

סקרנות ולמידת חקר פתוחה מיכל ציון ואירית שדה¹

תקציר



המאמר² מציג ארבעה מודלים לקשר לוגי בין שאלות חקר. המודלים האלו מסייעים למורה לכוון את התלמיד בלמידת חקר פתוחה תוך כדי עידוד סקרנות של התלמיד. שאלות שאלות הינה פעולה חשיבתית מדעית, המצויה במרכז של למידת חקר. מחקר זה בחן מסמכים שנאספו במהלך למידת חקר פתוחה של תלמידים שהשתתפו בתוכנית הבידוע. בנוסף, למעקב אחרי ביטויי סקרנות של התלמידים במהלך למידת החקר, נצפו התלמידים בשיעור בנושא ביולוגיה מולקולרית – נושא שאינו כלול בנושאי החקר של התלמידים. כמו כן, שתי מורות שאינן מורות לביולוגיה (המחנכת, והמורה להיסטוריה) דיווחו כיצד התלמידים מביעים סקרנות בשיעוריהם. נערך ניתוח תוכן איכותני של ממצאי המחקר. במאמר מוצגים ארבעה מודלים לקשר לוגי בין שאלות חקר הנוצרים במהלך תהליך חקר של התלמידים. במאמר מובאות עדויות כי תלמידים סקרנים מנוטים את תהליך החקר שלהם על פי המודל שמאופיין ברמת האי ודאות הגבוהה ביותר. המאמר מציע כי שימוש מפורש במודלים לקשר לוגי בין שאלות חקר עשוי לסייע בבניית מערך של חקר פתוח ובעידוד סקרנות אצל תלמידים.

"יש לו יכולת חשיבה חודרת, שעוד לא ראיתי כמוה", אמר מדען המוח קולין בלקמור. "הוא סקרן כמו ילד". סקרנות זו הבטיחה לקריק מקום בטוח על דפי ההיסטוריה לפני 51 שנים, כאשר הוא וג'ימס ווטסון פיצחו את האגוז שרבים ניסו לפצח לפנייהם – מבנה הדנ"א (Pincock, 2004, p. 576).

מבוא



ללמד תלמידים לחשוב ולפתח בהם תחושת סקרנות הן משימות אשר עומדות לנגד עיניהם של אנשי חינוך בכלל ואנשי הוראת המדעים בפרט. תחום הביולוגיה שעוסק בנפלאות החיים מהווה כר נרחב לתופעות טבע מרתקות ומעניינות, אשר מעוררות חשיבה וסקרנות. "תלמידים מתחילים להבין את עולם הטבע כאשר הם מתבוננים בתופעה, משתמשים בחושים לתצפית, ומשתמשים במכשירי מדידה כדי להעצים את כושר האבחנה של החושים (National Science Board, 1991, p. 27). Novak (1964) הציע לפני מספר שנים כי חקר מערב את האדם במאמץ למציאת הסבר הגיוני לתופעה אשר מסקרנת אותו. כדי לרצות סקרנות, תהליך חקר צריך לכלול פעילויות ומיומנויות המתמקדות בחיפוש פעיל אחרי ידע והבנה (Haury, 1993). למרות שחקר מדעי מושתת על חוש הסקרנות, הרי הוא מסתמך על תהליכים סיסטמטיים כמו תצפיות וניסויים, אשר מציגים עדויות אמפיריות בנוגע לטבע הסובב.

¹ ד"ר מיכל ציון, המרכז להוראת המדעים, ביה"ס לחינוך, אוניברסיטת בר-אילן.

zionmi@mail.biu.ac.il

ד"ר אירית שדה, המרכז להוראת המדעים, ביה"ס לחינוך, אוניברסיטת בר-אילן ותיכון קריית חינוך אורט יד-גליבוביץ, נתניה. iisadeh@gmail.com

² המאמר המקורי מופיע ב:

Zion, M., & Sadeh, I. (2007). Curiosity and open inquiry learning. *Journal of Biological Education*, 41(4), 162-168.

מורים שונים זה מזה בדרך שבה הם מנחים תלמידים בלמידת חקר. האגודה האמריקנית למחקר (NRC, 2000) הגדירה שלוש רמות עיקריות של חקר. חקר מובנה שהוא חקר ברמת גילוי, בו המורה מציג את הבעיה ודרך מובנית לפיתרון ידוע מראש. בחקר מובנה המורה מציג את הבעיה ולעיתים גם את שיטת הבדיקה, והתלמיד אוסף ומנתח את הנתונים כלומד עצמאי. הרמה הגבוהה ביותר היא רמת החקר הפתוח שבו המורה מציג את המסגרת, והתלמיד פועל כלומד עצמאי בכל השלבים של התהליך. חשוב לציין כי רמות החקר נבדלות זו מזו במעורבות התלמיד בשלב שאילת השאלה. בשנים האחרונות החלו להצטבר עדויות כי למידת חקר מובנה, המובילה את התלמיד בצורה שיטתית לפיתרון שאלה אחת מוכתבת מראש אינה מספיקה לפיתוח חשיבה ביקורתית וחשיבה מדעית (Yen & Huang, 2001). לעומת זאת, אנשי הוראת המדעים מחפשים דרכים בהם ניתן לעודד תלמידים להבין את אופיו הדינמי והמשתנה של תהליך החקר המדעי (Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002; Zion et al., 2004).

מאחר ומטרתה של למידת חקר היא להוביל תלמידים לבנות את הידע שלהם בעצמם, ומאחר ושאלות שאלות היא מיומנות חשובה, הרי פיתוח תוכניות לימוד השמות דגש על למידת חקר פתוח ועל אופן שאילת שאלות החקר תוך כדי התהליך, הינו אתגר חשוב. בבסיסה של תוכנית הבידוע שפותחה כחלק ממגמה זו עומדת ההנחה כי, התמודדות תלמיד עם שלוש שאלות חקר, הקשורות לתופעה מסוימת, וקשורות זו לזו באופן לוגי, הינה בעלת פוטנציאל לפיתוח חשיבה מדעית. מאמר זה מתמקד במערך ארגון שאלות החקר בתהליך החקר הפתוח של תוכנית הבידוע בתיאוריה ובמעשה.

תוכנית הבידוע



קבוצת מורי ביולוגיה פיתחה תוכנית לימודים מבוססת חקר שכונתה בידוע ונועדה להוות תחליף לחלק המעשי בתוכנית הביולוגיה ברמה מורחבת בכיתות י' ו- יב' (Zion et al., 2004a). בתוכנית הבידוע אמורים התלמידים להיות לומדים עצמאיים, יצירתיים ופועלים בצוות. משימת חקר פתוחה מהווה את שיא התוכנית. במהלך ביצוע משימת חקר פתוחה זו מעורבים התלמידים בתהליך של חקר דינמי (Zion et al., 2004b). תהליך החקר הדנמי מדגיש חשיבה ביקורתית, חשיבה רפלקטיבית, והיבטים ריגושיים כמו סקרנות, נחישות והתמודדות עם הלא ידוע.

תהליך החקר הפתוח נובע מתופעה מסקרנת שזוהתה על ידי התלמיד בשדה. תהליך החקר כולל תצפיות מבוקרות בשדה וניסוי מעבדה. בשנים הראשונות לקיומה של תוכנית הבידוע נדרשו התלמידים לתכנן מראש תוכנית לביצוע הכוללת שלוש שאלות חקר הקשורות זו לזו באופן לוגי. הסתבר כי תכנון מראש של כל שלושת השאלות ודרך הבדיקה, פגם באופיו הפתוח של תהליך החקר (Zion et al., 2004b). לכן, הוצעו ארבעה מודלים אפשריים לארגון שאלות החקר בתוכנית הבידוע. רעיון המודלים התקבל אצל מתכנני תוכנית הבידוע ולהלן העקרונות של המודלים כפי שהוכנסו לתוכנית הבידוע.

מודלים לארגון שאלות החקר

איור 1 מציג ארבעה מודלים לארגון שאלות חקר הקשורות זו לזו בתהליך חקר פתוח. **המודל העוקב (מע)** דורש מהתלמידים לשאול שאלת חקר אחת בתחילת תהליך החקר. בהסתמך על התוצאות המתקבלות משאלת החקר הראשונה תשאל השאלה השנייה. בהמשך, על בסיס תוצאות השאלה השנייה תשאל השאלה השלישית (דגם א').

מודל נוסף הוא **המודל המקביל (ממ)**. על פי המודל המקביל נדרש התלמיד לשאול שלוש שאלות מקבילות בתחילת תהליך החקר. התוצאות שיתקבלו מכל אחת משהשאלות המקבילות, יתמכו מדעית זו בזו (דגם ב'). המודלים הנוספים משלבים את העקרונות של שני המודלים הראשונים.

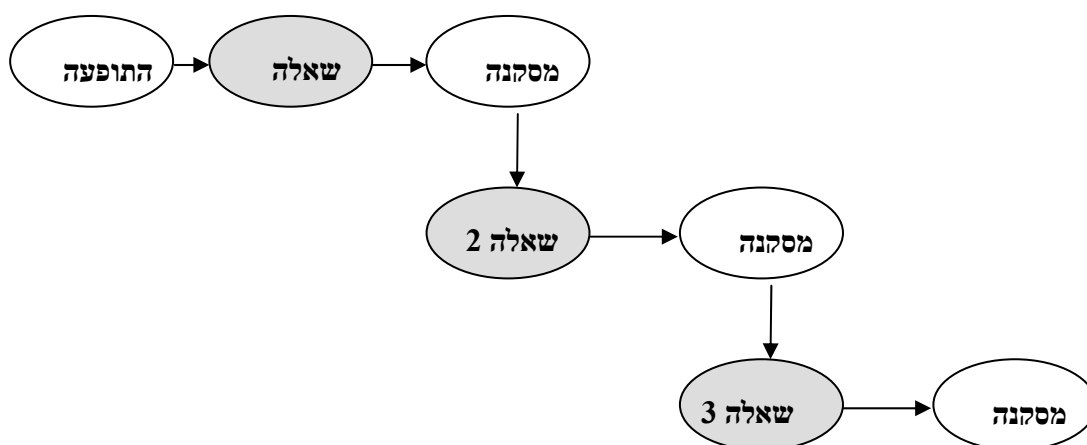
על פי המודל השלישי, **המודל העוקב למחצה (מעל)**, תהליך החקר יכול להתחיל בשאלת שאלה אחת, אשר תוצאות החקר שיתקבלו בהקשר אליה נותנת השראה לשאלת שתי שאלות חקר נוספות, בו זמנית על פי המודל המקביל (דגם ג').

על פי המודל הרביעי, **המודל המקביל למחצה (ממל)**, מועלות שתי השאלות הראשונות על פי המודל המקביל ושאלת החקר השלישית מוצעת על פי התוצאות המתקבלות בנוגע לשתי השאלות הראשונות (דגם ד').

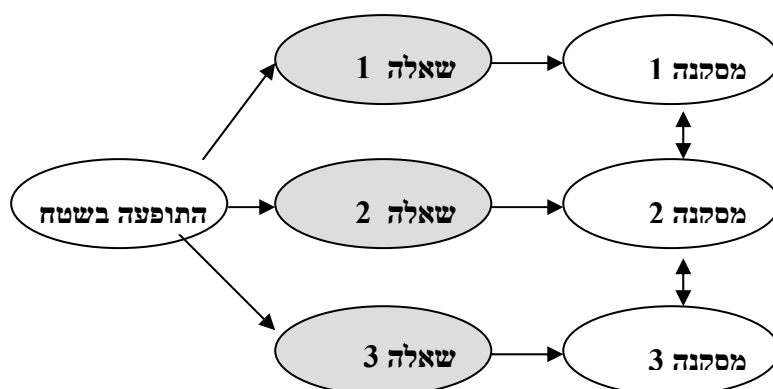
במאמר זה מצאנו לנכון לבחון האם ניתן ליישם את המודלים לקשר לוגי בין שאלות חקר כבסיס לבניית תוכנית חקר פתוח. בנוסף, עניין אותנו לבחון איזה מודל לבניית תוכנית חקר מועדף על ידי תלמידים סקרנים.

איור 1: דגמים לקשר לוגי בין שאלות חקר

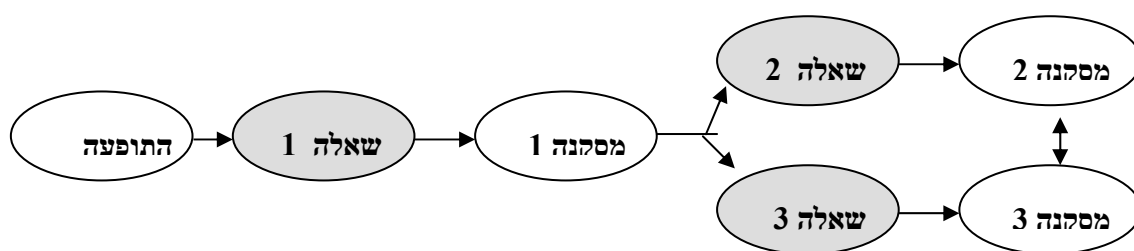
דגם א: תשובה (מסקנה) לשאלת מחקר אחת היא הבסיס לשאלת מחקר נוספת (מע).



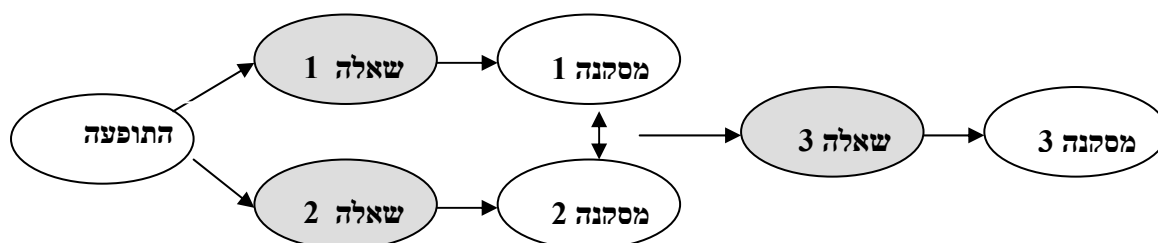
דגם ב: תוצאות ומסקנות של שאלת מחקר אחת מסייעות להסביר את התוצאות/מסקנות של שאלת מחקר אחרת (ממ).



דגם ג: תשובה (מסקנה) לשאלת מחקר אחת היא הבסיס לשתי שאלות מחקר נוספות (מעל).



דגם ד: תוצאות ומסקנות של שתי שאלות מסייעות להסביר את התוצאות/מסקנות זו של זו ועלות שאלת מחקר חדשה (ממל).



שיטת המחקר



במאמר זה, עקבנו אחרי תהליך חקר של 27 תלמידים שהשתתפו בתוכנית הבידוע. התלמידים למדו את תוכנית הבידוע בכיתה המתמחה בלימודי הביולוגיה, תחת הנחיה של מורה בעלת תואר שני בבוטניקה. התלמידים למדו את שלושת נושאי הליבה בתוכנית הלימודים. לא היה להם ידע מוקדם בהקשר לפרויקט החקר אותו הם ביצעו. כדי לאפיין את ארגון תהליך החקר הפתוח של התלמידים בהתאם למודלים העוסקים בקשר הלוגי שבין שאלות החקר, עמדו לרשותנו המסמכים הבאים: יומן עבודה של התלמידים שבו תיעדו התלמידים את פעולותיהם ומחשבותיהם תוך כדי תהליך החקר; הצעת החקר של התלמידים שבה פירטו התלמידים את הרקע המדעי של נושא החקר שלהם, את התופעה המעניינת אותה ראו בשדה ושאותה הם מעוניינים לחקור, את הרציונל לשאלת החקר הראשונה או שאלות החקר (תלוי באיזה מודל לקשר לוגי בין השאלות בחרו התלמידים), ואת מערך החקר המוצע לשאלה או שאלות החקר. כמו כן עמדו לרשותנו סיכום החקר של התלמידים שנכתב בפורמט של מאמר מדעי, דף רפלקציה אישי של כל תלמיד/ה בנוגע לשלבים השונים של עבודת החקר שבצע/ה ויומן המורה שבו רשם המורה הערות לגבי תהליך עבודת התלמידים. לשם קבלת מידע אודות האופי הסקרני של התלמידים נערכו ראיונות עם התלמידים, המחנכת שלהם והמורה להיסטוריה ואזרחות. המורות דיווחו על אופיים הסקרני של התלמידים שלא בהקשר ללימודי מדעים. בנוסף, נערכה תצפית ממוקדת אחר השתתפות התלמידים בשלושה שיעורי ביולוגיה שעסקו בביולוגיה מולקולרית, שהוא נושא שאינו קשור לעבודות החקר של התלמידים. ניתוח תוצאות המחקר התבצע בעזרת שיטת ניתוח התוכן האיכותנית (Pidgeon, 1996). איסוף נתונים בדרכים שונות ותיאור עשיר של התופעה הנחקרת תרמו למהימנות המחקר (Anfara, Brown, and Mangino, 2002).



תוצאות

ניתן למצוא דוגמאות מתוך עבודות החקר של התלמידים לכל המודלים העוסקים בקשר הלוגי שבין שאלות חקר פתוח. להלן נביא דוגמא לכל מודל. בהמשך פרק התוצאות נביא עדויות לגבי האופי הסקרני של התלמידים שהדוגמאות שנבחרו להצגה כאן לקוחות מפרויקט החקר שלהם. ננסה לראות על פי איזה מודל מעדיפים תלמידים סקרנים לפעול.

דוגמאות למודלים לקשר לוגי בין שאלות חקר פתוח

המודל העוקב (מע) - תשובה (מסקנה) לשאלת חקר אחת היא הבסיס לשאלת חקר נוספת.

קבוצת תלמידים (לב, בוני ורינה³) עסקה בהעדפות מזון של נמלים. התלמידים הבחינו בשביל נמלים ובו פוסעות נמלים הנושאות זרעים, לעיתים זרעים הגדולים וכבדים מהנמלה עצמה פי כמה. שאלת החקר הראשונה שנשאלה התמקדה בקשר בין סוגי הצמחים שמסביב לקן והעדפתן של הנמלים לזרעים: "מה הקשר בין סוגי הצמחים מסביב לקן לסוג הזרעים שאוספות הנמלים?". התלמידים מצאו שיש לנמלים העדפה ברורה לזרעים של שיבולת שועל, ללא קשר לשכיחות הופעת שיבולת השועל מסביב לקן. לאחר שראו התלמידים בתצפית שיש לנמלים העדפה לאיסוף זרעי שיבולת השועל, רצו התלמידים לבדוק בניסוי מבוקר, האם תמשיך העדפה של זרעי שיבולת שועל, גם כאשר זרעים זמינים אחרים מצויים בקרבת הקן במרחק זהה. התלמידים מצאו כי מבין הזרעים שהושמו על יד קן הנמלים במרחק זהה, מספר זרעי שיבולת השועל שנאסף במשך זמן הניסוי, היה הגדול ביותר. לאחר שענו על שאלה זו, התענינו התלמידים ורצו לבדוק האם למרחק הזרעים מקן הנמלים יש גם כן השפעה על העדפת הזרעים על ידי נמלים, בנוסף להעדפה לפי סוג הזרעים. בהקשר לכך בדקו התלמידים את הקשר בין העדפת המזון ובין מידת המאמץ להשיגו, המתבטאת במרחק אליו הגיעו הנמלים כדי לאסוף דווקא מזון זה. סוגי הזרעים סודרו מקרבת הקן והלאה כאשר המזון הפחות מועדף (כפי שנמצא קודם) מושם קרוב לקן והמזון המועדף ביותר מושם במרחק הרב ביותר. שאר סוגי הזרעים סודרו על פי מידת ההעדפה בין שני קצוות אילו. מהממצאים עלה שהנמלים העדיפו לאסוף מזון על פי סוג המזון ללא קשר מהמרחק שבו מוקם המזון מהקן. הנמלים הצליחו להגיע למזון המועדף עליהם גם כשהיה במרחק גדול.

למרות שמבחינת היקף עבודת החקר שלהם מילאו התלמידים את הדרישות הפורמליות של תוכנית הבידוע, הסתקרנו התלמידים לדעת מה הקשר בין ריח המזון לבין מידת העדפתו על-ידי הנמלים. התלמידים שיערו כי חוש הריח משמש את הנמלים לאתר את מזונם המועדף גם כאשר הוא ממוקם במרחק גדול מהקן. מהשתלשלות תהליך החקר של התלמידים ניתן להבחין כי תוצאות של ניסוי אחד הובילו לשאלת שאלה נוספת. כמו כן, תוצאות הניסויים הקודמים הובאו בחשבון במהלך הניסויים המאוחרים יותר.

המודל המקביל (ממ) - תוצאות ומסקנות של שאלת חקר אחת מסייעות להסביר את התוצאות/מסקנות

של שאלת מחקר אחרת.

קבוצת תלמידים (נר, קלי וטלי) שמו לב לתופעה ביולוגית בשדה: דבורים עפות בין פרחים שונים, "מחפשות" פרח מועדף. בעקבות שפע הדבורים ושלל צבעים, צורות וריחות של הפרחים החליטו השלישייה לבדוק את מאפייני הפרחים שמסייעים למשוך דבורים אל הפרח. לאחר תצפית מקדימה בה ניסו התלמידים לאפיין את גורמי המשיכה, החליטו התלמידים להתמקד בצבע, בצורה ובגודל הפרח. התלמידים החליטו לבחון את ההשפעה של שלושת הגורמים (צבע, צורה וגודל הפרח) על משיכת דבורים לפרחים באופן נפרד ולא תלוי. לאחר קבלת התוצאות ניסו התלמידים לבנות באופן תיאורטי מודל ספציפי לכל פרח שבו יוסבר אילו מהתכונות הנבדקות רלוונטיות למשיכת דבורים על ידי פרח

³ שמות התלמידים כפי שמופיעים במאמר הם שמות בדויים. השמות האמיתיים שמורים אצל מחברי המאמר.

מסוים. ניתן לראות כי על פי מודל לוגי זה לשאלת שאילות חקר, בחרו התלמידים לבדוק את המאפיינים במקביל על מנת לנסות לשרטט מודל משלב שיסביר מי מהמאפיינים שנבדקו משפיע בפרח מסוים.

המודל העוקב למחצה (מעל)

קבוצת תלמידים (שלי, סופי ולין) ראתה תופעה מעניינת בשדה: צמחים גדולים ללא עלים. התלמידים העלו השערה כי צמחים אילו מתאמים לבית גידול יבש וכי קצב הדיות שלהם הוא נמוך. בתחילת תהליך החקר שאלו התלמידים מה השפעת המופע הרוחמי של הצמחים (רוחם ושרביטן) על קצב הדיות. לאחר שאיתרו התלמידים בניסוי הראשון מיהו הצמח בעל שיעור הדיות הנמוך ביותר, החליטו לבחון במקביל את ההשפעה של שני מדדים א-ביוטיים על קצב הדיות בצמח זה: עצמת אור וקרינה באורכי גל שונים. על פי מחקר זה ניתן לראות כי שאלת המחקר הראשונה סייעה לתלמידים להתמקד בסוג של צמח. לאחר מכן על ידי שני ניסויים מקבילים הם ניסו לקבל תמונה לגבי השפעת שני מדדים של אור (עוצמה וגלי אור) על תהליך הדיות של הצמח.

המודל המקביל למחצה (ממל)

קבוצת תלמידים (מירי, דינה וילי) שמה לב כי מתחת לשיחי טיין דביק, שגדלים במרחקים שונים מהים הייתה פחות צמחייה מאשר באזור הסמוך (אך לא מתחת) לטיין הדביק. נראה היה לתלמידים כי ככל שקרבים לים ההבדל בין % הכיסוי של הצמחים מתחת לטיין, לבין סביבת הטיין, לא היה גדול, וההבדל הלך וגדל ככל ששיחי הטיין היו רחוקים יותר מהים. התלמידים שיערו כי תופעת האלולופתיה⁴ היא זו שמונעת מצמחים לגדול מתחת לטיין. כמו כן שיערו התלמידים כי תופעת האלולופתיה מתחזקת ככל שהשפעתו המזיקה של הים על הצמח יורדת.

בהתאם להשערה זו שאלו התלמידים שתי שאלות חקר שמשלימות זו את זו. שאלה אחת עוסקת בהשפעה האלולופתית של הצמח השלם. השאלה השנייה עוסקת בהשפעה האלולופתית של חומר מרוכז יותר שמופק מהצמח, שסביר להניח תגרום לאלולופתיה חזקה יותר מאשר זו הנגרמת על-ידי הצמח השלם. שתי השאלות היו:

1. מה הקשר בין חלקי צמחי טיין שנאספו, ממקומות המרוחקים במרחקים שונים מהים, ובין ההשפעה האלולופתית שלהם על נביטת זרעי צנונית?
2. מה הקשר בין מיצוי מצמחי טיין שנאספו, ממקומות המרוחקים במרחקים שונים מהים ובין ההשפעה האלולופתית שלהם על נביטת זרעי צנונית?

התלמידים חששו לבצע ראשית את הניסוי הראשון בלבד. הם חששו לקבל תוצאות שליליות, מפאת האחוז הנמוך של החומר הפעיל בצמח השלם. עריכת שני הניסויים במקביל תבטיח כך טוענים התלמידים לקבל איזו שהיא אינדיקציה לגבי האלולופתיה, הן ברמת הצמח השלם והן ברמת מיצוי כימי מרוכז. תוצאות הניסויים הראו כי אכן קיימים חומרים כימיים בצמח הטיין הגורמים לאלולופתיה. כעת שאלו התלמידים שאלה שלישית שבה הם בחרו להתמקד בצמחי הטיין הרחוקים מהים, ולבדוק את ההשפעה האלולופתית של איבריו השונים של הצמח על נביטת זרעי הצנונית.

עדויות לגבי האופי הסקרני של התלמידים

התלמידים שמערכי החקר שלהם הוצגו כאן, נחשבים לתלמידים טובים. לפחות שניים מכל שלישייה הוזמנו למנהל ביה"ס בסיום כתה י"א בזכות היותם בעלי ממוצע ציונים כללי גבוה מ-85. ציון התלמידים בהיסטוריה, נע בין 90 ל-100. במבחן שבדק מיומנויות חקר שאינו תלוי תוכן, קבלו התלמידים ציון ממוצע קרוב ל-90. ציוני התעודה של התלמידים נעים בין 85 ל-100. למרות נתונים אלה

⁴ השפעה מעכבת של צמח את התפתחותם של צמחים אחרים בקרבתו, באמצעות חומרים כימיים (Kinchin, 1999).



הלימודיים הדומים של התלמידים ניתן להבחין בשוני ביניהם לגבי התייחסותם למודל מערך המחקר, ולגבי מידת הסקרנות והיזומה שהם מביעים תוך כדי למידה.

התייחסות תלמידים למערך המחקר:

לב מקבוצת 'מע' סיפר בראיון: "זה מאד מעניין להתקדם שלב שלב, לגלות משהו או לקבל תשובה ואז להמשיך לחקור פנימה. אם היה לי זמן הייתי ממשיך לבדוק עוד דברים שקשורים להעדפות המזון. הייתי רוצה לבדוק גם את הקשר לאיברי החישה הפנימיים של הנמלים. יצרנו קשר עם ד"ר עופר שכתב מדריך להגדרת נמלים והתייעצנו איתו לגבי זמן הפעילות של הנמלים (Ofer, 2000). ד"ר עופר היה סקפטי לגבי המצאות נמלים בעונה זו של השנה. מאד שמחתי שמצאנו נמלים ולא התייאשנו. ראינו דוגמה לכך שלא תמיד המומחה יודע הכול ויש מה לחדש. הדבר רלוונטי לפחות לגבי נמלים שגרות על יד שמורת האירוסים."⁵

מדבריו של לב ניתן לראות כי הרצון להעמיק בנושא והסקרנות לקבל תשובות הניעו אותו להמשיך בנושא שבחר. למרות שהוא סיים את המטלה עדיין נותרו לו שאלות, אותן היה רוצה להמשיך ולחקור. שלי מקבוצת 'מעל' אמרה: "כשדברנו על עבודת המחקר נרא נלחצתי. לא ידעתי איזה נושא לבחור ובסיוור ראינו כל כך הרבה דברים, והיה לי קשה להחליט במה לבחור. רציתי משהו מקורי ונראה לי, בעצם לנו, שהתחום של הדיות יהיה מקורי. מה גם שבדיוק עשינו במעבדה מעבדה על דיות בסלרי. זה היה מוזר לראות את השיחים הגדולים האלו בשמורה בלי עלים. אני יודעת שיש תלמידים שבחרים את הנושא שבו קל לשאול שאלות, אבל אנחנו רצינו להתחיל ואחר כך לראות לאן נתקדם. הייתה לנו התלבטות גדולה לאיזה כיוון להמשיך. יש כל כך הרבה גורמים שמשפיעים על דיות. היינו צריכות להחליט ולהתחשב גם בתנאים של המעבדה ולכן המשכנו דווקא להשפעת האור. אחרי שראינו שאור משפיע, וזה לא הפתיע אותנו, היה נחמד לחדור לתוך הנושא, לעומק של הדברים. את החזרות של הניסוי שבדוק את השפעת אורכי הגל, עוד לא סיימנו, אבל זה כיף שלא לכל הדברים יש תשובות בספרים ואנחנו כאילו נחדש משהו. לא שתלמידים יכולים לחדש... אבל אולי כן." מדבריה עולה שיש לה סבלנות לחכות לתוצאות של שאלת המחקר, ותוצאות אלו מדרבנות אותה להמשיך לשאלת החקר השנייה. היא מוצאת עניין בהשתלשלות התהליכים ובאי הידיעה.

לעומת שני התלמידים הקודמים מייצגת טלי מקבוצת 'ממ' גישה שונה לתהליך החקר. טלי סיפרה: "רציתי לחקור משהו שזז. שאלתי את השותפים שלי אם הם רוצים להכין את הבידוע על דבורים והם הסכימו. ידענו שצריך שלוש שאלות ולכן חשבנו על שלוש שאלות כדי שנעמוד בדרישות של הבידוע. את (הכוונה למורה – הערת הכותב) רצית שנשאל רק שאלה אחת ואחרי שנקבל תוצאות נחליט איך להמשיך. זה נראה לנו מסוכן מדי. אם לא נמצא במה להמשיך? אז ניתקע? העדפנו ללכת על הצד הבטוח כאשר אנחנו יודעים בדיוק מה אנחנו עושים." על פי דבריה של טלי אין מקום לסקרנות בעבודת החקר שלה. טלי מעדיפה לקבל תוצאות שיאפשרו כתיבת עבודת החקר, אך אין בה את חדוות הגילוי והעמקה, בעקבות רכישת ידע חדש.

פעילות התלמידים בשיעורי הביולוגיה

במעקב אחרי ההשתתפות הפעילה של התלמידים בשיעורי ביולוגיה עיוניים מצאנו שתלמידים שבחרו במודלים 'מע' ו-'מעל' שואלים שאלות הקשורות לא רק לחומר הנלמד באופן ישיר, אלא לנושאים הקשורים לביולוגיה ומצויים בכותרות של אמצעי התקשורת. להלן דוגמאות לשאלות "סקרניות" ושאלות ידע כפי שנשאלו על ידי התלמידים השונים בשיעור שעסק באופרון הלקטוז:

⁵ המקום בו בוצעה עבודת החקר.

לב (מע): "אז איך הלקטוז משפיע על הדכאן, אם הוא מחוץ לתא?" ושאלה נוספת: "יכול להיות משרן אחר שיפעל על הדכאן באופן הזה? למשל כמו בעיכוב תחרותי של אנזימים שבו פועלות שתי מולקולות דומות מבחינת המבנה המרחבי."

רינה (מע): "יכול להיות שיהיה מנגנון שיפעל הפוך? מנגנון בקרה שבו נחבר חלבון למולקולה מסוימת, ואז המנגנון יתחיל לפעול?"

בוני (מע): "גם אצלנו יש מנגנונים של אופרון?"

שלי (מעל): "אם ניקח את הקטע של האופרון ונחדיר לצמח בשיטות של הנדסה גנטית, האם הצמח יפרק לקטוז?"

התלמידים שפעלו על פי הדגמים 'ממ' ו-'ממל' שאלו גם הם מדי פעם שאלות. היו אלו שאלות הקשורות באופן ישיר לנושא עליו הם לומדים בכתה. השאלות עסקו בהבהרת מושגים ו/או תהליכים.

טלי (ממ): "איך אמרת שקוראים לאנזים השני?"

קלי (ממ): "מה עושה האנזים השלישי? ... לא ברור... אז מה לכתוב?"

דינה (ממל): "מה זה המשרן? הלקטוז?"

שאלות התלמידים מקבוצות 'ממ' ו-'ממל' היו שאלות ברמת ידע, בעוד שהתלמידים מקבוצות 'מע' ו-'מעל' שאלו שאלות שעסקו ביישום החומר הנלמד בנושאים ביולוגיים אחרים, תוך ניסיון להכליל ולהרחיב את הנלמד בכתה לכיוונים נוספים.

בסיכום עבודת החקר, היה על התלמידים לענות על מספר שאלות רפלקציה. באחת השאלות נתבקשו התלמידים לבחור בשניים מהמשפטים הבאים, הקשורים להתנסות האישית שלהם במהלך החקר, ולפרט כיצד המשפט מאפיין את פרויקט החקר שלהם.

א. הסקרנות גוברת, במיוחד כאשר מקבלים תוצאות לא צפויות.

ב. אכזבות והפתעות מלוות את תהליך החקר.

ג. התמדה והתעקשות – חשובים במהלך עבודת מחקר.

ד. למדתי להתמודד עם תוצאות בלתי צפויות.

ה. תהליך החקר מצריך יוזמה רבה (של התלמיד ושל המורה).

כמעט כל התלמידים, מכל קבוצות החקר, בחרו במשפט ג'. לגבי המשפט השני אותו נתבקשו לבחור, מחצית מהתלמידים שבחרו בדגם 'מע' או 'מעל' בחרו במשפט א' המתייחס לסקרנות. אף לא אחד מתלמידי שני הדגמים האחרים בחר במשפט א'. מקרב תלמידי הקבוצות 'ממ' ו-'ממל', פרט לתלמידה אחת (לילי), בחרו כל התלמידים (מירי, דינה, ניר, קלי וטלי) במשפט ה' המתייחס ליוזמה, והדגישו בתשובתם את יוזמת המורה: "המורה עזר לנו מאוד", "המורה הזכירה לנו שצריך...", "המורה יזמה בזה שזימנה אותנו לפגישה..."

פעילות התלמידים שלא בהקשר לשיעורי מדעים - מהתרשמות המחנכת והמורה להיסטוריה

המחנכת שמלווה את התלמידים כבר יותר משנתיים נתבקשה להתייחס למידת המעורבות של התלמידים בכתה ומידת העניין שמפגינים התלמידים בנושאים שונים שעולים בשיעורי חינוך.

לדבריה, פרט לתלמיד אחד שהגדירה "נחבא אל הכלים" (ניר 'ממ') כל האחרים מעורבים מאוד במתרחש בכתה, תורמים לפעילויות שנערכות בכתה במידה שווה. מוכנים לסייע ונענים לכל בקשה שלה. המורה ציינה מספר הבדלים: התלמידים לב, בוני, רינה, שלי, סופי ולין (כולם מדגמים 'מע' ו-'מעל') מרבים להציע הצעות. כשהיא מבקשת משהו או מציעה, לעיתים קרובות הם שואלים "למה". הם בדרך כלל מקבלים את תשובתה אך כמעט תמיד יש להם "הצעה", רעיון נוסף, דרך שונה, או ניסיון לשדרג

רעיון. לעומת זאת, האחרים (ליל, ניר, קלי ולילי (מודלים 'ממ' ו-'ממל'), מקבלים את דבריה ללא שאלות. יוצאת דופן מביניהם היא מירי (ממל) שלעיתים שואלת שאלות ומציעה הצעות. פעילות תלמידים בשיעורי היסטוריה ואזרחות מאופיינת לדברי המורה, בשאלות שאלות רבות, שמתייחסות למושגים. תלמידים מבקשים לחזור שוב על ההגדרות, להסביר את ההגדרות, לתת דוגמאות לחוקים שנחקקו. בין התלמידים ששואלים שאלות מעין אלו ניתן למצוא גם את התלמידים שבהם עוסק מאמר זה: התלמידים טלי (ממ), דינה ולילי (ממל) ולפעמים לין (מעל). לעומת זאת, לעיתים נשאלות בשיעור שאלות המראות על רמה גבוהה יותר של עניין. מבין התלמידים שבהם עוסק המאמר, ניתן לציין את התלמידים לב בוני ורינה (מע) ולפעמים גם את לין (מעל), כשואלים שאלות שכאלו. מירי (ממל) שאלה פעם אחת שאלה שניתן לשייך לשאלות המראות על רמה גבוהה יותר של עניין. לב ובוני (מע) מביאים מדי פעם קטעי עיתונות לגבי מקרים הקשורים לנושא עליו לומדים בכתה והם מבקשים מהמורה להתייחס לקטעים האלו. ניתן לסכם ולומר כי פעילות התלמידים שבחרו לעבוד על פי המודלים מקבוצת 'מע' ו-'מעל', שלא בהקשר לשיעורי מדעים, מאופיינת על ידי חשיבה ויוזמה. תלמידים שבחרו לעבוד על פי המודלים 'ממ' ו-'ממל' לא פועלים כך.

דיון



"מטרתנו צריכה להיות לפתח תלמיד חוקר ועצמאי. כדי להטביע טבע זה בתלמידים, מורים צריכים לעודד סקרנות, לפתח הרגלי חשיבה, ולעודד שאלות שאלות" (Rop, 2003, p. 32). תוכנית הבידוע וארבעת המודלים לקשר לוגי בין שאלות החקר מציעים דרך להתמודד עם האתגר שהציע רופ (2003). הרעיון שהקשר הלוגי בין שאלות המחקר מהווה את השלד שסביבו נבנה מערך החקר שם דגש על חשיבות שאלת השאלות, חשיבות החשיבה הלוגית ומתן מקום של כבוד לסקרנות שמביאה לשאלת השאלה. רופ (2003) טוען כי "תשומת לב צריכה להינתן לתלמידים שהם מקור הסקרנות ולסקרנות שמניעה שאלות שאלות" (עמוד 17). אבל כמו שרופ (2003) הדגיש: "מבחן טוב לתוכנית לימודים מודרנית הוא האם תלמידים מבינים כיצד ידע גדל מתוך שאלות שאלות.....המבחן האמיתי הוא לפתח רוח של סקרנות מחשבתית וחשיבת חקר התומכת בה" (עמוד 32). העדויות שמובאות במאמר זה מצביעות כי לתלמיד הסקרן יש מקום לביטוי סקרנותו בחקר פתוח, ולכן הן עדויות מעודדות. כמו כן, שימוש במודלים המוצעים במאמר זה כתבניות לבניה של מערך של חקר, עשוי לנתב את סקרנות התלמיד לכיוונים מעשיים, שיובילו אותו להצליח בתכנון וביצוע של חקר פתוח. ניתן להתאים את סוג המודל לנושא הנחקר מחד ולאופיו הסקרני והיצירתי של התלמיד מאידך. כפי שנוכחנו לראות, התלמיד הסקרן יעדיף לפעול על פי מודל 'מע', שצופן בחובו רמה גבוהה של אי ודאות בהקשר לתהליך החקר. התלמיד הסקרן, מחפש אתגרים ונהנה לעצב את תהליך החקר תוך כדי תנועה. התלמידים מדגם 'מע' בחרו לדווח על התנסות אישית הקשורה לסקרנות ולמעשה העידו על עצמם שהסקרנות מניעה אותם, שכן הסקרנות גוברת במיוחד כאשר מקבלים תוצאות לא צפויות. נראה שתוצאות לא צפויות מזינות את להט הסקרנות. תלמיד סקרן פחות הזקוק למסגרת ברורה וידועה מראש, יעדיף לבחור במודל 'ממ'. לתלמיד הפחות סקרן נוח להתחיל תהליך של חקר פתוח, כאשר מערך החקר ידוע לו מראש. יהיה אשר יהיה המודל אשר לפיו יבחר התלמיד לפעול, כל המודלים מדגישים חשיבה לוגית. בכל מודל ניתנת חשיבות לקיומן של מספר שאלות חקר העוסקות בתופעה מסוימת ולקשר הלוגי בין השאלות.

מאחר ובלב תהליך החקר מצויה מיומנות שאלות, חשוב מאד לפתח מיומנות זו אצל תלמידים (Main and Eggen, 1991; MacKenzie, 2001). Minstrell and Van Zee (2000) טענו כי "תלמידים צריכים לדעת לשאול שאלות על תופעה, ולדון בה. תהליך חקר גורם למוטיבציה אצל תלמידים כאשר הוא מאתגר אותם, והתלמיד צריך לקחת סיכון מחשבתי כדי להתמודד איתו" (עמוד 472). על בסיס דברים אילו

אנו מציעים כי כדאי לעודד תלמידים להתמודד עם מערכי חקר שבהם גדולה האי ודאות כמו 'מע' ו-'מעל'. תלמידים סקרנים יטו לפעול על פיהם באופן יותר ספונטני. ניתן לעודד תלמידים סקרנים פחות על ידי הכוונה לבצע למידת חקר בהתאם למודל 'ממל'. במקרה זה ישאלו התלמידים שתי שאלות שניבו תוצאות ודיון. התוצאות והדיון עשויים להוות תשתית מקנה ביטחון שעל בסיסה ניתן לעודד את התלמיד לשאול שאלה חדשה שנובעת מהתוצאות שבידו. כמו כן, חשוב שהמורה ישים דגש על התמודדות התלמיד עם תהליך החקר ולא על טיב התוצאה. מכאן עולה הצורך לחשיבה מחודשת על דרכי ההערכה של למידת חקר.

למידת חקר פתוחה היא אתגר גדול וקשה (Germann, Haskins, and Auls, 1996). הכוונה של התלמיד לפעול על פי אחד המודלים עשויה לסייע לתלמיד בהבנה של מהות תהליך החקר אותו הוא עומד לבצע, ובהבנה של מיקומן האסטרטגי של השאלות בתהליך החקר. תובנות כאילו עשויות להקל על התלמידים להגביר את ההבנה של מהותו של החקר הפתוח ועל ידי כך להקל את ההתמודדות עם ביצוע חקר פתוח. מחקר זה התבצע ברמה של חקר מקרה. חשוב לבדוק במחקר עיתי האם תלמידי בידוע מבינים כיצד נבנה ידע מדעי, והאם הם רכשו ידע מדעי חדש תוך כדי למידת החקר. מעניין יהיה לבחון בעתיד אם קיים מתאם בין המודל לפיו בוחרים תלמידים לבצע חקר פתוח לבין פיתוח מיומנויות חקר, והבנת מהות המדע. יתכן כי דווקא התלמידים הפחות סקרנים מטבעם שנוטים לבחור במודלים 'ממ' ו-'ממל', ישפרו באופן משמעותי את מיומנויות החקר שלהם ואת הבנת מהות המדע לאחר שיעודדו להשתמש במודלים 'מע' ו-'מעל'. יתכן מצד שני כי למידה על פי המודלים 'ממ' ו-'ממל', מספיקה בהחלט לפיתוח חשיבה מדעית ולו רק מתוקף העובדה כי לקשר הלוגי בין השאלות יש מקום של כבוד.

מקורות מידע



1. Anfara, V. A., Brown, K. M., & Mangino, T. L. (2002). Qualitative analysis on stage: Making the research process more public. *Educational Researcher*, **31**, 28-38.
2. Clark, R.W. (1971). Einstein: The life and times. New York: The World Publishing Company.
3. 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
4. Haury, D.L. (1993). Teaching science through inquiry. In L.E. Gronlund (Ed.), *Striving for excellence: The national education goals* (Vol. 2, pp. 71-77). Washington, DC: Educational Resources Information Center.
5. 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**, 551-578.
6. Kinchin I M (1999) Allelopathy: a neglected aspect of plant biology in schools. *School Science Review*, **80**(292), 87 – 92.
7. Mackenzie, A.H. (2001). The role of teacher stance when infusing inquiry questioning into middle school science classrooms. *School Science and Mathematics*, **101**, 143-153.

8. Main, J. & Eggen, P. (1991). *Developing Critical Thinking through Science*. Book Two. US: California.
9. National Science Board (1991). *Science and engineering indicators-1991*. Washington, DC: U.S. Government printing Office.
10. National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
11. Novak, A. (1964). Scientific inquiry. *Bioscience*, **14**, 25-28.
12. Ofer J (2000) Let's Go to the Ant - A Field Guide to the Ants of Israel. Jerusalem: Yovel-Ofer. In Hebrew
13. Pidgeon, N. (1996). Grounded theory: Theoretical background. In John T.R. Richardson (Ed.) *Handbook of Qualitative Research Methods*. Leicester: The British Psychological Society Books, 75-85.
14. Trowbridge, L.W. and Bybee, R.W. (1990). *Becoming a secondary school science teacher (5th)*. Columbus OH: Merrill Publishing Company.
15. Yen, C.F. and Hunang, S.C. (2001). Authentic learning about Tree Frogs by preservice biology teachers in open-inquiry research settings. *Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(D)*, **11**, 1-10.
16. 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 enables authentic inquiry learning. *Journal of Biological Education*, **38**, 59-67.
17. Zion, M., Slezak, M., Shapira, D., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., Orian, T., Nussinowitz, R., Court, D., Agrest, B., & Mendelovici, R. (2004b). Dynamic, open inquiry in biology learning. *Science Education*, **88**, 728-753.