

תפוח עץ הדעת לחינוך - הוראה ואיזה לשם הבנה*

דיוויד פרקינס

קשרים בין חיי היומיום של התלמידים לבין החומר הנלמד, בין עקרונות למעשה ובין עבר להווה. התלמידים מתבקשים לחשוב באמצעות מושגים ומצבים ולא רק לקלוט ולפלוט אותם בחזרה כמו בחידון.

נראה כיום מיושן לדבר על מתן תגמול בסגנון הענקת תפוח מעץ הדעת למורים, אך מורים אלה זכאים לכך. ההוראה שלהם היא מעל ומעבר לנדרש בדרך כלל על ידי הנהלת בית-הספר או ההורים. הם מלמדים לשם הבנה; הם דורשים מהתלמידים יותר מאשר לזכור את הנוסחה לחישוב שטחו של טרפז, שלוש דרכים בסיסיות להשוואה, תקופת שלטונו של תות ענף/ אמון או שם הסופר שחיבר את הספר מות הזמיר; הם דורשים מהתלמידים להבין את מה שהם לומדים ולא רק לדעת עליו.



יפה היה להעניק את תפוח עץ הדעת לכל המורים בכל בתי-הספר, אך הוראה לשם הבנה אינה משימה קלה ואינה מתקבלת תמיד בברכה. 'הוראה לשם הבנה' - הכותרת מצלצלת יפה ונשמעת סבירה, אך האם היא נחוצה?

כן. הוראה לשם הבנה נחוצה בהחלט אם יש ברצוננו להשיג את מטרתו הבסיסית ביותר של החינוך: הכנת התלמידים ללמידה נוספת ולתפקוד

מורה למתמטיקה בבריינטרי, מסצ'וסטס, ביקש מתלמידיו להכין תוכנית אדריכלית למרכז קהילתי, כולל אולמות מחול, מקום לתזמורת ועוד. מדוע? משום שהכנת תוכנית אדריכלית כרוכה בשימוש במספר צורות גיאומטריות ובשטח נתון. על התלמידים היה להשתמש בידע שרכשו על שטח כדי להכין תוכנית מתאימה.

בקיימברידג', מסצ'וסטס, ביקש מורה מתלמידיו לזהות מקרה בחייהם שבו התנהגו כלפיהם באי-צדק, ומקרה אחר שהם נהגו בו באי-צדק כלפי אחרים. מדוע? משום שהתלמידים אמורים לקרוא בקרוב את הספר מות הזמיר, העוסק בבעיות של צדק ובשאלה מי קובע אותו. במקרה זה, יצירת קשרים לחיי התלמידים היא לב העניין.

בכיתה באורבנה, אילינוי, תלמיד מסביר בעזרת ציור לקבוצה קטנה מבני-כיתתו כיצד חיפושית טורפת מסוימת מחקה את התנהגותן של נמלים כדי לחדור אל קן ולאכול את ביציהן. מדוע? כל תלמיד קיבל מטלה להורות לתלמידי כיתתו. באמצעות למידה לשם הוראה התלמידים מפתחים הבנה בטוחה יותר של נושאי הלימוד (Brown, et al., בדפוס).

בבית-ספר יסודי בסקוטסדייל, אריזונה, פרסמו תלמידי הקורס בתולדות מצרים העתיקה עיתון בסגנון ה-*National Enquirer* וקראו לו רשומות המלך תות. הכותרות בעיתון קנטרניות, בסגנון "האם קליאו שוב בצרות?" מדוע? משום שמסגרת זו לא רק מניעה את התלמידים אלא גם מובילה אותם לסיתתה ולהצגה נאותה של הנושא שאותו הם לומדים (Fiske 1991, pp.157-8).

אפיזודות מעין אלה, מתוחכמות ומתחכמות על פי אמות המידה של החינוך המסורתי, אינן רווחות בכיתות רגילות אך גם אינן נדירות. שתי הדוגמאות הראשונות משקפות עבודה של מורים המשתפים פעולה עמי ועם עמיתים במחקרים על הוראה לשם הבנה. שתי הדוגמאות הנוספות לקוחות מן הספרות העשירה והמגוונת העוסקת בנושא. מי שעזר לזרמים הנוכחיים בהוראה, לא יופתע. מקרים אלה מצביעים על מאמץ גובר לערב את התלמידים בלמידה מעמיקה ושקולה יותר של נושאי ההוראה. נעשה מאמץ לחפש

* David Perkins, "An Apple For Education - Teaching and Learning for Understanding". (1993). Project Zero, Harvard Graduate School of Education., Prepared for the ELAM Lecture Educational Press Association of America Annual Conference Philadelphia, June 9-11, 1993.

Behr, Lesh, Post & Silver, (ראו) 1981; Lochhead & Cleement, Lochhead & Monk 1983; Reznick, 1987, 1992, (Mestre, 1988).

אף כי מקצועות הלימוד ההומניסטיים נראים במבט ראשון כמועדים לאי-הבנות פחות מן המקצועות הטכניים והמדעיים, המחקר סותר רושם זה. מחקרים ב'הבנת הנקרא', למשל, מראים כי אף על פי שהתלמידים מסוגלים לקרוא מלים, הם מתקשים בפירוש התכנים שקראו ובהסקת מסקנות מהם. מחקרים הבודקים יכולות כתיבה מעידים שרוב התלמידים מתקשים בעיצוב עמדות משכנעות הנתמכות בטענות (National Assessment of Educational Progress, 1981). אכן, תלמידים נוטים לכתוב מאמרים באופן המכונה על ידי ברייטר וסקרדמליה (1985) 'סיפור הידיעה'. הם מספרים בפשטות, פסקה אחר פסקה, כל מה שהם יודעים על נושא מסוים, במקום למצוא ולהביע נקודת מבט.

בחינת הבנתם של תלמידים בהיסטוריה מגלה שהם סובלים מבעיות של היצמדות לזמן ולמקום (Carretero, Pozo & Asensio, 1989). תלמידים השוקלים את החלטתו של הנשיא טרומן להטיל פצצת אטום על הירושמה, למשל, נוטים לעתים קרובות לבקר אותה בחומרה בגלל הלכי הרוח של ההיסטוריה בת-זמנם. בשל צמידותם להווה הם מתקשים להשליך עצמם לתקופה הנידונה ולשקול את הבעיה במושגיו של טרומן עצמו באותה עת. שינוי כזה בנקודת המבט חיוני להבנת היסטוריה, ולמעשה להבנת אומות, תרבויות וקבוצות אתניות אחרות. יתר על כן, גרדנר (1991) טוען שהבנתם של תלמידים בנושאים הומניסטיים נועה בסטריאוטיפים שונים, למשל כאלה הנוגעים לגזע ולזהות מינית ואתנית, סטריאוטיפים המצטברים לאי-הבנות של המצב האנושי על שלל אפשרויותיו.

מכאן שההבנה 'שבורה' יותר ממה שניתן לקבל כסביר. אנו יכולים לעשות משהו; הזמן בשל לכך. היום יותר מאי-פעם, המדע הקוגניטיבי, הפסיכולוגיה החינוכית והניסיון המעשי עם מורים ותלמידים, מציבים אותנו בעמדה נוחה ללמד לשם הבנה וללמד מורים ללמד לשם הבנה (Gardner, 1991; Perkins, 1986, 1992). כפי שאטען להלן, היום יותר מאי-פעם, הוראה לשם הבנה היא משימה נגישה וזמינה לחינוך.

מהי הבנה?

בבסיס ההוראה לשם הבנה מונחת שאלה עקרונית: מהי הבנה? חשבו רגע על שאלה זו ותיווכחו שהתשובות לשאלה זו אינן מובנות מאליהן. לצורך השוואה, לכולנו יש מושג סביר בנוגע לידע. כאשר תלמיד יודע משהו הוא יכול להפגין זאת לפי הזמנה - לדווח על כך או לגלות מיומנות. אך הבנתו של נושא היא עניין מורכב יותר. תלמיד יכול לצטט כמות גדולה

יעיל יותר בחייהם. בהמשך המאמר אטען שהוראה לשם הבנה חייבת להיות מרכיב מרכזי בכל תוכנית חינוכית סבירה. יתר על כן, על בסיס תובנות מעולם המחקר והמעשה החינוכיים, אנו מבינים את טבען של ההבנה ושל ההוראה לשם הבנה במידה המאפשרת לנו לתמוך במאמץ מתואם ומסור להורות לשם הבנה.

מדוע לחנך להבנה?

ידע ומיומנויות היוו תמיד את בסיס החינוך. אנו רוצים שהתלמידים יגלו בקיאות בהיסטוריה, מדע, גיאוגרפיה וכו'. אנו רוצים שהתלמידים יהיו מיומנים בפעולות שגורות בחשבון, כתיבה ושפה זרה. לא קל להשיג זאת אך אנו עובדים קשה לשם כך.

היות שהקניית ידע ומיומנויות זקוקה לתשומת לב כה רבה, מדוע להשקיע בהוראה לשם הבנה? יש לכך מספר סיבות, אבל אחת חשובה במיוחד: ידע ומיומנויות כשלעצמם אינם מבטיחים הבנה. בני-אדם יכולים לרכוש ידע ומיומנויות שגורים מבלי שיבינו את עיקרם ומבלי שיִדעו מתי ראוי להשתמש בהם. ידע ומיומנויות בלתי-מובנים מביאים תועלת מועטה! איזו תועלת ניתן להפיק מהיסטוריה או מתמטיקה שלא הובנו כראוי?

לטווח הארוך, על החינוך לכוון לשימוש פעיל בידע ובמיומנויות (Perkins, 1992). תלמידים אוצרים ידע ומיומנויות בבית-הספר במטרה להשתמש בהם לאחר מכן, הן בסיטואציות מקצועיות כמדענים, מהנדסים, אדריכלים, רופאים, מנהלי עסקים, סופרים, שחקנים ומוסיקאים, והן בסיטואציות בלתי-מקצועיות כאזרחים, מצביעים והורים, סיטואציות הדורשות הערכה, הבנה ושיפוט. ידע שגור מנוגד בדרך כלל לשימוש הפעיל בו, ומיומנויות שגורות אינן משרתות תלמידים שאינם מבינים מתי עליהם להשתמש בהן. בקיצור, אנו חייבים ללמד לשם הבנה כדי לסלק את חובו של החינוך לעתיד.

אך אולי אין צורך לעשות כלום, כדברי הפתגם: "אם משהו לא שבור, אל תתקן אותו"; אולי תלמידים מבינים היטב את הידע והכישורים שהם רוכשים?

למרבה הצער, המחקר מראה אחרת. מחקרים על הבנתם של תלמידים במדע ובמתמטיקה, לדוגמה, חושפים ליקויים רבים ועקשניים. תפיסות מוטעות במדע מתחילות בבלבול של ילדים בנוגע לשאלה האם כדור הארץ שטוח, או מה המשמעות של היותו עגול, וממשיכות בתפיסות מוטעות של סטודנטים באוניברסיטאות את חוקי ניוטון (ראו Clement, 1982, 1983; McCloskey, 1983; Nussbaum, 1985). אי-הבנות במתמטיקה כוללות 'חוקים לכאורה', הנובעים מהכללת יתר של חוקים במקרה נתון ומיישומם למקרים אחרים, קשיים בשימוש בשברים ובפרופורציות, בלבול בנוגע למשמעותן של משוואות

לתיאוריה של ניוטון בניסיונו היומיומי (מדוע שופטי הקו בליגת הפוטבול צריכים להיות כל כך גדולים? כדי שכוח ההתמדה שלהם יהיה גבוה) ולעשות אקסטרפולציות נוספות. ככל שהתלמיד מסוגל להציג יותר ביצועים עתירי חשיבה, כך יגבר ביטחונו שהוא אכן הבין את הנושא הנלמד.

לסיכום, להבין דבר מה משמע להיות מסוגל להפגין מגוון 'ביצועים' הקשורים לנושא נלמד, ביצועים כמו ניבוי תוצאות מלחמת כדורי השלג בחלל, המעיד על הבנת הנושא ובה בעת מקדם אותה באמצעות החלטה על מצבים חדשים. אנו מכנים ביצועים אלה בשם 'ביצועי הבנה'.

ביצועי הבנה מנוגדים למה שהתלמידים עושים רוב זמנם בבית-הספר. ביצועי הבנה עשויים להיות מגוונים ביותר אך על פי הגדרה הם דורשים חשיבה; הם לוקחים את התלמידים אל מעבר למה שהם כבר יודעים. רוב הפעילויות בכיתה שגורות מכדי להיקרא 'ביצועי הבנה' - תרגילי איות, חידונים של נכון/לא נכון, אימון בחשבון, שאלות מקובלות ועוד. לביצועים אלה חשיבות משלהם, אך הם אינם ביצועי הבנה ולכן אינם מסייעים ליצירת הבנה.

כיצד תלמידים יכולים ללמוד מתוך הבנה?

על רקע תפיסת הביצועים של ההבנה, נשאלת השאלה כיצד יכולים התלמידים ללמוד מתוך הבנה? צעד חשוב לקראת תשובה נובע מהצגת שאלה קרובה אך שונה: כיצד לומדים להחליק על גלגליות? לבטח לא רק בעזרת קריאת הוראות וצפייה באחרים, אף כי גם אלה עשויות לעזור. קרוב לוודאי כי אתם לומדים להחליק תוך כדי החלקה, ואם אתם תלמידים טובים, לא רק תוך כדי החלקה בטלה אלא גם תוך כדי החלקה שקולה, שבמהלכה אתם שמים לב למה שאתם עושים, מנצלים את יתרונותיכם, מאתרים את חולשותיכם (אולי בעזרת מאמן) ועובדים עליהן.

כך גם בנוגע להבנה. אם הבנת נושא משמעה יצירת ביצועי הבנה סביב אותו נושא, עיקרה של הלמידה לשם הבנה הוא מעורבות ממשית בביצועים אלה. הלומדים חייבים לעסוק חלק גדול מזמנם בפעילויות המחייבות הכללה, מציאת דוגמאות חדשות, יישומים וביצועי הבנה נוספים, כל זאת באופן שקול ובסיוע משוב לצורך שיפור הביצועים.

שימו לב כיצד תפיסת הביצועים מנוגדת לתפיסות רווחות אחרות. נקל לחשוב על למידה מתוך הבנה כעל קליטה בהירה של מידע. כאילו הקשבה זהירה מבטיחה כביכול הבנה. אך תפיסת זו פשוט אינה נכונה. אם נשוב ונשתמש בדוגמת התיאוריה של ניוטון על תנועה, אפשר להקשיב לדברי המורה בתשומת לב ולהבינם במובנם הצר; להבין את

של עובדות ולהפגין מיומנויות שגורות כמעט ללא הבנה. בהבנה יש משהו מעבר לידע, אבל מה? רמזים לתשובה אפשר למצוא בפנטסיה הבאה: דמו לעצמכם מלחמת כדורי שלג בחלל. חצי תריסר אסטרונוטים מסתדרים תוך כדי נפילה חופשית במעגל. כל אחד מהם מחזיק בידו סל מלא כדורי שלג. עם הישמע האות במכשירי הקשר מתחיל כל אסטרונוט לזרוק כדורי שלג על עמיתיו. מה יקרה? מהו הניבוי שלכם?

אם יש לכם מושג כלשהו בתיאוריה של ניוטון לגבי תנועה, תוכלו לנבא שמלחמת כדורי שלג זו לא תתנהל כסדרה. כאשר האסטרונוטים ישליכו את כדורי השלג, הם יתחילו להתרחק זה מזה: השלכת הכדור לפני תגרום לתנועה לאחור. יתר על כן, כל אסטרונוט שישליך כדור, יתחיל להסתובב בהמשך לתנועת הזריקה, מפני שזרועו המושטת מרוחקת ממרכז הכובד שלו. אין זה סביר שמישהו יצליח לפגוע באחרים, גם לא בזריקה ראשונה. בגלל התנועה הסיבובית ימצאו האסטרונוטים במרחק גדול זה מזה, מה שלא יותיר להם כל סיכוי. עד כאן בנושא מלחמת כדורי השלג בחלל.

אם ניבוי כזה אכן מעיד על הבנה של תיאוריית ניוטון, מהי הבנה? עמיתי ואני בבית-הספר לחינוך של אוניברסיטת הרווארד ניתחנו את משמעות המושג 'הבנה'. בחנו דעות שונות על הבנה בדיווח המחקרי העכשווי ובדקנו מיומנות של מורים ללמד לשם הבנה. ניסחנו את עמדתנו בתיאום עם מספר מקורות. אנו מכנים אותה 'התפיסה הביצועית של ההבנה'. תפיסה זו מבטאת את רוחו הכללית של ה'קונסטרקטיביזם', הבולט בתיאוריות למידה בנות-זמננו (Duffy & Jonassen, 1992), ומציעה דעה מיוחדת בנוגע לשאלה מה כוללת למידה לשם הבנה. תפיסה זו מסייעת להבהיר מהי בדיוק הבנה וכיצד ללמד לשם הבנה, זאת באמצעות הנהרה של מה שהיה מובלע במושג זה עד כה והכללה של מה שהובע עד כה באופנים מוגבלים יותר (Gardner, 1991; Perkins, 1992).

בקצרה, התפיסה הביצועית גורסת שהבנת נושא לימודי משמעה היכולת לבצע באמצעותו מספר מהלכי חשיבה כגון הסבר, איסוף ראיות, הבאת דוגמאות, הכללה, יישום מושגים, מציאת אנלוגיות, הצגת הנושא בדרך חדשה וכו'. דמו למשל תלמיד שיודע פסיקה ניוטונית: הוא יכול לכתוב נוסחאות וליישמן באורח שגרתי לשלוש או ארבע בעיות שגרתיות מספר הלימוד. אין אנו משוכנעים שתלמיד זה אכן הבין את התיאוריה של ניוטון. ייתכן שפשוט חזר על הכתוב ועל פתרונות שגורים שזכר למבחן בעיות. אך נניח שהוא יכול לנבא כראוי את תוצאות מלחמת כדורי השלג בחלל; יכולת זו היא מעבר לידיעה גרידא. יתר על כן, שערנו בנפשכם שאותו תלמיד יכול למצוא דוגמאות חדשות

להלן שש קדימויות למורים המלמדים לשם הבנה:

1. **הפכו את הלמידה לתהליך ממוקד חשיבה וארוך טווח.** מנקודת מבטו של המורה, המסר העיקרי של תפיסת הביצועים של ההבנה הוא זה: עניינה של ההוראה הוא פחות במה שהמורים עושים ויותר במה שהם גורמים לתלמידים לעשות. על המורה לדאוג לכך שהתלמידים יחשבו באמצעות הרעיונות שלמדו במשך זמן ארוך דיו בכדי שיתמצאו בנושא הנלמד. רק כאשר תלמידים חושבים באמצעות רעיונות שהם לומדים עליהם במשך זמן, הם עשויים ליצור מבחר גמיש של ביצועי הבנה.

שוו בנפשכם שבועות ואף חודשים המוקדשים לנושא עשיר כלשהו, כגון טבעם של החיים, מקורן של מהפכות או אמנות המודלים המתמטיים. דמו שהתלמידים מעורבים לאורך זמן במגוון של ביצועי הבנה הממוקדים בנושא ובמטרות נבחרות. הם מתמודדים בהדרגה עם אתגרים מורכבים יותר אך אפשריים. בסופו של תהליך זה ניתן להגיע לביצוע הבנה המהווה את שיאו, כגון מאמר או תערוכה ברוח הרעיון של תיאודור סייזר (1984) על 'בתי-ספר מהותיים' (essential schools). תהליך ממוקד חשיבה וארוך טווח מעין זה חיוני ליצירת הבנה של תלמידים.

2. **ספקו הערכה מגוונת ומתמשכת.** הדגשתי קודם, שהתלמידים זקוקים לקריטריונים, משוב והזדמנויות למחשבה רפלקטיבית כדי ללמוד כראוי ביצועים של הבנה. ההערכה המסורתית נעשית בסוף למידה של נושא ומתמקדת במתן ציונים ואחריות (accountability). אלה משימות חשובות שיש לכבדן בהקשרים רבים, אך אינן משרתות כראוי את צרכי הלמידה המיידיים של התלמידים. כדי ללמוד באופן משמעותי, התלמידים זקוקים לקריטריונים, משוב והזדמנויות למחשבה רפלקטיבית סמוך לתחילת תהליך ההוראה (Gifford & Baron, 1990; O'Connor, 1991; Perrone, 1991).

משמעות הדבר היא שהזדמנויות להערכה חייבות להינתן לאורך כל תהליך הלמידה מתחילתו עד סופו. פעמים הן תהיינה כרוכות במשוב של המורים לתלמידים, פעמים במשוב של תלמידים לעמיתיהם, ופעמים בהערכה עצמית. פעמים המורה יספק קריטריונים, ופעמים הוא יערב את התלמידים בהגדרת הקריטריונים שלהם. קיימות אמנם גישות סבירות רבות להערכה מתמשכת, אך הגורם הקבוע היא התמקדות תכופה על קריטריונים, משוב ומחשבה רפלקטיבית לאורך כל תהליך הלמידה.

3. **תמכו בלמידה באמצעות הדגמות בעלות עוצמה.** מחקרים מראים שהדרך שבה מוצג המידע משפיעה באופן מכריע על מידת התמיכה של מידע זה בביצועי הבנה. ריצ'רד מאייר (1989)

דבריו של המורה כמות שהם. אך זו אינה הבנה במובן אמיתי יותר, כמו הערכת ההשתמעויות של הדברים למצבים שהמורה לא דיבר עליהם. למידה למטרת הבנה דורשת יותר מאשר קליטה של מה שנאמר; היא דורשת חשיבה במספר דרכים באמצעות מה שנאמר, ואימון ושיפור החשיבה עד שהקשרים הנכונים יעשו בגמישות.

הנושא הופך לדחוף במיוחד כאשר אנו חושבים על האופן שבו צעירים מבליים את מרבית זמנם בבית-הספר ובהכנת שיעורי בית. כפי שנאמר, רוב הפעילויות בבית-הספר אינן ביצועי הבנה אלא סוג כזה או אחר של יצירת ידע או מיומנות שגורה. ידע או מיומנות חשובים כשלעצמם, אך כפי שטענתי, אם אינם מלווים בהבנה לא ניתן לעשות בהם שימוש מועיל. יתר על כן, כאשר תלמידים כבר מתמודדים עם ביצועי הבנה כגון פירוש שיר, תכנון ניסוי או מעקב אחר נושא במהלך תקופה היסטורית, ניתנים להם הנחיה מעטה מאוד בנוגע לקריטריונים, משוב דל מדי לפני יצירת התוצר הסופי מכדי שיוכלו לשפרו, ומעט מאוד הזדמנויות לבדוק את תהליך התקדמותם במבט לאחור.

לסיכום, כיתות לימוד רגילות אינן נותנות די מקום למעורבות עתירת מחשבה בביצועי חשיבה. כדי להשיג את ההבנה שאנו רוצים בה, עלינו להציבה בחזית. פירוש הדבר, שעלינו להציב בחזית את המעורבות עתירת החשיבה בביצועי חשיבה!

כיצד ניתן ללמד לשם הבנה?

עד כה עסקנו בלמידה לשם הבנה מנקודת מבטו של הלומד. אך מהי הוראה לשם הבנה מנקודת מבטו של המורה? מה כוללת הוראה לשם הבנה? הוראה לשם הבנה אינה קשה לאי-קץ, אך גם אינה קלה במיוחד. הוראה להבנה אינה סתם עוד שיטת הוראה הניתנת לשליטה, כמו השיטה הרגילה של הרצאה-תרגיל-מבחן. היא כרוכה בכוריאוגרפיה מורכבת יותר של הכיתה.



מספר סיבות לכך שילדים צעירים אינם מבינים בקלות מושגים הכרוכים ברזומנית בשניים או בשלושה משתנים, כגון שיווי משקל, צפיפות או לחץ (Case, 1985, 1992; Fischer, 1980).

תמונת ההתפתחות האינטלקטואלית העולה כיום היא מוגבלת פחות, מגוונת יותר ולבטח אופטימית יותר בכל הנוגע לעתיד החינוך. מורים המלמדים להבנה חייבים להתייחס לגורמים כגון מורכבות, אך ללא תפיסה נוקשה בנוגע ליכולתם או אייכולתם של ילדים בגילאים מסוימים.

5. **הכניסו את התלמידים לדיסציפלינה.** ניתוח ההבנה מראה שמושגים ועקרונות של דיסציפלינה אינם מובנים כשלעצמם (Perkins, 1992; Perkins & Simonson, 1988; Schwab 1978). תפיסה של מושג או של עיקרון תלויה במידה רבה בזיהוי של אופן פעולתם במסגרת דיסציפלינה, וזיהוי זה תלוי מבחינתו בפיתוח תחושה של פעולת הדיסציפלינה כמערכת מחשבתית. למשל, לכל הדיסציפלינות יש דרכים לבחון טענות ולטפל בהוכחות, אך צורת הבדיקה שונה בכל דיסציפלינה - במדע ניתן לבצע ניסויים, בהיסטוריה יש לחפש הוכחות בתעודות היסטוריות, בספרות אנו מחפשים ראיות לפרשנות מסוימת בטקסט עצמו, ובמתמטיקה אנו מאמתים משפט באמצעות היסק המתבסס על נתונים.

ההוראה השגרתית מציגה בפני התלמידים עובדות, מושגים ומהלכים השגורים בדיסציפלינות כמו מתמטיקה, ספרות או היסטוריה, אך היא עושה פחות כדי לעורר את התלמידים להכיר את הדרך שבה הדיסציפלינה פועלת - כיצד מצדקים, מסבירים, פותרים בעיות ומנהלים מחקר בדיסציפלינה. רק בדפוסי חשיבה כגון אלה מצויים ביצועי הבנה הנותנים משמעות להבנה של העובדות, המושגים והמהלכים השגורים בדרך עשירה ופורייה. לכן על המורה המלמד לשם הבנה לקבל על עצמו משימה מורחבת זו של הקניה מכוונת של מודעות למבנה ולהיגיון של הדיסציפלינות הנלמדות.

6. **למדו להעבירה.** מחקרים מראים שלעיתים קרובות ביותר תלמידים אינם מבצעים העברה של עובדות ועקרונות שרכשו בהקשר מסוים להקשרים אחרים. הם אינם משתמשים במה שלמדו בשיעורי מתמטיקה, למשל, בשיעורי מדע או בסופרמרקט. הם אינם מיישמים את מיומנויות הכתיבה שרכשו בשיעורי ספרות לצורך כתיבת מאמר בהיסטוריה. הידע נוטה להיצמד אל ההקשרים הצרים שבהם נרכש לראשונה. אם אנו רוצים העברה של למידה - ואנו ללא ספק רוצים בכך, שכן אנו רוצים שהתלמידים יפעילו את ההבנה שרכשו במצבים מגוונים - עלינו ללמד באופן מכוון להעברה: לסייע לתלמידים

הראה שוב ושוב כי מה שהוא מכנה 'מודלים מושגיים' - בדרך כלל בצורת דיאגרמות מלוות הסברים, הארוגים בתבונה על פי מספר עקרונות - יכולים לסייע לתלמידים לפתור בעיות בלתי-שגרתיות, הדורשות ליישם רעיונות חדשים בדרכים בלתי-צפויות. דוגמא אחרת: מחשב המראה עצמים הנעים באופן ניוטוני ללא חיכוך, מצב נדיר למדי במציאות, יכול לסייע לתלמידים להבין מה באמת אומרים חוקי ניוטון על תנועה של עצמים (White, 1984). דוגמא נוספת מהוות אנלוגיות נבחרות המשמשות לעתים קרובות להבהרת מושגים במדע, בהיסטוריה, בספרות ובתחומים אחרים (ראו Brown, 1989, Clement, 1989, Royer & Cable, 1976).

רבות מן ההדגמות השגרתיות הנהוגות בבית-הספר כמו באמצעות הגדרות מילוניות פורמליות לרעיונות, או באמצעות סימנים מקובלים (למשל, 'חוק אום' $I = E/R$) מותירים את התלמיד מבלבל או בעל מידע מצומצם (Perkins & Unger 1994, בדפוס). מורה המלמד לשם הבנה חייב להוסיף הדגמות מעוררות דמיון, אינטואיטיביות ומגרות יותר כדי לתמוך בביצועי ההבנה של התלמידים. פרט להדגמות בעלות עוצמה יכולים המורים לבקש מהתלמידים לתכנן הדגמות משלהם, מה שמהווה ביצוע הבנה בפני עצמו.

4. **שימו לב לגורמים התפתחותיים.** התיאוריה שפותחה על ידי חלוץ הפסיכולוגיה ההתפתחותית, ז'אן פיאז'ה, גרסה שהבנתם של ילדים מוגבלת על ידי הסכמה הכללית שפיתחו: ילדים שלא הגיעו לשלב של 'אופרציות פורמליות' לא יוכלו להגיע להבנה של רעיונות מסוימים, למשל מושגים הקשורים לשליטה במשתנים או הוכחה פורמלית (Inhelder & Piaget, 1958). מורים רבים, שלמדו תיאוריה זו, מאמינים שהיבטים בסיסיים של חשיבה והבנה 'מבוזבזים' על ילדים לפני השלב המאוחר של הנעורים. הם אינם מודעים לעובדה ששלושים שנות מחקר הולידו שינויים בסיסיים בתיאוריה של פיאז'ה. מחקרים רבים הראו שוב ושוב, שבתנאים של תמיכה ילדים יכולים להבין הרבה יותר ממה שהעריכו בעבר ובשלב מוקדם בהרבה בחייהם.

התיאוריות ה'ניאור-פיאז'יסטיות של רובי קייז (1985), קורט פישר (1980) ואחרים, מציעות תמונה טובה יותר של ההתפתחות האינטלקטואלית. הבנה של מושגים מורכבים תלויה לעתים קרובות במה שקייז מכנה 'מבנה מושגי מרכזי', דפוסים מסוימים של ארגון כמותי, מבנה סיפורי ומרכיבים אינטר-דיסציפלינריים אחרים (Case, 1992). שיטת הוראה מתאימה יכולה לסייע ללומד להגיע למבנים רעיוניים מרכזיים אלה. ביתר הכללה, מחקרים התפתחותיים רבים מראים שמורכבות היא משתנה קריטי. קיימות

הבעיה לגבי תלמידים שלא פנו לכיוונים טכניים היא שמשוואות ריבועיות הן השקעה כושלת בלימוד לשם הבנה. אך הבעיה רחבה בהרבה: חלק ניכר מתוכנית הלימודים המקובלת אינו מחובר ליישומים מעשיים, לתובנות אישיות או לכל דבר אחר. הידע אינו מתחבר לפי טבעו, או שאינו נלמד בדרך המסייעת לחיבורו. אנחנו סובלים מבעיה קשה של 'חינוך ריבועי'.

מה שאנו זקוקים לו הוא תוכנית לימודים מחוברת ולא מנותקת, תוכנית לימודים משופעת בידע ובהוראה מן הסוג הנכון, המבטיחים התחברות עתידית פורייה לתובנות וליישומים (Perkins, 1986; Perrone, 1991) ג'ון דיואי, הפילוסוף והחינוכאי האמריקאי הגדול, חשב על משהו דומה (1916) כאשר כתב על 'ידע פורה'. הוא רצה שהחינוך ידגיש ידע בעל השתמעויות עשירות לחיי הלומדים; ידע הראוי להבנה.

מהו ידע פורה?

כיצד נראה ידע פורה? (השוו; Perkins, 1986, 1992; Perrone, 1991). חשבו על מושגים מתמטיים שונים במהותם ממשוואות ריבועיות: הסתברות וסטטיסטיקה. תוכנית הלימודים המקובלת בבית הספר מקדישה תשומת לב מעטה לנושאים אלה. עם זאת, מידע סטטיסטי נפוץ באורח יומיומי בעיתונות, בכתבי-העת ואפילו בשידורי החדשות. שיקולים הסתברותיים מופיעים בתחומי רבים של חיינו, כמו למשל קבלת החלטות בנוגע לטיפול רפואי. **המועצה הלאומית של מורי המתמטיקה** (1989) מדרבנת את מעצבי החינוך ליתר תשומת לב להסתברות ולסטטיסטיקה. לאור המצב הנתון, מן הראוי ללמד לשם הבנה הסתברות וסטטיסטיקה יותר מאשר משוואות ריבועיות; זהו ידע המתחבר!

ודוגמא אחרת: לפני מספר חודשים פרסם העיתון **ניו יורק טיימס** סדרת מאמרים בנושא 'שורשי השנאה האתנית', אשר עסקה בגורמים הפסיכולוגיים והסוציולוגיים לשנאה העקבית שמגלות קבוצות אתניות בצפון-אירלנד, בבוסניה ובדרום-אפריקה לקבוצות אתניות אחרות. מסתבר שקיים ידע ניכר על הסיבות ועל הדינמיקה של השנאה האתנית. אם מלמדים את מדעי החברה לשם הבנה, אולי מן הראוי ללמד על שורשי השנאה האתנית במקום על המהפכה הצרפתית, או ללמד על המהפכה הצרפתית מנקודת המבט של שנאה אתנית. זהו ידע מתחבר!

שימוש בחוכמת המורים

מהיכן יבוא הידע של תוכנית לימודים מחוברת זו? מקור עשיר אחד הוא המורים. בסדנאות שערכנו לאחרונה בחנו עמיתי ואני, בשיתוף עם מורים, רעיונות אחדים לידע פורה. אופן אחד של הצגת

ליצור קשרים שלא היו יוצרים ללא סיוע זה, ולסייע להם לטפח הרגלי חשיבה של יצירת קשרים (Brown, 1989; Salomon & Perkins, 1989; Perkins & Salomon, 1988).

הוראה לשם העברה היא משימה קרובה להוראה לשם הבנה. למעשה, ביצועי הבנה כוללים לפי הגדרה מרכיב של העברה, שכן התלמיד הלומד ללכת אל מעבר למידע נתון נדרש בהם לאמת, להסביר, למצוא דוגמאות וביצועים נוספים הכרוכים בחריגה ממה שכתוב בספר או נאמר בשיעור. יתר על כן, ביצועי הבנה רבים חורגים מגבולות הנושא, הדיסציפלינה או הכיתה - יישום ידע מתמטי שנלמד בכיתה בשוק המניות, או ידע היסטורי בהצבעה בבחירות. על המורים המלמדים להבנה מלאה ועשירה לכלול ביצועי הבנה שמרחיקים אל מעבר לגבולות הברורים והמקובלים של הנושא הנלמד.

אפשר כמובן לומר עוד הרבה על האמנות והאומנות של ההוראה לשם הבנה, אך די במה שנאמר עד כה כדי לשכנע שניתן לעשות הרבה. מורים אינם צריכים להרגיש משותקים בגלל העדר אמצעים. להיפך, שפע של מהלכי שיעור עומדים לרשות התלמידים לשם יצירת הבנה. מורים הממקדים את ההוראה בחשיבה, דואגים להערכה מגוונת ומתמשכת, תומכים בהוראה באמצעות הדגמות בעלות עוצמה, ערים לגורמים התפתחותיים, מכניסים את התלמידים לדיסציפלינה הנלמדת ומלמדים להעברה נרחבת, מניעים כוחות רבי-עוצמה לטובת יצירת הבנה אצל תלמידיהם.

מה עלינו ללמד לשם הבנה?

אפשר לומר הרבה על האופן שבו יש ללמד לשם הבנה, אך ה'איך' עלול להיות ריק אם לא נתייחס אל ה'מה' - מה ראוי ביותר להשקעת מאמץ מצד תלמידינו?

לפני זמן מה הרהרתי בשאלה מתי לאחרונה פתרתי משוואה ריבועית. אין זו בוודאי משימה יומיומית עבורכם, אך זו שאלה סבירה עבורי. מתמטיקה תפסה מקום חשוב בתקופת לימודי לפני האוניברסיטה, עשיתי דוקטורט בתחום טכני, המשכתי בתחום טכני של פסיכולוגיה קוגניטיבית וחינוך, ומדי פעם אני משתמש במתמטיקה טכנית בעיקר בסטטיסטיקה. אף על פי כן חלפו מספר שנים מאז פתרתי משוואה ריבועית.

המורה למתמטיקה שלי בתיכון, מורה טוב ביותר, הקדיש זמן רב כדי ללמד אותי ואת יתר בני-כיתתי משוואות ריבועיות. כמעט כל מי שאני מכיר למד מתישהו כיצד לטפל במשוואות ריבועיות, אך רובם לא מצאו לכך שימוש רב לאחרונה ושכחו בוודאי כל מה שידעו בנושא.

יחסים ופרופורציה הם אופנים בסיסיים של תיאור; השאלה למי שייכת ההיסטוריה עוסקת בתופעה אנושית מרכזית של נקודת מבט.

אם רוב מה שלימדנו בבית-הספר האיר מערכות מושגיות בעלות עוצמה, יש לנו סיבה להאמין שצעירים יזכרו ויבינו יותר את אשר למדו ואף ישתמשו בו יותר. לסיכום, הוראה לשם הבנה היא יותר משיטה, יותר מהעסקת תלמידים בביצועי הבנה תוך כדי מתן משוב בתדירות גבוהה, הדגמות בעלות עוצמה ועוד. הוראה לשם הבנה כוללת גם תוכן - בחירה שקולה של תכנים פוריים. כאשר אנו מלמדים בין ובתוך מקצועות הלימוד באופנים המאירים מערכות מושגיות בעלות עוצמה, יש לנו 'תוכנית לימודים מחוברת', המציידת את הלומדים ומעצימה את כוחם לקראת העתיד המורכב והמאתגר שמחכה להם.

מה יש לעשות?

בתחילת המאמר כיניתי את ההוראה לשם הבנה 'תפוח עץ הדעת לחינוך'. זהו 'תפוח', כך טענתי, שמערכת החינוך זקוקה לו. התפוח הוא סמל יהודי-נוצרי מסורתי לידע ולהבנה. תפוח עץ הדעת בגן העדן גרם לצרה הראשונה בהיסטוריה, והצרות עם תפוחים נמשכות. ניסיוננו להגיש לתלמידים תפוח של ידע פשוט וישן אינו משרת אותם כראוי. המסקנה היא זו: בתי-הספר מציעים את התפוח הלא-נכון. תפוח הידע אינו התפוח המזין באמת; מה שאנו זקוקים לו הוא תפוח של הבנה (המכיל כמובן את הידע הנדרש).

מה אפוא עלינו לעשות? מה נדרש כדי לארגן את החינוך סביב תפוח ההבנה במקום סביב תפוח הידע? איזה אנרגיות יש לגייס ולאן עלינו לנוע כדי להגיע לחינוך מחויב ומשפיע יותר להבנה?

אף כי הבעיה מורכבת, מצאנו מוצא בעזרת מספר מורים. תגלית מוקדמת עודדה את רוחנו: גילינו שכמעט כל המורים העידו על חשיבות המטרה. המורים מודעים לעובדה שלעתים תלמידיהם אינם מבינים מושגים בסיסיים במדע, תקופות היסטוריות, יצירות ספרותיות וכיו"כ כפי שהיו יכולים להבין. לרוב המורים עניין רב בהוראה לשם הבנה. הם מתאמצים להסביר בבהירות; הם מחפשים הזדמנויות להבהיר. מדי פעם הם נותנים לתלמידים מטלות פתוחות כגון תכנון ניסוי, פירוש שיר או ביקורת תשדירי פרסומת בטלוויזיה, ומשימות אחרות המחייבות ויוצרות הבנה.

עמיתינו המורים אף סייעו לנו להיווכח בכך שברוב מסגרות החינוך הבנה היא רק אחד מן הנושאים הרבים שעל סדר היום. בעודם רוצים ללמד לשם הבנה, נאלצים המורים לחלק את מאמצייהם באופן

השאלה היה: "איזה נושאים חדשים אני יכולה ללמד או איזה היסט אני יכולה לעשות לנושא שאותו אני מלמדת כדי להפכו לפורה באמת? מה עשוי להתחבר באופן עשיר לנושא הנלמד ולתחומי העניין של הצעירים ולזמן הזדמנויות לתובנה וליישום?"

שמענו רעיונות נפלאים. להלן כמה דוגמאות:

* **מהו יצור חי?** רוב היקום עשוי מחומר דומם ובו מספר קטן של כיסי חיים נדירים. אך מהי מהות החיים? האם וירוסים חיים? מה בנוגע לווירוסים של מתשבים (יש הטוענים שהם חיים)? מה בנוגע לקריסטלים? אם אינם חיים, מדוע לא?

* **אי-ציות אזרחי.** נושא זה מתחבר לשאלות של צעירים בנוגע לחוקים ולצדק, למקרים של אי-ציות אזרחי בהיסטוריה ובספרות ולתפקידם כאזרחים אחראיים במדינה, בקהילה או בבית-הספר.

* **יחסים ופרופורציות.** המחקר מראה שלתלמידים רבים יש בעיות בתפיסתם של מושגים מרכזיים אלה, שבדומה לסטטיסטיקה והסתברות, חוזרים ומופיעים תדיר. משעמם? לא בהכרח. המורים שהציעו זאת הראו מצבים מפתיעים רבים, שאפשר להשתמש בהם ביחסים ובפרופורציות: בשירה, במוסיקה, בתכנון דיאטה, בסטטיסטיקת ספורט ועוד.

* **של מי ההיסטוריה?** נאמר שההיסטוריה נכתבת על ידי המנצחים. טענה זו מראה עד כמה מושפעים דיווחים היסטוריים על ידי מי שכתב אותם - המנצחים, לעתים המתנגדים, ובעלי אינטרס אחרים.

דוגמאות אלה, שמקורן הוא המורים, צריכות לשכנע אותנו כי ישנם מורים רבים שנחנו באינטואיציה מצוינת לגבי ידע פורה.

מערכות מושגיות בעלות עוצמה

חשוב לא לבלבל בין ידע פורה לבין ידע מהנה או מעשי. אפשר לתפוס את הידע הפורה ביותר כמערכות מושגיות בעלות עוצמה, מערכות מושגים ודוגמאות המניבות תובנות והשתמעויות בנסיבות רבות. עיינו שוב ברשימת הנושאים שנידונה קודם. אפשר אמנם להתייחס אליהם כאל יחידות לימוד, אך כל אחד מהם הוא גם מערכת מושגית בעלת עוצמה. הסתברות וסטטיסטיקה פותחות חלון למקורות ולזרמים בעולם; שורשי השנאה האתנית חושפים דינמיקה של יריבות ודעות קדומות בכל הרמות, מרמת היחסים בין שכונות עד לרמת היחסים בין אומות; טבע החיים הופך לנושא מרכזי בתקופה זו של תינוקות מבחנה והנדסה גנטית; אי-ציות אזרחי כרוך בדפוס יחסים מורכב בין חוק, צדק ואחריות;

למזלנו, מורים רבים כבר נמצאים על מסלול ההוראה לשם הבנה גם ללא עזרת פסיכולוגים קוגניטיביים או חוקרי חינוך. אכן, חלקה המעניין ביותר של העבודה על הוראה לשם הבנה נעשה עם מורים שכבר עשו את רוב, ואולי את עיקר, מה שמסגרת העבודה שפיתחנו ממליצה עליו. הם שמחו לגלות שמסגרת זו מאשרת את עבודתם. הם אמרו לנו שהיא נתנה להם שפה מדויקת יותר ופילוסופיה חינוכית. היא העמיקה את מחויבותם וחידדה את מוקד מאמציהם.

למען האמת, היה עלינו לחשוש אם ההוראה לשם הבנה המומלצת על ידנו היתה מתקבלת בהפתעה גמורה על ידי המורים. היה עליה להיראות מוכרת, תפוח גדול ועסיסי: "כן, זו ההוראה שהייתי רוצה לעסוק בה, ואני אף עוסקת בה מדי פעם." הוראה לשם הבנה אינה חידוש רדיקלי, שריפת גשרים חינוכית, אלא גירסה נוספת ומשופרת של ההוראה הטובה ביותר שאנו רואים.

(תרגמה מאנגלית: רבקה ענבל)

שווה פחות או יותר בין הוראה לשם הבנה לבין מטרת אחרות. וכן, המוסדות שהמורים פועלים בהם והמבחינים שעליהם להכין את תלמידיהם לקראתם תומכים אך במעט בהוראה לשם הבנה. במילים אחרות, כפי שטענו תיאודור סייזר ורבים אחרים בשנים האחרונות, חינוך טוב יותר מצריך פישוט של המטרות שעל סדר היום והעמקת הדגש על הבנה (Sizer, 1984). הדבר מחייב הגדרה מחודשת של סדרי עדיפויות מצד הנהלות בתי-הספר וההורים, ושינוי בתוכניות הלימודים, המבחינים ולוחות הזמנים הפועלים כנגד ההוראה לשם הבנה.

ולבסוף, עמיתינו המורים עזרו לנו להבין שהוראה לשם הבנה, כאשר היא מסורה ומתואמת כראוי, מצריכה העמקה בטכניקה של הוראה שנחשבה מן המורים בתהליך הכשרתם. חשיבה על ההוראה במונחים של ביצועי הבנה, הערכה מתמשכת, מיצוי הפוטנציאל הטמון בהדגמות בעלות עוצמה, כל אלה ועוד חסרים כמעט לגמרי בהכשרת המורים לפני כניסתם להוראה ובמהלכה. כך שכיוון אחר של הניסיון לממש פדגוגיה של הבנה הוא הקניית טכניקות כאלה למורים.

מקורות

- Baron, J. (1990). "Performance assessment: Blurring the edges among assessment, curriculum and instruction". in A. Champagne, B. Lovetts & B. Calinger (eds.), *This year in school science: Assessment in the service of instruction*. Washington D.C.: American Association for the Advancement of Science.
- Behr, M., Lesh, r., Post, T., & Silver, E. (1993). "Rational-number concepts". in R. Lesh & M. Landau (eds.), *Acquisition of mathematics concepts and processes* pp. 91-126. New York: Academic Press.
- Bereiter, C., & Scardamalia, M. (1985). "Cognitive coping strategies and the problem of insert knowledge", in S.S. Chipman, J. W. Segal, & R. Glaser (eds.), *Thinking and Learning Skills, Vol. 2 : Current Research and Open questions* PP. 65-80,. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.
- Brown, A. L. (1989). "Analogical Learning and Transfer: What develops?" in S. Vosniadou and A. Ortony (eds.), *Similarity and Analogical Reasoning* pp. 369-412,. New York: Cambridge University Press.
- Brown, A. L., Ash, D., Rutherford, M., Nakagawa, K., Gordon, A., & Campione, J. C. (in press). "Distributed expertise in the classroom", in G. Salomon (ed.), *Distributed Cognitions*,. New York: Cambridge University Press.
- Carretero, M., Pozo, J. I., & Asensio, M. (Eds.) (1989). *La Enseñanza de las Ciencias Sociales*. Madrid: Visor.
- Case, R. (1985). *Intellectual development: Birth to Adulthood*. New York: Academic Press.
- Case, R. (1992). *The Mind's Staircase: Exploring the Conceptual Underpinnings of Children's Thought and Knowledge*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Clement, J. (1982). "Students' preconceptions in introductory mechanics". *American Journal of Physics*, 50, pp. 66-71.
- Clement, J. (1983). "A conceptual model discussed by Galileo and used intuitively by physics students", in D. Gentner & A. L. Stevens (eds.), *Mental Models*,. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.

- Clement, J. (1991). "Nonformal reasoning in experts and in science students: The use of analogies, extreme case and physical intuition", in J. Voss, D.N. Perkins, & J. Segal (eds.), *Informal Reasoning and Education*, pp.345-362., Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Clement J., Lochhead, J., & Monk, G. (1981). "Translation difficulties in learning mathematics", *American Mathematical Monthly*, 88 (4), pp. 286-290.
- Dewey, J. (1916). *Democracy and Education*,. New York: Harper and Row.
- Duffy, T, M., & Jonassen, D. H. (1992). *Constructivism and the Technology of Instruction: A Conversation*,. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Fischer, K. W. (1980). "A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills", *Psychological Review*, 87(6), pp. 477-531.
- Fiske, E. B. (1991). *Smart Schools, Smart Kids*,. New York: Simon & Schuster.
- Gardner, H. (1991). *The Unschooled Mind: How Children Think and How Schools Should Teach*,. New York: Basic Books.
- Gifford, B. R. & O'Connor, M. C. (eds.) (1991). *Changing Assessments: Alternative Views of Aptitude, Achievement and Instruction*,. Norwood, MA: Kluwer Publishers.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*,. New York: Basic Books.
- Lochhead, J., & Mestre, J. (1988). "From words to algebra: Mending misconceptions", in A. Coxford & A. Schulte (eds.), *The Idea of Algebra k-12: National Council of Teachers of Mathematics Yearbook*, pp. 127-136 Reson, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Mayer, R. E. (1989). "Models for understanding", *Review of Educational Research*, 59, pp. 43-64.
- McCloskey, M. (1983). "Native theories of motion", in D. Gentner & A.L. Stevens (eds.), *Mental Models*, pp. 299-324., Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- National Assessment of Educational Progress (1981). *Reading, Thinking, and Writing*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- National Council of Teachers of Mathematics. (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*,. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Nussbaum, J. (1985). "The earth as a cosmic body". in R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (eds.), *Children's Ideas in Science*, pp. 170-192, Philadelphia, PA: Open University Press.
- Perkins, D. N. (1986). *Knowledge as Design*,. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Perkins, D. N. (1992). *Smart schools: From Training Memories to Educating Minds*,. New York: The Free Press.
- Perkins, D. N., & Salomon, G. (1988). Teaching for transfer. *Educational Leadership*, 46(1), pp. 22-32.
- Perkins, D. N., & Simmons, R. (1988). "Patterns of misunderstanding: An integrative model for science, math, and programming", *Review of Educational Research*, 58 (3), pp. 303-326.
- Perkins, D. N., & Unger, C. (in press). "A new look in representations for mathematics and science learning", *Instructional Science*.
- Perrone, V. (1991a). *A letter to teachers: Reflections on Schooling and the Art of Teaching*,. San Francisco: Jossey-Bass.

-
- Perrone, V. (ed.) (1991b). *Expanding Student Assessment*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Resnick, L. B. (1987). "Constructing Knowledge in school", in L. Liben (ed.), *Development and Learning: Conflict or Congruence?* pp. 19-50, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Resnick L. B. (1992). "From protoquantities to operators: Building mathematical competence on a foundation of everyday knowledge", in G. Leinhardt, R. Putnam, & R. A. Hattrup (eds.), *Analysis of Arithmetic for Mathematics Teaching*, pp. 373-429, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Royer, J. M., & Cable, G. W. (1976). "Illustrations, analogies, and facilitative transfer in prose learning", *Journal of Educational Psychology*, 68(2), pp. 205-209.
- Salomon, G., & Perkins, D. N. (1989). "Rocky roads to transfer: Rethinking mechanisms of a neglected phenomenon", *Educational Psychologist*, 24(2), pp. 113-142.
- Schwab, J. (1978). *Science, Curriculum, and Liberal Education: Selected Essays* I. Westbury & N. J. Wilkof, (eds.). Chicago: University of Chicago Press.
- Shelmit, D. (1980). *History 13-16, Evaluation Study*, Great Britain: Holmes McDougall.
- Sizer, T. B. (1984). *Horace's Compromise: The Dilemma of the American High School Today*, Boston: Houghton Mifflin.
- White, B. (1984). "Designing computer games to help physics students understand Newton's laws of motion", *Cognition and Instruction*, 1, pp. 69-108.

