

פרק 7

פעילויות לימודיות המעוצבות לאור מחקר קוגניטיבי - תיאור דוגמא

על פי הגישה המקובלת להוראת חשיבה, בניית תוכנית לימודים מונחית בראש ובראשונה על ידי התכנים ששואפים ללמד. אולם הנחת העבודה שלנו היא שמוחו של התלמיד אינו 'לוח חלקי', וכי למידה משמעותית תלויה באינטגרציה של ידע חדש עם המבנים הקוגניטיביים שהיו קיימים לפני תהליך הלמידה. יוצא אם כך שהכרתם של מבנים קוגניטיביים אלה היא בעלת חשיבות עליונה להוראה יעילה בכלל ולהוראת חשיבה בפרט. לכן נדגיש בפרק זה את הצורך בהתחשבות במבנה הקוגניטיבי של התלמיד בעת בניית תוכנית הלימודים.

בשנים האחרונות הולך ונרקם קשר אמיץ בין מחקר קוגניטיבי לבין תוכניות לימודים לפיתוח מיומנויות חשיבה גבוהות. חשיבותו של קשר זה להוראת חשיבה היא בכך שהממצאים המתגלים במחקר הטהור עשויים לעזור לאנשי חינוך למקד את מאמציהם ולהפוך אותם לפוריים יותר. יחד עם זאת, קיימים הבדלים לא מבוטלים בין התנאים שמחקרים קוגניטיביים טהורים מתבצעים בהם לבין התנאים המיוחדים למערכת החינוך. בהתחשב בהבדלים אלה, לא יהיה זה מן הראוי להשליך ממצאים ממחקר תיאורטי ישירות לכיתה ללא בדיקה נוספת. לכן יש מקום גם למחקרים שיבדקו את ההשלכות המעשיות של ממצאי המחקר הטהור על הסיטואציה החינוכית.

בפרק הנוכחי נעמוד מקרוב על דוגמא ספציפית של מחקר קוגניטיבי טהור ושל מחקר חינוכי יישומי המתבסס עליו. במהלך הפרק ננסה 'להיכנס לראש של התלמיד', כלומר נאפיין את דפוסי החשיבה

האופייניים לתלמידים לפני שלמדו ונעמדו על התהליכים המחשבתיים המתרחשים בעקבות התנסות בפעילות לפיתוח החשיבה. נתאר לעצמנו תלמיד בשיעור מדע, היושב ועוסק במטלה שניתנה לו. נשאל: באילו דפוסי חשיבה ישתמש התלמיד כדי להתמודד עם המטלה? מה יהיו הקשיים שייתקל בהם בדרך אל הפתרון? שאלות אלה מתייחסות לדפוסי החשיבה המוקדמים שהילד מביא אתו לכיתה עוד לפני שהתנסה בפעילות הלימודית. בעקבות שאלות אלה נמשיך ונשאל מה קורה בעת המפגש של הילד עם חומרי למידה שנועדו לפתח את החשיבה. מתוך כך נדגים קשיים קוגניטיביים של תלמידים, שתוכניות לימודים לפיתוח החשיבה חייבות להתמודד עמם ונדגים את ההישגים שאפשר להגיע אליהם.

דפוסי חשיבה אופייניים

בסדרה מקיפה של עבודות מחקר, בדקו קון ועמיתיה (Kuhn, Amsel, & O'Loughlin, 1988; Kuhn, 1989; Schauble, 1990; Kuhn et al., 1992; Kuhn et al., 1995) את התפתחות החשיבה המדעית של ילדים ומבוגרים. עבודות מחקר אלה בוצעו בעזרת עולמונים (microworlds).

המערכת המחקרית

עולמון הוא סימולציה של מצב הכולל מספר משתנים המשפיעים על תוצאה. אולם, העולמונים שהשתמשו בהם במחקר המתואר מפשטים את המציאות וכוללים רק מספר קטן (חמישה) מבין הגורמים הרבים שעשויים להשפיע על התוצאה במציאות. בפני הנבדקים מוצגת בעיה הדורשת מהם לבדוק לאילו משתנים יש השפעה סיבתית על התוצאה. חקירת העולמון מתבצעת באמצעות סדרת ניסויים. מכאן שבחקר העולמון באה לידי ביטוי חשיבה מדעית אינדוקטיבית. הבעיה המתוארת בלוח 7.1 היא דוגמא לעולמון.

במחקרים המתוארים בהמשך נעשה שימוש במספר עולמונים שונים זה מזה בתוכנם. לדוגמא, עולמון אחד עסק בגורמים המשפיעים על מהירותה של סירה ועולמון אחר עסק בגורמים המשפיעים על הפופולריות של תוכניות טלוויזיה. אולם, לכל העולמונים האלה יש

מבנה לוגי משותף שכולל חמישה משתנים ותוצאה בעלת ארבע דרגות אפשריות (בדוגמא המתוארת בלוח 7.1 ארבע הדרגות של התוצאה מתבטאות באחוזי נביטה: 20%, 40%, 60% או 80%). משתנה אחד הוא משתנה סיבתי, כלומר משפיע על התוצאה. למשל, בדוגמא של בעיית נביטת הזרעים, זריעה בעומק של 7 ס"מ גורמת לאחוז נביטה גבוה יותר מאשר בעומק של 12 ס"מ. שני משתנים אחרים הם משתנים לא סיבתיים. למשל, בדוגמא של בעיית נביטת הזרעים הן הדישון והן החיטוי אינם משפיעים כלל על אחוז הנביטה. משתנה נוסף הוא משתנה בעל שלוש דרגות, כאשר רק לחלק מהדרגות השפעה סיבתית. לדוגמא, זרע בינוני גורם לאחוז נביטה גדול יותר מאשר זרע קטן, אולם אין הבדל בין זרע בינוני לגדול. המשתנה האחרון הוא משתנה אינטראקטיבי, כלומר משתנה המושפע מערכו של משתנה אחר. לדוגמא, כאשר זורעים את האפונה הריחנית בעומק של 7 ס"מ, אין לגודל גרגרי הקרקע כל השפעה. אולם בעומק זריעה של 12 ס"מ יהיה אחוז נביטה גדול יותר בקרקע בעלת גודל גרגר 0.5 מ"מ מאשר בקרקע בעלת גודל גרגר 0.05 מ"מ.

לוח 7.1 - חקר בעיה בנושא 'נביטת זרעים' (מתוך זוהר ווינברגר, 1995)

במשתלה מנביטים זרעים של אפונה ריחנית ומוכרים את השתילים לבעלי גינות נוי. אחד המרכיבים היקרים ביותר בתהליך ייצור השתילים הוא מחיר הזרעים. בעל המשתלה רצה לבדוק מהם התנאים המתאימים ביותר לנביטת הזרעים, כדי להקטין את הוצאות הייצור של השתילים. הוא ערך ניסויי הנבטה ובהם בדק את השפעתם של חמישה גורמים על אחוז הנביטה: העומק שבו נזרעו הזרעים: 7 ס"מ או 12 ס"מ - גודל גרגרי הקרקע שבה נזרעו הזרעים: 0.5 מ"מ או 0.05 מ"מ - גודל הזרעים: קטן, בינוני, או גדול - דישון: הוספת דשן לקרקע, או לא - חיטוי: חיטוי הזרעים לפני זריעתם (בחומר המונע התפתחות פטריות) או לא

בעל המשתלה ערך מספר רב של ניסויים ורשם את אחוז הנביטה בכל ניסוי. בכל בדיקה הנביט אפונה ריחנית בתנאים שונים, לדוגמא: באחת הבדיקות הוא מצא שאחוז הנביטה של זרעים קטנים שעברו חיטוי ונזרעו בקרקע מדושנת בעלת גרגרים בגודל 0.5 מ"מ בעומק 7 ס"מ הוא 60%.

הנתונים שנאספו נמצאים במסד נתונים במחשב. עליך להשתמש בנתונים אלה כדי לקבוע אלה מהגורמים שנבדקו משפיע על אחוז הנביטה.

* * *

לשיטת העבודה עם העולמונים יש מספר יתרונות לפיתוח החשיבה של התלמיד. ראשית, השיטה מאפשרת לתלמיד לבצע חקירה עצמאית ופתוחה. יתרון נוסף של השיטה נוגע לדרך הערכת הישגים. עובד מפתח מפורט לניתוח איכותי, הבדק תקפות של היסקים ומאפשר הערכת ביצועים (performance assessment) תקפה ומהימנה (ראו ביאור המושג בפרק 6, הדן בשיטות הערכה). יתרון נוסף של השיטה נוגע לשיטות מחקר. כאמור, העולמונים השונים נבדלים זה מזה בתוכנם אך המבנה הלוגי שלהם זהה. בכך מתאימה שיטת העבודה לבדיקת שאלות שונות הקשורות להעברה (טרנספר) של מיומנויות חשיבה מתחום אחד לשני.

במהלך המחקר התבקשו נבדקים לחקור את העולמונים האלה באופן עצמאי. החקירה התבצעה בעזרת שורה של ניסויים. בחלק מן הבעיות ביצעו הנבדקים ניסויים של ממש, ובבעיות אחרות ערכו סימולציות של ניסוי. התברר כי הבדל זה לא השפיע על איכות החקירה. בכל שלב משלבי החקירה היה הנבדק חופשי לקבוע לעצמו מטרה, לתכנן ניסוי ולהסיק מסקנות. באמצעות שורה של ראיונות, התבקשו הנבדקים להסביר באופן מפורט שלבים שונים במהלך החקירה שלהם, ובמיוחד לנמק את המסקנות שהסיקו. הראיונות הוקלטו ברשומות ולאחר מכן שוכתבו ונותחו.

הממצאים

מעקב ממושך אחר דרך פתרון הבעיות של נבדקים רבים בגילים שונים הוביל למספר ממצאים מעניינים לגבי דפוסי החשיבה שלהם.

התברר כי רק נבדקים מעטים (מגילים שונים) ניגשים לחקירת העולמונים באופן שיטתי ומסודר, תוך שימוש בכלי חשיבה יעילים העשויים להוביל אותם למסקנות תקפות. רוב הנבדקים נוקטים בשלבים הראשונים של חקירתם אסטרטגיות חשיבה שסווגו על ידי קון ועמיתיה כבלתי-תקפות. כדי לאפיין את ההיסקים הבלתי-תקפים הללו, נסביר קודם כול מהו בהקשר זה היסק תקף, ולאחר מכן נתאר את הדפוסים השונים של היסקים בלתי-תקפים. כדי לא להכביד על הקורא בדוגמאות מיותרות, תילקחנה כל הדוגמאות שנביא מתחום התוכן של בעיית נביטת הזרעים.

היסקים תקפים ובלתי תקפים

כדי להסיק מסקנה תקפה בקשר לאחד הגורמים המשפיעים על אחוז הנביטה, חייבים להשוות בין הנתונים של שני מצבי גידול (לפחות). לדוגמא, אם ברצוננו ללמוד על השפעת הדשן, נשווה את אחוז הזרעים שנבטו לאחר שדושנו לאחוז הזרעים שנבטו ללא דשן. נשווה, למשל, את אחוז הנביטה בשני המצבים שלהלן:

מצב א'	מצב ב'
7 ס"מ	7 ס"מ
0.5 מ"מ	0.5 מ"מ
גודל הזרע:	גודל הזרע:
בינוני	בינוני
חיטוי:	חיטוי:
אין	אין
דשן:	דשן:
אין	יש
% נביטה:	% נביטה:
80%	80%

בדיקת מסד הנתונים הממוחשב מראה כי בין אם יש דשן בין אם לא, אחוז הנביטה נשאר קבוע - הוא 80% בשני המצבים שנבדקו. מכאן אפשר להסיק כי דישון אינו משפיע על אחוז הנביטה. חשוב להדגיש כי המסקנה תקפה משום שבהשוואה המתוארת נשמר בידוד משתנים. במלים אחרות, במערכת של העולמון שלפנינו קיים רק הבדל אחד בין מצב א' לבין מצב ב', הוא הדישון. שני המצבים זהים זה לזה לגבי ארבעת הגורמים האחרים. למרות שתוכנה של מסקנה זו נראה אולי תמוה ממבט ראשון (משום שמרבית האנשים

מאמינים כי הדשן משפר את אחוז הנביטה), הרי שעולמון זה (כמו כל העולמונים) נבנה בהתאם לעקרונות הגישה המשלבת (ראו פרק 3), כך שתוכנו של המידע שאפשר להסיק ממנו נכון מבחינה מדעית. דשן אכן אינו דרוש לתהליך הנביטה כי זרעים מכילים בתוכם את כל חומרי התשמורת הדרושים לתהליך. הדשן דרוש רק בשלבים מאוחרים יותר של התפתחות הנבט וגדילתו.

לסיכום אפשר לקבוע כי במערכת המתוארת יש לפחות שני תנאים להסקת מסקנה תקפה: 1. השוואה בין שני מצבים (לפחות); 2. בידוד משתנים. כל דפוס הסקה אחר חייב להוביל למסקנה שאינה תקפה (גם אם היא עשויה להיות נכונה מבחינת תוכנה). התברר כי אפשר לסווג את המסקנות הבלתי-תקפות שמסיקים נבדקים בעת חקירת הבעיה הנ"ל לכמה דפוסים, החוזרים על עצמם אצל נבדקים רבים. כדי לעמוד על טיבם נתאר בפירוט תהליך שבו חקרה תלמידה אחת את עולמון נביטת הזרעים.

איה היא תלמידת כיתה ח', שהסכימה (ברשות הוריה) לפתור את הבעיה המוצגת בעולמון בעודה מוקלטת במצלמת וידאו. לאחר מכן שוכתב הסרט המצולם והתקבל פרוטוקול המתעד את מהלך עבודתה. איה התבקשה לגלות לאיזה מן המשתנים יש השפעה על אחוז נביטת הזרעים בעזרת סימולציה של ניסויים, כאשר התוצאות מתקבלות בעזרת בסיס נתונים ממוחשב. איה ביצעה תחילה את ארבעת הניסויים המתוארים בטבלה מס' 7.1.

טבלה 7.1 - ארבעת הניסויים הראשונים שאיה ביצעה

מספר הניסוי	גודל זרע	עומק	גררי קרקע	חיטוי	דשן	תוצאה
1	גדול	12	0.05	-	+	40%
2	קטן	12	0.05	+	-	40%
3	קטן	7	0.5	+	+	40%
4	גדול	7	0.5	-	-	80%

לאחר שסיימה את ניסוי מס' 1, התקיים בין איה למראיינת הדיאלוג הבא ביחס לתוצאות ניסוי מס' 2 (א=איה; מ=מראיינת):

מ: או קיי, אז בואי נעבור לניסוי הבא.
א: בסדר. אז אני ארשום לעצמי: 12 ס"מ, גרגר קרקע קטן, ללא דשן עם חיטוי וזרעים קטנים.
מ: על איזה גורם או גורמים את רוצה הפעם ללמוד?
א: על החיטוי.

איה בדקה את בסיס הנתונים במחשב, ואז שאלה המראיינת:
מ: מה קיבלת?
א: 40%

מ: האם אפשר ללמוד מן הניסויים שעשית עד עכשיו איזה מבין הגורמים משפיעים על אחוז הנביטה?
א: אני חושבת שהגורמים הקטנים משפיעים (מתכוונת לגודל חלקיקי הקרקע)
מ: איך את יודעת?

א: אני חושבת. בגלל שהם משפיעים לרעה. בגלל שבשניהם (מצביעה על שני הניסויים) עשיתי עם גרגרים קטנים ואחוז הנביטה היה קטן.

מ: האם למדת על עוד אחד מן הגורמים?

א: על העומק. אני חושבת. אני לא בטוחה.

מ: מה את חושבת שלמדת על העומק?

א: הוא גם. הוא לא טוב. כאילו, הוא משפיע על אחוז הנביטה לרעה. כי בשניהם עשיתי עומק 12 ס"מ ואחוז הנביטה היה קטן.

מ: למדת על עוד אחד מהגורמים?

א: אני לא חושבת.

הציטוט המובא כאן מעיד כי בשלב זה החקירה של איה אינה שיטתית במובן זה שאין התאמה בין המטרה המוצהרת של חקירתה (חיטוי הזרעים) והמסקנות שהיא מסיקה (לגבי גודל הזרעים ועומק הזריעה). שני ההיסקים שהסיקה סווגו כבלתי-תקפים משום שהסיקה אותם בלי להשוות בין רמות שונות של כל משתנה (לדוגמא, השוואה בין עומק של 7 ו-12 ס"מ). היא ביססה את המסקנה שלה על קורלציה בין רמה אחת של משתנה לבין התוצאה

(כלומר, בשני ניסויים בהם גודל גרגר הקרקע היה קטן, התקבל אחוז נביטה של 40% שפורש על ידי איה כאחוז נביטה נמוך). אמנם, ייתכן שקורלציה כזאת עשויה להיגרם על ידי יחס סיבתי בין גודל חלקיקי הקרקע לבין אחוז הנביטה הנמוך, אבל אין זה בהכרח נכון. לכן, המסקנה של איה אינה תקפה מבחינה לוגית. כדאי לשים לב לכך שאיה חוזרת פעמיים על אותו דפוס היסק, פעם אחת לגבי גודל גרגרי הקרקע ובפעם השנייה לגבי החיטוי.

בניסוי הבא שלה (ניסוי מס' 3) מתכננת איה לבדוק את השפעת גודל חלקיקי הקרקע. לאחר שהיא בודקת את התוצאות במחשב, שואלת המראינת:

מ: מה קיבלת?

א: 40%. שוב.

מ: אז מה למדת מזה?

א: אה... שכנראה הקרקע העבה לא משפיעה.

מ: איך את יודעת שגודל גרגרי הקרקע לא משפיע?

א: אני לא יודעת. אני... אני חושבת. בשלושתם קיבלתי אותה תוצאה על הקרקע.

מ: ומה?

א: אז כנראה שזה לא משנה אם היא עבה או עם גרגרים קטנים.

מ: את יכולה להגיד לי אם למדת, לפי התוצאות שקיבלת, על עוד גורם שמשפיע או לא משפיע?

א: אולי העומק.

מ: מה לגבי העומק?

א: הוא לא משפיע.

מ: איך את יודעת?

א: כי עשיתי בשניים אותו העומק ובאחד עשיתי שונה וקיבלתי אותה תוצאה.

מ: טוב. את רוצה להמשיך?

א: אני אנסה עוד פעם אחת.

מ: מה את רוצה לנסות עכשיו?

א: אני רוצה לנסות ללא דשן וללא חיטוי.

בניסוי זה ניכרת התקדמות לעומת הניסוי הקודם משום שכעת איה משווה בין שתי רמות של המשתנה הנבדק (בין גודל גרגר של 0.5 מ"מ לבין גודל גרגר של 0.05 מ"מ; וכן בין עומק של 7 ס"מ לבין עומק של 12 ס"מ). כמו כן, בניסוי זה יש התאמה בין מטרת החקירה (גודל גרגרי הקרקע) לבין אחד הגורמים שלגביהם מסיקה איה מסקנות. למרות זאת, ההיסקים שלה עדיין אינם תקפים, משום שהיא מייחסת את קביעות התוצאה להעדר יחס סיבתי (הגודל "לא משנה" והעומק "לא משפיע"), מבלי שתבחין בכך שלא בודדה משתנים.

איה ממשיכה כעת לניסוי מס' 4 ואומרת:

א: אני חושבת שללא דשן וללא חיטוי זה עזר.

מ: את חושבת שללא דשן וללא חיטוי זה עזר...

א: כן, ללא השפעה של חומרים כימיים.

מ: איך את יודעת את זה שללא דשן זה עוזר?

א: כי ניסיתי דשנים בשני הניסויים, וזה לא עזר.

מ: באיזה שני ניסויים ניסית?

א: אה... בניסוי השלישי ובניסוי הראשון.

מ: ומה קרה כשניסית עם דשן?

א: זה היה 40%.

מ: ומה עכשיו?

א: עכשיו 80% כשניסיתי בלי דשן.

מ: או.קיי. את אמרת גם שהחיטוי משנה.

א: כן.

מ: את יכולה להסביר לי איך את יודעת ועל סמך מה את אומרת

את זה?

א: כן. אני עשיתי חיטוי בשתי הפעמים...

מ: באיזה שתי פעמים?

א: בפעם השנייה והשלישית וזה היה אחוז קטן.

מ: ועכשיו?

א: עכשיו עשיתי ללא חיטוי והאחוז גדל.

גם הפעם ההיסקים של איה סווגו כבלתי-תקפים משום שאינם מבוססים על בידוד משתנים, כלומר, איה החליפה יותר מגורם אחד בכל אחת מההשוואות שביצעה.

תופעה מעניינת נוספת הניכרת מהציטוט שהבאנו היא תשומת לב סלקטיבית כלפי הראיות האמפיריות (Kuhn, 1989), ראו גם עמ' 143-146). שהרי בכל אחת מהמסקנות שהיא מסיקה, היא בוחרת באותן ראיות המתאימות לתיאוריה שלה ומתעלמת מראיות אחרות הסותרות אותה. בהסקת המסקנה לגבי הדשן מציינת איה את ניסויים מס' 1 ו-3, בעודה מתעלמת מניסוי מס' 2, שהיה סותר את המסקנה שלפיה "ללא דשן זה עוזר" (משום שבניסוי מס' 2 אין דשן ויש רק 40% נביטה). בהסקת המסקנה לגבי חיטוי, איה מציינת את ניסויים מס' 2 ו-3 בעודה מתעלמת מניסוי מס' 1, שהיה סותר את המסקנה שלפיה "ללא חיטוי זה עוזר" (משום שבניסוי מס' 1 אין חיטוי ויש רק 40% נביטה).

לסיכום, ניתוח הפרוטוקול של איה הדגים בפנינו מספר דפוסים של היסקים בלתי-תקפים: א. היסק שאינו מתבסס על השוואת רמות שונות של המשתנה (כמו שמצאנו בהיסק הראשון של איה); ב. היסק ללא בידוד משתנים; ג. חקירה בלתי-שיטתית במובן של חוסר תיאום בין מטרת החקירה לבין המסקנה; ד. תשומת לב סלקטיבית לראיות. חשוב להדגיש כי תוארה כאן אמנם רק תלמידה אחת, אולם דפוסים החשיבה שנצפו אצלה אינם יוצאי דופן. רוב הילדים בגילה של איה ניגשים לעבודה עם העולמונים המתוארים כאן באותן אסטרטגיות חשיבה שנצפו אצל איה (ראו להלן את תוצאות הניסוי בכיתה המתוארות בעמ' 151-152, שלפיהן בערך 90% מההיסקים ההתחלתיים של תלמידי כיתות ח' ו-ט' אינם תקפים). בשורה ארוכה של מחקרים, שבהם בדקו חוקרים את דפוס החשיבה של ילדים ומבוגרים בעולמונים שתוארו קודם, חזרו דפוס חשיבה אלה שוב ושוב. נחזור כעת לתיאור הממצאים של מחקרים אלה.

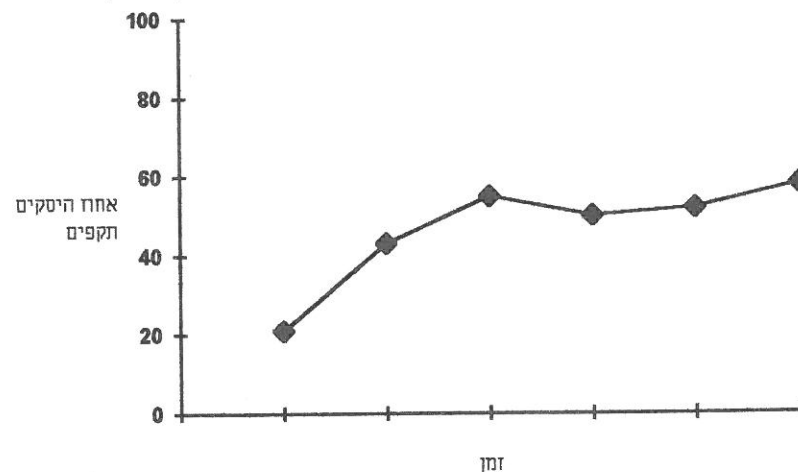
רכישת אסטרטגיות חשיבה חדשות

במחקרים של קון ועמיתיה ניתחו החוקרים היסקים של נבדקים שעבדו במשך מספר שבועות (כחצי שעה בשבוע) על פתרון בעיות דומות לבעיית נביטת הזרעים בעזרת מפתח שמייך את ההיסקים לתקפים ובלתי-תקפים. התגלו מספר ממצאים מעניינים:

שיפור הדרגתי באיכות החשיבה

רוב הנבדקים החלו לחקור את הבעיה בצורה לא שיטתית ובדרכים 'בלתי-מדעיות'. דרכים אלה הובילו ברוב המקרים להיסקים שאינם תקפים. למרות שעבדו לבד, ללא משוב מן המראיין, ניתן היה להבחין במשך הזמן בשיפור איטי אך ברור באסטרטגיות החשיבה של הנבדקים - אחוז ההיסקים התקפים עלה בהדרגה (ראו איור 7.1). תוצאות אלה חזרו על עצמן באוכלוסיות שונות ובגילאים מגוונים (החל בילדים בני 9-10 ועד מבוגרים). הערכים המדויקים של העקום אמנם השתנו מאוכלוסייה אחת לשנייה, אך המגמה הכללית של עלייה בשיעור ההיסקים התקפים עם הזמן נשמרה (לדוגמא, במחקר נמצא כי שיעור ההיסקים התקפים אצל ילדים בני עשר התחיל ב-3% והגיע כעבור עשרה שבועות ל-35%, ואילו באוכלוסיית מבוגרים מסוימת התחיל שיעור ההיסקים התקפים ב-12% והגיע כעבור עשרה שבועות ל-83%).

איור 7.1 - עליית שיעור ההיסקים התקפים במהלך הזמן



כיצד אפשר להסביר את השיפור שהושג בחשיבה? בשיטת העולמונים יש שילוב בין פשטות למורכבות. מצד אחד, הבעיות מורכבות למדי, כך שגילוי היחסים הלוגיים בין המשתנים מהווה אתגר עבור רוב הנבדקים: חקירת העולמונים פתוחה, כך שעל הפותר לקבל בכל שלב

החלטות בנוגע למטרות החקירה, לתכנון הניסויים ולהסקת מסקנות. אתגר זה תורם לעניין ולמוטיבציה בפתרון הבעיה. מצד אחר, העולמונים פשוטים למדי. בסך הכול מדובר במערכת בת חמישה משתנים, המשפיעים על תוצאה סופית בעלת ארבע דרגות אפשריות. בניסויים 'אמיתיים' אפשר לא לשים לב לחוסר עקביות המתקבל מחקירה בלתי-שיטתית. זאת משום שבעת ביצוע ניסוי ביולוגי אמיתי, מושפעת המערכת הניסויית האמיתית ממספר גדול של גורמים, ולא רק מחמישה גורמים כמו בעולמון. בעיה נוספת הכרוכה בניסויים אמיתיים היא שהתוצאות אינן 'נקיות' עקב אי-דיוקים בביצוע הניסוי. לכן, במקום ארבעת הערכים של תוצאות המתקבלות בעולמון, מתקבלים בניסוי אמיתי ערכים רבים מאוד. ריבוי הגורמים והערכים מסיט את תשומת לבם של התלמידים מהמבנה הלוגי של הניסוי.

פשטות המבנה של העולמונים גורמת לכך שהמערכת עצמה מספקת משוב לנבדק בנוגע לאיכות העבודה שלו: אפשר לבצע מספר רב של ניסויים בזמן קצר. כאשר אדם עובד מול המערכת באופן בלתי-שיטתי, הוא יסיק מסקנות בלתי-עקביות שאינן מתיישבות זו עם זו (לדוגמא, בניסוי אחד יסיק שדישון גורם לשיפור באחוז הנביטה ובניסוי הבא יסיק שלדישון אין כל השפעה על אחוז הנביטה). בגלל פשטות המערכת אי-אפשר שלא לשים לב לחוסר עקביות מעין זה. חוסר העקביות גורם לאי-נחת מאסטרטגיות החקירה שמשתמשים בהן, ובסופו של דבר לנטישת אסטרטגיות לקויות ואימוץ אסטרטגיות אחרות במקומן. לעומת זאת, אסטרטגיות חשיבה תקפות מובילות למסקנות שאינן סותרות זו את זו ולכן מוכחות כיעילות (להדגמת הנאמר עיין בניתוח הפרוטוקול של התלמיד בעמ' 156-158). כך שיעור ההיסקים הבלתי-תקפים הולך ופוחת עם הזמן, ואילו שיעור ההיסקים התקפים הולך ועולה.

יכולת אסטרטגית ויכולת מטא-אסטרטגית

התברר כי תהליך הרכישה של אסטרטגיות חשיבה חדשות אינו עקבי. לעתים קרובות השתמשו הנבדקים בערבובייה בשיטות המובילות להיסקים תקפים ובלתי-תקפים: אדם עשוי להשתמש באסטרטגיה

המובילה להיסק תקף בשלב כלשהו של חקירתו, אך מיד לאחר מכן עשוי אותו אדם להשתמש באסטרטגיה אחרת המובילה להיסק בלתי-תקף, וחוזר חלילה. ממצא זה מעורר מספר שאלות ותהיות. נראה כי רכישת אסטרטגיות חשיבה חדשה מהווה אולי תנאי הכרחי, אך לא תנאי מספיק, כדי שאדם אכן יעשה שימוש באסטרטגיה חדשה שרכש. קון מסבירה כי השליטה באסטרטגיות חדשות מהווה רק חלק מהמשימה. החלק האחר הוא ויתור על אסטרטגיות ישנות ובלתי-מתאימות. קון עושה הבחנה בין שתי יכולות שונות: **יכולת אסטרטגית** היא היכולת לבצע אסטרטגיות חשיבה המובילה להיסק תקף. **יכולת מטא-אסטרטגית** פירושה כי הנבדק לא רק מסוגל לבצע אסטרטגיה אלא גם מבין את משמעותה, כלומר יודע איך, מתי ולמה להשתמש בה. אפילו שימוש תכוף באסטרטגיה אינו מעיד על כך שהמשתמש מעריך את משמעותה. רק ההבנה המטא-אסטרטגית מנכיחה את האסטרטגיות שיעשה בהן שימוש בפועל. הגדרה זו חופפת במידה מסוימת להגדרה של מטא-קוגניציה, שנדונה בפרק 3. אולם קון עושה הבחנה בין המושגים מטא-אסטרטגיה ומטא-קוגניציה. לדעת קון, המטא-אסטרטגיה מתייחסת לידיעה שיש לאדם (על אודות אסטרטגיות) ואילו המטא-קוגניציה כוללת רפלקסיה על הידע הזה. כלומר, בעוד שכל אדם חושב בעזרת אסטרטגיות ותיאוריות, לחלק מהאנשים יש גם היכולת להבין איך ומתי להשתמש באסטרטגיות מסוימות (זהו ידע מטא-אסטרטגי). לחלק קטן עוד יותר מהאנשים יש גם היכולת לחשיבה מסדר שני הכרוכה בחשיבה המטא-קוגניטיבית, היא החשיבה על אודות הידיעות שיש לאדם (בכללה תיאוריות, אסטרטגיות, ידע מטא-אסטרטגי והיחסים ביניהם).

כדי להבהיר את הנושא, נחזור לדוגמא של בעיית נביטת הזרעים, ונתרגם את המונחים מטא-אסטרטגיה ומטא-קוגניציה לדפוסי החשיבה שהכרנו בסעיף הקודם. היכולת האסטרטגית העיקרית שמובילה להיסקים תקפים היא **היכולת לבידוד משתנים**. היכולת **המטא-אסטרטגית** הרלוונטית היא היכולת להבין מדוע חשוב לבדוד משתנים. כלומר, באיזה אופן אפשר לערער על מסקנות כאשר הן מתקבלות ללא בידוד משתנים, ואיך מונע בידוד משתנים את הערעור

הזה. היכולת המטא-קוגניטיבית בהקשר זה תהיה היכולת לחשוב באופן רפלקטיבי על תהליך פתרון הבעיה ולנתח את האסטרטגיות שהשתמשו בהן במהלך הפתרון, להעריך אותן ובמידת הצורך לבקרן. למשל, תלמיד עשוי לחשוב על מהלך העבודה שלו, לשים לב לכך שבשלב מוקדם הסיק שגורם א' הוא סיבתי, ובשלב מאוחר יותר הסיק שגורם א' אינו סיבתי. בעקבות התבוננות חוזרת במהלך עבודתו (שאותה תיעד בכתב), עשוי התלמיד להגיע למסקנה כי המסקנה שהסיק בשלב המוקדם לא היתה תקפה משום שלא בודד משתנים, וכי יש לקבל את המסקנה השנייה משום ששם כן בודד משתנים. נוסף לכך, עשוי אותו תלמיד לומר לעצמו כי צריך להיזהר ממסקנות בלתי-תקפות ולהקפיד לבדד משתנים בכל חקירה מדעית. דיון מעין זה, הנערך בראשו של התלמיד, מהווה דוגמא לחשיבה מטא-קוגניטיבית.

גם סיגלר וג'נקינס (Siegler & Jenkins, 1989), שחקרו כיצד ילדים רוכשים אסטרטגיות חשיבה חדשות באמצעות מעקב שיטתי אחרי הדרך שבה פותרים ילדים בעיות במתמטיקה, מתארים ממצאים דומים. לדעתם, יש שלושה שלבים בתהליך הבנייה של אסטרטגיות חשיבה חדשות: התקופה המובילה לגילוי האסטרטגיה החדשה; הגילוי עצמו; והתקופה שבה האסטרטגיה החדשה מוכללת מעבר לשימוש הראשוני בה. אפילו ילדים אשר הופכים במשך הזמן למשתמשים קבועים באסטרטגיה חדשה, נוטים להשתמש בה רק לעתים רחוקות בתקופה שמיד לאחר הגילוי. רכישה איטית זו של אסטרטגיות חשיבה הפוכה לדרך שבה נתפס בדרך כלל גילויין של אסטרטגיות חדשות: הסטריאוטיפ הרווח הוא של מעין 'אוריקה' ('מצאתי', קריאתו של ארכימדס, כאשר רץ עירום ברחובות, שיכור מחדוות תגליתו), שלפיו הגילוי מוביל ליישום מידי של הגישה החדשה. הממצאים המחקריים מציינים תמונה שונה לחלוטין. סיגלר וג'נקינס מסבירים שאסטרטגיות מאוחסנות בזיכרון כחוקים המתחרים זה עם זה, באופן שמספר אסטרטגיות עשויות להיות נוכחות ופעילות בו-זמנית. שאלה מרכזית היא, אם כן, מהו המנגנון ההתפתחותי הגורם במשך הזמן ללמידה, כלומר להתייצבות האסטרטגיה המתקדמת יותר. כדי לענות על שאלה זו יש עדיין צורך במחקר נוסף.

השפעת תיאוריות ואמונות קודמות על החשיבה

ממצא מעניין נוסף שהתגלה בסדרת המחקרים של קון נוגע להשפעתן של תיאוריות ואמונות קודמות על החשיבה. התברר כי אחד הגורמים לתנודות בין אסטרטגיות חשיבה תקפות ובלתי-תקפות הוא התוכן שחושבים עליו, ובמיוחד הקשר בין תוכן המסקנה לבין התיאוריות והאמונות הקודמות של הנבדק: קון טוענת כי סתירה בין תוכן המסקנה לבין תוכן של תיאוריות קודמות, היא אחד הגורמים להעדפה של אסטרטגיות חשיבה בלתי-תקפות.

כפי שמוסבר בפרק 2, מחקרים רבים מראים שתיאוריות ומערכות מושגים מוקדמים, שאנשים מגיעים עמן לתהליך למידה כלשהו, נוטות להיות עקשניות ביותר. פירוש הדבר הוא שקשה ביותר לחולל שינוי בתיאוריות כאלה. התוצאה של תופעה זו בבית-הספר היא שלעיתים קרובות דבקים תלמידים בתיאוריות המוקדמות שהביאו אתם לכיתה גם לנוכח תהליך הוראה קפדני שנועד לשנות אותן. ההשלכה של תופעה זו על נושא אסטרטגיות החשיבה היא שהנבדקים במחקרים המתוארים כאן נוטים אף הם לשמר את התיאוריות המוקדמות שלהם. כאשר חלה התנגשות בין מסקנות המתקבלות מן החקירה בעקבות הפעלת אסטרטגיות חשיבה תקפות, לבין תיאוריה מוקדמת, מעדיפים הנבדקים לעתים קרובות לוותר על השימוש באסטרטגיות חשיבה תקפות לטובת השימוש באסטרטגיות שאינן תקפות, ובלבד שלא יהיה עליהם לשנות את התיאוריה שלהם. בהקשר זה ראוי להדגיש כי כאשר משתמשים באחד מדפוסי החשיבה המובילים להיסק שאינו תקף (ראו עמ' 134-136), אפשר למעשה לכופף את הראיות האמפיריות המתקבלות מן הניסוי ולהתאים את המסקנה לכל תיאוריה ודעה. באופן זה, משפיע **התוכן** של החשיבה על בחירת האסטרטגיה לחשיבה.

ממצאים אלה ואחרים הביאו את קון להכרה בחשיבותו של הקשר בין ראיות אמפיריות לתיאוריה אישית. לדעתה, היכולת להתייחס לראיות האמפיריות כאל ישות נפרדת מהתיאוריות ולהיות מסוגל לשנות את התיאוריה בעקבות ראיות אלה, היא לב לבה של החשיבה המדעית. לכן מגדירה קון את התפתחות החשיבה המדעית כ"התפתחות היכולת לתאם בין תיאוריה אישית לבין ראיות ניסוייות".

בהקשר זה עלול להיווצר בלבול בנוגע להשפעת תיאוריות על עבודת המדען, בין הדברים שנאמרו בפסקה הקודמת בשמה של דיאנה קון לבין דברים שכתב הפילוסוף של המדע תומס קון (Kuhn, 1962/). תומס קון מסביר כי תיאוריות משפיעות בדרך כלל על האופן שבו תופסים מדענים את העבודות הניסיוניות ועל התגליות שלהם. רוב עבודתם של מדענים מתבצעת במסגרת של פרדיגמות - מסגרות תיאורטיות המוסכמות על חברי הקהילה המדעית. רק לעתים רחוקות מתחוללות מהפכות מדעיות הכרוכות בנטישת הפרדיגמות הקיימות וביצירת פרדיגמות חדשות. 'מדע נורמלי' (normal science), לפי קון, הוא המונח המתאר את העבודה המדעית במסגרת פרדיגמה נתונה, כלומר בפרק הזמן שבין מהפכה אחת לשנייה. בפרק זמן זה יש למסגרת התיאורטית שקהילת המדענים נשענת עליה השפעה רבה על העבודה המדעית.

אכן, קיימות נקודות דמיון בין הנבדקים של קון לבין מדענים מבחינת ההשפעה שיש לתיאוריות על התצפיות וההסברים שלהם, אולם קיים גם הבדל שהוא קריטי לענייננו: מאחר שניתן להתאים את אותן עובדות למסגרות תיאורטיות שונות, עשויה הפרדיגמה הקיימת (כלומר, התיאוריה המדעית השלטת באותה תקופה) לקבוע איזה הסבר מתוך כמה הסברים אפשריים ייבחר על ידי המדען כדי להסביר את ממצאיו האמפיריים. אולם מדענים מקצועיים, ככלל, אינם מסיקים מסקנות שאינן תקפות מבחינה לוגית. במידה ומדען עושה כן, לא תעמודנה מסקנותיו בפני ביקורת, אפילו במסגרת דיון שמתרחש בתוך גבולות הפרדיגמה שבמסגרתה הוא חוקר. לעומת זאת, הנבדקים של קון, במאמציהם לשמר את התיאוריות שלהם, נסוגו לשימוש באסטרטגיות חשיבה בלתי-תקפות בעליל.

להבהרת העניין נחזור שוב לדוגמא של עולמן נביטת הזרעים. ניח כי לפני תחילת החקירה האמין תלמיד פלוני כי דישון משפיע לטובה על אחוז הנביטה של זרעי אפונה. התלמיד עבד עם בידוד משתנים והצליח להסיק מסקנות תקפות. כאשר ניגש התלמיד לבדוק את נושא הדשן, הוא נסוג בחזרה לשימוש באסטרטגיית חשיבה בלתי-תקפה. יש לשים לב לכך שמסקנה תקפה לגבי גורם הדשן היתה עומדת בסתירה לדעה המוקדמת שלו. לעומת זאת, המסקנה הבלתי-

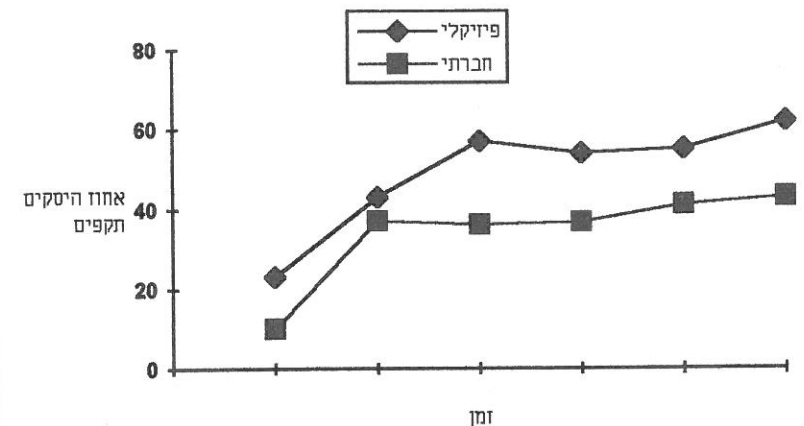
תקפה שהסיק עולה בקנה אחד עם התיאוריה המוקדמת שלו ולכן אינה מכריחה אותו לשנותה.

מקרים כגון אלה חוזרים ונשנים פעמים רבות. אפשר לחלק את מי שהתנסו בפעילות עם העולמונים לשלוש קבוצות: הקבוצה הראשונה כוללת אנשים שעדיין אינם משתמשים כלל באסטרטגיות תקפות. הקבוצה השנייה כוללת 'מומחים' שאינם משתמשים כלל באסטרטגיות בלתי-תקפות. עם הקבוצה השלישית נמנים אלה הנמצאים בשלב ביניים, המתבטא בכך שכבר מופיע לפעמים שימוש באסטרטגיות תקפות, אך הדבר אינו נעשה באופן עקבי משום שבמקביל קיים גם שימוש באסטרטגיות בלתי-תקפות. כאשר מנתחים היסקים של נבדקים הנמצאים בשלב הביניים, אפשר להצביע על כך שהם נוטים לסגת לאסטרטגיות הבלתי-תקפות באותם מקרים שבהם המסקנות עומדות בסתירה למערכת התיאוריות המוקדמות שלהם.

ממצא נוסף שתומך ברעיון זה קשור בהשוואה שנערכה בין אחוז ההיסקים התקפים שעושים נבדקים בבעיות הלקוחות מתחומי תוכן שונים. באחד המחקרים (Kuhn et al., 1995) בדקו קון ועמיתיה כיצד אותה קבוצת נבדקים עובדת על בעיות משני תחומי תוכן שונים. אחד התחומים היה פיסיקלי (למשל, חקר הגורמים המשפיעים על מהירות של סירה) והשני חברתי (למשל, חקר הגורמים המשפיעים על פופולריות של תוכניות טלוויזיה). הבעיות היו שקולות זו לזו לחלוטין מבחינת המבנה הלוגי שלהן. כלומר, לכל הבעיות היתה בדיוק אותה רמה של מורכבות (אותו מספר גורמים שיש לבדוק את השפעתם על תוצאה כלשהי, ואותם יחסים בין הגורמים השונים לבין המסקנה ובין הגורמים השונים לבין עצמם). למרות זאת, אחוז ההיסקים התקפים היה באופן עקבי נמוך יותר בבעיות הלקוחות מן התחום החברתי מאשר בבעיות הלקוחות מן התחום הפיסיקלי (ראו איור 7.2). את הממצא הזה מסבירה קון בכך שלרוב האנשים יש יותר תיאוריות לגבי נושאים הקשורים בתחום החברתי מאשר לגבי נושאים הקשורים בתחום הפיסיקלי. נוסף לכך, עוצמתן הרגשית של תיאוריות אלה גבוהה יותר בתחום החברתי, ולכן קשה יותר לשנות אותן לטובת תיאוריות חלופיות. למעשה, ממצא זה מתאים למה שידוע

לרבים מאתנו מהתבוננות בתופעות הקשורות לחיי היום-יום. לעתים קרובות נדמה לנו כי מידת ההיגיון והשכל הישר יורדת ביחס ישר למעורבות הרגשית של הדובר - בין אם מדובר בוויכוחים פוליטיים ובין אם מדובר בנושאים אישיים.

איור 7.2 - השוואה בין אחוז היסקים תקפים בבעיה הלקוחה מן התחום החברתי לעומת בעיה הלקוחה מן התחום הפיסיקלי.



סיכום

לשורת הממצאים שתוארו בסעיפים הקודמים יש השלכות חשובות לגבי הוראת החשיבה. אפשר לראות כי עצם החשיפה לאורך זמן לפעילויות הדורשות חשיבה, מקדמת את יכולת החשיבה. יחד עם זאת, הממצאים גם מדגישים כי השגת התקדמות יציבה **דורשת זמן**. שימוש באסטרטגיית חשיבה חדשה, אפילו אם הוא חוזר ונשנה מספר רב של פעמים, עדיין אינו מבטיח שימוש תדיר ויציב באסטרטגיה. לשם כך דרושה גם הבנה מטא-אסטרטגית. ממצא זה מדגיש עד כמה חשוב לחתור לקראת הבנה מטא-אסטרטגית בכל תהליך של הוראה לקראת חשיבה. מובן שהדבר גם מעלה שאלות בדבר האמצעים המתאימים להשגת מטרה חשובה זו. בכל מקרה, הממצאים מעידים כי לאחר טיפול חד-פעמי או ספורדי במיומנות חשיבה קשה לצפות

לשינוי של ממש בחשיבת התלמידים. שינוי כזה אפשר להשיג אך ורק בעקבות טיפול שיטתי הנמשך לאורך זמן.

כמו כן מתקשרים הממצאים גם לדיון שנערך קודם בשאלה האם מיומנויות חשיבה הן כלליות או תלויות תוכן. מצד אחד, נמצא במחקר זה כי החשיבה על אודות כל בעיה נתונה תלויה בתוכן הספציפי ובמערכת התיאוריות המוקדמת שיש לאדם החושב לגבי תוכן זה. מצד אחר, הממצאים המחקריים של קון ותומכים בקיומן של אסטרטגיות חשיבה כלליות מעבר לתכנים, משום שנמצאה הקבלה בין התפתחותן של אותן אסטרטגיות חשיבה בתחומי תוכן שונים (אם כי בממצאים שהובאו כאן לא הודגשו הראיות האמפיריות לכך). לכן, גם ממצאים אלה מצביעים על כך שתהליכי חשיבה מעוצבים על ידי שילוב בין אסטרטגיות כלליות לבין ידע של תכנים ספציפיים.

יישום הממצאים התיאורטיים בפעילויות לימודיות

המחקרים שתוארו בסעיפים הקודמים שייכים לתחום המחקר הקוגניטיבי ה'טהור'. כלומר, מטרתם העיקרית היתה מחקר בסיסי, שעסק בשאלות הנוגעות להתפתחות החשיבה המדעית. במחקרה של קון מטרת השימוש בעולמונים היתה לגרום להתפתחות החשיבה, כדי שיהיה אפשר לחקור את תהליך ההתפתחות. אולם, יעילותם של העולמונים בפיתוח חשיבה בתנאי מחקר טהור, והידע שנרכש בעזרתם על אודות תהליכי חשיבה אופייניים, מעלה שאלה בדבר האפשרות לנצל עולמונים דומים גם כפעילות לימודית בכיתה.

יישומים חינוכיים אפשריים של שיטת העולמונים מעלים שורה נוספת של שאלות (Zohar, 1994, in press):

א. הנבדקים במחקרה של קון שיפרו עם הזמן את יכולת החשיבה שלהם. שיפור זה התרחש כאשר כל נבדק עבד לבדו על פתרון הבעיה. כל נבדק לוה במראיין. תפקיד המראיין היה לכוון את הנבדק לשלבים השונים של העבודה בעזרת פרוטוקול קבוע, אך הוא לא נתן כל משוב לגבי איכות העבודה. כלומר, המראיין הגיב באותו אופן להיסקים תקפים ובלתי-תקפים. נראה שעצם ההתנסות בחקר

הבעיות תרמה לשיפור החשיבה. שיפור זה נגרם כנראה כתוצאה מהמבנה המיוחד של בעיות אלה, כפי שתואר בעמ' 138-139.

בשלב הראשון של בדיקת הפוטנציאל החינוכי של שיטת העולמונים, חשוב לברר אם גם בתנאי כיתה, כאשר מורה אחד ניצב מול מספר גדול יחסית של תלמידים, עדיין אפשר לשמר אותה התקדמות ביכולת החשיבה שנצפתה במחקר של קון. מובן שכדי לענות על שאלה זו יש צורך לשנות את העולמונים שהשתמשו בהם בעבר בתנאי מעבדה ולהתאימם לתנאים של כיתה.

ב. חשוב לברר אם בתנאי כיתה ראוי להשאיר את הלמידה כלמידת גילוי טהורה, כלומר ללא הכוונה והתערבות מצד המורה, או שאולי עדיף לעבוד בשיטה של גילוי מודרך, שלפיה נותן המורה הדרכה והסבר במהלך העבודה.

ג. במידה וניתנת הדרכה של מורה, אפשר לנצל את שיטות המחקר וההערכה הקשורות בעולמונים כדי לבדוק מהם התהליכים הקוגניטיביים שעוברים על התלמיד תוך כדי הדרכה כזאת. בדרך כלל, לפרויקטים העוסקים בפיתוח חשיבה יש מערך ניסוי קלאסי הכולל השוואה בין הישגי תלמידים במבחן מקדים לבין הישגיהם במבחן מסכם. רק לעתים רחוקות יש לחוקר כלים לנתח ולתאר את השינויים הקוגניטיביים שעוברים על התלמיד תוך כדי תהליכי הוראה. אותה שיטת מחקר ששימשה במחקר של קון לחקר התפתחות החשיבה, עשויה לתרום גם לחקר התפתחות החשיבה של התלמיד בעת תהליך למידה המתרחש בעקבות יחידת הוראה.

כדי לענות על שאלות אלה, חוברו פעילויות לימודיות לפי העקרונות של העולמונים ששימשו למחקר (זוהר ווינברגר, 1995). כדי לאפשר למורה אחד לעבוד עם קבוצה גדולה של תלמידים, חוברו דפי עבודה ונבנה מסד נתונים ממוחשב. נושאי הפעילויות נבחרו מתוך התכנים הנלמדים בשיעורי המדע בחטיבת הביניים. כמו כן חוברו עבור התלמידים יחידת הוראה קצרה שמטרתה לעסוק בהיבטים אסטרטגיים ומטא-אסטרטגיים של בידוד משתנים (ראו לוח 7.2).

לוח 7.2 - קטע מיחידת הוראה שמטרתה עיסוק בבידוד משתנים (מתוך זוהר ווינברגר, 1995)

(הקטע המובא להלן מהווה הצעה למערך הוראה שנועד לעסוק בהיבטים אסטרטגיים ומטא-אסטרטגיים של בידוד משתנים. הקטע לקוח מתוך מדריך למורה ומשולב במהלך ההוראה לאחר שהתלמידים התנסו בעבודה עצמית עם העולמונים במשך שיעור אחד לפחות. מערך ההוראה כולל דף עבודה לתלמיד, ודיון כיתתי המונחה על ידי המורה. עם תום הדיון הכיתתי ממשיכים התלמידים בחקירה עצמאית.)

נבדוק את אחוז הנביטה בתנאים הבאים:

תנאי א': עומק זריעה 7 ס"מ, גודל גרגרי קרקע 0.5 מ"מ, זרע בינוני, עם חיטוי וללא דישון - 80% מהזרעים נבטו.

תנאי ב': עומק זריעה 12 ס"מ, גודל גרגרי קרקע 0.5 מ"מ, זרע קטן, עם חיטוי וללא דישון - 60% מהזרעים נבטו.

1. מה ניתן להסיק מנתונים אלה באשר לגורמים המשפיעים על אחוז הנביטה של זרעי אפונה?

כתשובה לשאלה כתבה יעל: "מכאן ניתן להסיק שעומק הזריעה משפיע על אחוז הנביטה, משום שבתנאים שבהם עומק הזריעה הוא 7 ס"מ אחוז הנביטה היה גבוה יותר מאשר בתנאים שבהם עומק הזריעה הוא 12 ס"מ."

2. האם אתם מסכימים עם מסקנה זו? נמקו.

בדיון שנערך בכיתה התנגד רפי למסקנה של יעל. "ייתכן שאחוז הנביטה הגבוה יותר אינו בגלל עומק הזריעה. בתנאי הנבטה א' עומק הזריעה 7 ס"מ וגודל הזרעים בינוני. בתנאי הנבטה ב' עומק הזריעה 12 ס"מ והזרעים קטנים. איך אנחנו יכולים לדעת מה משפיע על אחוז הנביטה? אולי ההבדל בגודל הזרע ולא עומק הזריעה, הוא שמשפיע על אחוז הנביטה?"

3. האם, לדעתכם, רפי צודק? נמקו.

בהקשר זה ברצוני לספר לכם סיפור מחיי היום-יום: יוני ושרית נכנסו לחדר ולחצו על מתג מנורת השולחן. האור לא נדלק. יוני אמר: "יש בעיה עם התקע, הוא אינו מחובר היטב". שרית אמרה: "לא, הבעיה עם הנורה. היא נשרפה". בו-זמנית, יוני הצמיד את התקע לשקע ושרית החליפה את הנורה. האור נדלק. יוני אמר: "את רואה - צדקתי. הבעיה היתה בשקע". שרית אמרה: "אתה טועה. הבעיה היתה בנורה".

מי צודק, לדעתכם, שרית או יוני?

האם ניתן לדעת בוודאות מי מהם צודק? מדוע?

מה היו שרית ויוני צריכים לעשות כדי לברר מי צודק?

4. האם לדעתכם קיים דמיון כלשהו בין הוויכוח שהתעורר בין יוני ושרית לבין ההסבר של רפי בנושא נביטת הזרעים? הסבירו את תשובתכם.

* **סיכום** רצוי לקבל תשובה מן הילדים, בעת הדיון. התשובה צריכה לכלול את המרכיבים הבאים: המשותף בין שני המקרים הוא שבשניהם היה צריך לשנות בכל ניסוי רק גורם אחד. כדי לבדוק את השפעתו של גורם כלשהו יש לדאוג שהתנאים האחרים יהיו זהים. לפי התוצאות שיתקבלו (תוצאות שונות או תוצאות זהות) אפשר להסיק מסקנות תקפות על השפעת הגורם (השפעה או קעדר השפעה).

5. כיצד נקרא הכלל שניסחנו כעת? (התשובה: **בידוד משתנים**).

בעקבות הדיון שערכנו בנושא בידוד משתנים, המשיכו בפתרון הבעיה: בררו אילו גורמים ברשימה משפיעים על אחוז הנביטה של זרעי אפונה.

הערה למורה: בכל פעם שתלמיד מסיק מסקנה בלתי-תקפה בגלל קעדר בידוד משתנים, יש להזכיר לו את הסיפור על יוני ושרית ולשאול אותו האם השתמש בכלל שלמד.

* * *

תיאור הממצאים ממחקר בכיתות

הפעילויות הלימודיות נוסו בשיעורי מדע במספר כיתות בחטיבת הביניים. תצפיות שנערכו בשיעורים אלה הראו כי התלמידים היו מעורבים בפתרון הבעיות ועבדו בריכוז רב. בשלב מסוים אף קרה שכמחצית התלמידים סרבו לצאת להפסקה והעדיפו להישאר בכיתה ולהמשיך את עבודתם.

כדי לבדוק את השפעת העולמונים על תהליכי החשיבה של תלמידים, נערכה סדרה של ראיונות עם מדגם של 33 תלמידים (Zohar, in press). כל תלמיד רואיין פעמיים. הראיון הראשון נערך לאחר שהמורה הציגה את העולמון בפני הכיתה, אך לפני שהתלמידים הספיקו להתחיל את החקירה העצמאית שלהם. בריאיון זה הוקלט כל אחד מן התלמידים בעת שביצע את שלושת הניסויים הראשונים שלו עם העולמון. הראיון השני (המסכם) נערך עם תום העבודה הכיתתית על העולמונים (שנמשכה 3-4 שיעורים). בריאיון זה נאמר לתלמידים כי עליהם להסביר לחבר שהיה חולה בשיעורים האחרונים את החומר שהפסיד, והמראיינים הסבירו מה הסיקו לגבי כל אחד מהמשתנים של העולמון. לאחר מכן שאל המראיין: "נניח כי החבר מפקפק באמיתות המסקנות האלה. כיצד תוכיח את דבריך?" כאן פנו התלמידים לבצע שוב סדרה של ניסויים. מסקנות שלושת הניסויים מהריאיון המוקדם ושלושת הניסויים מהריאיון המסכם שוכתבו ונותחו בעזרת המפתח של קון, המבחין בין היסקים תקפים ובלתי-תקפים. התברר כי שיעור ההיסקים התקפים עלה מ-11.8% בריאיון המוקדם ל-77.0% בריאיון המסכם (ראו טבלה 7.2).

טבלה 7.2 - השוואה בין אחוז ההיסקים התקפים בריאיון המקדים ובריאיון המסכם

כיתה	ריאיון מקדים		ריאיון מסכם	
	סה"כ היסקים	% היסקים תקפים	סה"כ היסקים	% היסקים תקפים
כיתה ח' (N=16)	84	8.3	49	69.4
כיתה ט' (N=17)	85	15.3	51	84.3
סה"כ	169	11.8	100	77.0

אולם, כפי שראינו בפרק 3, השאלה החשובה לגבי לימוד אסטרטגיות חשיבה היא האם תלמידים מסוגלים להעביר את האסטרטגיה שנרכשה גם לתחומי תוכן חדשים. למעשה יש להמשיך ולשאול לא רק לגבי העברה מיידיית, אלא גם לגבי העברה לאורך זמן. במלים אחרות, האם תלמידים מסוגלים לשמר את העברת האסטרטגיה שנרכשה לתחומי תוכן חדשים גם לאורך זמן? כדי לבדוק שאלות אלה נבחרו תשעה תלמידים להמשך המחקר (מה שמגביל, כמובן, את תוקף המסקנות לתשעת התלמידים האלה בלבד). תלמידים אלה רואיינו פעמיים נוספות (ריאיון מקדים לבעיה מס' 2 וריאיון מקדים לבעיה מס' 3). בכל אחד מן הראיונות הנוספים הציגו בפני הילדים עולמון נוסף שלא הכירו קודם (בתחום תוכן חדש), וביקשו מהם להתחיל לחקור אותו. גם כאן הפרוטוקול של הריאיון נותח, וחושב אחוז ההיסקים התקפים. הריאיון המקדים לבעיה מס' 2 נערך כשבועיים לאחר הריאיון המסכם לבעיה מס' 1. הריאיון המקדים לבעיה מס' 3 נערך חמישה חודשים לאחר מכן. תוצאות הראיונות הללו מוצגים בטבלה 7.3.

טבלה 7.3 - העברה ושימור לאורך זמן

אחוז היסקים תקפים בריאיון מקדים		
בעיה 1	בעיה 2	בעיה 3
85%	87.5%	10.2%

התוצאות מעידות שתשעת התלמידים שנבחרו להמשך המחקר היו מסוגלים להעביר את האסטרטגיות שרכשו לבעיה חדשה מתחום תוכן אחר. האחוז הממוצע של היסקים תקפים אצל תלמידים אלה בריאיון המקדים של הבעיה הראשונה היה 10.2%, לעומת 87.5% בריאיון המקדים של הבעיה השנייה. תלמידים אלה גם שימרו את יכולת ההעברה למשך פרק זמן של חמישה חודשים, כפי שאפשר לראות מכך שאחוז ההיסקים התקפים שלהם בריאיון המקדים של הבעיה השלישית היה 85%. ממצאים אלה מעידים כי גם בתנאי כיתה, כאשר מורה אחד ניצב מול מספר גדול יחסית של תלמידים, עדיין ניתן לשמר אותה התקדמות ביכולת החשיבה שנצפתה קודם לכן בתנאי מעבדה כאשר מראיין אחד עמד מול נבדק.

כדי לבדוק אם עדיף לעבוד בשיטה של גילוי טהור או גילוי מודרך, נערכה השוואה בין שיעור ההיסקים התקפים שהתקבל לאחר למידת גילוי טהור לבין שיעור ההיסקים התקפים שהתקבל לאחר למידת גילוי מודרך. ההדרכה מורכבת מיחידת הוראה העוסקת בבידוד משתנים (הכוללת את הוויכוח בין יוני ושרית לגבי הסיבה לכך שהנורה אינה דולקת, ראו לוח 7.2). יחידת ההוראה תוכננה כך שתצא מהתנסויות מוחשיות שרכשו תלמידים במהלך חקירת העולמון, תוביל את התלמידים להכללת העיקרון של בידוד משתנים ולהבנה מטא-אסטרטגית של חשיבות עיקרון זה להסקת מסקנות תקפות. נמצא כי שיעור ההיסקים התקפים היה גבוה יותר בלמידת הגילוי המודרך. ההבדל שנמצא היה מובהק מבחינה סטטיסטית. (Zohar, 1994).

כדי לבדוק את התהליכים הקוגניטיביים שעברו תלמידים בעקבות יחידת ההוראה, נערך מעקב צמוד אחר קבוצה קטנה של נבדקים (N=8) שקיבלו סימולציה של תנאי למידה בכיתה. כלומר, נבדקים אלה עבדו קודם בעצמם על חקר העולמון, לאחר מכן קיבלו את

ההדרכה לגבי בידוד משתנים (המבוססת על הסיפור שבלוח 7.2) ובעקבותיה שבו לעסוק באופן עצמאי בחקר העולמון. מראיין ערך מעקב אחר מהלך העבודה שלהם. בכל פעם שעבדו ללא בידוד משתנים, שאל אותם המראיין אם הם זוכרים את ההדרכה שקיבלו, אם הם חושבים שדרך עבודתם עולה בקנה אחד עם תוכנה של הדרכה זו, ואם היו רוצים לשנות דבר מה בדרך עבודתם.

לפני יחידת ההוראה הסיקו הנבדקים רק מעט מאוד היסקים תקפים (כ-8%). שיעור ההיסקים התקפים עלה באופן ניכר בפגישות שלאחר ההדרכה והגיע לכ-75% בפגישה החמישית. אולם, התקדמות זו היתה בלתי-עקבית. לעתים קרובות, הפגינו הנבדקים שימוש נכון באסטרטגיה של בידוד משתנים בשלב כלשהו של החקירה, אבל לא הצליחו להשתמש באותה אסטרטגיה בשלב מאוחר יותר.

נראה היה כאילו הבנת המשמעות של בידוד משתנים והיכולת ליישמה לחקירת הבעיה שלפניהם נדלקה וכבתה חליפות בראשם של הנבדקים. כדי לגלות את הדינמיקה הפנימית הכרוכה בתהליך הלמידה שהתרחש בפגישות אלה, נערך ניתוח מפורט של הראיונות המשוכתבים. הנתונים שיתוארו בהמשך נאספו במשך שלוש פגישות בנות חצי שעה כל אחת, שנערכו במשך שלושה שבועות. במהלך פגישות אלה חקרו הנבדקים את העולמון באופן עצמאי, אולם הפעם דן אתם המראיין מדי פעם באסטרטגיה של בידוד משתנים.

רק נבדק אחד התקדם באופן דרמטי כתוצאה מההדרכה שקיבל מהמראיין: כל ההיסקים שהסיק לפני ההדרכה לא היו תקפים, ואילו כל ההיסקים שהסיק בעקבותיה היו תקפים. התבוננות בפרוטוקולים של הנבדקים הראתה שורה של קשיים מטיפוסים שונים בהפעלת אסטרטגיה עקבית של בידוד משתנים:

1. חוסר יכולת לזכור את הסיפור על יוני ושרית שבוע לאחר שסופר.
2. זכירת הסיפור על יוני ושרית באופן חלקי, תוך התמקדות בהיבטים חיצוניים ובלתי-משמעותיים וללא יכולת להסביר את המשמעות של הסיפור לגבי העיקרון של בידוד משתנים.
3. חוסר יכולת להסביר את ההקבלה בין רעיון בידוד המשתנים בסיפור לבין בידוד המשתנים המורכב יותר שנדרש לפתרון העולמונים.

4. חוסר יכולת ליישם את העיקרון של שינוי גורם אחד בלבד בכל פעם לתכנון השוואה מבוקרת בבעיות המוצגות בעולמונים.

5. חוסר יציבות: אפילו לאחר שהיו אינדיקציות חזקות לכך שנבדק מסוגל ליישם את העיקרון של שינוי גורם אחד בכל פעם, נמצא כי השימוש באסטרטגיה זו לא היה יציב.

הקשיים שנצפו משקפים בעיות קוגניטיביות שונות זו מזו. הקושי הראשון משקף בעיה ברמה של **זכירה**, מבלי שתהיה לנו כל אינדיקציה לגבי מידת ההבנה של **בידוד משתנים**. הקושי השני והשלישי רומזים על כך שהנבדקים אמנם **זוכרים** את הסיפור, אך כנראה יש להם קושי בהבנת המשמעות של הסיפור, משום שלא הצליחו במטלות שדרשו מהם **להסביר את המשמעות** או להשליך אותה על מצב אחר. הקושי הרביעי והחמישי נבדלים מהקודמים בכך שהם מתייחסים ליכולת ביצוע ('ידע פרוצדורלי' - 'procedural knowledge') ולא ליכולת ברמה של מתן תשובה מילולית ('ידע הצהרתי' - 'declarative knowledge'). הקושי הרביעי מתייחס למצב שבו אפילו נבדקים שכבר הצליחו לזכור את הסיפור, להסביר את משמעותו ואת ההקבלה בינו לבין הבעיה המוצגת בעולמונים, לא הצליחו **לבצע** בידוד משתנים כאשר עסקו בפועל בחקר העולמונים. הקושי החמישי מתאר מצב שבו יכולת הביצוע אמנם קיימת, אך היא אינה יציבה.

חוסר היציבות נצפה בשלושה טיפוסים שונים של מקרים:

- * שימוש באסטרטגיה מיד לאחר שחוזקה (על ידי המראיין), אבל זניחת השימוש בה לאחר זמן.
- * שימוש באסטרטגיה עבור חלק מהמשתנים, אך לא עבור כולם (בידוד חלקי של משתנים).
- * זניחת האסטרטגיה כאשר השימוש בה היה כרוך בקונפליקט עם תיאוריות קודמות.

בכל שלושת המצבים הנבדק השתמש באסטרטגיה בשלב כלשהו של חקירתו, אך זנח אותה בהמשך. מצבים אלה מעידים שאימוץ איטי ובלתי-עקבי של אסטרטגיית חשיבה חדשה הוא תכונה משותפת ללימוד אסטרטגיה באמצעות גילוי, ולמקרים שבהם לימוד האסטרטגיה נתמך בהדרכה.

חמשת הקשיים שתוארו לעיל מדגימים וממחישים את הקשיים הכרוכים בהוראת חשיבה בכיתה. למרות שבאופן כללי היתה לסביבה הלימודית שעוצבה השפעה חיובית על התפתחות החשיבה (כפי שנצפה בעזרת העלייה התלולה באחוז ההיסקים התקפים), מראה המחקר המתואר כי **במשך** תהליך הלמידה 'נתקעו' הלומדים בנקודות שונות לאורך הדרך. חלק מהמהמורות שתלמידים נפלו לתוכן היו ברמת זכירת המידע, חלקן היה ברמת ההסבר, ואחרות ברמת הביצוע. קשיים אלה נצפו לאורך פרק זמן של שלושה שבועות, שבמהלכו המשיכו הנבדקים להתנסות הן בחקירה עצמאית והן בדיונים עם המראיין. השיפור שנצפה במהלך שלושת השבועות היה הדרגתי. כלומר, לגבי רוב הנבדקים לא היה די בהדרכה חד-פעמית של המראיין. אילו המורה היה מסתפק בהוראה של יחידת הלימוד, כלומר תיאור הסיפור, ואחר כך המשמעות שלו, סביר להניח שהלומדים היו נשארים בנקודות שבהן נתקעו.

המשימה (הקשה) העומדת בפני המורה לחשיבה היא לבחור את הסביבה הלימודית שתעזור לתלמיד לגשר על פני המהמורות, לאבחן את הנקודות שבהן הוא 'נתקע' וללמוד כיצד להגיב במצבים כאלה. אחת הדרכים המומלצות לעזור לתלמיד לקדם את החשיבה שלו היא יצירה של **קונפליקט קוגניטיבי** (לדיון במושג ראו פרק 2). בסעיף הבא מתוארת דוגמא לקונפליקט קוגניטיבי שנוצר בכיתה בעקבות השימוש בעולמונים.

סביבת הלמידה יוצרת קונפליקט קוגניטיבי

כאשר הפעילויות הלימודיות עם העולמונים עברו הערכה מעצבת בכיתות (כלומר הערכה ראשונית של מוצר בלתי-גמור, אשר תוצאותיה משמשות להכנסת תיקונים ושיפורים), נכחה חוקרת בשיעור כצופה. אחד התלמידים ניגש לחוקרת, ופתח עמה בשיחה. השיחה התרחשה במסגרת עולמון שעסק בתחום תוכן אחר (Zohar, in press). אולם, כדי לא להלאות את הקורא בתיאור עולמון נוסף, תורגמה השיחה לתחום התוכן של בעיית נביטת הזרעים. להלן מהלך השיחה (ת=תלמיד; צ=צופה):

ת: יש לי בעיה. אני לא יודע אם מה שהוכחתי נכון.
צ: בוא ותראה לי למה.

(התלמיד מראה את דף העבודה שלו, שבו רשומים שני ניסויים שהשוו בין תנאים שונים ללא בידוד משתנים: פעם אחת בדק זרע גדול בעומק 12 ס"מ ובפעם השנייה בדק זרע קטן בעומק 7 ס"מ. בשני הניסויים קיבל נביטה בשיעור של 60%)
ת: לפי זה יוצא שגם עומק הזריעה וגם גודל הזרע לא משנים. **אבל אני לא בטוח שזה נכון.**

צ: למה אתה לא בטוח?

ת: **כי זה יכול להיות גם עומק הזריעה וגם גודל הזרע. כי שניהם משתנים. אז אני לא יודע מה לעשות.**
צ: אז תחשוב איזה ניסוי אתה יכול לעשות כדי להוכיח.

התלמיד (שלא בודד משתנים), הסיק בשלב מוקדם יותר של עבודתו כי גם עומק הזריעה וגם גודל הזרע הם משתנים סיבתיים. כלומר, יש להם השפעה על שיעור הנביטה. היסקים אלה היו כמובן בלתי-תקפים. בקטע המצוטט כאן, ניכר כי בהמשך החקירה, התמלא התלמיד ספקות לגבי מסקנותיו. הניסויים שלו גרמו לו להבחין בכך שכאשר שני גורמים משתנים בו-זמנית, הוא אינו יכול להסיק שום מסקנה מוצקה. המסקנה הראשונית שלו (שלפיה הן גודל הזרע והן עומק הזריעה משפיעים על אחוז הנביטה) התערערה. בשלב זה חווה התלמיד בבירור אי-נחת ומבוכה כלפי החשיבה שלו עצמו. אי-נחת זו מהווה דוגמא לקונפליקט קוגניטיבי. המבוכה ניכרת בכך שהוא 'לא בטוח' ובכך שהוא מציע מסקנות חלופיות "זה יכול להיות גם גודל הזרע וגם עומק הזריעה", ובאומרו כי הוא "אינו יודע מה לעשות".

לאחר מכן המשיך התלמיד בחקירתו. הצופה התבוננה בו וראתה שהוא ביצע מספר ניסויים בזה אחר זה, ללא בידוד משתנים. ההתלבטות ניכרה על פניו. הפעמון צלצל להפסקה, אך התלמיד נשאר לעבוד ליד המחשב. לאחר דקות ארוכות ניגשה אליו הצופה ושאלה:
צ: **מה למדת מכאן?**

ת: **שהרבה גורמים קשורים לתהליך. גודל הזרע משנה. כי כשאני מגדיל את הזרע יש יותר נביטה. עומק הזרע לא - כי זה נשאר**

אותו הדבר. החיטוי כן משנה. הרבה גורמים משנים אבל אני עוד לא יודע מה. אז צריך להמשיך ולבדוק.

קטע זה מעיד כי ביצוע של ניסויים נוספים השאיר את התלמיד באותו שלב. הוא עדיין אינו מרוצה מן המסקנות שהסיק, ובצדק (בשלב זה, המסקנה שהסיק לגבי גודל הזרע אמנם נכונה, אך המסקנות לגבי העומק והחיטוי אינן נכונות. כל שלוש המסקנות אינן תקפות כי הוסקו ללא בידוד משתנים). ראוי להדגיש את העובדה שהערעור על דרכי החשיבה של התלמיד נוצר ללא שום משוב מן המורה אלא אך ורק כתוצאה מן האינטראקציה שלו עם סביבת הלמידה. כפי שהוסבר לעיל, ערעור מעין זה מתרחש דווקא משום שהעולמון מהווה סימולציה פשוטה יותר של המציאות (ראו עמ' 138-140). למרות שהמחקר המתואר כאן אינו מאפשר לקבוע כמה תלמידים אכן עברו בתהליך הלמידה שלהם שלב דומה של חוסר שיווי משקל קוגניטיבי, תוצאות איכותיות (תצפיות בכיתה וניתוח דפי עבודה של תלמידים) מעידות כי תופעה זו היתה רווחת למדי. למרות זאת, היות שלא ניתן להניח כי כל התלמידים עברו תהליך דומה, מכון החלק הראשון של ההדרכה הניתנת ביחידת ההוראה הקצרה להוביל את כלל התלמידים דרך תהליך דומה.

סיכום

בפרק זה תוארה באופן מפורט דוגמא לתהליכי חשיבה המתרחשים במהלך התנסויות באירועים הדורשים הפעלת חשיבה מדעית. התיאור סקר ממצאי מחקר קוגניטיבי טהור בצד דוגמאות של קשיים ותהליכי למידה בכיתה. בממצאים כרוכות 'חדשות רעות' בצד 'חדשות טובות'. היחדשות הרעות הן שאין די בעצם הקיום של ארוע חשיבה בכיתה כדי להביא לשיפור של ממש אצל תלמידים. לשם כך דרוש טיפול שיטתי לאורך זמן. היחדשות הטובות הן שכאשר טיפול כזה ניתן באופן מושכל, אפשר להראות כי השינויים הרצויים בחשיבה של תלמידים אכן עשויים להתרחש. אולם, כדי שהטיפול אכן יוכל להיעשות באופן מושכל יש לבסס אותו על הבנת הקשיים של התלמידים ועל היכרות עם תהליכים שבאמצעותם אפשר להתגבר על קשיים אלה. לשם כך יש מקום להדק את הקשר בין מחקר קוגניטיבי

טהור לבין מחקר קוגניטיבי יישומי ולעבודה חינוכית הכרוכה בכתיבת פעילויות לימודיות, והפעלתן בכיתות באמצעות המורים.

מורים רגילים להשקיע זמן ותשומת לב בהכנת מערכי שיעור מפורטים להוראת הנושאים השונים המרכיבים את תוכנית הלימודים. ניסיון בהוראה, כמו גם תוצאות ממחקרים רבים, מעידים שגם אם משקיעים זמן רב ומחשבה עמוקה בתכנון רצף הוראה, הרי שחלק מן התלמידים עדיין מחזיקים במושגים המוקדמים שהיו להם לפני תהליך הלמידה. לעתים קרובות מושגים אלה אינם משתנים גם בעקבות למידה בבית-הספר. יצירת סביבה לימודית שיכולה לגרום לשינוי מושגי אינה משימה קלה. הוראה של אסטרטגיות חשיבה אינה משימה פשוטה יותר מאשר הוראה של מושגים. אולם רק שיעורים מעטים יחסית מתוכננים במיוחד לשם השגת המטרה של יצירת שינוי באסטרטגיות חשיבה של תלמידים. הפעילויות הלימודיות המתוארות כאן תוכננו לאור ההנחה כי הוראת מיומנויות חשיבה גבוהות בגישה המשלבת דורשת רצף הוראה מובנה, המתמקד בהשגת שינוי באסטרטגיות חשיבה. הממצאים מעידים כי הנחה זו חיונית כדי להגיע להישגים של ממש במשימה המורכבת של קידום החשיבה של התלמיד.