

מס. מערכת:	002411937
סוג:	OFFPRINT
מחבר:	ציון מיכל
נותר:	הוראה ולמידה בדרך החקר [תדפיס] אתגר דינמי.
טקסט מלא:	<u>קישור למאמר</u>
הערה:	בתוך: משרד החינוך והתרבות ואוניברסיטת בר אילן. לקט עבודות ביוחקר של תלמידי ביולוגיה. אוניברסיטת בר אילן; 2012. ע' 4-13.
מרצה:	ציון מיכל (תדפיסים)
קורס:	מתודיקה להוראת הביולוגיה - תשע"ו

מספר: 2411937
תאריך: 2012
שם המרצה: ד"ר מיכל ציון
שם הקורס: תורת המשפט

2411937

הוראה ולמידה בדרך החקר - אתגר דינמי

ד"ר מיכל ציון¹

העידן הנוכחי של החינוך המדעי מתאפיין בשתי תמות חינוכיות המתוות את דרכו: **התאוריה הקונסטרוקטיביסטית, ואוריינות מדעית.**

1.1 התיאוריה הקונסטרוקטיביסטית התפתחה בסוף המאה העשרים. תאוריה זו מסבירה כי הלמידה מתבצעת תוך כדי תהליך של עשייה, בדרך של הבניית ידע ומיומנויות, על ידי קישור ידע קיים לידע ומיומנויות חדשים. הלומד פעיל ומגלה אחריות בתהליך הלמידה. תהליך הלמידה הקונסטרוקטיביסטי מתבסס על אינטראקציה (דו שיח והחלפת דעות) בין הלומד לבין הסביבה (מורה ועמיתים). התלמיד רוכש ידע כאשר הוא מתמודד עם בעיה או מתכנן דבר חדש. תהליך הלמידה מתרחש במצב של חוסר ודאות או דיסוננס קוגניטיבי.

על פי הגישה הקונסטרוקטיביסטית, תהליך הלמידה כולל שלושה חלקים עיקריים: קוגניטיבי, רגשי ומטה-קוגניטיבי.

- **הרכיב הקוגניטיבי** כולל למשל: מציאת ויצירת קשרים בין ידע קודם וידע חדש, יישום הידע וסיכום הידע החדש. נעשית לעתים אבחנה בין סוגים שונים של ידע: עובדות, מבנים, פרוצדורות, מושגים, עקרונות, שיטות, ויחסים. אבחנה חשובה נוספת היא בין ידע דקלרטיבי (לדעת מה) וידע פרוצדורלי (לדעת איך).
- **הרכיב הרגשי** כולל למשל: מציאת אתגרים; ביטחון עצמי; גאווה בתוצאות; פיתוח מערכת יעילה של גישות וערכים; הפקת הנאה מתהליך הלמידה; גיוס מוטיבציה עצמית ללמידת נושא חדש מאתגר.
- **הרכיב המטה-קוגניטיבי** כולל אלמנטים של בקרה על הקוגניציה: תכנון, ניהול תהליך, איתור ותיקון שגיאות, ניטור, והערכת תהליך הלמידה.

1.2 אוריינות מדעית

איגוד המדינות המתועשות סבור כי על מנת להתמודד בהצלחה עם אתגרי המאה ה-21, אדם חייב להיות "בר-אוריון" בנושאי מדע (בנוסף על אוריינות קריאה ומתמטיקה). ההגדרה אינה מחייבת את הבוגר של המחר בשליטה מעמיקה בנושאי מדע, אולם הוא צריך להיות מסוגל להפעיל שיקול דעת הנובע מחשיבה מדעית, המתייחסת לראיות ונתונים, בהם הוא נתקל בחיי יומיום, ובמהלך עיסוקיו. מכאן שאוריינות מדעית כוללת:

- ידע מדעי ושימוש בידע זה כדי לזהות שאלות, לרכוש ידע חדש, להסביר תופעה מדעית, להסיק מסקנות המבוססות על ראיות בהתייחס לנושאים הקשורים למדע.
- הבנה של התכונות האופייניות למדע כדרך ידיעה וחקר של בני אנוש.
- מודעות לאופן בו מדע וטכנולוגיה מעצבים את הסביבות החומריות, האינטלקטואליות והתרבותיות.
- נכונות להיות מעורבים כאזרחים רפלקטיביים בנושאים וברעיונות הקשורים למדע.

ההוראה בדרך החקר קשורה באופן ישיר לשתי תמות מרכזיות אלו, ולכן מהווה ציר מרכזי בהוראת המדעים מזה עשרות שנים. במאמר זה אסקור את המרכיבים המגוונים של מערך ההוראה בדרך החקר. אציג את דרך קישורם של המרכיבים ללמידה קונסטרוקטיביסטית ולאוריינות מדעית ואציין את האתגרים העומדים בפני אנשי החינוך. תחום הדעת שילווה מאמר זה הוא תחום הביולוגיה משום

¹ ראש אקדמי של המרכז לפיתוח ותמיכה במעבדות בתי הספר, ראש המגמה להוראת המדעים, ראש המסלול להכשרת מורים לביולוגיה, ביה"ס לחינוך, אוניברסיטת בר אילן.

שנה: 2012 תדפיס 4

שם המרצה: מיכל ציון

שם הקורס: תורת המשפט

היותו חלוץ בתחום ההוראה בדרך החקר ברמה העולמית וברמה הישראלית (דריפוס, 2007; לזרוביץ ולזרוביץ, 2007; תמיר, 2007).

1. חקר, מהות המדע, והשיטה המדעית

המונח חקר נטבע על ידי דיואי. דיואי טען כי תהליך החקר הוא תהליך של מחקר בסיטואציה לימודית. דיואי טען כי בתהליך החקר, הבלתי ידוע הופך באופן מבוקר ומכוון לשלמות אחידה וברורה על ידי ארבעה שלבים: תחושת בעיה, הגדרת בעיה, חיפוש פתרון ומציאת פתרון. תמיר (2007) מפרט בסקירתו לעומק את התפתחות מושג החקר בחינוך המדעי. בסקירה זו ניתן מקום של כבוד לשוואב, אשר בניגוד לדיואי טען כי בהוראה בדרך החקר יש לכלול בנוסף את הספקות והאי שלמות, ואת השתנותם הדינמית של המחקר והידע המדעי. לדעתו של שוואב יש לפתח אצל התלמיד את תפיסת המדע כחקר על ידי ביצוע של תהליך חקר באופן מעשי וכן על ידי ניתוח של מחקרים מקוריים. ניתן לסכם את מעלותיה של למידה בדרך החקר ברוח שוואב על פי הנקודות הבאות:

- הלמידה מאפשרת לתלמיד להתנסות בחיפוש והגדרת בעיה
 - הלמידה מאפשרת לתלמיד להתמודד עם תהליך החקר: שאלת שאלה, תכנון דרך פתרון, איסוף נתונים ועיבודם, והסקת מסקנות.
 - פיתוח עמדות חיוביות כלפי המדע
 - ביטוי של סקרנות, יצירתיות ומקוריות.
 - הבנה של מהות המדע.
- לפי לדרמן וחובריו (Lederman et al., 2002), ישנם כמה מאפיינים של מהות המדע שיש להדגיש בחינוך מדעי:

- ידע מדעי הוא אמין וגם וארעי/דינמי.
 - לא קיימת שיטה מדעית אחת ויחידה, אבל יש מאפיינים משותפים לגישות מדעיות למדע, כמו הסברים מדעיים הנתמכים על ידי עדות אמפירית, וניתנים לבדיקה בעולם הטבעי.
 - יש להבחין בין תופעות בטבע ובין מסקנות מדעיות המסבירות אותן.
 - ליצירתיות תפקיד בהתפתחות של ידע מדעי.
 - יש מערכת יחסים בין תאוריות וחוקים.
 - אף על פי שמדע אמור להיות אובייקטיבי, יש תמיד אלמנט של סובייקטיביות בהתפתחות של ידע מדעי. זאת משום שידע מדעי הוא תוצר של פעילות חשיבתית ופעילות טכנית של האדם.
 - לחברה ולהקשרים תרבותיים יש תפקיד בהתפתחות של ידע והבנה מדעיים.
- דריבר וחובריו (Driver et al., 1996), ציינו ותיארו חמישה יתרונות אפשריים לתלמידים אשר מגלים הבנה של מהות המדע: (1) הבנת תהליך המחקר המדעי (2) קבלת החלטות מושכלות בנושאים של מדע וחברה (3) הערכת מדע כאלמנט מרכזי של תרבות מודרנית (4) מודעותה של הקהילה המדעית לנורמות (5) לימוד מעמיק של תכנים מדעיים. מאות מחקרים חינוכיים מנסים למצוא דרכי הוראת חקר, אשר יגבירו את הבנת מהות המדע אצל מורים, ותלמידים. האתגר עוד רב. אתיחס לכך לקראת סוף המאמר.

השיטה המדעית היא שם כולל לטכניקות המשמשות לחקר תופעות, צבירת ידע חדש, או תיקון ושילוב של ידע קודם. כיווני החשיבה המאפשרים להכריע בין רעיונות ותפישות שונות כוללים, אמצעים ושיטות מדידה וגם כלים מחשבתיים של היקש לוגי. הלוגיקנים מאריסטו ועד ימינו עוסקים עדיין באותו נושא, כלומר בחקר תקפותם של כיווני החשיבה. כיווני החשיבה, בעיקרם, מתחלקים לדוקטיביים ואינדוקטיביים. דדוקציה היא הסקת מסקנות מן הכלל אל הפרט. זאת בניגוד לאינדוקציה בה המסקנות מתקבלות מן הפרט אל הכלל.

דדוקציה – הסבר מהכלל אל הפרט. הסקה הנגזרת מתיאוריה, מהתיאוריה גוזרים טענות ספציפיות – השערות. בהמשך יבחנו השערות אלו על ידי תצפיות מבוקרות או ניסויים, ואז מקבלים מסקנה לגבי אישוש/הפרכת ההשערה. בדדוקציה נובעות המסקנות בהכרח מהנחות היסוד של הטיעון. באופן כללי ניתן לומר שבדדוקציה משתמשים בהנחות יסוד ועקרונות כלליים על מנת לגזור מהם

מסקנות פרטיות. חקר דדוקטיבי כולל עיסוק במשתנה בלתי תלוי ומשתנה תלוי, בקשרים ביניהם או בהשפעה של המשתנה הבלתי תלוי על התלוי. אינדוקציה – הסקה מן הפרט אל הכלל. מתוך מספר תצפיות מנסחים טענה כללית הנוגעת לרוב רובם של המקרים. חשוב לזכור שההסקה האינדוקטיבית היא ברמת בטחון מסוימת ולא מוחלטת, שכן היא נגזרת ממספר סופי של תצפיות. החוקר האינדוקטיבי מנסה לראות תבניות ודגמים. חקר אינדוקטיבי מתמקד בשאלות אפיון.

בתהליך חקר יכולים להתבצע שני כיווני החשיבה. פעמים רבות מהווה כיוון החשיבה האינדוקטיבי ומסקנותיו, בסיס לכיוון החשיבה הדדוקטיבי.

2. טיפוסים הוראה אודות חקר ובדרך החקר

אפשר להבין את המונח חקר בשני אופנים: תהליך למידה והוראה שבו המדע מוצג כתהליך חקר (אודות החקר), או התנסות מעשית בתהליך חקר (דרך החקר).

2.1 אודות החקר- הצגת המדע כתהליך חקר יכולה להתבצע בשלושה אופנים:

- במהלך לימוד נושא מסוים, נעזרים בניסויי מפתח מההיסטוריה של המדע. המורים והתלמידים דנים בבעיות שנחקרו, בניסויים שבוצעו, בתוצאות שהתקבלו, במסקנות שניתן להסיק מהתוצאות ובהפיכתן לידע מדעי. בהוראת הביולוגיה משולבות דוגמאות שכאלו בספרי הלימוד וכן מוצגות כקטעי אנסין.
- בעזרת 'הזמנה לחקר' מוצגים לתלמידים מחקרים ממשיים שנעשו, והתלמידים משתתפים באופן פעיל בזיהוי והגדרת הבעיה, בניסוח ההשערות, בתכנון הניסוי, בניתוח הנתונים והסקת המסקנות.
- הוראה באמצעות "ספרות ראשונית מעובדת". שיטה זו פותחה על ידי ענת ירדן, גילת בריל והדה פאלק (2001). השיטה מתבססת על מאמרים שתורגמו מתוך הספרות המקצועית, המציגים מחקרים מהבולטים והמשמעותיים שבוצעו בתחום. עיבוד המאמרים מקל את הבנתם על ידי התלמידים, מבלי לפגום במבנה ובשפת הדיווח האופייניים למאמרי מחקר. מאמרי המחקר הם כלי הדיווח הראשוני והבלתי אמצעי של העשייה המדעית. הם משמשים את החוקרים לפרסום תוצאות של מחקריהם, ומאופיינים על ידי מבנה לוגי קבוע המשחזר, לכאורה, את רצף השלבים של 'השיטה המדעית'. השימוש בספרות ראשונית מעובדת מעודד אינטגרציה של ידע, אינטגרציה של חשיבה הנעשית בשלבים שונים של תהליך החקר, מפתח אוריינות מדעית, ועוזר לתלמידים לתפוס את טיבו של המדע (Baram-Tsabari & Yarden, 2005; Brill, Falk, & Yarden, 2004; Yarden, Brill, & Falk, 2001).

2.2 התנסות מעשית בתהליך חקר

לימוד מבוסס חקר יכול להקיף טווח רחב של גישות הנעות ברצף בין חקר מובנה וחקר פתוח (NRC, 1996,2000). המפתח לחלוקה של רמות אלו נעוץ במידת העצמאות של התלמיד, באופי ההנחיה/הוראה של המורה ובזיהוי של שואל שאלת החקר.

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 שמתקבלת התוצאה הרצויה. בתהליך זה מוצג הניסוי כמאשר של תיאוריה במקום כאמצעי לפיתוח מודלים. גישת הוראה זו מובילה תלמידים לתפיסת המדע כאוסף של עובדות ועקרונות, במקום ישות שיש לבחון באופן ביקורתי.

חקר מונחה (Guided inquiry), שבו המורה מסייע לתלמיד בתהליך החקר. המורה בוחר בשאלת החקר שתוצאותיה אינן ברורות מראש. המורה מנסח השערה על בסיס תאוריה אשר ניתנת לאישוש או להפרכה. אין במקרה זה תוצאה רצויה מראש. המורה נותן הנחיות עבודה לביצוע הניסוי או

התצפית. התלמיד מגלה עצמאות המלווה בהכוננת המורה בשלב עיבוד הנתונים ובשלב בהסקת המסקנות.

חקר משולב (Coupled inquiry), מהווה דרגת ביניים שבין החקר המונחה והפתוח. המורה נותנת לתלמיד לבחור את שאלת החקר ודרך העבודה מתוך מאגר מוכן מראש של שאלות ושיטות עבודה.

חקר פתוח (Open inquiry) הינו תהליך חקר בו התלמיד נמצא במרכז הלמידה. זהו תהליך לימודי מבוסס חקר, שהינו המורכב ביותר. בתהליך זה, מספק המורה את מסגרת הידע בלבד, ומאפשר לתלמידים לבחור מגוון רחב של שאלות חקר וגישות על פי בחירתם. התלמיד שואל את שאלת החקר והוא מחליט על דרכי החקר, עד לסיום התהליך. למעשה, כאן חווה התלמיד עבודת חקר ממשית. עצם העלאת שאלת החקר באופן עצמאי, הוא המפתח לחקר הפתוח. זוהי רמת החקר שבה רמת האי ודאות היא הגבוהה ביותר. המורה מלווה את התלמיד בכל השלבים ומסייע לתלמיד בקבלת ההחלטות הקשורות לשלבי החקר השונים.

לתוכנית הבידוע יש רציונל של תהליך חקר פתוח. מחקר פעולה שהתבצע על תכנית הבידוע אפיין כי תהליך חקר פתוח ודינמי מאופיין על ידי 4 קריטריונים (Zion et al., 2004):

- **שינויים המתרחשים במהלך החקר** – ממצאים נוספים מהספרות, תנאי השטח או תשובה לשאלת החקר, משנים את כיוון החשיבה ואת מהלך החקר; רעיונות יצירתיים חדשים המועלים משנים את שאלת החקר; בעיות טכניות דורשות הצעות מעשיות ורעיונות יצירתיים, המשנים את מהלך החקר.
- **למידה תהליכית** – חיפוש ואיסוף מידע מתרחשים לכל אורך תהליך החקר; תכנון הליך החקר מותאם לשאלות החקר; מתבצע תיעוד מהלך תהליך החקר.
- **הבנה פרוצדוראלית** – בתהליך החקר מושם דגש על הבנה של: בקרת משתנים, חזרות, ושימוש בסטטיסטיקה; שימוש בפרוצדורות ניסיוניות שונות לאותה שאלת חקר. הבנות אלה מדגישות אלמנטים המעודדים את הבנת הגישה המדעית.
- **מעורבות רגשית** – סקרנות, אכזבות, הפתעות, גילוי יוזמה של התלמיד וגם של המורה, התמדה והתעקשות, התמודדות עם תוצאות בלתי צפויות.

מאפיינים אילו של החקר הדינמי נמצאים בהתאמה עם המאפיינים של מהות מדע. שני המאפיינים הראשונים של החקר הדינמי מתאימים למאפיין של ארעיות הידע המדעי, המאפיין השלישי נמצא בהתאמה לרעיון שידע מדעי הוא אמפירי. המאפיינים הראשון והרביעי נמצאים בהתאמה לרעיון שידע מדעי הוא בחלקו תוצר של דמיון ויצירתיות אנושית.

שדה (2008) בדקה חמישה סוגי ידע העשויים להתפתח תוך כדי למידת חקר. 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; ידע לוגי המתייחס להבנת קשרים, סיבות ותוצאות ופתרון בעיות (Farnham-Diggory, 1994). שדה (2008) מצאה כי תלמידים הלומדים בשיטות החקר המונחה והפתוח משפרים את רמת הידע שלהם בכל סוגי הידע. לגבי הידע הפרוצדורלי והידע הלוגי השיפור אצל תלמידי החקר הפתוח היה גבוה יותר באופן מובהק לעומת השיפור אצל תלמידי החקר המונחה. כמו כן מצאו שדה וציון (נשלח לדפוס) כי תלמידי החקר הפתוח חשו סיפוק רב יותר מתהליך החקר שהם עברו. יורדן וחבוריה מצאו כי תלמידים שבצעו חקר פתוח היו יצירתיים יותר, השקיעו זמן רב יותר בדיונים ובשיפוצים תוך כדי התהליך, ובמיוחד מעניין, היו ממוקדים במשימה ולא התפזרו במחשבה לכיוונים שאינם רלוונטים (Jordan et al., 2011).

3. מיומנויות חקר

תמיר (2007) מפרט רשימה של מיומנויות אותן ניתן לפתח כאשר לומדים מדע בדרך החקר. כמו למשל: זיהוי וניסוח בעיה, ניסוח השערה, תכנון וביצוע ניסוי, סינתזה של הידע שנאסף בחקירה. כמו

כן, מפרט תמיר תכונות ועמדות אופייניות העשויות להתפתח בעת למידה בדרך החקר: סקרנות, פתיחות, מציאותיות, נכונות להסתכן, אובייקטיביות, דיוק ודייקנות, יחס של כבוד לתיאוריות ומודלים, אחריות, שיתוף פעולה בין חברי צוות.

לאחר אפיון תהליך החקר הדינמי נוספו מיומנויות של חקר דינמי לרשימת המיומנויות הניתנות לבדיקה. שדה וציון (2009) בנו אינדקס לכימות ביצועי חקר דינמי של תלמידים. בעזרת האינדקס הושו ביצועי חקר דינמי בין תלמידים שבצעו חקר מונחה לתלמידים שבצעו חקר פתוח. נמצא כי תלמידי החקר הפתוח הראו רמות גבוהות יותר, באופן מובהק של שניים מארבעת הקריטריונים: שינויים המתרחשים במהלך החקר והבנה פרוצדוראלית של התהליך. בשני הקריטריונים האחרים, למידה תהליכית והיבטים אפקטיביים לא היה הבדל מובהק בין הקבוצות. מכאן ניתן להסיק כי, בכדי שהתלמיד יבין טוב יותר את האופי הדינמי והמהימנות של תהליך החקר יש יתרון לחקר פתוח. מחקרן של שדה וציון הציע כי יש לשפר את הבנת התלמידים לגבי תהליך החקר שהם עוברים על ידי פיתוח מודעות מטה-קוגניטיבית לאורך תהליך החקר (Sadeh & Zion, 2009).

3.1 שאלת שאלה

מאחר ובלב תהליך החקר מצויה מיומנות שאלת שאלות, חשוב מאד לפתח מיומנות זו אצל תלמידים (Main & Eggen, 1991; MacKenzie, 2001). Van Zee - ו- Minstrell (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). הוצעו שני סוגי קישורים לוגים בין שאלות

המודל העוקב דורש מהתלמידים לשאול שאלות חקר אחת בתחילת תהליך החקר. בהסתמך על התוצאות המתקבלות משאלת החקר הראשונה תשאֵל השאלה השנייה. בהמשך, על בסיס תוצאות השאלה השנייה תשאֵל השאלה השלישית וכך הלאה. מודל נוסף הוא המודל המקביל. על פי המודל המקביל שואל התלמיד את שאלות החקר בתחילת תהליך החקר. התוצאות שיתקבלו מכל אחת משהשאלות המקבילות, יתמכו מדעית זו בזו. ניתן כמובן לשלב בין שני המודלים, בהתאם למספר שאלות החקר הנשאלות בתהליך החקר. 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 שאלת שאלות" (Rop, 2003, p. 17). אבל כמו שרופ (2003) הדגיש: "מבחן טוב לתוכנית לימודים מודרנית הוא האם תלמידים מבינים כיצד ידע גדל מתוך שאלת שאלות....המבחן האמיתי הוא לפתח רוח של סקרנות מחשבתית וחשיבת חקר התומכת בה" (Rop, 2003, p.32).

ציון ושדה מצאו כי תלמידים סקרנים מטבעם בנו מערך מחקר עם קשר עוקב בין השאלות, או קשר עוקב בתחילת תהליך החקר ואחריו קשר מקביל. תלמידים סקרנים פחות מתחילים את תהליך החקר שלהם עם קשר לוגי מקביל בין שאלות החקר (Zion & Sadeh, 2007).

4.2 סוגי הסברים

במהלך תהליך חקר יש צורך לתת הסברים לתופעות הן באופן כמותי והן באופן איכותי. ההסברים גם אמורים להתבסס על טיעונים לוגיים וחשיבה לוגית. הסבר מדעי צריך לכלול עדויות, נימוקים, טיעונים, קשר בין סיבה לתוצאה, קשר בין המשתנים הנחקרים, וכמובן הבנה של הרעיונות המרכזיים בביולוגיה, והתכנים הביולוגיים הקשורים לנושא הנחקר.

דריבר (Driver et al., 1996) דברה על שלוש צורות חשיבה במתן הסבר: חשיבה מבוססת על תופעה שהיא הפשוטה יותר, חשיבה מבוססת קשרים, וחשיבה מבוססת מודל, שהיא המורכבת ביותר.

בהסבר המתבסס על חשיבה מבוססת תופעה מתבצע תיאור של התופעה. האבחנה בין תיאור התופעה ובין הסבר התופעה לא תמיד ברורה.

הסבר המבוסס על קשרים כולל קשרים סיבתיים, קשרים בין מרכיבים של תופעה ובין משתנים שונים אפשריים, שאותם בחר החוקר לחקור.

בחיבה המבוססת על מודל, ההסבר מתבסס על תהליך חשיבה דדוקטיבי, אשר בבסיסו מצויה תיאוריה.

למרות שרמת המורכבות שונה בין צורות ההסבר הללו ויש היררכיה ביניהן, על פי דריבר, יש חשיבות לכל אחת מצורות ההסבר. פקר וואלך (2011) מצאו כי תלמידי ביולוגיה בכתה י' נוטים בדרך כלל לתת הסברים הכוללים חשיבה מבוססת תופעה, והסבר מבוסס על הקשרים, אך לא הסבר מבוסס על תיאוריה, ועל חשיבה דדוקטיבית (Peker, D. & Wallace, 2011).

4. מטה-קוגניציה וחקר

מטה-קוגניציה מתייחסת לידע של האדם ולוויסות ולשליטה של האדם על התהליכים ועל התוצרים של המערכת הקוגניטיבית שלו עצמו (Flavell, 1976). המונח מודעות מטה-קוגניטיבית מציין את היכולת של הפרט להבין ולבקר את תהליכי הלמידה של עצמו (Schraw & Dennison, 1994). מודעות מטה-קוגניטיבית של אדם היא יכולתו של האדם להיות מודע לדרך בה הוא לומד, רוכש ידע, פותר בעיות, או מפעיל פעילות קוגניטיבית אחרת, והיכולת שלו לבקר ולנתב (control and monitor) את התהליכים הקוגניטיביים אותם הוא עצמו מפעיל. כל זאת, לרבות התייחסות לאסטרטגיות אותן מפעיל האדם בכל שלבי פתרון בעיות: לפני הפתרון (כגון: תכנון), בעת הפתרון, ובתום הפתרון בהתבוננות "אחורה" על הפתרון ותהליך הפתרון. קימת הסכמה רחבה בין חוקרים לגבי הבחנה בסיסית של המודעות המטה-קוגניטיבית לשני מרכיבים: ידע על הקוגניציה ובקרה על הקוגניציה (Flavell, 1976; Jacobs & Paris, 1987; Schraw & Dennison, 1994). הבקרה על הקוגניציה, הנדרשת לוויסות עצמי של תהליכי חשיבה ובקרה, כוללת את המיומנויות הבאות (על פי Schraw & Dennison, 1994):

- תכנון (הצבת מטרת ואיתור משאבים),
 - ניהול תהליך (רצפי פעולה, ארגון, מיקוד),
 - ניטור (הערכת פעילות תוך כדי תהליך),
 - ניפוי שגיאות,
 - והערכה מסכמת.
- הידע על הקוגניציה (על פי Schraw & Dennison, 1994) כולל שלושה מרכיבים:
- ידע דקלרטיבי ("מה"),
 - ידע פרוצדורלי ("איך"),
 - ידע מותנה ("מתי" ו"מדוע").

מחקרים העוסקים בקשר שבין מטה-קוגניציה להישגים לימודיים מראים באופן עקבי כי התוצאות הלימודיות משתפרות ככל שמתרחשים תהליכי חשיבה מטה-קוגניטיביים רבים יותר במהלך הלמידה. טענה זו נתמכת ע"י מחקרים בתחומי תוכן שונים, כולל לגבי מיומנויות חקר מדעי (Delcos & Harrington, 1991; Kaberman & Dori, 2009; Kramarski, Mevarech, & Arami, 2002; Saar & Dori, 2007; Schraw, Crippen & Hartle, 2006; White & Frederiksen, 1998; Zion, Michalsky, & Mevarech, 2005; Zohar, & Ben-David 2008; Zohar & Dori, 2012) חשיבות המודעות המטה-קוגניטיבית עולה ככל שתהליך החקר נעשה מורכב יותר אל עבר החקר הפתוח.

תכנון: ככל שהתלמיד נדרש לקחת חלק פעיל בשלבים שונים של תהליך החקר, ובמיוחד בשלב תכנון החקר, הרי הוא צריך להתמודד עם סוגיות של העמדת מערכת מחקרית. פעילות שכזו דורשת להציב מטרות, לאתר משאבים ולבחון את ההלימה ביניהם.

ניהול תהליך: ככל שהתלמיד הינו שותף בניהול תהליך החקר והוא מתפקד כלומד עצמאי, הרי הוא נדרש לשלוט באופן מטה-קוגניטיבי על ניהול התהליך ולשים לב אם דרכי הפעולה שהוא נוקט בהן מובילות אותו ליעד הרצוי.

ניטור: לאורך תהליך של חקר פתוח נדרש התלמיד לעצור בנקודות צומת חשובות, כמו למשל, בעת קבלת התוצאות ולחשוב: האם התוצאות מראות שהניסוי הצליח? האם הניסוי נמצא בהלימה

לשאלות החקר? האם טכניקת הניסוי מתאימה לבדיקת המשתנים או שיש לשנות אותה? האם לאור קבלת התוצאות של שאלת החקר הראשונה, יש לשנות כיוון או להמשיך בכיוון המתוכנן?
ניפוי שגיאות: בתהליך חקר מונחה, משולב ובוודאי פתוח תוצאות החקר אינן ידועות מראש לתלמיד וגם למורה. יחד עם זאת, לאחר קבלת התוצאות ובעת העמדת מערכת הניסוי, על התלמיד להתייחס בכובד ראש למהימנות התוצאות ולתקן את מערך החקר לפי הצורך. כמו כן, גם תהליך עיבוד התוצאות והצגתן דורש הגהה ותיקון שגיאות כדי לעמוד בסטנדרטים של הצגה מדעית.
הערכה: הערכה מסכמת של תהליך החקר דרושה כחלק מתהליך הפקת לקחים לקראת אתגר אחר איתו יתנסה התלמיד בעתיד.

באשר לרכיבים של הידע על הקוגניציה. רכיבים אלו חשובים מאד בכל שלבי החקר, זאת משום שללא ידע דקלרטיבי, פרוצדורלי ומותנה של התלמיד על התהליך שהוא עובר, הרי פעילותו של התלמיד תדמה לפעילות של בובה המבצעת הוראות. סביר להניח כי ללא ידע על הקוגניציה לא תוכל להתרחש בקרה על הקוגניציה.
מודעות מטה-קוגניטיבית דורשת שחזור של הפעולות ע"י הלומד. תיעוד תהליך החקר עשוי לסייע מאד לשיפור המודעות המטה-קוגניטיבית של התלמיד.

5. למידת עמיתים

תהליך חקר מדמה תהליך של מחקר מדעי. המתבונן ברשימת פרסי נובל בתחומי המדעים יכול להבחין כי בשנים האחרונות גדל נתח הזכייה של עמיתים ששיתפו פעולה ביניהם, כאשר כל אחד מהם הביא למחקר פורץ הדרך את תחום התמחותו וזווית ראייתו. גם בתחום הלמידה, יודעים אנשי חינוך כי ללמידת עמיתים יתרונות רבים. נמצא כי למידת עמיתים מעלה את הטווח הפוטנציאלי שיש לתלמיד ללמידה (Boyer & Roth, 2006) (Zone of proximal development).

למידת עמיתים מאפשרת קיומם של תהליכי בקרה וניטור בתוך הקבוצה בצורה לא מאיימת, המצמיחה את הלומד. במהלכה של למידת עמיתים מובעות דעות שונות, וכל תלמיד תורם לקבוצה את הידע שלו ויכולות החשיבה שלו. כתוצאה מכך נבנה ידע חדש באופן סינרגיסטי. במהלך למידת עמיתים עולים לדיון קונפליקטים ופתרונם, וכן באים לידי ביטוי תלמידים בעלי יכולות למידה שונות (חלשים וחזקים) (Rozenzayn & Assaraf, 2011).

על פי אסרף ורוזנשיין (Rozenzayn & Assaraf, 2011) ישנם מספר אלמנטים שצריכים לבוא לידי ביטוי במהלך למידת עמיתים העוסקים בחקר:

1. תלות הדדית בין חברי הקבוצה. כל אחד מחברי הקבוצה יודע כי הצלחת הקבוצה תלויה בכל אחד ואחד מחברי הקבוצה
2. אחריות של כל חברי הקבוצה להתגבר על קשיים ומכשולים
3. תרומה של כל אחד מחברי הקבוצה ליצירת ידע חדש שהוא תוצר ייחודי לקבוצה
4. חברי הקבוצה צריכים להביא לידי ביטוי כישורים חברתיים
5. יש להגדיר מראש את דרכי הפעולה החברתיות בתוך הקבוצה שיביאו להצלחת תהליך החקר.

מחקרים רבים הראו כי למידת עמיתים מקדמת מיומנויות חקר (Hofstein, Shore, & Kipnis, 2004; Wu & Hsieh, 2006). דיונים בתוך קבוצת העמיתים מאפשרים להבהיר דברים, ולהחזין תהליכי חשיבה. עובדה זו מקלה על תהליכי חשיבה מטה-קוגניטיבים. כמו כן, נמצא שלמידה שיתופית מגבירה את המוטיבציה והחשיבה הביקורתית של התלמידים (Smith, 2000), ומאפשרת לתלמידים לרכוש כישורים חברתיים וריגושיים (Sowell et al., 2007).

6. תרומת התקשוב

הקידמה המודרנית בתחום הטכנולוגיה הדיגיטלית והתפוצה הרחבה של שימוש במחשבים אישיים בבית ובבית הספר שינתה את סביבות הלמידה ודרכי הלמידה, ותרמה רבות לאופיין הקונסטרוקטיביסטי. טכנולוגיית המחשב אפשרה שימוש בתוכנות לעיבוד תמלילים, עיבוד והצגת

נתונים באופן דיגיטלי. בהקשר ללמידת חקר, ניתן לאסוף נתונים, לעבדם ולהציגם בדרכים ברורות, מתוחכמות ומזמנות יותר. מהפיכת התקשוב פתחה את גבולות הכיתה, ואפשרה להוראה וללמידת החקר לפרוס כנפיים. ידע ותאוריות נעשים זמינים כבסיס תאורטי לחקר. מאגר רעיונות לפרוצדורות של חקר נעשה זמין והגדיל את מגוון האפשרויות של תהליך החקר. בעזרת התקשוב ניתן לבצע סימולציות ויזואליות לניסויים שאותם לא ניתן לבצע בתנאי מעבדת בית ספר, וכן לבצע חקר עיוני. בעזרת קבוצות דיון באינטרנט ניתן לפתוח את גבולות הכיתה (Lim, 2004). תלמידים יכולים לבצע תהליכי חקר בעזרת עמיתים ממקומות רחוקים. תלמידים יכולים להתייעץ עם המורים שלהם באופן זמין ורציף, עם העמיתים שלהם לפרויקט, עם עמיתים מקבוצות אחרות או כיתות אחרות ועם מורים ומומחים זרים. המללת הדיונים בקבוצות הדיון, והדיונים הא-סינכרוניים שנתנים זמן לתגובה וחשיבה, תורמים לפיתוח מודעות מטה-קוגניטיבית של תלמידים (Zion, Michalsky, & Mevarech, 2005).

7. תפקיד המורה

גישת החקר הפתוח, בהשוואה לחקר המובנה והמונחה, דורשת מהתלמיד ומהמורה תפקידים ואחריות חדשים. משימה מאתגרת למורים הוא המעבר ממורים המכוונים את תלמידיהם בחקר מובנה למורים מנחים בחקר פתוח. מעבר זה דורש גמישות מצד שני הצדדים – המורים והתלמידים. מסיבה זו למורים יש תפקיד קריטי ביישום למידה המבוססת על חקר, במיוחד במקרה של חקר פתוח. תפקיד זה כולל הכוונה, מיקוד, עידוד ואיתגור התלמידים לעסוק בסוג זה של פעילות. מתוך מחקרים רבים עולה, שמורים למדעים נתקלים בקשיים רבים ביישום ההוראה בגישת החקר הפתוח (Bybee et al., 2001). היעדר ניסיונם של המורים בחקר מדעי אמיתי יוצר אצלם תפיסה סטטית של המדע, ובדרך כלל גורם לקשיים בשימוש בהוראה בדרך החקר בכיתותיהם. למורים אלה תפיסות נאיביות ולא פורמאליות לגבי חקר ולגבי החקר בכיתה (Anderson, 2007; Windschitl, 2004). מכאן שלליבת התפיסה של מורים לגבי ההוראה (דעותיהם על מדע, מטרות החינוך, יכולות של תלמידים, ודרכי הוראה יעילות) יש השפעה על מידת קבלתם את ההוראה בדרך החקר. המורים צריכים לעודד אצל התלמידים חשיבה עצמאית ולתמוך בהרחבת יכולת התלמידים לקבל את החקר. קרפורד מציעה כי מורים המלמדים בגישת החקר צריכים להיות בעלי מספר תפקידים: מנחה, מדרבן, מעלה מוטיבציה, מאבחן מצבים, יוזם, מעצב, חוקר, מאמן, שותף (Crawford, 2000). מחסור בידע תכני ותהליכי של המורים, מחייב מערכת תמיכה אקדמית למורים וקורסים להתפתחות מקצועית. כל זאת, כדי לעזור למורי המדעים להבין שמדע הוא תחום דעת המדגיש אי ודאות, חדשנות והתלבטות אנושית.

8. האתגר לעתיד

אין עוררין לגבי החינוכיות הרבה שיש בעידן הקונסטרוקטיביסטי ללמידה בדרך החקר לפיתוח אזרח אורייני מדעי, בעל חשיבה ביקורתית, לוגית ויצירתית. כמו כן, אין עוררין לגבי היתרון שיש בהתנסות בתהליך חקר בסביבה מוגנת כמו בית הספר, כהכנה לאורח החיים המודרני המאופיין, בדינמיות, יזמות, עבודת צוות וחשיבה מטה-קוגניטיבית. מכאן נגזר האתגר לעתיד: שכלול הוראת החקר כך שתדגיש אלמנטים אלו ואת ההתנסות באופן הדרגתי בכל רמות החקר. שכלול למידת החקר תיתרם משכלול הוראת החקר. שכלול הוראת החקר תיתרם מקיומו של מערך תמיכה המשכי ארוך טווח למורים. כמו כן, יש לדאוג לקיומם של זרזים אשר יכו גלים מדי פעם וישמרו את חדות היצירה. זרזים עשויים להיות: תחרויות יזומות, מפגשי תלמידים מבתי ספר שונים והצגת תוצרים, עדכון דרישות תכנית הלימודים בהתאם למשובים משדה ההוראה ולתוצאות מחקרים, כנסי מורים, ופגישות עם עמיתים ממדינות אחרות. האתגר צריך להישאר דינמי – אתגר שאינו קופא על שמריו.

רשימת ספרות

- דרייפוס, ע. (2007). 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.
- לזרוביץ, ר. והרץ-לזרוביץ, ר. (2007). 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.
- שדה, א. (2008). 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, אוניברסיטת בר אילן, רמת גן.
- תמיר, פ. (2007). החקר בהוראת המדעים והשתקפותו בהוראת הביולוגיה בישראל. בתוך ע. זוהר (עורכת), *למידה בדרך החקר: אתגר מתמשך* (עמ' 15-56). ירושלים. הוצאת ספרים ע"ש י"ל מאגנס, האוניברסיטה העברית.

- Anderson, A. (2003). Difficulties with inquiry in science classrooms. Paper presented at the meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Philadelphia, PA.
- Baram-Tsabari, A., & Yarden, A. (2005). Text genre as a factor in the formation of scientific literacy, *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 403-428.
- Boyer, L., & Roth, W.-M. (2006). Learning and teaching as emergent features of informal settings: An ethnographic study in an environmental action group. *Science Education*, 90, 1028-1049.
- Brill, G., Falk, H., & Yarden, A. (2004). The learning processes of two high-school biology students when reading primary literature, *International Journal of Science Education*, 26(4), 497-512.
- Bybee, R.W., & Loucks-Horsley, S. (2001). National science education standards as a catalyst for change: The essential role of professional development. In J. Rhoton and P. Bowers (Eds.) *Professional Development Planning and Design* (pp.1-12). Reston, VA: NSTA Press.
- Crawford, B.A. (2000). *Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers*. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916-937.
- Delcos V.R., & Harrington, C. (1991). Effects of strategy monitoring and proactive instruction on children's problem-solving performance. *Journal of Educational Psychology*, 83(1), 35-42.
- Driver, R, Leach, J. Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's image of science*. Buckingham, England: Open University Press.
- Farnham-Diggory, S. (1994). Paradigms of knowledge and instruction. *Review of Educational Research*, 64(3), 463 - 477.
- Flavell, J. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In Resnick L. (Ed.), *The nature of intelligence* (pp.231-236). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hofstein, A., Shore, R., & Kipnis, M. (2004). Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an open inquiry-type laboratory: a case study. *International Journal of Science Education*, 26(1), 47-62.
- Jacobs, J.E., & Paris, S.G. (1987). Children's metacognition about reading: Issues in definition, measurement, and instruction. *Educational Psychologist*, 22, 255 - 278.
- Jordan, R.C., M. Ruibal-Villasenor, Hmelo-Silver, C., & Etkina, E. (2011). Laboratory materials: Affordances or constraints. *Journal of Research in Science Teaching*. Online first available.

- Kaberman, Z., & Dori, Y.J. (2009). Metacognition in chemical education: question posing in the case-based computerized learning environment. *Instructional Science*, 37, 403-436.
- Kramarski, B., Mevarech, Z.R., & Arami, M. (2002). The effects of metacognitive instruction on solving mathematical authentic tasks. *Educational Studies in Mathematics*, 49, 225-250.
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of research in science teaching*, 39(6), 497-521.
- Lim, B-R. (2004). Challenges and issues in designing inquiry on the Web. *British Journal of Educational Technology*, 35(5), 627-643.
- 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.
- Main, J., & Eggen, P. (1991). *Developing Critical Thinking through Science*. Book Two. California: Null Critical Thinking Books and Software.
- 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.
- 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.
- Peker, D., & Wallace, C.S. (2011). Characterizing high school students written explanations in biology laboratories. *Research in Science Education*, 41 (2), 169-191.
- Rop, C.J. (2003). Spontaneous inquiry questions in high school chemistry classrooms: Perceptions of a group of motivated learners. *International Journal of Science Education*, 25, 13-33.
- Rozenszayn, R., & Assaraf, O.B.Z. (2011) When Collaborative Learning meets Nature: Collaborative learning as a meaningful Learning tool in the Ecology inquiry Based Project. *Research in Science Education*, 41, 123-146
- Saar, L., & Dori, Y.J. (2007). Emphasizing thinking skills and metacognition through reading chemical articles and inquiry-based experiments. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching (NARST), New Orleans, LA, USA.
- Sadeh, I., & Zion, M. (2009). The Development of Dynamic Inquiry Performances Within an Open Inquiry Setting: A Comparison to Guided Inquiry Setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (10), 1137-1160.
- Sadeh, I., & Zion, M. (in press). Which Type of Inquiry Project Do High School Biology Students Prefer: Open or Guided? *Research in Science Education*.
- Schraw, G., & Dennison, R.S. (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19, 460-475.
- Schraw, G., Crippen, K.J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36, 111-139.
- Smith, K.A. (2000). *Inquiry-Based Collaborative Learning*. Retrieved August 10, 2010 from http://www.nciia.org/proceed_01/Smith%20handouts.pdf
- 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.
- Windschitl, M. (2004). Folk theories of "inquiry": How preservice teachers reproduce the discourse and practices of an atheoretical scientific model. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 481-512.