על הזרעים
א	15	40	
א	5	85	
ב	50	0	
ב	25	1	
ב	15	3	
ב	5	2	התפתח עובש על הזרעים

שוב התווכחתם האם הניסוי הצליח או נכשל. חווה דעתך :

4. הניסוי הצליח/נכשל מפני ש

.....

5. מה הרגשתך לגבי התפתחות העובש?

.....

התפתחות העובש היא דוגמה ל...

.....

6. בחרתם להתמקד בהשפעת נוזל כביסה א'.

מה עליכם לעשות כדי לבדוק את הקשר בין נוזל כביסה א' ושיעור הנביטה ?

רשום את סדר הפעולות הנכון : _____

א. להכין תמיסות נוזל בריכוזים שונים.

ב. לחשב אחוז נביטה.

ג. לחפש חומר בספרות הנוגע לבעיה הנחקרת.

ד. להכין טבלה לרישום התוצאות.

ה. לנסח השערה.

ו. לחלק את הזרעים למספר קבוצות.

ז. להסיק מסקנה לגבי הקשר בין המשתנים .

ח. לספור את מספר הזרעים שנבטו.

ט. לנסח שאלת מחקר.

י. להשקות כל קבוצה בתמיסה אחרת.

י"א. לשרטט גרף



שאלות 7 + 8 מתייחסות לסעיפים המוצגים בשאלה 6.

7. על איזה מבין הסעיפים הרשומים מעלה היית חוזר מספר פעמים במהלך הניסוי? _____

..... מדוע?

8. בין אלו סעיפים התלבטת כאשר סידרת את הרצף?

מדוע?

הצלחתם לסיים את הניסוי במועד והצגתם בכתה את הטבלה והגרף.

9. לאור מהלך העבודה המתואר בקטע, סמן שתי תכונות שמאפיינות אתכם במיוחד :

- | | |
|----------------|----------------|
| א. חרוצים | ו. גמישים |
| ב. חסרי מזל | ז. חסרי תושייה |
| ג. מפוזרים | ח. בעלי מזל |
| ד. בעלי תושייה | ט. משתפי פעולה |
| ה. סקרנים | י. עצלנים |

10. האם לדעתך גם מדענים נתקלים בתוצאות לא צפויות?

א. לא, יש לתכנן את הדברים מראש ואם מתכננים היטב, אין הפתעות.

ב. לא, אם עושים הכנה מקיפה בכל הקשור לרקע התיאורתי, ההשערה תתברר כנכונה.

ג. כן, כאשר לא העמידו את הניסוי כמו שצריך.

ד. כן, אם הכל היה צפוי, לא היה טעם לנסות ולערוך ניסויים.

ה. אחר :

11. עם ישראל וחי רצו להמשיך בעבודה המשותפת אתך, באיתור הקשר בין סבונים ועיכוב נביטה.

הצע שאלת מחקר חדשה :

12. עם הציע לגשת למעבדה ו"להעמיד" ניסוי, מפני שחבל על הזמן (עד שהזרעים נובטים) ויוכלו ללכת

לספריה אחרי שיסיימו במעבדה.

ישראל רצה לגשת קודם לספרייה וחי אמר שיטילו מטבע כדי להחליט מה לעשות קודם.

מי צודק לדעתך ? עם / ישראל / חי

מדוע?

13. נקודה נוספת שעלתה לדיון הייתה קשורה בכתובת יומן עבודה.

עם הציע לרשום כל דבר הקשור לניסוי, החל מחומרים וכלה במחשבות...

ישראל טען שחבל על הזמן ויש לרשום רק חומרים, דרך עבודה ונתונים מספריים כדי להקל על

חוקרים שירצו לבצע את הניסוי הזה.

חי טען שבמילא אף אחד לא מסתכל ביומני עבודה ולכן אפשר לחסוך זמן ונייר...

שוב נאלצת להכריע... מי צודק לדעתך ? עם / ישראל / חי...

מדוע?

14. לאור הדיונים, הליך קבלת ההחלטות וביצוע הניסויים, העבודה עם עם ישראל וחי

(סמנו שתי אפשרויות) :

א. אפשרה התמודדות עם אכזבות והפתעות.

ב. הייתה משעממת.

ג. הייתה מעניינת.

ד. גרמה להבנה טובה יותר של "איך" מבצעים ניסוי.

ה. אפשרה גמישות ושינוי כיוון בהתאם לממצאים.

ו. הייתה לא מאורגנת וטעונה שיפור.



6.8 שאלון לאיתור טיפוס ידע: "גידול תפוחי אדמה"(א)

תרגיל חקר...

מ.ת.5

6. סדר את המשפטים הבאים ע"פ סדר השתלשלות העניינים הנכון לדעתך (1 – 6) :

- ___ רוקח רקח תרופה חדשה נגד שפעת
 ___ הרופא חילק את קבוצת החולים לשתי קבוצות
 ___ רופא רצה לבדוק את השפעתה של התרופה החדשה נגד שפעת.
 ___ קבוצה אחת קבלה את התרופה וקבוצה שנייה לא קבלה את התרופה
 ___ התרופה יעילה כנגד שפעת
 ___ חולים שלא קבלו את התרופה החלימו שבוע לאחר שהחלימו החולים שקבלו את התרופה.

7. להלן תוצאות מחקר העוסק בגידול תפוחי אדמה :

מספר הטיפול והגורם הנבדק	דישון	טמפרטורה (C)	זן תפוח האדמה	כמות מים בסמ"ק	צורת השקיה	יבול תפ"א בק"ג
1	יש	25	אלפא	100	טפטפת	240
2	יש	25	אלפא	120	טפטפת	260
3	יש	25	אלפא	100	טפטפת	260
4	יש	15	אלפא	100	טפטפת	240
5	יש	15	אלפא	120	טפטפת	240
6	אין	15	אלפא	120	טפטפת	200

א. הוסף בעמודה הראשונה – מה הגורם/גורמים נבדקים בכל צמד טיפולים.

ב. כיצד משפיע כל גורם על יבול תפוחי האדמה?

ג. מה לדעתך יהיה היבול בתנאי גידול הכוללים דישון, 25 מעלות, זן אלפא, 120 סמ"ק מים והשקיה בטפטפות?

פחות מ-200, 200, 220, 240, 250, 260, יותר מ-260

נמק

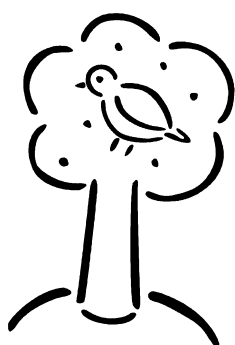
3. חוקר גילה כי איבוד מים מעלי עץ תפוז גדול פי שתיים בעץ המצוי בצל, לעומת עץ המצוי בשמש.

ניתן להתייחס אל המשפט זה כאל :

א. השערת מחקר.

ב. תוצאת מחקר.

ג. מסקנת המחקר.

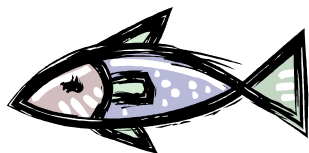


6.9 שאלון לאיתור טיפוס ידע: "הדגים" (ב)

ש.ת.ל: _____

תרגיל חקר

1. חוקר גילה כי תמותת הדגים באקווריום עם מי ים, גדולה פי שתיים מתמותת דגים באקווריום עם מי ברז.



ניתן להתייחס אל המשפט זה כאל:

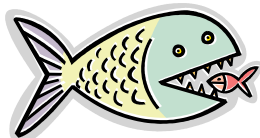
א. השערת מחקר.

ב. תוצאת מחקר.

ג. מסקנת המחקר.

2. להלן תוצאות מחקר העוסק בגודל אוכלוסייה של דגים, שגודלו בתנאים שונים:

מספר טיפול והגורם הנבדק	כמות מזון	טמפרטורה (C)	נוכחות טורפים	זיהום מים חל"מ	מקומות מיסתור	גודל האוכלוסייה
1	מוגבלת	19	נדירים	5	הרבה	בינונית
2	מוגבלת	19	נדירים	15	הרבה	בינונית
3	מוגבלת	19	נדירים	25	הרבה	קטנה
4	מוגבלת	19	נפוצים	25	הרבה	אין
5	מוגבלת	19	נפוצים	15	הרבה	קטנה
6	מוגבלת	19	נפוצים	15	מעט	אין



ד. הוסף בעמודה הראשונה – מה הגורם/גורמים נבדקים בכל צמד טיפולים.

ה. כיצד משפיע כל גורם על גודל אוכלוסיית הדגים?

ו. מה לדעתך יהיה גודל האוכלוסייה של הדגים בתנאים הכוללים כמות מזון מוגבלת, טמפרטורה

של 19 מעלות, נוכחות טורפים נדירה, זיהום מים של 25 חל"מ ומעט מקומות מסתור?

"אין" / בין "אין" ל"קטנה", / "קטנה" / בין "קטנה" ל"בינונית" / "בינונית" / "יותר

מבינונית"

נמק _____

3. סדר (מ 1 עד 6) והשלם את המשפטים הבאים ע"פ סדר השתלשלות העניינים הנכון לדעתך:

___ כימאי הכין חומר "ידידותי לסביבה" כנגד עשבים רעים.

___ באזור אחד פוזר החומר החדש ובאזור שני לא פוזר החומר.

___ האקולוג גידר שני אזורים שווים ב_____ וב_____, בהם יבדוק התפתחות של עשבים רעים.

___ אקולוג רצה לבדוק את השפעתו של החומר "הידידותי" החדש.

___ החומר יעיל כנגד עשבים רעים.

___ באזור בו פוזר החומר נמצאו 2 עשבים רעים למ"ר, ואילו באזור השני נמצאו 15 עשבים רעים

למ"ר.



פעילויות

הצעות לפעילויות ◀ ביוטופ/אקוטופ

"ביוטופ/אקוטופ כיתתי" הוא עבודה אקולוגית המבוצעת ע"י תלמידי הכתה באותו מקום ובאותם מועדים. עבודות התלמידים עוסקות בהיבטים השונים של מעורבות האדם במערכת האקולוגית - כנרת (אקוטופים), או בתת-בת-גידול במערכת הכנרת (ביוטופים). הרקע הכללי (הכנרת, מים כסביבת מחיה) משותף לכל התלמידים. לכך מוסיף כל צוות של תלמידים, רקע רלוונטי לנושא המחקר שבחר לעסוק בו.

ליווי והנחיה: מדריכי "פרחי מדע" אחראים על העבודה המעשית. כתיבת כל שאר פרקי העבודה - באחריות מורי בית הספר. ייעוץ (טלפוני / בדוא"ל / בפגישה), לפי הצורך. בעבודה המעשית: רכז פרוייקט, מדריכים בשטח מטעם פרחי מדע, מלווה במעבדה, מורה מביה"ס.

ארגון העבודה המעשית: עבודה בזוגות על 7 היבטים (נושאי מחקר) (באותו אתר. תיתכן עבודה של 2 זוגות על אותו נושא בנקודות שונות באתר. (ציוות התלמידים בזוגות או בשלוש, נתון לשיקולו של המורה).

מיני-ביוטופ או מיני-אקוטופ

המטרה: הכנת הכתה לקראת התחלת עבודת ביוטופ/אקוטופ אישית. פגישה של יום (6-8 שעות):

- תצפית מונחית - חשיפה לנושא "הכנרת כמערכת אקולוגית".
- פעילות בחוף: הכרות עם בית הגידול. העלאת שאלות המעניינות את התלמידים. בצוותים: בחירת תת-שאלה. בחירת מכשירי מדידה רלוונטיים. הכרות עם המכשירים, עם שיטות המדידה ושימוש בהם בשטח: איסוף נתונים.
- במעבדת מכללת עמק הירדן: עיבוד הנתונים ב Excel ייצוג חזותי של הממצאים של כל צוות. עריכת ניסויים רלוונטיים לשאלות שהועלו. סיכום כיתתי.

הנחיית ביוטופים / הנחיית אקוטופים

6 פגישות בנות 4-5 שעות. שבמהלכן נבצע:

- חשיפה לנושא "הכנרת כמערכת אקולוגית".
- העלאת שאלות המעניינות את התלמיד והתמקדות באחת מהן.
- הגדרת הנושא.
- הנחיות לכתיבת המבוא לעבודה.
- תצפיות וניסויים.
- איסוף נתונים ועיבודם במחשב.

- ליווי התלמיד בכתיבת העבודה והכנתו לבחינה בע"פ .

נושאים כלליים לביוטופים (הבחירה הסופית נעשית ע"י התלמיד) :

- חוף אבני כבית גידול. רכיכות בבית גידול .
- חוף טיני כבית גידול. צמחי החוף .
- השפעת מבנים ומתקנים בחוף, על מגוון האורגניזמים בו .
- מעגן דיג כבית גידול. השפעת מעגן סירות על מגוון האורגניזמים בו. דגי הכנרת .
- השפעת השינויים העונתיים במיפסל על האורגניזמים .
- מוביל המים המלוחים כבית גידול. שוכני הקבע ואורחים מזדמנים במוביל המלוח .

נושאים כלליים לאקוטופים :

- השפעת פיתוח קו החוף על יצירת מיקרו בתי גידול .
- השפעת קייטנים על טיב המים. השפעת פסולת על יצורי המים הרדודים .
- השפעת מעגני דיג על איכות המים בכנרת .
- השפעת הזרמת מי מעיינות מלוחים אל "מוביל המים המלוחים", על איכות מי הכנרת .
- השפעת מבנים מלאכותיים / מתקנים מתכתיים על יצורי המים הרדודים .

פרישת העבודה

בבית	בהנחיית" פרחי מדע"בשטח ובמכללה
רקע עיוני כללי	תצפית ראשונית, בחירת נושא, שאלות אפיון, שאלות חקר, שיטת העבודה המתאימה + ביצוע בדיקה, הרצאה + תצפית על האזור
השלמת רקע עיוני סיכומים על האורגניזמים	תצפית + הכנת דף תצפית. גיבוש רשימת האורגניזמים. בדיקות מעבדתיות הרצאה - מים כסביבת מחיה
מפת האזור + עיבוד של תרשים השטח רשימה ביבליוגרפית	תצפית הכנת תרשים שטח בדיקות מעבדתיות והזנה למחשב. (*הפלגה ב"מעבדה שטה")
פרק שיטות מדידה, ציוד וחומרים רשימה ביבליוגרפית	תצפית . בדיקות מעבדתיות והזנה למחשב שיטות המדידה לגורמים אביוטיים וביוטיים בשטח
הזנת מימצאי התצפית למחשב	תצפית .

מעקב אחר הניסוי + דו"ח	בדיקות מעבדתיות, תכנון ניסוי והעמדתו.
הזנת מימצאי התצפית למחשב מעקב אחר הניסוי + דו"ח	תצפית. בדיקות מעבדתיות והזנה למחשב. ייצוג גרפי דיון בתוצאות הניסוי דיון כללי. סיכום

*[ההפלגה ב"מעבדה השטה" מומלצת על מנת להוסיף לראיה הכללית של הנושא וכן - להשוות את אתר המחקר - סביבת החופ, לגוף המים. אם עלותה חורגת מהתקציב - ניתן לוותר עליה.]

עלות

המחיר מחושב לאחר בחירת הנושאים ולפי מספר התלמידים .
רכיבי העלות הם: הדרכה, שימוש במעבדות המכללה וחומרים .
 מורה מנוסה עשוי להחליף מדריך בשטח .
נשמח לנסות ולהתאים לכם את המתכונת ההולמת את האמצעים העומדים לרשותכם .

כל הזכויות שמורות © [פרחי מדע](#) - [מכללת עמק הירדן](#). 2007 נשמח לקבל את [הערותיכם](#)

http://ks.hinuch.net/NR/rdonlyres/6344B50A-9703-4E8B-BDD3-3235958F9F60/0/hovert_bioda.doc



דף אישי עם סיום תכנית הביודע (1)

א. בדף המצורף (עמוד 32) משורטטים דגמים המציגים קשר לוגי בין שאלות מחקר.

1. איזה מבין הדגמים (א' או ב') מאפיין את תהליך החקר בעבודתך כפי שמשתקף בשתי שאלות המחקר הראשונות. (אם דגמים אלו אינם תואמים את עבודתך, שרטט דגם מתאים והמשך לפי הסעיפים הבאים)

דגם _____ מתאר את התגלגלות תהליך המחקר לגבי שתי השאלות הראשונות בעבודתי.
2. העתק את הדגם המתאים ומלא, בשטחים הריקים, את החסר על פי הכותרות. (תופעה, שאלה, מסקנה...)
3. רשום כיצד הובילו המסקנות של שאלה 1 אל השאלה הבאה או כיצד תומכות המסקנות זו בזו.

4. הוסף לדגם, במקום המתאים על פי הבנתך, את שאלת המחקר השלישית והסבר את הקשרים שיצרת.

ב. במשך לימודי הביולוגיה למדת מושגים רבים. מצורפת בזאת (בעמוד 33) רשימת מושגים

בסיסיים בביולוגיה. בחר מהרשימה שלושה מושגים הקשורים לנושא המחקר שלך. רשום פסקה קצרה (עד 3 משפטים) בה תקשר בין התופעה ו/או הנושא לבין המושגים שבחרת.

ג. לו היית צריך להמשיך את עבודת המחקר:

1. איזו שאלת מחקר חדשה היית מעלה?

2. חזור לדגם שבחרת בשאלה א', הוסף בו במקום הנראה לך מתאים גם שאלה זו והסבר את הקשר החדש שיצרת

3. הסבר במה שאלה זו עשויה לתרום להבנת התופעה?

ד. בחר באחד המקורות שסייע לך במחקר ואזכר בסיכום המחקר. צלם את המקור וצרף אותו בתלקיט לדף זה. אם עבדתם בצוות, כל תלמיד יבחר מקור מידע אחר. סמן בעט את הקטעים שסייעו לך והיו משמעותיים בעבודתך. סכם בקצרה מה הייתה תרומתו של מקור זה לעבודתך, וציין היכן הוא

מצוטט בסיכום המחקר. (התרומה יכולה להתייחס להבנת התופעה, לבחירת שאלות המחקר, לתכנון המחקר, להכרת וליישום שיטות עבודה, להכרת האורגניזמים שנבדקו ועוד)

דף אישי עם סיום תכנית הבידע (2)

ה. בתכנית הבידע חלק גדול מהעבודות נעשה בצוות. ספר מה הייתה תרומתך האישית בתיכנון ובביצוע עבודת המחקר.

ו. ספר על התנסות אישית שלך במסגרת המחקר בתכנית הבידע, הקשורה לשניים מהמשפטים הבאים:

- 1) הסקרנות גוברת במיוחד כשמקבלים תוצאות לא צפויות.
- 2) אכזבות והפתעות מלוות את תהליך החקר.
- 3) התמדה והתעקשות – חשובים במהלך עבודת מחקר.
- 4) למדתי להתמודד עם תוצאות בלתי צפויות (אני מרוצה מכל תוצאה).
- 5) תהליך החקר מצריך יוזמה רבה (של התלמיד ושל המורה).

ז. בעקבות ההתנסות שלך בתכנית הבידע, כתוב בקצרה מה למדת על כל אחד מהסעיפים הבאים:

1. הבנת מהות עבודת המחקר בבילוגיה
2. כתיבת דוחות מדעיים
3. הבנת/הכרת הנושא הבילוגי שחקרת

ח. בשלבים שונים של המחקר נאלצים לשנות דברים יחסית לתכנון המקורי. במהלך המחקר תיעדתם ביומן העבודה את השינויים שערכתם. היעזר בתיעוד זה וציין שינוי אחד משמעותי שערכתם. הסבר כיצד שינוי זה השפיע על המשך המחקר. (צלם מיומן העבודה את הדף בו נמצא התיעוד שבחרת וצרף הצילום לדף האישי)

ט.1. בהנחיות לתכנית הבידוע, מצויה רשימת מיומנויות אותם עליך לרכוש במהלך התכנית. עיין בסעיפים א-ט ו טו-כד ובחר מתוכם 8 מיומנויות: ארבע ממיומנויות חקר ודיווח וארבע מיומנויות טכניות. לגבי כל אחת ממיומנויות אלה, הפנה את הקורא למסמך מתאים בתלקיט שיעיד על רכישת המיומנות שבחרת. (ההפניה צריכה להיות ברורה וממוקדת: במסמך Z, בעמוד Y, בסעיף X והסעיף צריך להיות מודגש בברור).

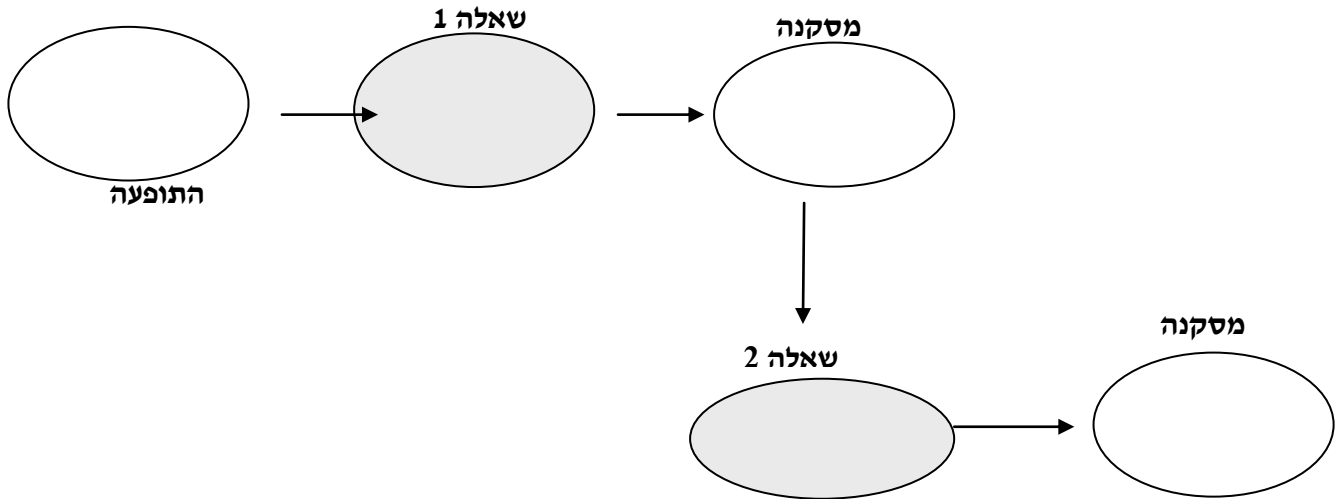
ט.2. הצבע על מיומנות אחת לפחות אותה רכשת בשעורי המעבדה או בסיורים ונעזרת בה בעת ביצוע המחקר. הסבר כיצד סייעה לך מיומנות זאת למחקר והפנה את הקורא למסמך מתאים בתלקיט.

המשך לדף האישי

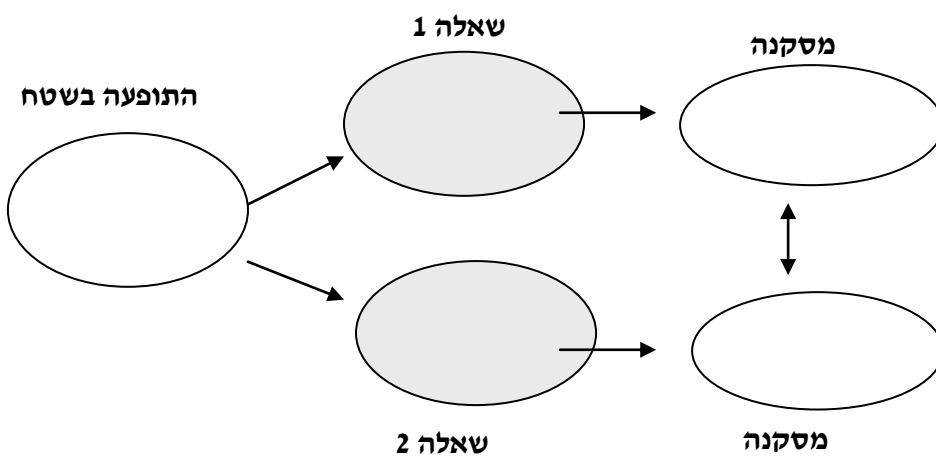


דגמים המציגים קשר לוגי בין שאלות המחקר

דגם א. תשובה (מסקנה) לשאלת מחקר אחת היא הבסיס לשאלת מחקר נוספת.



דגם ב. תוצאות ומסקנות של שאלת מחקר אחת מסייעות להסביר את התוצאות/מסקנות של שאלת מחקר אחרת.



מושגים בסיסיים בביולוגיה

ADP, ATP	הסתגלות	לחץ אוסמוטי
O ₂ , CO ₂	הפצה	מגוון המינים
אבולוציה	הפריה	מין (species)
אוטוטרופים/הטרוטרופים	התאמה (התנהגותית/ מורפולוגית פסיולוגית)	מערכת אקולוגית
אוכלוסיה	חדירות ברירנית של קרום	מפרקים
אוסמוזה/דיפוזיה	חומרי תשמורת	נביטה
אנזים	חומרים אורגניים/אנאורגניים	נדידה
אנרגיה	חושם	נשימה
ביומסה	חילוף חומרים (מטבוליזם)	עיכול
בית גידול	חלבונים	פוטוסינתזה
גורם מגביל	חלולית	פויקילותרמיים/אקסותרמיים
דיות	יחס שטח נפח	פחממות
האבקה	כלורופיל/ כלורופלסטידות	פיוניות
הומאוסטזיס	מארג מזון (שרשרת מזון, פירמידת מזון)	פלסמוליזה / דפלסמוליזה
הומאותרמיים/אנדותרמיים		רבייה אל זוויגית/זוויגית
הורמונים		תורשה
הזנה		

מחווון להערכת הדף האישי

ממד	קריטריון	ניקוד מירבי	ציון לתלמיד
הדגם המייצג את התגלגלות המחקר	בחירת הדגם המתאים מילוי פרטים בדגם כראוי הסבר הגיוני להתגלגלות משאלה 1 ל- 2 הוספת שאלה שלישית לדגם כראוי	3 4 6 7	
מושגים הקשורים במחקר	בחירת שלושה מושגים רלבנטיים תיאור קצר וממצה של הקשר בין המושגים והנושא הנחקר	3 15	
שאלת מחקר חדשה	ניסוח שאלה על פי הנדרש מיקום השאלה בדגם כראוי והסבר הקשר הסבר מתאים לתרומת השאלה להבנת התופעה	6 6 6	
שימוש במקור מידע	בחירת מקור מידע שאוזכר בסיכום סימון קטע משמעותי לעבודה סיכום התרומה	1 3 6	
תרומה אישית	תרומה בתחום תכנון המחקר וביצועו (אין הכוונה לתרומה טכנית כמו הדפסה)	4	
התנסות במסגרת המחקר	התייחסות משמעותית לשני סעיפים	8	
למידה במסגרת תכנית הביודע	התייחסות משמעותית לשלשת הסעיפים	8	
שינויים משמעותיים במהלך המחקר	בחירת שינוי משמעותי הסבר התרומה	3 5	
עדות להשגת המיומנויות	נעשתה הפניה למקומות שאכן <u>מעידים</u> על <u>השגת</u> המיומנות ההפניה ברורה וניתנת לאיתור	5 1	

6.12 שאלון למורה (איפיון שיטת החקר)

מורה: _____

תאריך: _____

איפיון הצמודה המצויה *le* הכתה :

1. העבודה המעשית היא במסגרת בידוע / ביוטופ
2. את עיקר העבודה מבצעים התלמידים בהנחיית:
המורה / בי"ס שדה / אחר _____
3. תלמידים בודדים מבצעים את העבודה בהנחיית:
המורה / בי"ס שדה / אחר _____
4. מי מנסח את עיקר השאלות בעבודה (שאלות החקר, שאלות אקולוגיות)?
המורה / התלמיד / מדריך בי"ס שדה / אחר _____
5. מי בוחר/מכוון לנושא העבודה?
המורה / התלמיד / מדריך בי"ס שדה / אחר _____
6. מספר השאלות המינימלי בעבודה: _____ המקסימלי: _____
7. בשלב קביעת הנושא, עד כמה התלמיד נעזר בך? (מעט מאוד) 1 2 3 4 5 (הרבה מאוד)
8. בשלב ניסוח שאלות ומטרות, עד כמה התלמיד נעזר בך? 1 2 3 4 5
9. בשלב ביצוע העבודה, עד כמה התלמיד נעזר בך? 1 2 3 4 5
10. בשלב עיבוד הנתונים, עד כמה התלמיד נעזר בך? 1 2 3 4 5
11. עד כמה יש התייחסות לחזרות בעבודות? 1 2 3 4 5
12. עד כמה יש התייחסות לבקרה בעבודות? 1 2 3 4 5
13. עד כמה יש התייחסות למשתנים (תלוי ובלתי תלוי) בעבודות? 1 2 3 4 5
14. עד כמה יש ביטוי לניתוחים סטטיסטיים בעבודה? 1 2 3 4 5
15. עד כמה היו התלמידים עצמאיים בעבודתם? 1 2 3 4 5

שוב תודה!!!

6.13 התייחסות תלמידים לזיהוי משתנים, לבקרה ולשמירה על גורמים קבועים.

תלמיד מספר 96, מקבוצת החקר הפתוח :

"זה שהייתי צריך להחליט לבד על המשתנים במחקר שלי, מה המשתנה התלוי ומה המשתנה הבלתי תלוי, זה מאד עזר לי בכל האנסינים (ניתוח מחקר מדעי לא מוכר) שעשינו כי אני מחפש את הדמיון למה שעשיתי. אם המורה היתה אומרת לי לעשות מחקר על המשתנים האלו והיא הייתה אומרת לי בדיוק מה לבדוק, אני לא בטוח שהייתי כל כך מסתדר כמו שעכשיו, כי זה יכול להיות מבלבל. זה טוב שאני הייתי צריך להחליט ולקבוע, אז אני זוכר הכי (טוב) ויש לי גם ציון יותר גבוה, אני מקווה שגם באנסין של הבגרות."

תלמיד מספר 94, מקבוצת החקר הפתוח :

"כל (כתה) י"א הייתי מבלבל מה ההבדל בין הבקרות, יש פנימית ויש חיצונית ויש של השיטה (שיטת העבודה) אבל כשעשיתי את המחקר שלי בפעם הראשונה לא שמתי מבחנה בלי דרחולים (חלזונות עליהם בוצע החקר) ואז כשהמורה שלי שאלה אותי איך אני יודע שהשינוי בצבע של החומר שבמבחנה, שאיתו בדקתי את הנשימה של הדרחולים, השתנה דווקא בגלל הדרחולים... ולא ידעתי! אולי השינוי היה קורה גם בלי הדרחולים... התייחסתי רק להשוואה בין שתי קבוצות דרחולים שבדקתי שזה היה בקרה פנימית של השוואה בין הקבוצות. אז הייתי צריך לעשות עוד פעם את הבדיקה. זה שהבנתי שצריך מבחנה בלי דרחולים זה בקרה לשיטת העבודה וזה מאד חשוב. אם תהיה לי שאלה על בקרה באנסין אני חושב שלא תהיה לי בעיה לענות כי אחרי שהייתי צריך להשקיע עוד עבודה ועוד פעם להעמיד את המבחנות אז זוכרים טוב טוב ומבינים טוב טוב."

תלמידה מספר 98, מקבוצת החקר הפתוח :

"בדקנו את השפעת המיצוי מהעלים על נביטה של זרעים. כשהכנו את המיצוי השתמשנו בשני סירים, אחד גדול ואחד קטן. רצינו לחסוך זמן. שמנו אותה כמות של עלים ואותה כמות של מים והרתחנו. אחרי חמש דקות של רתיחה העברנו את המים לכלי ואז שמנו לב שהם לא באותו צבע. המים מהכלי הקטן היו יותר בהירים מהמים בכלי הגדול. חשבנו למה זה ככה ואז חשבנו שראינו יותר אדים מהכלי הגדול ויותר מים התאדו, אז נשאר יותר חומר מרוכז. אז הבנו שזה לא "פייר", נו.. לא נכון להשתמש במים משני הסירים כאילו הם אותו דבר כי כמות חומר אחרת תשפיע אחרת ואולי זה לא קשור במה שרצינו לבדוק. חשוב שכל הגורמים שאני לא בודקת במחקר, זאת אומרת שהם לא המשתנים שלי, יהיו אותו דבר כי אחרת אולי משהו בהם השפיע. עד שעשיתי את זה, המורה כל הזמן דברה על הקבועים ושחשוב לשמור אותם קבועים, אבל רק כשעשינו את זה בעצמנו וראינו את ההבדלים, הבנתי ממש. מזל שלא התחלנו להשתמש במיצוי ואז אולי היינו צריכים לעשות הכל מחדש... איך פתרנו את הבעיה של המיצוי? ערבבנו את המים משני הסירים ואז חילקנו לבקבוקים, אז ידענו שהמיצוי אותו דבר בכל בקבוק... אני רוצה להוסיף שפעם פחדתי מאנסינים והיום כבר לא כל כך."

6.14 סיבות התלמידים להיותם "צודקים" או "לא צודקים" בהשערות החקר.

"צודקים"

(90, חקר פתוח) – "צודקת":

"התלבטנו בבחירה של שאלות המחקר. רצינו "ללכת על בטוח", שיצאו לנו תוצאות "טובות" שנוכל להסביר. נכון שזה נראה יותר מעניין לחקור משהו שאף אחד לא מכיר, אבל אז – איך אני אדע שמה שקבלתי נכון ולא איזו תקלה? כבר קראנו מאמר על הריכוזים והחלטנו לא לחדש יותר מדי. מספיק אנחנו מחדשות בזה שאנחנו צריכות להחליט לגבי כל מני משתנים במחקר... איך לארגן אותם ואיך לשמור על תנאים קבועים וכל המרכיבים של מחקר טוב".

(96, חקר פתוח) – "צודק":

"לגבי הדבורים, מצאנו מקורות מידע. ידענו שתוצאות נקבל והשאלה איך נסביר את התוצאות ולאיזה מסקנות נגיע, איך אנחנו נדע שמה שאנחנו מסבירים נכון והגיוני ולא סתם... בגלל זה החלטנו על שאלות שהן די טריוויאליות – צבע שקראנו על זה בספרות, וגודל, שעל זה למדנו שזה מושך בעלי חיים במסגרת "גירוי על טבעי". רצינו שלא יהיה קשה מדי בחלק של הדיון והמסקנות. שאלה אחת בכל זאת בחרנו בלי לדעת מה באמת יקרה, אבל היה לנו ניחוש לא רע... וגם אם לא היינו צודקים, שתיים משלוש זה "בדרך כלל צודק"..."

(226, חקר מונחה) – "צודקת":

"עקבנו אחרי בית הגידול ובדקנו למשל את מסר החרקים שהגיעו בתקופות השונות. יש דברים שהיו ברורים לנו עוד לפני שהתחלנו בעבודה. למדנו אקולוגיה וידענו בקווים כללים למה לצפות, לא איזה חרקים דווקא, אבל זה שיש קשר בין כמות פריחה לכמות חרקים, זה לא סוד גדול..."

(217, חקר מונחה) – "צודקת":

"מה כבר יכול היה לגרום לכך שלא נהייה צודקים? דברנו על זה בכתה, מה אנחנו מצפים, משערים, המורה כיוונה אותנו להשערות נכונות על סמך מה שלמדנו ואין הפתעות..."

"לא צודקים"

(100, חקר פתוח) – "לא צודק" (תלמיד שציוניו במבחני הבגרות ובפרויקט החקר- גבוהים):

"בעבודת בידע (פרויקט החקר) שלנו בדקנו העדפות מזון של נמלים. ניסינו לנסח את ההשערות כך שיהיו מבוססות על רקע ביולוגי שהתייחס לתכולת זרעים וחומרים שהנמלים צריכות. אבל במציאות יש עוד גורמים שמשפיעים ולא רק אחוז שומן או תכולת פחמימות. זה דווקא היה יותר מעניין לראות שדברים הם לא בדיוק כמו שחושבים, כי אם הכל היה כמו שחושבים, למה לחקור בכלל? ... ולגבי השאלה של העדפת מזון לפי ריח, כאן בכלל לא היה לנו מושג וגם לא היה לנו בסיס ביולוגי והתחלנו משהו חדש, ותחושת החידוש היא תחושה טובה".

(101, חקר פתוח) – "לא צודק":

"בדקנו את השפעת האור על הצמיחה. אם התאים עצמם בגבעול של הצמח מתארכים או מספר התאים בגבעול גדל. למען האמת לא חיפשנו מספיק חומר לפני כתיבת הצעת המחקר. אם היינו מחפשים היינו מוצאים ויודעים את התשובה לפני... אחר כך כשהיו לנו תוצאות והמורה לחצה עלינו לבדוק אם זה "הגייוני" או לא, אז מצאנו..."

(236, חקר מונחה) – "לא צודקת":

"בעבודה שלנו בדקנו כליל חורש מערבי וכליל חורש מזרחי. לא כל כך חשבנו על מה שאנחנו אמורים למצוא. בכתה יותר התייחסנו למפנים דרומי וצפוני וכאן זה לא היה בדיוק ככה, העץ המערבי פרח מוקדם יותר וסיים את הפריחה מהר יותר ואנחנו חשבנו שלא יהיה הבדל בין שני העצים. את זה שלא צדקנו אפשר לייחס גם לגורמים שונים שלא היינו מודעים אליהם בתחילת העבודה ואם הזמן התברר שהם שונים ולכן אולי יש להם השפעה. למשל – סוג הקרקע וגם מידת החשיפה לרוח, לאור המיקום בגבעה. כך שמדובר בכמה גורמים שלא על כולם חשבנו וזה יכול להסביר למה לא צדקנו".

(214, חקר מונחה) – "לא צודקת":

"חקרנו את הרוזמרין. כשכתבנו את השאלות אם המורה, היא אמרה לנו לחשוב מה יהיה ועזרה לנו לכתוב מה לדעתנו יהיה. אז לא צדקנו. אבל זה לא חשוב, כל עוד יש עבודה ויש תשובה".

6.15 דוגמאות לסוג הביצועים בפרויקט החקר הפתוח.

שינויים הקשורים בהבנה פרוצדורלית, בשלבים הקשורים למהימנות החקר:

1. שינוי שאלת חקר (עבודה 2)

"שאלת המחקר הראשונה הייתה כיצד משפיעה עוצמת האור על היווצרות הכלורופיל בעלה קולאוס?
הגענו למסקנה שהשאלה פשוטה מדי והתשובה ברורה למדי וצריך להתחיל משהו רציני יותר, אז
החלטנו לא להסתפק בכלורופיל אלא גם בפגמנטים הנוספים שבקולאוס".

2. ניסוח השערה (עבודה מספר 23)

"המחקר שלנו היה על ביצי קיימא של מיני זואופקנטון משלולית החורף. בהתחלה חשבנו שכל המינים
יתחילו להתפתח באותו זמן כי ה"גשם" ירד באותו זמן, אבל אחרי שדברנו בינינו וגם עם המדריך שינינו
את ההשערה לכך שיהיה הבדל בזמנים שהמינים מתחילים להתפתח כי לכל מין יש התאמות שונות,
למשל עובי "קליפה" ולכן לא יגיבו באותו זמן".

3. עריכת תצפית בשדה (עבודה 67)

"רצינו לעשות תצפית בשטח על צמחי מרווה, אהל הייתה שריפה וזה גרם לזה ששיחי המרווה נפגעו
והיינו צריכים לשנות את המקום והזמן של התצפיות"

4. בידוד משתנים בשדה (עבודה 9)

"החלטנו לא לכלול את הניסוי של עוצמת האור במחקר שלנו כי לא רק השפעה של אור הייתה אלא גם
תנאים משתנים של טמפרטורה ולחות וגם צמחים אחרים שהיו על יד הצמחים שלנו (נענע) וגילינו
שגורמים אלו גם משפיעים ואי אפשר להפריד ביניהם".

5. שינוי משתנה בלתי תלוי (עבודה 36)

"בניסוי המקורי ריכוזי התמיסות נעו בין 0.0 מולר ל- 0.2 מולר. גילינו שבכל הריכוזים יש נביטה, גם
בריכוזי מלח נמוכים. החלטנו לשנות את הריכוזים במשתנה הבלתי תלוי ולהתקרב לריכוזים של מה
שהיה בקרקע – 0.675 מולר ולכן הכנו תמיסות מ 0.0 מולר ועד 0.4 מולר לבדוק מה הריכוז האופטימלי".

6. שימוש בדרכי מדידה שונות למשתנה תלוי מסוים (עבודה 63)

"רצינו למדוד את קצב הנשימה של הדרחולים. בהתחלה ניסינו בשיטה של חיבור פיפטה עם נוזל צבעוני
ותוספת KOH שסופח פחמן דו חמצני, אבל הנוזל לא זז, בקושי זז שקשה היה למדוד. אז שינינו את
המדידה לשיטה של תוספת פנול פתלאין – כמה זמן לוקח לצבע להעלם. בשיטה הזו ראינו שינוי וראינו
הבדלים בין הקבוצות השונות".

7. שמירה על תנאים קבועים (עבודה 57).

"בדקנו את הפוטוסינטזה של החזזיות ש"עישנו" סיגריות בכמויות שונות, זאת אומרת נחשפו לעשן
בכמויות שוות. הוספנו אור כדי שהתהליך יקרה יותר מהר אבל המנורות השפיעו גם על שינוי
הטמפרטורה ולא כל הכלים נחשפו באותה מידה לאור ולחום המנורה ואז לא היה ברור מה משפיע יותר,

אז הוספנו כלי עם מים בין המנורה לחוזיות כדי למנוע שינוי בטמפרטורה וגם הוספנו מנורות כדי שהחשיפה לאור תהייה זהה."

8. קביעת בקרה / בקרות (עבודה 41).

"בדקתי את הקשר בין נוכחות אלודיאה לפעילות הגמבוזיה, בדקתי את קצב הפוטוסינתזה בכמויות פחמן דו חמצני שונות ולא הייתה לי בקרה לדעת שהשינוי הוא בגלל האלודיאה, אז עשיתי שוב את הניסוי והוספתי מערכת בלי אלודיאה. זו בקרה חיצונית והיא חשובה".

9. יצירת ריבוי פרטים (עבודה 60).

"בפעם הראשונה עשינו את כל הניסוי עם ארבעה זרעים. באחת התבניות אף זרע לא נבט, אפילו שזו הייתה התבנית שהשקנו במים. אז הבנו שאם יש מעט זרעים, אולי מה שקורה קורה בגלל הזרעים ולא דווקא בגלל מה שאנחנו בודקים. אז הגדלנו את מספר הזרעים בתבנית לעשרים וחזרנו על הניסוי שוב".

10. ביצוע חזרות (עבודה 13).

"בניסוי הראשון חשבנו להסתפק בשלוש חזרות אבל קבלנו סטיית תקן יחסית גבוהה לממוצע: התוצאה בחזרה הראשונה הייתה חריגה יחסית לשתי החזרות הנוספות ולכן החלטנו לעשות עוד חזרה".

11. עיבוד נתונים (עבודה 68).

"במקום שינוי באורך ומשקל כולל התייחסנו לשינוי במשך השבוע וזה גרם לכך שהיה 100% שינוי ביום הראשון. הבנו שזה לא יכול להיות ולכן חישבנו את השינוי הכולל, אז ראינו את ההבדלים באופן ברור והגיוני".

שינויים הקשורים לדינאמיות של תהליך החקר

1. שינוי בעקבות מציאת חומר ספרותי (עבודה 44).

"בניסוי הרביעי רצינו למצות מיצוי מהצמחים, בהרתחה, כמו באיקליפטוס, אבל קראנו בספרות על הרכב החומרים בצמח שלנו והבנו שהרתחה לא טובה ולכן עברנו למיצוי פיסה בכתשה".

2. שינוי בעקבות תצפית בשדה (עבודה 27).

"בעבודה בדקנו את שינוי הצבע בתפרחת. חשבנו שהתהליך לוקח ימים ואפילו שבועות ותכננו את לוח הזמנים ככה, אבל כבר בתצפית הראשונה שערכנו ובאנו אחרי יום ראינו, או יותר נכון הבנו שהתהליך אורך שעות ולא ימים וזה גרם לנו להתארגן אחרת עם הלוח זמנים שלנו, שנוכל לעקוב אחרי השינויים ושלא נפספס אותם".

3. שינוי בעקבות שינויים בבית הגידול (עבודה 61).

"התחלתי את העבודה על חסת המצפן והתגובה שלה לכיוון השמש. אחרי כמה תצפיות בית הגידול נהרס. הייתה שריפה ולא נשארו חסות, אז הייתי חייבת לשנות".

4. שינויים בעקבות העלמות/אי המצאות אורגניזם נבחר (עבודה 1).

"רצינו לעשות את העבודה על טוואי המשי, כבר אספנו מידע ותכננו שאלות, אבל אז הסתבר לנו שהעונה די קצרה וכבר נגמרה ואין לנו אפשרות לחקור את הזחלים, אלא אם נחכה לשנה הבאה. אבל זה כמוזר היה כבר יוצא מאוחר מדי והיינו צריכים לשנות".

5. שינוי בעקבות תוצאות ניסוי (עבודה 8).

"בדקנו השפעה של גורמים שונים על התפוררות עלי שלכת, בדקנו את השפעת האור ובחזרה הראשונה אטמנו את הקופסאות. מה שקיבלנו זה עלים שלא התפוררו עם הרבה עובש. כלומר לא התאים למה שחשבנו. כנראה שהאטימות השפיעה ולכן החלטנו לא לסגור את הקופסאות באופן שלא יכנס אוויר, רק כיסינו ונתנו לאוויר להיכנס. השינוי הקטן הזה היה משמעותי כי בזכותו בחזרה השנייה קבלנו תוצאות ויכולנו להמשיך בעבודה שלנו".

6. ביצוע רעיונות נוספים תוך כדי התהליך (עבודה 66).

"בדקנו את העדפות המזון של נמלים ובזמן שבדקנו מה הן מעדיפות, חשבנו גם על "למה הן מעדיפות" ולמרות שהיה לנו כיוון מסודר של שלוש שאלות שקשורות להעדפות מזון, הראשונה תצפית של מזון טבעי והשנייה ניסוי מבין מזונות שבחרנו ואחר כך השקעת מאמץ במזון הנבחר ולמעשה היינו "מכוסים" מבחינת העבודה, רצינו לבדוק לפחות גורם אחד שחשבו עליו כשהתעסקנו עם הזרעים והרחנו את הריחות השונים – אם זה גם משפיע על הנמלים ולכן "החלפנו" לשני מזונות את הריח שלהם... זה עשינו מעבר כי זה עניין ולא רצינו לעצור (את החקר) סתם כי גמרנו שלוש שאלות".

7. עולה צורך לפתור בעיות טכניות ולהציע פתרונות יצירתיים (עבודה 67).

"רצינו להשתמש במד מידה, מטר, אבל הוא היה קצר מדי וזה לא היה טוב למדוד בחלקים – קטע ועוד קטע ועוד קטע... זה גם לא נוח וגם לא היה ישר. אז השתמשנו בחבל, קשרנו קשר כל חצי מטר ומתחנו אותו וזה היה יותר נוח ואני חושב שגם יותר מדויק".

8. שינוי שאלת המחקר במקרה הצורך (עבודה 15).

"בהתחלה התכוונו לבדוק באיזו מידה כנימות שונות, מכוונות ולא מכוונות, משפיעות על קצב ההתפתחות של שורשי הדגניים, אבל בגלל שלא רצינו לטפל בבעיית העובש שהתפתחה בשני הניסויים הקודמים החלטנו לבדוק במקום זה באיזה מידה משפיע העפץ על רמת הפוטוסינתזה של העלעלים".

9. עריכת ניסויים מקדימים לבניית המערכת הניסויית (עבודה 65).

"לפני שהתחלנו את הניסוי לבדוק לאיזה צבע הדבורים נמשכות, רצינו לוודא שניתן למשוך אותן עם מי סוכר שהכנו. שמנו בצלחת פטרי קטנה את מי הסוכר והנחנו על בריסטול, כדי לראות שהדבורים יגיעו. לאחר מכן שמנו צלחות כאלו על כל בריסטול בניסוי".

10. תשובה לשאלת מחקר משנה כיוון מחקר (עבודה 39).

"בהתחלה הנושא היה החזזית אבל אחרי הניסוי הראשון והדיון במסקנות הבנו שבכלל לא חקרנו את החזזית אלא את העץ וכך שינינו כיוון".

11. סיבות כלכליות (עבודה 68).

"תכננו לבצע מספר חזרות, אבל כשהגענו למשתלה לקנות את הצמחים, התברר לנו שהם הרבה יותר יקרים ממה שחשבנו ולכן נאלצנו לוותר על חזרות. זה פחות טוב, אבל המורה שלנו אשרה וסיכמנו שנסביר מה החשיבות של החזרות, אבל פשוט זה היה סכום גדול".

6.16 מספר התלמידים שנשרו מלימודי הביולוגיה במהלך המחקר.

טבלה 31 : מספר התלמידים בתחילת המחקר ובסופו, בכיתות שהשתתפו במחקר.

מספר התלמידים			
שיטת הוראה	שסיימו י"ב	נשרו	סה"כ
	162	36	198
חקר פתוח	81.8%	18.2%	100%
	133	16	149
חקר מונחה	89.3%	10.7%	100%
	295	52	347
סה"כ	85.0%	15.0%	100%

במבחן Pearson Chi-Square לבדיקת ההבדל במספר התלמידים שנשרו במהלך הלימודים, בשתי שיטות ההוראה, העומד על 15%, התקבל הבדל מובהק, גבולי ביותר $p = 0.054$.

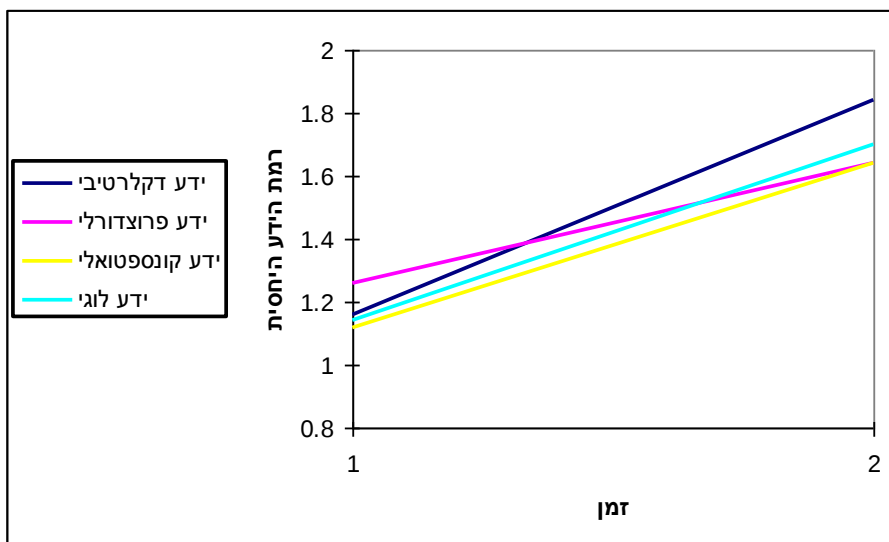
6.17 רמת טיפוסי הידע הממוצעת וסטיות התקן של הנבדקים בשתי קבוצות המחקר, לפני ואחרי ביצוע פרויקט החקר

טבלה 32 : רמת טיפוסי הידע הממוצעת וסטיות התקן של הנבדקים בשתי קבוצות המחקר, לפני ואחרי ביצוע פרויקט החקר

זמן						טיפוסי ידע
		כתה י"ב		כתה י"א		
Eta ²	F(1,45)	SD	M	SD	M	
0.70	109.23***	0.37	1.84	0.37	1.16	ידע דקלרטיבי
0.34	25.19***	0.48	1.64	0.44	1.26	ידע פרוצדורלי
0.57	53.37***	0.48	1.64	0.33	1.12	ידע קונספטואלי
0.56	61.49***	0.46	1.70	0.35	1.14	ידע לוגי
0.78	170.67***	1.29	6.82	1.08	4.68	ציון כולל

*** $p < 0.001$

מהטבלה ניתן לראות שנמצאו הבדלים מובהקים בין שתי המדידות, בארבעת טיפוסי הידע ובציון הכולל. על-פי הממוצעים המוצגים בטבלה 32 ובתרשים 9 ניתן לראות שחל שיפור בכל הארבעה.



תרשים 9 : רמת טיפוסי הידע בתחילת הפרויקט בכתה י"א (1) ובסיום הפרויקט בכתה י"ב (2)

6.18 עמדות התלמידים כלפי פרויקט החקר שביצעו, על פי מגדר.

עמדות התלמידים כלפי פרויקט החקר שלהם מוצגות בפרק התוצאות, בעמוד 79.

ניתוח 2X2 MANOVA (קבוצות X מגדר) נעשה לצורך השוואה על-פי מגדר. נמצאו הבדלים מובהקים בין שתי הקבוצות $F(4,288) = 9.82$, $p < 0.001$, $Eta^2 = 0.12$, אך לא נמצאה אינטראקציה מובהקת של קבוצות X מגדר. הממוצעים וסטיות התקן של הבנים והבנות וכן תוצאות של ניתוחי השונות שנעשו לכל מדד בנפרד מוצגים בטבלה 33.

טבלה 33 : ממוצעים וסטיות תקן של אפיון עבודת החקר על-ידי התלמידים, על-פי מגדר

מגדר						
יחס כלפי מידת	בנים		בנות		F(1,292)	Eta ²
	SD	M	SD	M		
תרומת הפרויקט	0.89	3.04	0.79	3.44	0.00***	0.05
השקעת הזמן	0.82	3.89	0.61	4.33	0.00***	0.86
תיעוד	1.02	3.81	0.89	4.19	0.00***	0.05
דינאמיות בחקר	0.83	2.95	0.81	2.98	0.67	0.00

*** $p < 0.001$

בניתוחי השונות שנעשו לכל מדד בנפרד נמצאו הבדלים מובהקים בין הבנים לבנות בכל המדדים פרט למדד "דינאמיות בחקר". על-פי הממוצעים המוצגים בטבלה ניתן לראות שהתלמידות חשות שביצוע הפרויקט תרם להם יותר, שהן השקיעו יותר זמן ותיעדו יותר את מהלך העבודה מאשר התלמידים.

6.19 מתאמים: הקשר בין מיומנויות החקר להישגים במבחני הבגרות

א. הקשר בין מיומנויות חקר בסיסיות להישגי התלמידים בשאלוני הבגרות בביולוגיה במטרה לבדוק האם יש קשר בין הצלחת התלמידים במבחנים לבדיקת מיומנויות חקר בסיסיות ("רב מבחן") שנערכו בתחילת כיתה י"א ובכתה י"ב, להישגי התלמידים בשאלוני הבגרות השונים בביולוגיה, חושבו מתאמי פירסון ואלו מוצגים בטבלה 34.

טבלה 34: מתאמי פירסון בין ההישגים ב"רב מבחן" להישגים בשאלוני הבגרות השונים בביולוגיה ($n = 229$)

שאלון	"ליבה" נושאי בסיס	ניתוח מחקר מדעי לא מוכר	העמקה נושאי בחירה
"רב מבחן" י"א	0.30 ***	0.46***	0.37***
"רב מבחן" י"ב	0.39***	0.44***	0.39***

$p < 0.001$ ***

נמצאו מתאמים מובהקים חיוביים בין שלושת שאלוני הבגרות השונים ל"רב מבחן" שנעים בין $r = .30$ ל- $r = .46$.

ב. הקשר בין מיומנויות חקר דינאמיות להישגי התלמידים בשאלוני הבגרות בביולוגיה במטרה לבדוק האם קיים קשר בין חמשת המשתנים שנבדקו במיומנויות החקר הדינאמי (שינויים במהלך המחקר, למידה תהליכית, הבנת הפרוצדורה והיבטים אפקטיביים והערך הכולל של ארבעת המרכיבים) בכתה י"ב, להישגי התלמידים בשאלוני הבגרות השונים בביולוגיה, חושבו מתאמי פירסון ואלו מוצגים בטבלה 35.

טבלה 35: מתאמי פירסון בין רמת מיומנויות החקר הדינאמיות להישגים בשאלוני הבגרות השונים בביולוגיה ($n = 50$)

מדדים	שאלון	"ליבה" נושאי בסיס	ניתוח מחקר מדעי לא מוכר	העמקה נושאי בחירה
שינויים במהלך החקר	-0.05	0.28*	0.02	
למידה תהליכית	0.22	0.32*	0.22	
הבנת הפרוצדורה	-0.13	0.25*	0.02	
היבטים אפקטיביים	0.06	0.26*	0.02	
סה"כ	0.00	0.41**	0.09	

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

בין כל חמשת המדדים לשאלון הבגרות נמצאו מתאמים מובהקים רק בשאלון "ניתוח מחקר מדעי לא מוכר" שעוסק ברובו במיומנויות חקר. לעומת זאת לא נמצאו מתאמים מובהקים לשני השאלונים האחרים, אם כי יש לציין שהמתאמים שהתקבלו לגבי למידה תהליכית הינם בינוניים אך הם אינם מובהקים. $r = 0.22, p > 0.05$.

6.20 איפיון המורים – שנות ותק ותואר אקדמאי.

טבלה 36 : איפיון המורים – שנות ותק ותואר אקדמאי.

מספר בי"ס	שיטת החקר לביצוע הפרויקט	איפיון המורה		
		שנות ותק	תואר	הערות
1	פתוח (ביודע)	28	PhD	
2	פתוח (ביודע)	20	BSc	
3	פתוח (ביודע)	14	BSc	
4	פתוח (ביודע)	16	MSc	לימודי PhD
5	פתוח (ביודע)	17	PhD	
6	פתוח (ביודע)	25	MSc	
7	פתוח (ביודע)	23	BSc	לימודי MSc
8	פתוח (ביודע)	14	BSc	
9	מונחה (ביוטופ)	12	MSc	
10	מונחה (ביוטופ)	19	BSc	
11	מונחה (ביוטופ)	18	PhD	
12	מונחה (ביוטופ)	17	BSc	לימודי MSc
13	מונחה (ביוטופ)	23	BSc	

6.21 נושאי העל בהם עסקו פרויקטי החקר

להלן נושאי העל בהם עסקו פרויקטי החקר, בשתי קבוצות המחקר.

- א. יחסי גומלין בין אורגניזמים
- ב. השפעת גורמים אביוטים על התפתחות אורגניזמים
- ג. העדפות מזון של בעלי חיים
- ד. התפתחות אורגניזמים

בכל נושא – על, בקרב שתי קבוצות המחקר, מובאות מספר דוגמאות:

קבוצת החקר הפתוח:

כל הנושאים נבחרו בעקבות זיהוי תופעה ביולוגית בשדה. לאחר זיהוי התופעה וניסוח שאלת החקר הראשונה בחרו התלמידים היכן להמשיך את החקר – בשדה או במעבדה. לעיתים שילבו בין השניים.

- א. יחסי גומלין בין אורגניזמים
השפעת נמלת הקציר על התפתחות הצמחים, התפתחות עפצים על עלעלי אלת המסטיק, אללופתיה באקליפטוס, יחסי תחרות ודחיקה בין צמחי מים צפים וטבולים
- ב. השפעת גורמים אביוטים על התפתחות אורגניזמים
השפעת האור, השפעת מליחות, השפעת דישון, השפעת שינויים עונתיים.
- ג. העדפות מזון של בעלי חיים
העדפת מזון של נמלת הקציר, העדפות חזותיות של דבורים.
- ד. התפתחות אורגניזמים
נביטה וצמיחה, רבייה בזבובי הדרוזופילה.

קבוצת החקר המונחה:

כל הנושאים נבחרו בעקבות איפיון בית גידול וזיהוי תופעות ביולוגיות בו. התלמידים המשיכו את החקר בשדה ולעיתים שילבו פעילות מעבדתית במקביל לחקר שהתבצע בשדה.

- א. יחסי גומלין בין אורגניזמים
האלה כבית גידול לצרעות, האקליפטוס כבית גידול (אללופתיה), גבעת האירוסים בדגש האבקה, שלולית החורף כבית גידול.
- ב. השפעת גורמים אביוטים על התפתחות אורגניזמים
שינויים עונתיים בבריכת יער, באלון כבית גידול, האורן כבית גידול (בכל העבודות בהן צויין בית גידול נבדקו מספר גורמים אביוטים במטרה למצוא קשר בין גורמים אלו להתפתחות האורגניזמים בבית הגידול).
- ג. העדפו מזון של בעלי חיים
הנמלים בגבעת האירוסים, הדרחולים על שיחי הרותם.
- ד. התפתחות אורגניזמים
שלולית החורף כבית גידול, החיפושיות בפארק השרון.

6.22 ממוצעים, סטיות תקן והשוואה סטטיסטית בקרב נבחנים, בשתי גרסאות של השאלונים, לבדיקת רמת הקושי של השאלונים.

טבלה 37 : ממוצעים, סטיות תקן והשוואה סטטיסטית בקרב נבחנים, בשתי גרסאות של השאלונים, לבדיקת רמת הקושי של השאלונים.

א. שאלון החקר הבסיסי הקצר ("הגוזל הנגזל" – ו"למידה מתוקה") כמפורט בעמוד 33.

t test	<u>ב- למידה מתוקה</u>		<u>א- הגוזל הנגזל</u>	
	SD	M (n=26)	SD	M (n=29)
0.53	14.6	72.6	13.4	74.2

ב. שאלות לאיתור טיפוס ידע ("דגים" – ו"תפוחי אדמה") כמפורט בעמוד 43.

t test	<u>ב- תפוחי אדמה</u>		<u>א- דגים</u>	
	SD	M (n=26)	SD	M (n=29)
0.76	18.24	79.2	15.73	77.7

**Development of basic and dynamic inquiry skills,
and knowledge types, during open-inquiry
learning in comparison to guided-inquiry learning.**

Irit Sadeh (Yaniv)

School of Education

Ph.D. Thesis

Submitted to the Senate of Bar-Ilan University

Ramat-Gan, Israel

June 2007