

האם יש בידי הטכנולוגיה לסייע ללמד לשם הבנה?*

ריימונד ס' ניקרסון

בחינוך. עם זאת, קיימות ראיות רבות לכך שההוראה נכשלת לעתים קרובות בהשגת מטרה זאת. מעניין יהיה לברר לעצמנו עד כמה מבין אדם ממוצע, החי בחברה הטכנולוגית המודרנית, את העולם הסובב אותו ואת דרכי תפקודו. אנו מתרשמים מאוד ממה שהושג בעשייה המדעית במאות השנים האחרונות. אנו נוטים לחשוב על אבותינו בהתנשאות מה כעל אנשים שהבנתם את הטבע היתה מוגבלת מאוד ביחס למה שאנו יודעים היום. אך האומנם מבין אדם ממוצע בימינו את העולם טוב יותר משהבינו אדם ממוצע לפני כמה מאות שנים? אני חושד שהתשובה חיובית, אך אני גם חושש שה"הבנה" בת-זמננו מכילה יסוד הרבה יותר גדול של אמונה טפלה - תפיסה מוטעית של סיבתיות - ממה שאנו משערים בדרך כלל. אזרחים במדינה תעשייתית בת-ימינו נתקלים בלא הרף במכשירים ובכלים כגון רדיו, טלוויזיה, מצלמה ותנור מיקרוגל, שאת אופן פעולתם הם מבינים, אם בכלל, רק במעורפל. מתקבל על הדעת שרוב בני-האדם פוגשים כיום בחיי היומיום שלהם יותר תופעות שאינם מבינים לעומת אלה שקדמו להם במאות עברו. דוגמאות לדברים שאנשים אינם מבינים אינן מוגבלות למוצרי טכנולוגיה. בכל מקום שבו חיפשו חוקרים ראיות לתפיסות שגויות

של תופעות טבע, הם מצאו אותן. חוסר ההבנה אינו מצוי רק אצל יחידים שלא זכו להשכלה פורמלית. אם ידיעת קרוא וכתוב מוגדרת כיכולת לקרוא תוך הבנה, כולנו ניחשב לבורים ביחס לתחומי ידע רבים של האנושות, אם לא לרובם. איננו מסוגלים לקרוא תוך הבנה בתחומים שאינם מוכרים לנו משום שהבנה היא תהליך המבוסס על ידע. אם אין לנו ידע בסיסי המגדיר תחום מסוים, איננו מסוגלים להבין את מה שיש למישהו

ה משמעותה של הבנה? כיצד אפשר להעמיק הבנה באמצעות חינוך? חשיבותן המעשית של שאלות אלה ברורה. הבנה לא נכונה יכולה להיות נטולת חשיבות במקרים מסוימים ובולתי-בעייתית באחרים: מי שחושב שתרמוסטט ביתי פועל כמו שסתום שאפשר לכוונו שוב ושוב, לא יסבול מתוצאות לוואי של אי-הבנה זאת, אך טכנאי העומד להחליף מתג חשמל מקולקל, עשוי למצוא עצמו בצרה אם אינו יודע כיצד פועל מעגל חשמלי. נוסף על סיבות מעשיות לרצון להבין מהי הבנה וכיצד אפשר להעמיקה, אני מאמין שהשאיפה להבין - הצורך בהסברים - מהווה צורך חזק אצל כל בני-האדם והיא שמניעה את החתירה אחר ידע מדעי וגם את התפתחותן והתמדתן של מערכות של אמונות תקפות וטפלות.

הבנת טבעה של ההבנה היא היבט חשוב בהבנה שלנו את עצמנו, וחיפוש תשובה לשאלה כיצד להעמיק את ההבנה עוזר לספק את השאיפה האנושית הבסיסית הזו.

קשה להגדיר הבנה בלי לנוע במעגלים. במקום אחר מניתי אחדים מן ההיבטים החשובים של מושג זה (Nickerson, 1985). לצורך העניין שלפנינו, הבה נאמר שהבנה היא עניין של דרגה, ובין הראיות לכך שיחיד מבין משהו (מושג, עיקרון, מבנה,

תהליך) בדרגה גבוהה יחסית, הייתי כולל את היכולות הבאות: היכולת להסביר נושא לשביעות רצונו של מומחה, היכולת ליישם ידע בצורה הולמת בהקשרים שונים ומגוונים, היכולת להפיק ייצוגים הולמים ואיכותיים של ידע, היכולת לעשות אנלוגיות הולמות, היכולת לתקן תקלות והיכולת לחזות השפעות של שינוי במבנה או בתהליך. הבנה, כפי שהיא מיוצגת ביכולות אלה, היא מטרה מהותית



* Raymond S. Nickerson, "Can Technology Help Teach for Understanding?" in D. N. Perkins, J. L. Schwartz, M. M. West, & M. S. Wiske, *Software Goes to School: Teaching for Understanding with New Technologies*, Oxford University Press, 1996.

הדרך השנייה להחמיץ את המפגש עם התלמיד במקום שבו הוא נמצא, היא להתעלם מתפיסות שגויות שבהן הוא מחזיק. מחקרים שבדקו את הבנתם של תלמידים בתופעות טבע, גילו תפיסות שגויות נפוצות כגון אלה:

- * מהירותו של עצם נופל תלויה במסה שלו (Champagne, Klopfer, & Anderson, 1980).
- * הנטייה הטבעית של עצם היא להיות במנוחה ודרוש כוח כדי שעצם נע ימשיך לנוע (Clement, 1981, 1982; Leboutet-Barrell, 1976; Minstrell, 1984).
- * עצמים שתנועתם מוגבלת למסלול מעוקם ימשיכו במסלול מעוקם זמן מה אחרי שההגבלה הוסרה (McCloskey, 1983; McCloskey, Caramazza, & Green, 1980).
- * הכוח המופעל מלמעלה על עצם במנוחה גדול מן הכוח המופעל מלמטה על אותו העצם (Minstrell, 1982).
- * כאשר עצם נע חולף על פני עצם אחר הנע באותו כיוון, שני העצמים נעים באותה מהירות בנקודה מסוימת (Trowbridge & McDermott, 1980).
- * עצם בתנועה מגיב לכוח דחף (בעיטה, למשל) בתזוזה בכיוון של הכוח (diSessa, 1979).
- * העין מקרינה קרני אור לעבר עצמים שבהם היא מביטה (La Rosa, Mayer, Pratrizi, & Vincentini-Missoni, 1984).



אם לתלמידים יש רעיונות מגובשים מראש לגבי תופעות שהם לומדים בבית-הספר, למידה לשם הבנה חייבת לגרום לשינוי מושגי (Hewson & Hewson, 1984). חוקרים הדגישו את עד כמה חשוב להבטיח שקונפליקטים בין רעיונות ישנים לחדשים יובהרו כדי שיהיה סיכוי לפתור אותם. לרוע המזל, לעתים מתברר שתפיסות שגויות עשויות להיות עקשניות מאוד (Joshua & Dupin, 1987; Leboutet-Barrell, 1976; Rosnick & Clement, 1980). ראוי במיוחד לציין שלא תמיד די בחשיפה ללימודי מבוא רגילים במדע כדי להבטיח שתלמידים ירכשו לעצמם תפיסות מדויקות ביחס לתופעות הנלמדות (Anderson & Smith, 1987; Champagne, Klopfer, & Anderson, 1980).

המסתמך על ידע זה לומר, ומעטים האנשים הרוכשים את הידע הנחוץ לשם קריאה תוך הבנה בתחומים רבים. מעניין לתהות מדוע אלה פני הדברים. האם אנו, כיחידים, איננו מסוגלים באופן מהותי לדעת יותר משבריר של מה שיש לדעת? או שמא אי-יכולתנו לרכוש יותר ידע ממה שאנו רוכשים בדרך כלל, היא במידה רבה פועל יוצא של מגבלות השיטות שפיתחנו כדי לרכוש דעת? האם היינו מגיעים להישגים טובים יותר בעזרת כלי תקשורת משכילים יותר? האם טכנולוגיית המחשב והמודם מציעה אפשרות להגיע לדרכים יעילות יותר להעמקת ההבנה? אנסה לנסח כמה עקרונות הנוגעים לטיפול בהנה, עקרונות שיש להם אישוש מה במחקרים בתחום החינוך, ונראים לי כעקרונות שהטכנולוגיה עשויה לסייע ביישומם.

טיפול בהנה

בעקבות ראיות רבות המעידות שתלמידים אינם מבינים לעתים קרובות את החומר הנלמד בבית-הספר, הפנו חוקרים את תשומת לבם לשאלה כיצד להגדיל את הסיכוי לכך שהבנה אכן תושג. למיטב ידיעתי, איש לא המציא עד כה הליך חינוכי שמבטיח הבנה, ובכל זאת אציע כאן חמישה עקרונות לטיפול בהנה. אני מאמין שהם עולים בקנה אחד עם ממצאי המחקר.

להתחיל מהמקום שבו מצוי התלמיד

אם הוראה אמורה לטפח הבנה, עליה לבוא אל התלמידים ולפגוש אותם במקום שבו הם נמצאים מבחינה אינטלקטואלית. מבחינה זו, יש לפחות שלוש דרכים להחטיא את המטרה. דרך אחת היא להניח שתלמידים יודעים מה שאינם יודעים. דרך אחרת היא להתעלם מן התפיסות השגויות שלהם. דרך שלישית היא להתעלם ממה שהם יודעים. הבעיה בייחוס ידע לתלמידים שהידע אינו ברשותם, מוצגת בניתוח שנעשה לאחרונה על-ידי בק ומקינאון (Beck & McKeon, 1988). הם בדקו ארבעה ספרי היסטוריה לכיתות ה', הנמצאים בשימוש נרחב, וגילו ש-יכל הטקסטים הניחו מגוון ועומק של ידע קודם שאינו קיים כלל בקרב התלמידים. הטקסטים הניחו, למשל, שתלמידי כיתה ה' כבר מבינים מושגים כגון 'זהות אמריקנית' ו'ממשל נציגותי', ושחשיבותם של אירועים כגון 'מסיבת התה של בוסטון', העברת 'החוקים הבלתי-נסבלים' על-ידי בריטניה וכינוס 'הקונגרס היבשתי הראשון', תובן בעזרת הסבר רקע קצר. מדוע מחברי טקסטים מוציאים לפעמים מותחת ידם חומר שהקוראים אינם יכולים להבין? תשובה אפשרית אחת היא שנות להם להניח שרוב הדברים הברורים להם מאליהם יהיו ברורים מאליהם גם לאחרים - אפילו לתלמידי כיתה ה'. השערה זו מתיישבת עם הראיות המעידות על נטייה רווחת למדי להניח שהידע, הדעות ודפוסי ההתנהגות שלך עצמך רווחים בקרב אחרים יותר משהם רווחים באמת (Kassin, 1981; Mullen et al., 1985; Nickerson, Baddeley, & Freeman, 1987).

היותר גלובליים שלה, ואחר-כך לפתח את המודל על מורכבויותיו ככל שההבנה ההולכת וגדלה של התלמיד מגעת. לדעת סטיבנס וקולינס (Stevens & Collins, 1980) הדרך להכשיר הבנה של נושא היא ללמד ישירות מודלים רבים כנקודות ראות מגוונות שלו.

לייצוגים המסופקים ללומד יש אמנם ערך פדגוגי רב, אך חוקרים גילו עניין לא פחות בייצוגים שיחידים הגו, כייצוגים המסייעים להם בפיתוח בעיות ובעבודה אינטלקטואלית אחרת. מוסכם על חוקרים שמציאת דרך יעילה לייצג בעיה, לא זו בלבד שהיא מסייעת בהבנה שלה אלא שהיא גם הצעד החשוב ביותר במציאת פתרון (Bransford & Stein, 1984; Chi, Glaser, & Rees, 1975; Rubenstein, 1982; Greeno, 1980; Hayes, 1981).

סוגי הייצוגים לבעיה שיחיד עשוי להגות תלויים במידת הידע שלו בתחום הבעיה. אנשים נטולי הכשרה בתחום מסוים בונים ייצוגים "תמימים" המבוססים על ניסיונות ידועים מחיי היומיום, ואילו אנשים בעלי הכשרה בתחום הוגים ייצוגים המורכבים מניסיונות בעלי משמעות בדיסציפלינה, ייצוגים שעוזרים לקבוע את סוגי הפעולות העשויים להוביל לפתרון (Larkin, 1983). לרוב, מומחים ממשיגים בעיות במונחים של עקרונות מופשטים יחסית, ואילו טירונים נוטים לחשוב במונחים של פרטים חיצוניים מוחשיים (Chi, Feltovich, & Glaser, 1981; Larkin, 1983; McDermott, Simon, & Simon, 1980). מומחים נוטים גם לנסות למצוא ייצוג איכותי לפני שיבנו ייצוג כמותי, זאת גם כשהם עובדים על בעיה הדורשת פתרון כמותי (deKleer, 1985; Larkin, 1979; Lesgold, 1984).

אנלוגיה היא סוג מסוים של ייצוג, שהתועלת ההסברית שלו לצרכי הוראה, ובמיוחד להתמודדות עם תפיסות שגויות, מוכרת לרבים (Joshua & Dupin, 1987; Tenney & Gentner, 1984). על דבר אחד הנוגע לשימוש באנלוגיות יש להקפיד: חייבים להבהיר את המגבלות שלהן. מערכת הידראולית, למשל, היא אנלוג למערכת חשמלית מכמה בחינות אך היא מטעה כשמדובר במערכות אחרות.

להשתמש בהדמיות

ישנן לפחות שתי דרכים לנסות להבין תהליך טבעי. האחת, להתבונן בו כפי שהוא מתרחש בטבע; האחרת, לנסות לחקותו באופן מלאכותי. התועלת בהסתכלות מדוקדקת מובנת זה זמן רב; התועלת בגישה השנייה זכתה להכרה רק בזמן האחרון, אך אנשים הנעזרים בה אינם מטילים ספק בכוחה. כפי שהתומכים בגישה זו אוהבים לציין, מאות שנים של צפייה בציפורים לימדו אך מעט על האווירודינמיקה של התעופה, עד שנעשו מאמצים מוצלחים לבנות מכוונות שמסוגלות לעוף.

אחת מתוצאות המאמצים לפתח במחשבים יכולת לבצע כמה מן הדברים התבוניים שבני-אדם מסוגלים לבצע, היא הבנה טובה יותר של אופן הביצוע של האדם. לא אחת, המשמעות של הבנה טובה יותר היתה תפיסה מעמיקה יותר של המורכבות של כמה סוגי התנהגות. דבר זה נכון, למשל, כשמדובר במאמצים

דרך שלישית להחטיא את העיקרון שלפיו יש להתחיל במקום שבו נמצא התלמיד היא לא לקשר בין הידע הרלוונטי שיש לתלמידים לידע שהם אמורים ללמוד. זהו מרכיב משלים לבעיה הנובעת מן ההנחה שהתלמיד יודע מה שהוא בעצם לא יודע. מחקר שעסק בלימוד המתמטיקה הראה, למשל, שילדים רבים מגיעים לבית-הספר עם הבנה סמויה, לפחות, של עקרונות מתמטיים מסוימים, שהם מסוגלים ליישם למצבים מעשיים - המרה בחיבור, השלמה של בחיבור ובחיסור ועוד - אך לעתים קרובות הבנה זו אינה זוכה להכרה, ואין בונים עליה בעבודה בכיתה (Resnick, 1987b).

עודדו עיבוד וגילוי פעילים

לימוד תוך הבנה מצטייר יותר ויותר כתהליך קונסטרוקטיביסטי, שבו מחילים מבנה ומשמעות על מידע חדש ומשלים אותו בידע קיים. כתוצאה מכך, מעבדים מחדש את מודל המציאות הקיים. חוקרים הדגישו את טבעו הפעיל של תהליך זה (Segal, Chipman, & Glaser, 1985). ויטרוק (Wittrock, 1974), למשל, מתאר למידה כ"תהליך יצירתי" וטוען שמה שתלמידים לומדים תלוי במה שהם בונים ממה שמלמדים אותם באותה מידה שהוא תלוי במה שהמורים מלמדים. הנעה ומחויבות הם מושגים רלוונטיים בהקשר זה. ידוע לנו שלומדים בעלי הנעה גבוהה מטיבים ללמוד יותר מלומדים בעלי הנעה נמוכה, ומותר לנו להניח שאין לצפות להתקדמות רבה בבניית מודלים אם ללומד אין מחויבות אינטלקטואלית למשימה שלפניו.

עניין מיוחד יש באותו סוג של עיבוד המצוי בבסיסם של חקירה וגילוי. כלל גדול בלמידה הוא שללומד יש סיכוי גדול יותר להבין משהו שהוא מגלה בעצמו מאשר משהו שמישהו אחר מלמד אותו (Piaget, 1974). מכאן עולה שדרך יעילה להעמיק את ההבנה היא לאפשר גילוי.

אין להבין מכך שאין מקום בחינוך להכוונה ולהוראה; אם רואים ברכישה של גופי ידע מסוימים יעד חינוכי לגיטימי, הרי שחקירה מצריכה הדרכה נבונה ואת הגילוי יש להשלים על-ידי הוראה. הוראה ללא גילוי עשויה להיות משעממת ולכן לא יעילה, ואילו חקירה ללא הדרכה וגילוי מנותק מהוראה יניבו, ניתן לשער, ידע מפורז ולא אחיד ברמתו. יש צורך באיזון.

שימוש בייצוגים ובמודלים הולמים

חוקרים הדגישו את חשיבותם של שני סוגי ייצוגים להבנה: אלה המשמשים את המורים לצורכי הוראה, ואלה שיחידים הוגים בעצמם בנסותם לפתור בעיות או לבצע משימות אינטלקטואליות אחרות. כעת הם מתחילים לבדוק כיצד אפשר להבטיח שהייצוגים שנעשה בהם שימוש אכן הולמים את הנסיבות (Joshua & Dupin, 1984; Tenney & Gentner, 1984). וייט ופרדריקסן (White & Frederiksen, 1987) טענו שהדרך הטובה ביותר לטפח הבנה של מערכת פיסיקלית היא להתחיל במודל איכותי סיבתי שמשקף את ההתנהגות של המערכת מההיבטים

כשדיווח על התוצאות, הדגיש הציינסון את החשיבות שבהכרה בדרישות האפקטיביות והקוגניטיביות כאחת, המוצגות לתלמידים על-ידי משימות למידה. במיוחד ציין שתלמידים בעלי היסטוריה של כישלון אקדמי עשויים לחוש מאוימים במצבים שבהם החסרים האקדמיים שלהם נחשפים לעיני כול. הבעיה הניצבת בפני כל תלמיד המוצא את עצמו במצב זה היא שמירה על דימוי עצמי מתקבל על הדעת, והאסטרטגיות המגוונות להשגת מטרה זאת יכולות לפגוע במטרות החינוכיות.

שימוש בטכנולוגיה לטיפול בהבנה

טענתי שבגלל המכשירים הטכנולוגיים הרבים המקיפים אותנו, אנו עשויים להיות עדים למספר רב יותר של תופעות לא מובנות מדי יום, לעומת אבות אבותינו לפני מאה שנים ויותר. אם נכון הדבר ואם לא, אין כל ספק שהטכנולוגיה אחראית למציאותם של מכשירים ותהליכים שאנו מרבים להיתקל בהם בחיי היומיום שלנו, שאך מעטים מיטיבים להביןם, אם בכלל. לפיכך, כאשר מדובר בצורך למצוא דרכים יעילות יותר ללמד לשם הבנה, טכנולוגיה ומוצריה הם חלק משמעותי של הבעיה. אך אולי הם גם חלק מן הפתרון? האם יכולה הטכנולוגיה לעזור לטפח הבנה - של עצמה ושל מוצריה, של תופעות טבעיות והחוקים השולטים בהן, ושל כל דבר אחר שאנחנו רוצים להבין?

אין פותרים בעיות חינוכיות קשות בהכנסת עוד ועוד טכנולוגיה לכיתה; גם בטכנולוגיה, כמו בכל דבר אחר, אפשר לעשות שימוש בלתי-פרה. אני מאמין, עם זאת, שהטכנולוגיה מספקת כמה הזדמנויות לפתח דרכי הוראה חדשות, המתבהרות הודות לגילויים על דרכי התרחשותה של למידה תוך הבנה. אפרט בקצרה כמה מן הדרכים שבהן טכנולוגיה יכולה לשרת כל אחד מן העקרונות שצינתי לעיל.

להתמודד עם תפיסות שגויות

אחד הכיוונים היותר מסעירים שעלו בניסיונות אחרונים להשתמש בטכנולוגיה בחינוך, כרוך בפיתוח "עולמונים" (microworlds) הניתנים לתמרון - מערכות תוכנה, העובדות בדך כלל בכלים גרפיים, ומשמשות להדמיית פעולה של היבטים מסוימים של העולם. בנו עולמונים ללימוד מכניקה (diSessa, 1982), חשמל (Bork, 1985), אלקטרוניקה (Brown, Burton, & deKleer, 1981), כלכלה (Lesgold, Lajoie, Bunzo, & Eggan, 1992) ויחסיות (Shute, Glaser, & Rahgavan, 1989), ונושאים אחרים.

הניכרים שנעשו לפתח במחשבים יכולת להבין דיבור ושפה טבעית; ניסיונות לפתח במכונות את היכולת הזאת אילצו חוקרים להתמודד עם בעיות, שאולי לא היו מזהים אותן כבעיות לו היו מסתפקים בצפייה בתהליך של רכישת שפה המתנהל אצל ילדים.

גם כאן יש לנקוט זהירות מרובה. הדמיה של תהליך המתרחש בטבע היא הדגמה של דרך אחת שבה הוא יכול להתרחש, אך אין כאן בשום אופן הוכחה שזוהי הדרך היחידה שבה הוא יכול להתרחש וגם לא שהוא מתרחש בדרך זו דווקא. זוהי נקודה חשובה. הדמיה של תהליך טבעי יכולה לפתוח פתח להבנה של אותו תהליך, אך כמו במקרה של אנלוגיות, אפשר גם להרחיק לכת יותר מדי בהדמיות. כשמשתמשים בהן, יש להקפיד להבהיר אילו היבטים של



תהליך משתקפים נאמנה בהדמיה ואילו לא, לדעת מבצעי ההדמיה.

לספק סביבה תומכת

אם מקבלים את הרעיון שעבודה וגילוי פעילים תורמים הרבה להבנה, חייבים להכיר גם בחשיבותה של יצירת אווירה המעודדת את התלמידים לחשוב באופן עצמאי ותומכת במאמציהם בכיוון זה. פירוש הדבר, יצירת אווירה עשירה במשאבי מידע ובעזרים למחקר ולגילוי, וכן, שמירה על אווירה המאפשרת ביטוי חופשי של רעיונות בלי חשש מפני תגובה מלגלת.

הבנה דורשת לעתים מאמצים רבים יותר ממה שתלמידים מסוימים מוכנים להשקיע. אתגר מרכזי שהמורה ניצב בפניו הוא להניע את התלמידים לעשות את המאמץ הנדרש. ידוע לנו שקל לדא הנעה. אם אין תמורה למאמצים, קטן הסיכוי שתלמידים יעשו אותם. לכן חשוב שהמאמצים להבין יקבלו חיזוק. מורה הרוצה להניע תלמיד להתמיד במאמץ הנדרש להבנת נושא קשה, חייב למצוא דרך להפוך את ה"כישלונות" להתנסויות למידה מועילות, ולהמחיש בגישה ובעשייה כאחד שלא רק שהמאמץ משתלם, אלא שבלעדיו היכולת של הלומד להבין מושגים מורכבים תהיה מוגבלת.

חשיבותה של אווירה שבה יכולים תלמידים לבטא את רעיונותיהם בלי חשש ו"להפגין את בורותם" הודגשה על-ידי הציינסון (Hutchinson, 1980), שנתן קורס חינוכי מתקן לאנשים שפרשו מן הצבא ושבו לספסל הלימודים. הקורס נעזר בשיטות ובחומרים שנלקחו מווימבי ולוכהד (Whimbey & Lochhead, 1979) ומתוכנית ההעשרה האינסטרומנטלית של פוירשטיין, רנד, הופמן ומילר (Feuerstein, Rand, Hoffman, & Miller, 1980).

אפשרויות קורצות במיוחד הן סביבות - כמו העולמונים הנזכרים לעיל - המאפשרות מחקר וגילוי. ניקח למשל תוכנית המאפשרת למשתמש להגדיר כל פונקציה פולינומית שהיא, להציג את הפונקציה על פני טווח מוגדר של המשתנה הבלתי-תלוי, ואחר-כך, בעזרת תפריט פשוט, או שפת פקודות, לבחור פעולה מתוך רשימה של פעולות, או קומבינציות, שהמשתמש רוצה לבצע על הפולינום (למשל, כפל בעזרת קבוע, דיפרנציאציה, אינטגרציה, חיבור או מחיקה של שורשים אמיתיים). כשעובדים עם כלי כזה אפשר לגלות דברים רבים על פונקציות פולינומיות, שקשה ללמוד אותן מקריאה בספר. או ניקח תוכנית המאפשרת לתכנן ולעצב מערכת פלנטרית בהצבת נקודות על תצוגה חזותית, הגדרת המסות והמהירויות התחיליות שלהן, והפעלה של כל המערכת בהתאם לחוק משיכה הדדית לפי בחירתו של המפעיל. גם כאן יש אפשרות של גילוי בעזרת התנסות (למשל, תנאים שבהם המערכת הפלנטרית יציבה). תוכניות מחשב כאלה קיימות כבר כמה שנים, אך רק לאחרונה החל השימוש הנרחב במחשבים להיות מעשי מבחינה כלכלית. בין האפשרויות היותר מרגשות הקשורות לשימוש בעולמונים אינטראקטיביים בחינוך, ישנה אפשרות התרחשותם של גילויים בתום לב, גילויים שלא המורה ולא בוני העולמון צפו אותם (Horwitz, 1988; Horwitz & Eisenberg, 1992).

ייצוגים דינמיים ואינטראקטיביים



המחשב מאפשר פיתוח של ייצוגים דינמיים ואינטראקטיביים בדרגה שאולי היתה אפשרית, אך לא מעשית, קודם לכן. הטכנולוגיה בימינו מספקת כלים לפיתוח מערכות שיכולות להראות למשתמש, לפי דרישתו, ייצוג חזותי דינמי של תהליך בהתרחשותו (למשל, מיטוזה של התא, התפוצצות של סופר-נובה, בנייה מחדש של קשרים אטומיים בתגובה כימית) ברמות שונות של פירוט ובסולמות זמן שונים. מערכות אלה יכולות להיות אינטראקטיביות כך שיאפשר למשתמש להגדיר את רמת הפירוט, סולם הזמן ופרמטרים אחרים של נקודות תצפית. גוט (Gott, 1988, 1989) מתאר בפירוט מה כמה מערכות המנצלות גרפיקה אינטראקטיבית למטרות הוראה.

אפשר לעצב את העולמונים כך שינהגו לפי חוקים המתאימים לתפיסות שגויות רווחות וכן לפי חוקים המייצגים השקפות מדעיות עכשוויות. אפשר, למשל, להגדיר עולמון שבו קצב התאוצה של עצם בפילה חופשית מחלל יחסי למסה של העצם, או עולמון שבו תנועה מתמשכת תלויה בהפעלה מתמשכת של כוח, או עולמון שבו עצמים שתנועתם מוגבלת למסלול מעוקם ממשיכים לנוע במעוקם במשך זמן מה לאחר הסרת המגבלה. הטעם לשימוש בעולמונים המתנהגים לפי תפיסות שגויות מסוימות הוא להבהיר את ההבדל בין התנהגות זאת לבין ההתנהגות של אותן המערכות כשהן נשלטות על-ידי חוקים המתאימים למה שידוע כיום. המטרה תהיה לא רק לזהות תפיסות שגויות ככאלה, אלא גם לעזור להבין במה הן שונות מעקרונות תקפים. עולמונים יכולים לשמש גם להתמודדות עם תפיסות שגויות, כשהופכים אותם לכלים להתבוננות בהתנהגות בתנאים המדגישים את העיקרון או העקרונות שבהם מעוניינים. הדבר מודגם בשימוש שעושה וייט (White, 1984) בעולמון של דיסזה (diSessa, 1979) בהוראת המכניקה הניוטונית. וייט רצה לבדוק את האמונה הרווחת שעצמים תמיד נעים בכיוון הכוח האחרון שהופעל עליהם (diSessa, 1979). תפיסה שגויה זאת נחשפת כשלא עולה בדעת תלמידים להביא בחשבון את מהירותו של עצם בתנועה כאשר הם מנסים לחזות כיצד הפעלה של כוח דחף עליו תשנה את מסלולו. וייט הגביל את העולמון שפיתח דיסזה להפעלת כוח רק ב-0, 90, 180, או 270 מעלות ביחס למסלול של העצם. הוא עשה זאת כדי למנוע אפשרות של הפעלת כוח בזוויות כה קטנות ביחס לכיוון תנועת העצם, שכיוון התנועה החדש יראה בטעות ככיוון הכוח. הכוונה היתה לספק היזון חוזר כזה שיבהיר לתלמיד את אי-התקפות של התפיסה השגויה של "אותו הכיוון כמו זה של הכוח האחרון". השימוש בעולמונים למטרות הוראה מאפשר להתחיל במצבים מופשטים עד מאוד ולהתקדם למצבים יותר ויותר מורכבים בהדרגה, לפי דרגת התקדמות ההבנה של התלמיד.

לעודד עיבוד וגילוי פעילים

חוקרים כבר הבחינו בכוח המשיכה החזק שיש למחשבים על ילדים (Feurzeig, 1988; Papert, 1980; Turkle, 1984), במיוחד בזה הכרוך בהפעלת מנגנוני שליטה או בתמרון דברים בתצוגה חזותית. אין ודאי מי שמטיל ספק ביכולתם של משחקי מחשב לרתק את המשחקים בהם משיכה זאת עזה דיה כדי לעורר במתבוננים בה דאגה באשר להתנהגות הכפייתית המתגלה לעיתים אצל המשחקים (Roszak, 1987; Weizenbaum, 1967). איני בא לומר שלכל המערכות מבוססות המחשב המסוגלות למשוך את תשומת לבו ולמקדה בפעילות מסוימת, יש ערך חינוכי, ועם זאת אני מבחין בקיומו של פוטנציאל חינוכי משמעותי במשיכה שיש לתלמידים רבים למערכות אלה; החוכמה תהיה לעצב סביבות שמסוגלות לנצל משיכה זו למטרות חינוכיות.

לא-אישית במידה נוחה. אם למידה מתעכבת לפעמים בגלל אי-רצון מצד הלומד לחפש מידע או לגלות בורות או רעיונות אפשריים מחשש שמא יחשף ללעג או לדחייה, טכנולוגיה עשויה לספק מדיום חלופי לא מאיים להוראה.



הערות סיכום

הבנה צריכה להיות מטרה חינוכית. סביר להניח שאין חולק על כך. לא קל לומר מה פירוש להבין. החוקרים, ברובם, רואים במילה מושג בעל משמעות אינטואיטיבית ואינם מנסים להגדירו בהגדרות מפורשות. אולי מוטב כך; הגדרות יכולות להעביר תחושה של בהירות ודיוק מושגי, שאולי אינם מוצדקים. עם זאת, אפשר להתרשם מתוך הכתבים הרבים על הבנה מהי הבנה לדעת החוקרים ועל הצורך להורות לשם הבנה. הנושאים שמרבים לכתוב עליהם הם בין היתר: החשיבות בקישור של רעיונות חדשים לרעיונות שכבר התקבעו אצל הלומד; הצורך לארגן את הידע במבנה משמעותי; הגדרת ידע התורם להבנה כמערכת מושגית עשירה; התועלת שבידע כהיבט של הבנה; והרעיון שהבנה, יותר משהיא מצב נפשי שקרה נובעת מפעולה של בניית משמעות או יצירת מובנות אינטגרטיבית (Bransford & Franks, 1976; Reif, 1985; Resnick, 1987a; Smith, 1975). "אינטגרטיבי" בהקשר זה אינו רק קישור בין מה שלומדים למה שכבר יודעים, אלא גם ביצוע שינויים נחוצים ברעיונות הישנים שיאפשרו את קליטת הידע החדש. המטרה היא להגיע למודל הולם ופונקציונלי יותר של אותו דבר שמנסים להבין מהמודל שהיה לנו בהתחלה.

רעיון מקיף העולה מן הדיונים האלה הוא הרעיון בדבר חשיבותם של קשרים: קשרים בין תפיסות ישנות לחדשות; קשרים בין המושגים המגדירים שדה מחקר; קשרים בין הנלמד בכיתה לבין מה שנלמד מחוצה לה בצורה לא פורמלית; קשרים בין מה שלומדים בבית-הספר לבין הבעיות שיש סיכוי להיתקל בהן במקום העבודה. מודל הלמידה המשתמע מכל זה מעומת לעתים קרובות עם למידה של עובדות שאינן

מערכות המציעות מבחר של משאבים ייצוגיים המאפשרים ומעשירים את תהליך הקריאה, אם לצרכי קבלת מידע ואם להנאה, מתחילות להופיע. תארו לכם שבעת קריאת הספר **מלחמה ושלוש** מאת טולסטוי, תוכלו לזמן לכם דיאגרמות רלוונטיות, מפות, כרונולוגיות היסטוריות, ציורים של מדים ולבוש של התקופה, תמונות של כלי נשק, דיאגרמות דינמיות של מערכי קרב משתנים, שרטוטים של תוכניות בניינים או חדרים, וכן הלאה. מערכות "היפרטקסט" (Hypertext) בעלות יכולות כאלה מתחילות להיכנס לשימוש בסביבות חינוכיות (Landow, 1988).

הדמיה

מחשבים הם מכונות טובות לכל תכלית ולכן הם מתאימים מאוד להדמיה. שימוש בעולמונים, שהם הדמיות ומעבדות מודמות לצרכי הוראה, נבדק ונחקר על-ידי כמה חוקרים וכבר נזכר קודם לכן. מידע נרחב על רבים מן המאמצים האלה אפשר למצוא בכמה קבצים של דיווחי פרויקטים, ובכלל זה הדיווחים של לג'ויה ודרי (Lajoie & Derry, 1993), לרקין וצ'ביי (Larkin & Chabay, 1992), ושל פסוטקה, מאסי ומוטר (Psotka, Massey, & Mutter, 1988).

מה שעדיין לא זכה לתשומת לב רבה מצד חוקרים היא האפשרות שתלמידים יפתחו הדמיות בעצמם, כדרך להעמקת הבנה של תהליכים שאותם הם מנסים להדמות. בניית עולמון היא ללא ספק משימה קשה יותר מאשר הפעלת עולמון שמישהו אחר בנה; קשה, אך לא בלתי-אפשרית, והעבודה המושקעת בבנייה מוצלחת של עולמון, סביר שתעמיק את ההבנה של הבונה באותו דבר שהעולמון מתכוון להדמות. אפשר לבנות הדמיות בעזרת שפות התכנות הרב-תכליתיות השונות הקיימות, אלא שהדבר מצריך שליטה בשפות האלה ובמיומנויות תכנות ברמה גבוהה. כדי שהדמיות שתלמידים יפתחו ישמשו מטרת חינוך, יהיה ככל הנראה צורך לפתח כלים שיאפשרו בנייה של הדמיות בלי שליטה בתוכניות תכנות ובלי ניסיון בתכנות.

סביבות תומכות

הטכנולוגיה מסוגלת לספק לתלמידים גישה למגוון רחב של משאבי מידע ולכלים לטיפול במידע. גישה אלקטרונית באמצעות מערכות מחשב לספריות, למוזיאונים, לבנקי נתונים ולשירותי מידע מסוגים שונים, היא מעשית מבחינה טכנית כיום, ובעתיד תהפוך למציאות ממשית. דבר זה יקל מאוד על התלמידים את הגישה למידע הנחוץ להם, ויאפשר להם לבחון שאלות בעלות עניין כאשר הן עולות. כיום מתחילים לבדוק רעיונות אלה באופן ניסויי (Ruopp, Gal, Drayton, & Pfister, 1993; Tinker & Kapisovsky, 1992).

הטכנולוגיה מסוגלת לסייע ביצירת סביבה תומכת גם במובן זה שאין בה איום. אכן, טכנולוגיה יכולה להרתיע, אך היא יכולה גם, במקרים מסוימים, להיות

אפשרות בלבד; קיימות אמנם מערכות שונות לנו הצצה אל האפשרי, אך באופן כללי, לטכנולוגיה עד כה יש השפעה מעטה בלבד על העשייה החינוכית היומיומית. יתרה מזו, אולי ייטב לנו - במיוחד לאלה המתלהבים משימוש בטכנולוגיה בחינוך - אם נזכיר לעצמנו שקיימת אפשרות שטכנולוגיה תיושם בדרכים שלא יתרמו הרבה להעמקת ההבנה ואולי אפילו יפריעו ללמידה. רק אם הטכנולוגיה תיושם בדרכים העולות בקנה אחד עם עקרונות המקדמים הוראה לשם הבנה, היא תניב תוצאות מועילות. אחדים מן העקרונות האלה הולכים ומתבהרים הודות למחקר; ויש, ללא ספק, אחרים שעדיין ממתנינים לגילוי. כאשר מסתכלים קדימה רואים כאן אפשרות של שיתוף פעולה מועיל: מחקרים נוספים על הבנה ומאמצים מתמשכים לרתום טכנולוגיה לחינוך, יתרמו אלה לאלה בהסברים ובחיזוקים, ויניבו הבנה טובה יותר של ההבנה ושל הדרך לטפחה באמצעות הוראה.

תרגמה מאנגלית: דפנה עמית

מראי מקומות

Anderson, C. W. & E. L. Smith. 1987. "Teaching science," In V. Richardson-Koehler (ed.), *Educators' handbook: A research perspective*, New York: Longman.

Back, I. L. & M. Mckeown. 1988. "Toward meaningful accounts in history texts for young learners," *Educational Researcher*, 17:31-39.

Bork, A. 1985. *Personal computers for education*, New York: Harper & Row.

Bransford, J. D. & J. J. Franks. 1976. "Toward a framework for understanding learning," In G. H. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, New York: Academic Press, Vol. 10.

Bransford, J. D. & B. S. Stein. 1984. *The IDEAL problem solver*, New York: Freeman.

Brown, J. S., R. R. Burton, & J. deKleer. 1981. "Pedagogical, natural language and Knowledge-engineering techniques in SOPHIE I, II, and III," In D. Sleeman & J. S. Brown (eds.), *Intel-ligent tutoring system*, London: Academic Press pp. 227-80.

Champagne, A. B., L. E. Klopfer, & J. H. Anderson. 1980. "Factors influencing the learning of classical mechanics," *American Journal of Physics*, 48:1074-79.

קשורות זו לזו, מה שמאפשר לתלמיד לענות על שאלות מוגדרות במבחנים בבית-ספר אך אינו תורם הרבה להעמקת ההבנה בנושא או השימוש בו. אנו יודעים שאפשר ללמוד בנפרד עקרונות הקשורים זה לזה, ואפילו לא לדעת שיש ביניהם קשר, או ללמוד הליכים שיהיו מועילים בהקשרים שונים בלי להיות מסוגלים לעשות את הקשר בין הליכים אלה לבין התנאים שבהם אפשר להחילם. ערכו של ידע מנותק כזה מוטל בספק. משל למה הדבר דומה? למנתח עצבים המצטיין בניחוח מוח אך חלש בזיהוי הנסיבות שבהן יש לבצע את הניתוח.

השאלה המעשית הנוגעת לעדי החינוך היא כיצד להעמיק את ההבנה בשיעור בצורה יעילה? תוצאות המחקר מספקות בסיס לפחות לכמה תשובות אפשריות. הצגתי כמה מהן. כמו כן הבהרתי שטכנולוגיה אמנם מעצימה את בעיית ההבנה בכך שהיא מגדילה את מספר התופעות שאנשים פוגשים יומיום ואינם מבינים, אך היא גם פותרת אפשרויות חדשות לפיתוח שיטות הוראה שיעמיקו את ההבנה. עם זאת, האפשרות שטכנולוגיה תקדם את ההוראה לשם הבנה היא עדיין בחזקת

Chi, M. T. H., P. J. Feltovich, & R. Glaser. 1981. "Categorization and representation of Physics problems by experts and novices," *Cognitive Science*, 5:121-52.

Chi, M. T. H., R. Glaser, & E. Rees. 1982. "Expertise in problem solving," In R. Sternberg (ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*, Hillsdale, NJ: Erlbaum. Vol. 1.

Clement, J. 1981. "Students' preconceptions in physics and Galileo's discussion of falling bodies," *Problem Solving*, 3:3-5.

_____. 1982. "Students' preconceptions in introductory mechanics," *American Journal of Physics*, 50:66-71.

Dekleer, J. 1985. "How circuits work," In D. G. Bobrow (ed.), *Qualitative reasoning about Physical system*, Cambridge, MA: MIT Press, pp. 205-80.

diSessa, A. A. 1979. "Dynamics: learning physics with a dynaturle," In S. Papert, D. Watt, A. diSessa, and S. Weir. Weir (eds.), *Final report of the Brookline Logo project. Part II: project summery and data analysis*, Cambridge, MA: MIT, AI Laboratory, Memo 545, pp. 6.1-6.20.

_____. 1982. "Unlearning Aristolian physics: A study of knowledge based learning," *Cognitive Science*, 6:37-75.

- Dupin, J. J. & S. Joshua. 1984. "Teaching electricity: Interactive evolution of representations, models, and experiments in class situation," In R. Duit, W. Jung, and C. V. Rhoneck (eds.), *Aspects of understanding electricity*, Kiel, West Germany: Institute fur die Padagogik der Naturwissenschaften, pp. 331-42.
- Feuerstein, R., Y. Rand, M. Hoffman, & R. Miller. 1980. *Instrumental enrichment: An intervention program for cognitive modifiability*, Baltimore: University Park Press.
- Feurzeig, W. 1988. "Apprentice tools: Students as Practitioner," In R. S. Nickerson & P. P. Zodiates (eds.), *Technology in education: Looking toward 2020*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gott, S. P. 1988-89. "Apprenticeship instruction for real-world tasks: The coordination of procedures, mental models, and strategies," In. E. Z Rothkopf (ed.), *Review of research in education*, Washington, DC: American Educational Research Association.
- Greeno, J. G. 1980. "Trends in the theory of knowledge for problem solving," In D. T. Tuma & F. Reif (eds.), *Problem solving and education: Issues in teaching and research*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hayes, J. R. 1981. *The complete problem solver*, Philadelphia: Franklin Institute Press.
- Hewson, P. W. & M. G. Hewson. 1984. "The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction," *Instructional Science*, 13:1-13.
- Horwitz, P. 1988. *Interactive simulations and their implications for science teaching*, AETS 1988 Yearbook.
- Horwitz, P. & W. Barowy. In press. "Designing and using open-ended software to promote conceptual change," *Journal of Science Education and Technology*.
- Horwitz, P. & M. Eisenberg. 1992. "MultiMap: An interactive tool for mathematics experimentation," *Interactive Learning Environments*, 2:141-179.
- Hurchinson, R. T. 1980. *Teaching problem solving to development adults: A pilot project*, Papar presented at the NE-LRDC Conference on Thinking and Learning Skills, October, University of Pittsburg.
- Joshua, S. & J. J. Dupin. 1987. "Taking into account student conceptions in instructional strategy: An Example in physics," *Cognition and Instrucyion*, 4(2):117-35.
- Kassin, S. M.1981. "Distortions in estimating consensus from sequential events," *Personality and Social Psychology Bulletin*, 7:542-46.
- Lajoie, S. P. & S. J. Derry (eds.). 1993. *Computers as cognitive tools*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Landow, G. P. 1988. *Hypertext in literary education, criticism, and scholarship*, Technical Report. Providence, RI: Institute for Research in Information and Scholarship, Brown University.
- Larkin, J. H. 1979. "Information processing models and science instruction," In J. Lochhead & J. Clement (eds.), *Cognitive proces instruction: Research on teaching thinking skills*, Philadelphia: Franklin Institute Press.
- _____. 1983. "The role of problem representation in physics," In D. Gentner & A. S. Stevens (eds.), *Mental models*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- _____. & R. W. Chabay (eds.). 1992. *Computer-assisted instruction and intelligent tutoring system: Shared goals and complementary approachces*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- _____, J. McDermott, D. P. Simon, & H. A. Simon. 1980. "Expert and noviceperformance in solving physics problems," *Science*, 208:1335-42.
- LaRosa, C., M. Mayer, P. Pratrizi, & M. Vincentini-Missoni. 1984. "Common sense knowledge in optics: Preliminary results of an investigation into the properties of light," *European Journal of Science Education*, 6:387-97.
- Leboutet-Barrell, L. 1976. "Concepts of mecanics in young people," *Physics Education*, 11:462-66.
- Lesgold, A. M. 1984. "Acquiring expertise," In J. R. Anderson & S. M. Kosslyn (eds.), *Tutorials in learning and memor*, San Francisco, CA: Freeman, pp. 31-60.
- Lesgold, A., S. Lajoie, M. Bunzo, & G. Eggan. 1992. "SHERLOCK: A coached practice enviroment for an electronics troubleshooting job," In J. H. Chbay (ed.), *Computerassisted instruction and intelligent tutoring*

- system: *Shared goals and complementary approaches*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- McCloskey, M. 1983. "Intuitive physics," *Scientific American*, 248(4):122-30.
- _____, A. Caramazza, & B. Green. 1980. "Curvilinear motion in the absence of external forces: Native beliefs about the motion of objects," *Science*, 210:1139-41.
- Minstrell, J. 1982. "Explaining the 'at rest' condition of the object," *Physics Teacher*, 10-14.
- _____. 1984. "Teaching for the understanding of ideas: Forces on moving objects," In C. W. Anderson (ed.), *Observing science classrooms: Perspectives from research and practice*, 1984 Yearbook of the Association for the Education of Teachers in Science. Columbus, OH.
- Mullen, B., J. L. Atkins, D. S. Champion, C. Edward, D. Hardy, J. E. Story, & M. Verderklok. 1985. "The false consensus effect: A meta-analysis of 115 hypothesis tests," *Journal of Experimental Social Psychology*, 21:262-83.
- Nickerson, R. S. 1985. "Understanding understanding," *American Journal of Education*, 93(2):201-39.
- _____, A. Baddeley, & B. Freeman. 1987. "Are people's estimates of what other people know influenced by what they themselves know?" *Acta Psychologica*, 64:245-59.
- Papert, S. 1980. *Mindstorms*, New York: Basic Books.
- Piaget, J. 1974. *To understand is to invent*, New York: The Viking Press.
- Psotka, J., L. D. Massey, & S. A. Mutter (eds.). 1988. *Intelligent tutoring system: Lessons learned*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Reif, F. 1985. "Acquiring an effective understanding of scientific concepts," In L. H. T. West & A. L. Pines (eds.), *Cognitive structures and conceptual change*, New York: Academic Press.
- Resnick, L. B. 1987a. *Education and learning to think*, Washington, DC: National Academy Press.
- _____. 1987b. "The development of mathematical intuition," In M. Permuter (ed.), *Minnesota symposium on child psychology*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, Vol. 19, 159-94.
- Rosnick, P. & J. Clement. 1980. "Learning without understanding: The effect of tutoring strategies on algebra misconceptions," *The Journal of Mathematical Behavior*, 3:3-27.
- Rosdak, T. 1987. *Cult of information: The folklore of computers and the true art of thinking*, New York: Pantheon Publishing.
- Rubinstein, M. F. 1975. *Patterns of problem solving*, Englewood cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Ruopp, R., S. Gal, B. Drayton, & M. Pfister (eds.). 1993. *LabNet: Toward a community of practice*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Segal, J. W., S. F. Chipman, & R. Glaser (eds.). 1985. *Thinking instruction to research*, Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Shute, V., R. Glaser, & K. Raghavan. 1989. "Inference and discovery in an exploration laboratory," In, P. Ackerman, R. Sternberg, & R. Glaser (eds.), *Learning and individual differences*, San Francisco: Freeman.
- Smith, F. 1975. *Comprehension and learning: A conceptual framework for teachers*, New York: Holt, Reinhart and Winston.
- Stevens, A. L. & A. Collins. 1980. "Multiple conceptual models of a complex system. In R. E. Snow, P. A. Federico, & W. E. Montague (eds.), *Aptitude, learning and unstruction*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, Vol. 2.
- Tenny, Y. & D. Gentner. 1984. "What makes water analogies accessible: Experiments on the water-flow analogy for electricity," In Duit, W. Jung, & C. V. Rhoneck (eds.), *Aspects of understanding electricity*, Kiel, West Germany: Institute fur die Pedagogik der Naturwissenschaften, pp. 311-18.
- Tinker, R. F. & P. M. Kapisovsky (eds.). 1992. *Propects for educational telecomputing: Selected readings*, Cambridge, MA: TERC.
- Trowbridge, D. E. & L. C. McDermott. 1980. "Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension," *American Journal of Physics*, 48(12):1020-28.
- Turkle, S. 1984. *The second self: Computers and the human spirit*, New York: Simon and Schuster.

Weizenbaum, J. 1967. "Contextual understanding by computers," *Communication of the ACM*, 10(8):474-80.

Whimbey, A. & J. Lochhead. 1979. *Problem solving and comprehension: A short course in analytic reasoning*, Philadelphia: Franklin Institute Press.

White, B. Y. 1984. "Designing computer games to help physics students understand Newton's laws of motion," *Cognition and Instruction*, 1:1-4.

White, B. Y. & J. R. Frederiksen. 1987. "Qualitative models and intelligent learning environments. In R. Lawler & M. Yazdani (eds.), *AI and education*, Norwood, NJ: Ablex.

Wittrock, M. C. 1974. "Learning as a generative process," *Educational Psychologist*, 11:87-95.

חושבים בתשנ"ח

קורסים בחשיבה			
בבית הספר להוראת החשיבה יתקיימו קורסים בנושאים מגוונים, המוכרים לצורך קבלת גמול השתלמות.			
שם הקורס	קהל היעד	מועד הקורס	סה"כ שעות
מבוא לחשיבה וטיפוחה	עובדי הוראה בשנת שבתון	יום ב' 10.00-14.00 אחת לשבוע	112 (עם ציון)
הכיתה החושבת	מנהלים, רכזים, מתכנים, מורים	יום ג' 16.00-19.00 אחת לשבועיים	56 (עם ציון)
טיפול חשיבה בבתי הספר-מסגרות ושיטות	מנהלי בתי ספר, עובדי הוראה	יום ד' 9.00-15.30 אחת לשבועיים	56 (עם ציון)
טיפול חשיבה בגישת המיזוג	מורים, מדריכים, מנחים	יום ג' 16.00-19.00 אחת לשבועיים	56 (עם ציון)
קורס חשיבה - טיפוח חשיבה ע"פ דה-בונו	גננות, מורים, מנהלים, מדריכים, מנחים	יום ב' 10.00-13.00 אחת לשבועיים	56 (עם ציון)

חשיבה בראש טוב

יום חשיבה חוויתי לתלמידים בבתי - ספר יסודיים.

פעילות ייחודית בנושא חשיבה וטיפוחה תתקיים בשעות הבוקר (09.00-13.00).
בין הנושאים המוצעים: סגנונות למידה, סגנונות חשיבה, הבנה, חשיבה על חשיבה ועוד...

מורים! כדי להבטיח מקום לכיתתכם, אנא תאמו את ביקורכם בהקדם!

"לחשוב ביחד"

ברצונכם לקיים פעילות ייחודית בבית-הספר, בטיול, במסיבה?

חשיבה יצירתית

קבלת החלטות במשפחה

הפעלת כלי חשיבה לפתרון בעיות

זאת ועוד בסדנה משותפת להורים ולתלמידים הלומדים בכיתות ג'-ו'.

מורים המעוניינים לקיים מפגש חוויתי ומעשיר להורים ולילדים בנושאים אלה מוזמנים להתקשר אלינו ולתאם את האירוע

פרטים ומידע נוסף: בתיה בעל-שם, בית-הספר להוראת החשיבה, רח' נרקיס 11 ירושלים
טלפון: 02-6242866/7