

תוכן העניינים

1

מבוא: ענת זוהר

חלק א: היבטים כלליים של הוראה ולמידה בדרך החקר

- פרק ראשון: פנחס תמיר
15 החקר בהוראת המדעים והשתקפותו בהוראת הביולוגיה בישראל
- פרק שני: ענת זוהר
57 למידת חקר, מיומנויות חשיבה גבוהות ומטה־קוגניציה
- פרק שלישי: מנחם פיש (ריאיון)
מדע, יצירתיות וביקורת: החקר והוראת המדע.
85 ראינו ענת זוהר ויעל מרגלית

חלק ב: סוגיות נבחרות בהוראה בדרך החקר במגוון מקצועות לימוד

- פרק רביעי: אבי הופשטיין, רלי שור, מירה קיפניס ותמי לוי נחום
107 למידה בדרך החקר במעבדת הכימיה
- פרק חמישי: ראובן לזרוביץ ורחל הרץ־לזרוביץ
133 למידה שיתופית ומיומנויות חקר בהוראת הביולוגיה
- פרק שישי: עמוס דריפוס
166 הכשרת מורים לקראת ניהול פעילות חקר בהשקפה קונסטרוקטיביסטית
- פרק שביעי: דורותי לנגלי ובת־שבע אלון
הבניה של שילוב פעילות חקר בהוראת מדעים בחטיבה העליונה:
187 אתגרים וכלים לפתרון
- פרק שמיני: אלכס פרידלנדר וג'ין אלברט
232 חקר מתמטי – העשרה, העמקה, סיכום או דרך חיים?

פרק תשיעי: נורית הדס, רנה הרשקוביץ וברוך שוורץ
חקר בגאומטרייה כתהליך דיאלקטי שבין חיפוש אינדוקטיבי
והסבר

250

חלק ג: טכנולוגיות ממוחשבות ותהליכים של הוראה ולמידה בדרך החקר

פרק עשירי: יהודית דורי
גישת החקר בסביבות למידה ממוחשבות: השלכות על רמות הבנה
בכימיה ועל כישורי חשיבה ברמה גבוהה
פרק אחד עשר: שרית ברזלי
הערך המוסף של האינטרנט ללמידת חקר
רשימת המשתתפים

279

308

342

מבוא

ענת זוהר

ההוראה המסורתית מתמקדת בהעברת גופי ידע מהמורה אל התלמיד. עיקר תפקידו של התלמיד הוא לקלוט את גופי הידע הללו ולשנן אותם. בתהליך ההוראה המסורתי התלמיד סביל. בניגוד לכך, הוראה בדרך החקר עניינה בתהליך שבו התלמיד פעיל. תפקידו של התלמיד החוקר הוא לחפש תשובות לשאלות תוך הפעלת מיומנויות חשיבה גבוהות והבניית ידע. עיקר תפקידו של המורה המתמקד בהוראה בדרך החקר אינו להעביר ידע אלא לזוּם הזדמנויות למידה ולכוון את מהלכן. במעבר מהוראה מסורתית להוראה ולמידה בדרך החקר המורה הופך ממקור הידע למנחה של תהליכי רכישת ידע.

שילוב ההוראה והלמידה בדרך החקר במערכת החינוך בישראל אינו רעיון חדש. מאז ראשית החינוך העברי בארץ, הצטברו דוגמאות של התנסויות מגוונות בגישת החקר. כיום זוכה ההוראה והלמידה בדרך החקר לעדנה מחודשת. מגן הילדים ועד האוניברסיטה עוסקים מאות אלפי תלמידים בהיבטים שונים של למידת חקר. במסגרות חינוכיות רבות הפך המונח "חקר" למותג, המסמל את העובדה שאנחנו צועדים עם הזמן ומתעדכנים בשיטות הוראה מתקדמות. בין העוסקים בהוראה בגישת החקר התפתח שיח הכולל שפה ובה מונחים ייחודיים. תערוכה שבה מציגים תלמידים את עבודות החקר שביצעו במהלך השנה בפני עמיתים, מורים והורים, מהווה בבתי ספר רבים אירוע מרכזי חשוב.

דרך החקר רווחת לכאורה כדרך לימוד ידועה ומוכרת במערכת החינוך בישראל. עם זאת, תלמידים ומורים העובדים בגישת החקר מדווחים על קשיים ותסכולים רבים. המעבר מדרך הוראה שעיקרה העברת חומר לדרך הוראה שחלק ניכר ממנה כולל הנחיית תהליכי חקר של ילדים, כרוך בשינויים בתפיסת מהות תהליכי ההוראה והלמידה, באסטרטגיות ההוראה הנדרשות ובמעמד המורה בכיתה. לפיכך, אין להתפלא על כך שלעתים קרובות קשה למורים לעשות את המעבר מדרכי ההוראה המסורתיות שהם אמונים עליהן להוראה בדרך החקר. יתר על כן, למורים לא ברור מה בדיוק

נכלל במושג החקר ואיך מלמדים חקר – האם, למשל, חקר כולל פעילויות לימודיות נוספות מלבד כתיבת עבודות, ואם כן, באילו סוגי פעילויות מדובר? אילו דרכי הוראה מתאימות ללמידת חקר? איך יכולה מורה אחת, שלא התנסה בעצמה אף פעם במחקר עצמאי, להנחות תהליכי חקר של כשלושים ילדים בו זמנית? כיצד לנהוג כאשר התלמידים אינם משתמשים נכון באסטרטגיות חשיבה הכרוכות בתהליך החקר? כיצד מעריכים למידה בדרך החקר? וכיצד משלבים טכנולוגיות חינוך חדשניות בהוראה ובלמידה בדרך החקר? אלה רק מקצת השאלות המקשות על המורים בנושא. התלמידים מצדם, מדווחים לעתים קרובות על בלבול ותסכול, משום שאינם מבינים מה נדרש מהם בעבודת החקר.

בעקבות קשיים מעין אלה, יש לעתים קרובות מדי רק מעט מן המשותף בין התהליך והתוצרים של עבודות חקר בבית הספר לבין התהליך והתוצרים של עבודות חקר המתבצעות על ידי חוקרים מומחים מחוץ לבית הספר. בגלל הקשיים ביישום, מאמץ בית הספר את הסממנים החיצוניים של החקר (כגון הגשת עבודה), תוך ויתור על מרבית מרכיבי העומק של למידת חקר, כגון חשיבה מעמיקה. כתוצאה מכך, תהליך הלמידה עשוי להיות בלתי מוצלח. במקום לעורר ביקורת כלפי **האופן שבו מיושם החקר** במערכת החינוך, מביאות תופעות אלה לביקורת נרחבת כלפי **עצם הלמידה בגישת החקר** ולספקות באשר לתועלת שניתן להפיק ממנה.

העיסוק הנרחב בהוראה ובלמידה בדרך החקר מחד גיסא והקשיים הכרוכים ביישום דרך ההוראה הזו מאידך גיסא דורשים בירור מעמיק של הנושא. הצורך הדחוף בבירור כזה עולה בבהירות מן המסקנות של דו"ח מחקר הערכה, שהוגש לאחרונה למדען הראשי של משרד החינוך (גורדון וחב', 2003). המחקר, שעסק בבדיקה מעמיקה של תהליכי ההוראה והלמידה בדרך החקר המתקיימים בבתי ספר יסודיים בישראל, מראה כי הוראה ולמידה בדרך החקר אכן נפוצות מאוד. כשלושה רבעים מבתי הספר שנגדמו באקראי לצורך מחקר ההערכה עוסקים בחקר, וברוב בתי הספר העיסוק בחקר מקיף חלקים גדולים מהלימוד ומההוראה. נמצא גם כי המורים רואים בחקר מרכיב חשוב בתהליכי ההוראה, המאפשר להשיג מטרות חינוכיות רבות; כלומר מבחינת היקפו ומבחינת חשיבות שמייחסים לו, החקר תופס מקום מרכזי במערכת החינוך היסודי במדינה. עם זאת, נמצאו בעיות לגבי מהות התהליך: במקרים רבים נראה שעבודת החקר הפכה לתהליך שגרתי ואחיד בעל דפוס קבוע, שבסופו מצפים לקבלת תוצר אחיד בצורתו. הדגש בהוראה הוא על התוצר הסופי (בדרך כלל עבודה כתובה). לעתים קרובות הדגשת התוצר באה על חשבון התהליך והדרך שבאמצעותם מגיעים לתוצר. הדגש על התוצר מביא גם לשימוש רב בכלים המבליטים את צורתו החיצונית, כמו מצגות, תכנות גרפיות או תמונות שהורדו

מהאינטרנט, ובמקרים רבים ההשקעה בצורה החיצונית באה על חשבון ההעמקה בתוכן. בולטת במיוחד העובדה שבעבודות החקר נעשה שימוש מועט מאוד בנתונים. גורדון וחב' מציינים כי אחת הסיבות החשובות לתופעות אלה היא שהמורים אינם מבינים לעומק את תהליכי החקר, ולכן הם נצמדים לתבניות שגרתיות של כתיבת עבודות ולהיבטים שטחיים של אסתטיקה המקלים עליהם את ההתמודדות עם הוראת הנושא. ממצאים אלה מחזקים את הצורך להתעמק בנושא החקר באופן שישלב בין ההיבטים המעשיים של הוראת נושא לבין הרמה התאורטית. ואכן, אחת ההמלצות בדו"ח ההערכה שכתבו גורדון וחב' היא שעל מערכת החינוך בישראל להיכנס לתהליך של דיון ובידור מושגי של נושא החקר, דיון שיאפשר לעיסוק בנושא להגיע לרמת המשגה גבוהה יותר מזו הקיימת כיום. החוקרים סבורים שבירור מושגי כזה יוכל להביא לשינוי בכל העיסוק בנושא במערכת החינוך בישראל וכי הוא תנאי מקדים לשיפור מערך ההנחיה וההוראה (גורדון וחב', 2002).

יש מספר לא מבוטל של חוקרי חינוך בישראל העוסקים בנושא של הוראה ולמידה בדרך החקר, תוך שילוב בין היכרות מעמיקה עם פרויקטים חדשניים המתבצעים בשדה לבין הספרות התאורטית הקיימת בתחום. במובנים רבים העבודות שנעשות בתחום זה בארץ הן חדשניות ופורצות דרכים גם בקנה מידה בין-לאומי. כינוס העבודות הללו לספר עשוי להביא לגישור בין המעשה לתאוריה וליצירת חומר כתוב אשר ישרת חוקרים, סטודנטים, הורים, פרחי הוראה ומורים. ספר כזה עשוי לשפר את המשגה של התחום כמו גם להבהיר את המשמעות של המושגים המשמשים את אנשי השדה ובכך לתרום לחסר הקיים בתחום זה במערכת החינוך בארץ (גורדון וחב', 2002). לאור הדברים הללו, מטרת הספר שלפנינו להאיר היבטים שונים של הוראה ולמידה בדרך החקר הן ברמה המעשית, הן ברמה התאורטית והן ברמה המחקרית, תוך שימת דגש על הניסיונות החינוכיים החדשניים ועל המחקרים העדכניים שנערכו בישראל בנושא זה.

הספר נחלק לשלושה חלקים: חלק א דן בהיבטים כלליים של הוראה ולמידה בדרך החקר, חלק ב מתמקד בדוגמאות נבחרות של הוראה בדרך החקר במגוון גישות ובמגוון מקצועות לימוד, וחלק ג עוסק בקשרים המורכבים בין טכנולוגיות ממוחשבות לבין הוראה ולמידה בדרך החקר. להלן סקירה תמציתית של שלושת החלקים, על הפרקים המרכיבים אותם.

חלק א: היבטים כלליים של הוראה ולמידה בדרך החקר

הפרק הראשון מגדיר את ההוראה ואת הלמידה בדרך החקר, מתאר את הגלגול ההיסטורי של המושג בהוראת המדעים ומנתח ניסיון שנערך בישראל בקנה מידה מערכתי, לאימוץ גישת החקר בבית הספר התיכון. מחברו, פנחס תמיר, הוא שהביא לישראל מארצות הברית בשנות השבעים של המאה העשרים את תכנית הלימודים בביוכימיה בגישת החקר (BSCS). במהלך השנים הביא תמיר למהפכה בדרך הוראת הביוכימיה בישראל בכך שהצליח להכניס שינוי מערכתי בתכניות הלימודים, בהכשרת המורים ובבחינות הבגרות בביוכימיה.

הפרק נפתח בהסבר הרציונל וההנחות שעליהם מתבססת ההוראה בדרך החקר ולאחר מכן מתאר דרכים שונות להוראת חקר. בהמשך מתאר תמיר את ההתנסות בהוראת הביוכימיה בגישת החקר בחטיבה העליונה בישראל בקנה מידה ארצי ומנתח את השפעותיה. תשומת לב מיוחדת מוקדשת לנושא ההערכה, ובמיוחד למבנה של בחינת הבגרות בביוכימיה, שהותאמה לתכנית הלימודים ברוח החקר וזכתה לתהודה ולהערכה בכל העולם.

בפרק השני דנה ענת זוהר בתהליכי החשיבה הכרוכים בלמידה בדרך החקר. כאשר תלמידים נדרשים להפעיל אסטרטגיות חשיבה שונות החיוניות לעבודת חקר, הם נתקלים לעתים קרובות בשורה של קשיי חשיבה אופייניים. בדרך כלל אין מתייחסים לאסטרטגיות חשיבה אלה כאל מטרות הוראה מפורשות וקשיי החשיבה האופייניים אינם מטופלים בשיטתיות. ההתעלמות מן הקשיים הללו מעכבת את תהליך הלמידה ומונעת למידת חקר מוצלחת.

הפרק מנתח תהליכי למידה בגישת החקר מנקודת המבט של מיומנויות החשיבה שתלמידים נדרשים להפעיל במהלך עבודתם. זוהר מתארת מגוון קשיי חשיבה אופייניים של תלמידים, הלקוחים מתוך מקרים אמתיים של חקר בכיתות מדע. בהמשך הפרק מוסבר הקשר בין הקשיים המתגלים בעבודה בכיתה לבין מחקרים שונים בתחום הפסיכולוגיה הקוגניטיבית שעסקו בהתפתחות החשיבה המדעית של ילדים. הפרק דן גם במושג המטה'קוגניציה ובתרומתו הפוטנציאלית לתהליכים של הוראה ולמידה בדרך החקר. כמו כן מתוארים בו מחקרים אמפיריים שבדקו תרומה זו. החלק האחרון של הפרק ממחיש איך הרעיונות והשיקולים המופשטים המתוארים במהלך הפרק עשויים להוות בסיס לתכנון של מהלך ההוראה בכיתה.

הפרק השלישי חורג מיתר פרקי הספר בכך שנכתב בעקבות ריאיון עם פילוסוף של המדע ולא נכתב על ידי חוקר מתחום החינוך; ואכן, פרק זה עוסק במושג החקר מזווית ראייה של דיסציפלינה שונה מזו של יתר הפרקים ומעלה שאלות כגון: מהו

חקר על פי הפילוסופיה של המדע? מהם השורשים ההיסטוריים של המושג, כיצד התפתח ומה מאפיין את החקר במדע המודרני? מה דומה ומה שונה בין תהליכים של חקר בדיסציפלינות שונות? מהו הרציונל לאימוץ מושג החקר המדעי בתחום החינוך? אילו ממאפייני החקר המדעי עשויים להישמר ובאילו ממאפייני החקר המדעי חייבים לחול שינויים בעקבות אימוץ מושג זה בתהליכים של הוראה ולמידה? מה צריכה להיות דמותו של מושג החקר בתחום החינוך? האם הוראה ולמידה בדרך החקר עשויות לתרום גם למטרות חינוכיות־ערכיות נוסף על המטרות הקוגניטיביות? מנחם פיש התמודד עם שאלות אלה במהלך ריאיון מורכב. גרסה מעובדת של הריאיון מוצגת בפרק זה, החותם את חלקו הראשון של הספר.

חלק ב: סוגיות נבחרות בהוראה בדרך החקר במגוון מקצועות לימוד

המורכבות של תהליכי הלמידה בדרך החקר והשונות הקיימת בין תחומי הלימוד מזמנות גישות מגוונות להוראה ומעלות סוגיות חינוכיות רבות. מטרת חלק ב של הספר היא להאיר היבטים שונים של הוראה ולמידה בדרך החקר. כל אחד מן הפרקים בחלק זה מעלה גישה ייחודית ללמידה בדרך החקר ומדגים את יישומה בתחום תוכן ספציפי. תוך כדי כך, דן כל פרק בהרחבה במבחר סוגיות הנובעות מן הגישה ומן התוכן הייחודיים לו.

בפרק הרביעי עוסקים הופשטיין, שור, קיפניס ולוי נחום בחקר במעבדת הכימיה. בהוראת הכימיה בישראל מופעלת מזה ארבע שנים תכנית לימודים "בגישה חוקרת". במרכז תכנית זו, סדרה של כארבעים ניסויים הנושאים אופי חקרי (inquiry), שתוך כדי ביצועם מעורב התלמיד בשורה ארוכה של מיומנויות חקר. נוסף על החקר במעבדה, ניתנות לתלמידים הזדמנויות ללמידת חקר באמצעות כתבות ומאמרים בעיתונים, סרטים, קטעי וידאו המציגים אירועים כימיים קצרים ועוד. בפרק מתואר כיצד התפתח הרעיון לקידום ולהפעלה של המעבדה החוקרת בלימודי הכימיה בישראל וכן מתוארת "תכנית" כדוגמה לניסוי חקר אופייני. בהמשך מתוארים ומנותחים תהליכי למידה שתלמידים עוברים תוך כדי ביצוע של ניסוי חקר ומוצגות דוגמאות של תוצרי הלמידה בכיתה (שאלות, העלאת השערות ותכנון ניסויים נוספים). אחד ההיבטים המעניינים של התכנית מתמקד בפיתוח של תהליכים אותנטיים להערכת התלמידים (הערכה חלופית). הפרק מסביר את הרציונל שמאחורי דרך ההערכה הייחודית ומתאר אותה. סוגיית הכשרת המורים נדונה מתוך דגש על דרכי הכשרתם של מורים להפעלה יעילה של מעבדה חוקרת. כמו כן מדווחים המחברים על ממצאי

מחקר, שעסק בתפיסת התלמידים את אוירת הלימודים במעבדה החוקרת. רוב הפרקים בספר עוסקים בעיקר בהיבטים קוגניטיביים של למידת חקר. ראובן לזרוביץ ורחל הרץ-לזרוביץ מבקרים בפרק החמישי את החד-צדדיות של העיסוק בחקר מן ההיבטים הקוגניטיביים בלבד, שכן עיסוק כזה מזניח לדעתם היבטים נוספים של המחקר המדעי. הם מציינים כי כבר לפני כמה עשורי שנים חיפשו אנשי חינוך, אנשי הוראת המדעים, מדענים, סוציולוגים ופסיכולוגים בשיתוף מדענים דרכי הוראה אשר ידגישו גם את האופי החברתי של המחקר המדעי. כך יודגשו בחינוך המדעי לא רק היבטים קוגניטיביים אלא גם היבטים ריגושיים, חברתיים והומניסטיים. חיפוש זה הניב את הלמידה השיתופית שפותחה בארצות הברית ובאנגליה במחצית השנייה של המאה העשרים ואשר הדגישה את הממד החברתי-ריגושי בהוראה ובלמידה, נוסף על זה הקוגניטיבי.

המחברים מתארים שתי שיטות ייחודיות של הוראה שיתופית שפותחו בישראל: קבוצות חקר (group investigation) ושיטה הקרויה "הוראת עמיתים בקבוצות חקר קטנות". שני המודלים האלה הם ייחודיים לישראל ויישומם לווה במחקרי הערכה מעצבת ומסכמת. במהלך הפרק המחברים מתארים, מגדירים ומבררים מושגים בהוראה שיתופית, מתוך זיקה לתאוריות שעיצבו אותם ומנתחים דוגמאות נבחרות, המעוגנות בתחומי תוכן ספציפיים בביווגיה. כמו כן הם דנים בתוצאות, במסקנות ובלקחים של כמה מחקרים בתחום הוראת הביווגיה, שבוצעו בארץ על פי שיטות ההוראה המתוארות. המחקרים השונים בדקו הישגים בלימודים, התנהגויות תלמידים בהוראת עמיתים, שליטה במיומנויות חקר וכן את הסביבה הלימודית בכיתה. הפרק מסתיים בהתוויה של כיווני מחקר עתידיים בנושא היישום של למידת חקר שיתופית. בדומה לפרק הקודם, גם הפרק השישי עוסק בחקר בביווגיה, אולם כאן המוקד הוא על תפיסת תהליך החקר מתוך השקפת עולם קונסטרוקטיביסטית. עמוס דריפוס רואה את ההיבט הקוגניטיבי הייחודי של פעילות חקר בבית הספר בתרומתה הפוטנציאלית ליצירת שינוי מושגי אצל הלומד. כידוע, אחד היסודות של תאוריות למידה המביאות לשינוי מושגי הוא יצירת קונפליקט קוגניטיבי אצל הלומד. פעילות החקר אמורה להביא את הלומד לקונפליקט קוגניטיבי ובכך לשינוי מושגי ולבניית ידע משמעותי. בשלב של תכנון הניסוי, כאשר הלומד חושב על ציפיותיו, נחשפות התפיסות המוקדמות שלו. בהמשך נוצר הקונפליקט הקוגניטיבי כאשר ממצאי פעילות החקר הם בגדר תוצאה בלתי צפויה ומסקנותיה סותרות את הציפיות הראשוניות של הלומד.

בחלק הראשון של הפרק מסביר דריפוס בהרחבה את הרעיון הזה, שבו יצירת הקונפליקט משתלבת בתהליך בחינת ההשערה שבפעילות החקר. בחלקו השני שואל

דריפוס כיצד ניתן להכשיר מורים ופרחי הוראה לעבודה על פי השיטה שתיאר. כיוון שלא קל לשכנע פרחי הוראה או אפילו מורים משתלמים בחשיבות השיטה וביעילותה, יש להעמידם במצבים שבהם יוכלו להעריך את עצמתה. במילים אחרות, יש לערב את המורים או את פרחי ההוראה בפעילויות שבהן יחוו על בשרם את עצמת האסטרטגיה, יהיו מעורבים אישית בתהליך הלמידה ויצפו בתלמידים המעורבים בתהליך. בפעילויות כאלו, המורים או פרחי ההוראה מתמודדים עם בעיה ובונים ידע מדעי בעקבות קונפליקט קוגניטיבי מפתיע. המורים מתבקשים לתאר את הפעילויות ולנתח אותן על פי הדרך שבה הם תופסים את הוראת המדעים. בפרק מתוארת ומנותחת סדרת פעילויות כאלו, שבוצעו הלכה למעשה במסגרת הכשרת מורי ביולוגיה בבתי ספר תיכוניים. כל הפעילויות מבוססות על חוקי טבע אנטי-אינטואיטיביים אשר אינם מוכרים מתוך הניסיון היום יומי.

כיצד ניתן להתמודד באופן מעשי עם הקשיים הרבים של תלמידים, קשיים המתעוררים בעת ביצוע פעילויות חקר? לנגלי ואלון משיבות על שאלה זו בפרק השביעי באמצעות תיאור מפורט של דרכי הוראה שעשויות לעזור למורה ולתלמידים להתמודד עם האתגרים המרובים שמציבות סביבות מורכבות של חקר פיזיקה. המחברות יוצאות נגד הציפייה שלומדים יגלו באופן עצמאי את חוקי הטבע בעקבות למידת חקר וטוענות כי זוהי ציפייה בלתי מציאותית, כפי שטוען הציטוט הבא: "ומה קורה למוטיבציה של ארכימדס ג'וניור ולביטחון העצמי שלו אם לאחר 17 טבילות באמבט, ההישג היחיד שלו מתמצה בכך שהצליח להירטב?" (Ausubel, 1969). הפתרון המוצע על ידי לנגלי ואלון לקשיי התלמידים בלמידת חקר נעוץ בהבניה (structuring) מתוכננת בקפידה של למידת החקר.

המונח "הבניה" פירושו יצירה של מסגרות המארגנות את הפעילות ברמות שונות ומנווטות את ביצועה במטרה לקדם את השגת מטרותיה. הפרק דן בבעייתיות ההבניה של פעילות חקר ומתייחס למתח הקיים בין התמיכה המוענקת באמצעות הבניה לבין פעילות החקר כפעילות עצמאית של הלומד. בצורתה הקיצונית הבניה יכולה להתבטא כמתכון מפורט שהתלמיד פועל לפיו בלא שיקול דעת. כך נראות לעתים קרובות פעילויות מעבדה שבהן התלמיד מקבל לידיו מערכת, הוראות ביצוע, ערכים לדגימה והוראות לעיבוד התוצאות. נקודת המוצא של הכותבות היא שלמידה תתרחש במצב שבו התלמיד נדרש להתמודד עם בעיות בסביבה הכוללת תמיכה גמישה באמצעות סוכני הוראה מגוונים. הפרק מציג הצעות מפורטות לדרכי הבניה מגוונות, דרכים המתבססות על ספרות הוראת המדעים ועל הניסיון שרכשו הכותבות במהלך מחקר בשילוב פעילויות חקר בהוראת פיזיקה בכמה בתי ספר בישראל.

פרידלנדר ואלברט דנים, בפרק השמיני, בדרכים לשילוב החקר בהוראת המתמטיקה

בבית הספר היסודי. פעילויות החקר יכולות להתנהל במסגרת שיעורי המתמטיקה בהיקפים שונים: החל מלמידת חקר כשיטה המרכזית ללמידה שבאמצעותה התלמידים בונים לעצמם את הידע המתמטי, דרך החקר כפעילות ממודרת שבה החקר מהווה תוספת לדרכי הוראה מסורתיות וכלה בפעילות רשות שבה החקר מהווה אופצייה להעשרה. הפרק מתאר בליווי דוגמאות את העקרונות של בניית פעילות חקר במתמטיקה ושל בניית סביבה לימודית מתאימה. כמו כן מסביר הפרק כיצד מאפייניה של משימת החקר יכולים ואף צריכים להשתנות בהתאם להיקף הפעילות ולמטרתה ובהתאם לסוג האוכלוסייה. בהמשך מנתחים המחברים את כושרי החשיבה המתמטיים שעשויים להתפתח בעקבות למידת חקר. הפרק גם מדגים כיצד באו כשרים אלה לידי ביטוי במשימת חקר מסוימת, מתוך התבוננות בנתונים שנאספו בעת הפעלת המשימה בכיתות.

דוגמה לשימוש במחשב לצורך הוראה ולמידה בדרך החקר מובאת מתחום הגאומטרייה. בפרק התשיעי מסבירים הרשקוביץ, הדס ושוורץ כי מגמות לדמוקרטיזציה בהוראת גאומטרייה בעולם מדגישות חקר אינדוקטיבי והסבר ומעודדות צמיחה של הידע התאורטי מתוך ידע גאומטרי יום יומי. הפרק סוקר בקצרה סביבות למידה המאפיינות את הדמוקרטיזציה שחלה בהוראת גאומטרייה ובלמידתה. כמו כן הוא עומד על כמה תהליכי למידה עקרוניים המשותפים לסביבות למידה אלו תוך בחינה מעמיקה של מאפייני החקר שלהם. לאחר מכן מתאר הפרק את תרומת הכלים הממוחשבים של גאומטרייה דינמית ומדגיש את חשיבותם דווקא לתוכני הלמידה המסורתיים (הגאומטרייה האוקלידית) המהווים מוקד של לימוד הגיאומטרייה בבית הספר. השימוש בכלים אלו משלב מרכיבים של חקר בהוראת גאומטרייה אוקלידית, וכך הוא תורם למגמות של חשיבה בלתי פורמלית ולשינוי הגישות והתכנים המאפיינים את הגאומטרייה האוקלידית הקלסית. תיאור התרומה נעשה בפרק הן בצורה כללית דרך סקירת תאוריות ועבודות מחקר שנעשו בשנים האחרונות, והן דרך תיאור מקרה ייחודי של עבודת מחקר אחת שנעשתה על ידי המחברים. בסופו טוענים המחברים כי אותם תהליכי למידה עקרוניים המתייחסים לסביבות הלמידה החדשות נמצאים ביסודה של הוראת הגאומטרייה האוקלידית ובכלל למידת גאומטרייה בעלת משמעות.

חלק ג: טכנולוגיות ממוחשבות ותהליכים של הוראה ושל למידה בדרך החקר

אחת הנקודות המעניינות הנדונות באחרונה בנוגע לחקר עוסקת בקשר שבין טכנולוגיות

ממוחשבות לבין תהליכי למידה בדרך החקר. שלושת הפרקים האחרונים שנסקרו בחלק השני עוסקים אמנם גם בשילוב המחשב בהוראת החקר, אך נושא זה אינו במוקדם. שילוב המחשב בתהליכי ההוראה והלמידה בגישת החקר עומד במרכזם של שני הפרקים בחלק השלישי של הספר.

עבודתה של דורי עוסקת בהשפעת הלימוד בגישת החקר בסביבות ממוחשבות על הבנת הכימיה ועל מיומנויות חשיבה ברמה גבוהה של תלמידים. במחקרים המתוארים בפרק העשירי נבדקו שתי סביבות למידה. הסביבה הראשונה כוללת הדמיה מולקולרית ממוחשבת בנושא המבנה החלקיקי של החומר. מחקרים קודמים הראו כי תלמידים מתקשים בהבנת המבנה החלקיקי של החומר ובפענוח נכון של הסמלים הכימיים. דורי מתארת גישת חקר המשלבת בהוראת הכימיה הדמיה מולקולרית ממוחשבת ומראה כי גישה זו תורמת לשיפור ברמות ההבנה של תלמידים. הסביבה השנייה מורכבת ממעבדות חקר ממוחשבות.

מעבדות חקר ממוחשבות התפתחו בשנים האחרונות כתוצאה מן העובדה שבמהלך העשורים האחרונים פחת מאוד השימוש במעבדות בכימיה בבתי הספר התיכוניים בישראל. השימוש פחת עקב סיכוני בטיחות ובריאות הכרוכים בחלק מן הניסויים, עקב עלותם הגבוהה של הניסויים ובשל משך הזמן הנדרש לביצועם. שילוב טכנולוגיות מידע במעבדות ופיתוח תכנית לימודים מתאימה אפשרו קיום ניסויי חקר שבהם משמש המחשב ככלי לאיסוף, לעיבוד ולהצגת נתונים בזמן אמת. במהלך הניסוי התלמידים שואלים שאלת חקר, מעלים השערות, מבצעים את הניסוי בפועל, אוספים את הנתונים שקלטו החיישנים ושהוצגו באופן גרפי על צג המחשב, מנסים להסביר את התוצאות ומסיקים מסקנות. הפרק מסתיים בהצגת מחקרים שונים, המעידים על שיפור משמעותי במיומנויות חקר ובמיומנויות חזותיות בקרב לומדים שהתנסו בפעילויות מעבדתיות ממוחשבות המשלבות טכנולוגיה זו.

הפרק האחרון מתמקד בקשר שבין האינטרנט לבין הוראה ולמידה בדרך החקר. בפרק זה בוחנת ברזלי את הדרכים שבהן יכול האינטרנט לממש את למידת החקר בבית הספר באופנים אותנטיים ומשמעותיים עבור התלמידים. האינטרנט יכול, למשל, לאפשר לתלמידים לעסוק בחקר אותנטי של נתונים מדעיים עדכניים, לגלות מגוון רחב של נושאים בעזרת מקורות מידע מגוונים, להיעזר במומחים, לנהל למידת חקר שיתופית עם לומדים מרוחקים ועוד. אולם עם זאת, השימוש באינטרנט מעורר גם קשיים חדשים. תלמידים מתקשים, למשל, לאתר את מקורות המידע הדרושים להם בתוך שפע המידע המוצע ברשת, להעריך בביקורתיות את אמינות המידע או לנהל תקשורת משמעותית. קשיים אלו מחייבים הערכה ביקורתית מחודשת של הערך המוסף של האינטרנט ללמידת חקר; כלומר יש לשאול, האם הרווח החינוכי

והתועלת של היתרונות שמציע האינטרנט ללמידת חקר גדולים דיים כדי להצדיק את הצורך להתמודד עם שורה חדשה של קשיים שצורת למידה זו מציבה. התשובה לשאלה זו אינה חד־משמעית, משום שבחינת מודלים שונים ללמידת חקר מתוקשבת המשמשים בבתי הספר עשויה להוביל לתשובות שונות. יש לזכור כי לא תמיד מממש השימוש באינטרנט ללמידת חקר את הציפיות הגדולות שתולים בו. במקרים רבים שימוש זה מוגבל למקורות מידע ולערוצי תקשורת סגורים למדי, שנבחרו מראש על ידי המורים. במקרים כאלה לא ניתנת לתלמידים האפשרות לפתח את המיומנויות שיאפשרו להם לנהל חקר עצמאי ופתוח באינטרנט. טענות אלו נדונות לעומק במהלך הפרק, תוך ניתוח ביקורתי של דוגמאות למודלים שונים ללמידת חקר מתוקשבת ותוך השוואה בין מודלים המציעים שימוש מוגבל (ואולי לא כדאי) באינטרנט לבין מודלים שמממשים את הערך המוסף של האינטרנט ללמידת חקר. כמו כן נערך בפרק ניתוח של מיומנויות החקר הנדרשות בסביבת האינטרנט, תוך בחינת ההיבטים המייחדים את המיומנויות הנדרשות בסביבה זו לעומת סביבות חקר אחרות.

לאורך הספר חוזרות על עצמן כמה סוגיות מרכזיות בהוראה ובלמידה בדרך החקר: הקשר שבין ביצוע תהליך החקר לידע של תחומי תוכן, הקשר שבין ביצוע תהליך החקר לשימוש במיומנויות חשיבה ולרכישתן, ההערכה של למידה בדרך החקר, הכשרת המורים להוראה בדרך החקר והשימוש בכלים ממוחשבים מתקדמים לשיפור ההוראה והלמידה בדרך החקר. סוגיות אלה מוארות במהלך הספר מזוויות שונות, תוך שימוש בדוגמאות ספציפיות של הוראה העוסקת בתחומי תוכן מגוונים בכמה קבוצות גיל של תלמידים. מטרת העיסוק באותן סוגיות בהקשרים מגוונים היא לאפשר לקורא לבחון אותן באופן יסודי. החזרה עליהן בסביבות למידה שונות שכל אחת מהן מציבה אתגרים ייחודיים, עשויה לחדד את התובנות של הקוראים ולסייע להם ללמוד על אודות סוגיות אלה באופן מעמיק.

מתוך ההתבוננות בפנים השונות של החקר המוצגות בפרקי הספר, עולים בברור שני מאפיינים של ההוראה והלמידה בדרך החקר: המאפיין הראשון עוסק בקשר בין החקר והחשיבה. דרכי ההוראה שתוארו בספר נבדלות זו מזו בתחומי התוכן, בעזרים, במידת השימוש בטכנולוגיה, במידת הביצוע של ניסויים או תצפיות, במיומנויות החשיבה הכרוכות בתהליך הלמידה ובמידת ההנחיה שמקבל התלמיד. עם זאת, לכל דרכי ההוראה הללו יש מכנה משותף ברור: בכלן עוסק התלמיד בתהליך של חיפוש תשובה לשאלה כלשהי, שבמהלכו הוא חייב להפעיל חשיבה. כלומר, הפעלת חשיבה עצמאית ברמה גבוהה הוא אחד המאפיינים החשובים של ההוראה ושל הלמידה

בדרך החקר. דווקא המאפיין השכיח ביותר שנמצא קשור ללמידת חקר בבית הספר היסודי, קרי כתיבת עבודות (ראו גורדון וחב', 2002) נמצא רק בחלק מהדגמים של למידה בדרך החקר המתוארים בפרקים השונים של הספר. מכאן שמאפיין זה אינו הכרחי ללמידה בדרך החקר. המודלים המגוונים ללמידת חקר המתוארים בפרקי הספר מנפצים אם כן את התפיסה הרווחת בקרב מורים רבים, שלפיה יש לזהות למידת חקר עם כתיבת עבודה. כמו כן הם מראים מגוון דרכים חלופיות ללמידה ולהוראה בדרך החקר. חשוב לציין כי רבות מהדרכים הללו אינן עוסקות בתהליך החקר השלם, אלא מתמקדות בחלק אחד או בחלקים אחדים מן התהליך.

מכאן מתבהר מאפיין חשוב שני של ההוראה והלמידה בדרך החקר בבית הספר – ראיית החקר כתהליך מודולרי. פירושו של דבר שבבית הספר ניתן לעבוד בהודמנויות שונות לעומק על חלקים מתוך התהליך השלם ואין הכרח לעסוק בכל פעם בכל שלבי החקר. חשוב להדגיש, כי גם בעיסוק מודולרי כזה חייב המורה להבטיח שהמטלה המוצבת בפני התלמיד תהיה בעלת משמעות עבורו. נראה שתפיסת הוראת החקר כתהליך מודולרי עשויה להקל על המורים הרואים כל עיסוק בחקר כמטלה ענקית, הדורשת ויתור על מהלך ההוראה "הרגיל" כדי לעסוק בכתיבת עבודה בהיקף רחב. תפיסה זו עשויה לסייע בשילוב היבטים של הוראת חקר גם במהלך הוראה בגישות מסורתיות משום שהעיסוק בחקר אינו חייב להיתפס עוד כ"הכול או לא כלום". התפיסה המודולרית הזו עשויה לסייע למורה להבנות אצל התלמידים בהדרגה את מיומנויות החשיבה הנחוצות לקיום תהליך חקר שלם ברמה גבוהה, כך שכאשר יעסקו בתהליך השלם, ניתן יהיה למצות את התהליך ולא להתמקד בהיבטים החיצוניים והשטחיים שלו.

לסיכום, ראוי לציין את המגבלה המרכזית של הספר. אף כי הפרקים עוסקים במגוון תכנים מתחומי המתמטיקה ומדעי הטבע, חסרים בו פרקים העוסקים בתכנים מתחום מדעי הרוח. אין ספק כי ניתן וראוי לעסוק בהוראה ובלמידה בדרך החקר גם במדעי הרוח. כאשר חיפשנו דוגמאות בתחום זה בישראל, מצאנו אמנם כמה פרויקטים שבוצעו בשדה, אך לא מצאנו דוגמה מתאימה של פרויקט שעסק בהרחבה גם ברקע התאורטי המתאים וגם בתיאור ובניתוח שיטתיים של הפעלת התכנית בשדה או במחקר הערכה. מכאן ניתן ללמוד כי בעוד שהוראה ולמידה בדרך החקר בתחום המתמטיקה והמדעים נחקרת בארץ באופן מקיף, חסר עדיין מחקר מעמיק מקביל בתחום מדעי הרוח. לפיכך, יש מקום לקרוא לחוקרי חינוך העוסקים בתחומים השונים של מדעי הרוח לפנות לעבודה על הוראה בדרך החקר בתחומים אלה, תוך הגדרת המאפיינים הייחודיים של הוראת החקר בהם.