

## תוכן:

## לקראת פדגוגיה של הבנה

לפני מספר שנים, הרציתי בכנס כלשהו על תפיסות מוטעות של ילדים במדעים ובמתמטיקה. סקרתי כמה תפיסות מוטעות ודיברתי על הסיבות להן. איני יודע מה מידת התועלת שהפיק הקהל מדברי. אני, על כל פנים, למדתי הרבה דווקא לאחר שלב השאלות. ארזתי את השקפים שלי והייתי בדרכי למפגש נוסף, כאשר פנו אלי שניים מן המאזינים.

"יש לנו שאלה קטנה," אמר אחד מהם. "באמת, רק עניין של סקרנות."

"בסדר, ודאי," אמרתי.

"אחת התפיסות המוטעות שדיברת עליהן היתה אותה סברה של ילדים לגבי חישוב שורש ריבועי של סכום; שהשורש הריבועי של  $a$  בריבוע פלוס  $b$  בריבוע שווה ל- $a + b$  פלוס  $b$ .  $\sqrt{a^2 + b^2} = a + b$ ."

"נכון, וזה לא ככה."

"כן, זה ברור לנו. השאלה שלנו היא למה זה לא ככה? נראה כאילו זה צריך להיות ככה."

השאלה הממה אותי. בתחילה לא היה לי מושג כיצד להשיב. אילו היו שואלים אותי מדוע איזשהו יחס מתמטי הוא כמו שהוא, הייתי מנסה להציע הוכחה או לפחות הסבר כמותי. אולם מדוע היחס אינו מתקיים? ובכן, הוא פשוט אינו מתקיים. את זה אין צורך להסביר.

אז הבנתי משהו, שאותו הסברתי לשניים בנועם, בנוגע למה שהפך את השאלה לכה קשה, ומה ניתן ללמוד מכך לגבי הפרספקטיבות השונות מאוד שלנו על עולם המתמטיקה. אף שכעת אני מחנך ופסיכולוג קוגניטיבי, הוכשרתי כמתמטיקאי. שנים של ניסיון לימדו אותי שיחס מתמטי תקף אינו עניין של מה בכך. לעתים קרובות, יחסים ש"נראים טובים", כמו אלה שבהם עסקנו, אינם מחזיקים מעמד. עולם היחסים ש"נראים טובים" מלא מופך ותבן; המנגנון של ההוכחה המתמטית הוא שמנפה את הֶרֶב.

ואולם, ניסיונם המתמטי של השואלים היה שונה למדי. הם לא נחשפו לבניית מערכות מתמטיות. הם למדו בעיקר את התוכן הנמסר של

מתמטיקה, את היחסים היפהפיים הרבים שכן מחזיקים מעמד. על סמך סוג כזה של ניסיון, טבעי מאוד להסיק שבאופן כללי, יחסים ש"נראים טובים" אמורים לעבוד. טבעי לצפות לכך שיחסים כאלה יהיו תקפים ולהגיב בהפתעה כאשר יחס ש"נראה טוב" אינו עונה על הציפיות.

בקיצור, למדתי כי לשני השואלים ולי עצמי היו הבנות שונות מאוד, לא רק בנוגע לשורש ריבועי, אלא גם בנוגע למשהו רחב הרבה יותר – שדה היצירה הכולל של המתמטיקה. הם ראו במתמטיקה עניין של תיקוף פורמלי של יחסים שנראים מבטיחים ושקרוב לוודאי שיחזיקו מעמד. אני ראיתי במתמטיקה עניין של חילוץ מעט היחסים התקפים מתוך ים של יחסים אפשריים. מה שדרש הסבר היו אותם יחסים תקפים מועטים ולא המון היחסים שאינם תקפים.

הלקח שניתן ללמוד מהסיפור הוא שהבנה היא עניין רב-שכבתי. הדבר נוגע לא רק למקרים פרטיים, אלא להתייחסות הכללית שלנו לדיסציפלינה או למקצוע. סיפור זה הוא ראיה לסכנות של מהפך אטומיסטי מופרז בהוראת מקצועות לימוד, כזה שאינו מביא בחשבון איך עובדות ומושגים יחידים מרכיבים פסיפס גדול יותר בעל רוח, סגנון וסדר משלו. אם יש משמעות כלשהי לפדגוגיה של הבנה, הרי זו הבנה של החלק בהקשרו של השלם ושל השלם כפסיפס המורכב מחלקיו.

פדגוגיה אינה אלא מילה מלומדת לאמנות ההוראה. פדגוגיה של הבנה היא אמנות ההוראה לשם הבנה. הדבר יכול בהחלט לענות על חלק גדול מצרכיו של החינוך. היזכרו ב"תסמונת הידע השביר" שבה עסקנו בפרק 2: מחקרים רבים מראים כי צעירים באופן כללי אינם מבינים טוב במיוחד מה הם לומדים. הם סובלים מתפיסות מוטעות ומסטראוטיפים מושרשים ביותר. לעתים קרובות, הם פשוט חסרי אונים מול רעיונות סבוכים: ביטויי התנייה בדקדוק אנגלי, הססנותו של המלט, עקרון ההתקה של ארכימדס, למה חס יותר בקיץ, מדוע היתה לעבדות אחיזה כה חזקה במדינות הדרום. כולנו רוצים כמובן ללמד לשם הבנה, ולרוב גם נדמה לנו שאכן כך אנו עושים. אולם לעתים קרובות מדי, באורח ניכר למדי, אין זה המצב.

בפרק הקודם הגענו למסקנה חשובה: הבחירה החשובה ביותר שלנו היא מה אנו מנסים ללמד. מראן משתמע שהוראה לשם הבנה טובה יותר אינה רק עניין של שיטה טובה יותר, אלא הוראה של משהו נוסף או משהו

אחר, בחירה שונה של מה שאנו מנסים ללמד. כדי ללמד לשם הבנה טובה יותר, עלינו ללמד חומר שונה. אולם איזה סוג של חומר? מה מרכיב את ההבנה?

## מהי הבנה?

### תפקידם של "ביצועי הבנה"\*

בפרק 1 הצענו יעדים חינוכיים שקשה לחלוק עליהם: זכירה, הבנה ושימוש פעיל בידע. ההבנה ממלאת תפקיד מרכזי במיוחד בשילוש הזה, משתי סיבות. ראשית, סוג הדברים שאפשר לעשות כדי להיטיב להבין מושג כלשהו, כולל כמה מהדברים הטובים ביותר שאפשר לעשות כדי להיטיב לזכור אותם. חיפוש דפוסים ברעיונות, מציאת דוגמאות אישיות וייחוס רעיונות חדשים לידע קודם, למשל, כולם משרתים הבנה ובו-בזמן נועלים מידע בזיכרון. שנית, שימוש פעיל בידע יכול אך בקושי להיעשות ללא הבנה. מה כבר אפשר לעשות בידע שלא מבינים אותו?

אולם הבנה היא יעד חינוכי מבלבל במקצת. יותר מדי מערכי שיעור ותוכניות לימודים פוטרים את הנושא בהצהרות יעד בנוסח ה"תלמידים יבינו כך וכך". אחרי הכול, כיצד אנו יכולים לדעת האם תלמיד הגיע לשלב הנכסף של ההבנה? אין שום מדחום שמוודד זאת וגם "מבחנים אמריקאיים" לא יצלחו לכך.

ההשוואה בין ידיעה לבין הבנה מדגישה את אופיה המסתורי של ההבנה. קחו את חוקי ניוטון, אבני הפינה של הפיסיקה הקלאסית. החוק הראשון של ניוטון אומר, פחות או יותר, שגוף ממשך לנוע באותו הכיוון ובאותה המהירות, אלא אם כן איזושהו כוח גורם לו לסטות ממסלולו. הדבר לא היה מובן מאליו לפני התובנה של ניוטון. אחרי הכול, איננו רואים סביבנו גופים רבים נעים בדרך שבה ניוטון תיאר זאת. בעולם היומיומי פועלים כוחות רבים המסטים גופים נעים ממסלולם. החיכוך

\* השוו: **חינוך החשיבה**, עלון מס' 10, מכון ברנקו וייס, ירושלים, אוגוסט 1997, המוקדש ברובו ל"תיאוריית ביצועים של הבנה"; הספר "**חינוך להבנה**" בעריכת מ' וויסקי (Wiske), ספר המבוסס על תיאוריית הביצועים של ההבנה, יראה אור בחוצאת מכון ברנקו וייס במהלך 1999.

מאט אותם עד כדי עצירה. כוח המשיכה מעקל את מסלולי הגופים המושלכים בצורה קשתית החוזרת ארצה. אין זה ברור כלל וכלל שבהעדר הפרעה, גופים ממשיכים לנוע באותה המהירות ובאותו הכיוון.

אם היעד שלנו כמורים הוא שתלמידים יכירו את חוקי ניוטון, נוכל לבדוק מה השיגו התלמידים אם נבקש מהם לצטט, או אולי לכתוב נוסחאות. אפשר גם לעמוד על כך שהתלמידים יערכו מניפולציות אלגבראיות מסוימות כדי לוודא שהידע אינו מכני טהור, אלא ביצועי, לפחות במידת-מה.

בכל אופן, נניח שהיעד הוא שהלומדים יבינו את חוקי ניוטון. או אז, אם ניתן לתלמידים לדקלם אותם, לכתוב אותם בצורה אלגבראית ואפילו לערוך כמה מניפולציות, עדיין לא נוכל לדעת האם התלמידים מבינים. אין לתלמידים כל בעיה להפגין ביצועים "משומרים", עם הבנה מועטה של מה שבאמת משתמע מהחוקים וללא יכולת להסביר מדוע הם תקפים.

אפשר לתמצת זאת כך: ידיעה היא מצב של בעלות על ידע ואפשר לבדוק בקלות האם הידע שאמור להימצא ברשות הלומדים אכן נמצא ברשותם. אולם הבנה היא יותר מבעלות. מי שמבין מסוגל "ללכת מעבר למידע נתון", במילותיו של ג'רום ברונר. כדי להבין הבנה, עלינו להיות בהירים יותר בנוגע לאותו משהו שהוא "מעבר לבעלות".

## ביצועי הבנה

הבה נתבונן בהבנה לא כבעלות אלא כאפשרות. כאשר אנו מבינים משהו, איננו רק רוכשים מידע מסוים לגביו – אנו גם מסוגלים לעשות כמה דברים עם אותו ידע. אותם דברים שאנו יכולים לעשות, דברים המתרגלים ומפגינים הבנה, נקראים "ביצועי הבנה".

נניח, למשל, שמישהו מבין את החוק הראשון של ניוטון. אילו סוגים של ביצועי הבנה הוא עשוי להפגין? הרי לפניכם אחדים:

- **הסבר.** הסבירו במילים שלכם מה פירוש לנוע במהירות קבועה באותו הכיוון ואילו סוגים של כוחות עשויים לגרום לגוף לסטות ממסלולו.
- **דוגמאות.** הביאו דוגמאות רעננות לחוק בפעולה. למשל, זהו את הכוחות המטים את מסלולי הגופים בספורט, במכוניות מתנגשות ובהליכה.

- **החלה.** השתמשו בחוק כדי להסביר תופעה שעדיין לא למדתם אותה. לדוגמא, אילו כוחות מפעילה מכה סיבובית על כדור.
- **הצדקה.** הציעו ראיות להגנת החוק. חישבו על ניסוי שיבחן אותו. לדוגמא, על מנת לראות את החוק בפעולה, כיצד תסדירו מצב שיושפע ככל הפחות על ידי כוחות החיכוך והמשיכה?
- **השוואה.** שימו לב לצורה של החוק וקשרו אותו לחוקים אחרים. חישבו על חוקים אחרים האומרים משהו נשאר קבוע אלא אם כן מתרחש כך וכך.
- **הצבה בהקשר.** חיקרו את היחס שבין החוק לבין המארג הגדול של הפיסיקה. כיצד, למשל, הוא משתלב עם שאר החוקים של ניוטון? באיזה אופן הוא חשוב? איזה תפקיד הוא ממלא?
- **הכללה.** האם הצורה של החוק חושפת עקרונות כלליים יותר על יחסים פיסיקליים, הבאים לידי ביטוי גם בחוקים אחרים של הפיסיקה? לדוגמא, האם כל חוקי הפיסיקה אומרים בדרך זו או אחרת משהו נשאר יציב אלא אם כן מתרחש כך וכך?

וכן הלאה ברוח דומה.

כמה מביצועי הבנה אלה צנועים למדי בדרישותיהם; למשל, תכנון דוגמא טרייה לפעולתו של החוק הראשון של ניוטון. יתכן שתלמידים מכירים דוגמאות מפוטבול ויכולים לתכנן דוגמא מבייסבול, מכדורגל או מפריספי. ביצועים אחרים הם מאתגרים למדי; לדוגמא, זה האחרון – הכללה. מגוון הביצועים מדגים כמה נקודות חשובות לגבי הבנה.

ראשית, אנו מזהים הבנה באמצעות ביצועים פוריים, שבהם לומדים הולכים "מעבר למידע נתון". הבנה נוצרת במצב שבו ניתנת האפשרות להפגין ביצועי הבנה כאלה.

שנית, ביצועי הבנה שונים דורשים סוגי חשיבה שונים במקצת. להצדיק את החוק הראשון של ניוטון זה עניין שונה מלהחיל אותו, אף שקיימות מקבילות בתהליך החשיבה.

שלישית, הבנה אינה עניין של "או שתופסים את זה או שלא". הבנה היא עניין פתוח ועניין של דרגה. אפשר להבין מעט במשהו (להפגין ביצועי הבנה מועטים) או להבין הרבה במשהו (להפגין ביצועי הבנה רבים ושונים), אולם אי-אפשר להבין הכול על משהו, מכיוון שקיימים תמיד הסברים שיתכן שלא גילינו וחקרנו ושאינו ביכולתנו לבצעם.

פרספקטיבת הביצוע לגבי הבנה מאירה את מה שפדגוגיה של הבנה צריכה לשאוף אליו: ייפוי כוחם של התלמידים להפגין מגוון ביצועי הבנה רלוונטיים הנסבים על התוכן הנלמד. עניין זה מחזיר אותנו לעיקרון הבסיסי שהדגשנו במבוא: למידה היא תוצאה של הבנה. שימו לב לכך שכל ביצועי ההבנה האלה דורשים חשיבה – להעלות הסברים, למצוא דוגמאות חדשות, להכליל וכן הלאה.

לבסוף, כפי שהוזכר קודם לכן, תפיסת ההבנה כביצוע מתקשרת למסקנה שהבחירה החשובה ביותר שלנו היא מה לנסות ללמד. אם אנו רוצים שתלמידים יבינו, עלינו ללמד אותם ביצועי הבנה של החוק הראשון של ניוטון, או של כל דבר אחר שאנו רוצים שיבינו. עלינו לספק להם מידע בהיר, תרגול עתיר-חשיבה, משוב מידע והנעה טובה, בדיוק כפי שטוענת "יתיאוריה מספר אחת". אלא שברובם הגדול של המקרים איננו עושים זאת. גם איננו מרבים להעסיק תלמידים בביצועי הבנה כמו העלאת הסברים, הבאת דוגמאות רעננות ומתן הצדקות. ואז אנו תוהים מדוע הם לא מבינים!...

## הבנה ודימויים מנטליים

נניח שיום אחד, בעודכם יושבים בנחת על ספת הסלון שלכם, אתם מוצאים את עצמכם במצב רוח "רוחני". תוך מיקוד של כוחות הריכוז וההתבוננות שלכם, אתם מתחילים לרחף באוויר. אתם מתרוממים לעבר התקרה ואז עוברים דרכה.

השאלה היא: היכן תמצאו את עצמכם? אולי בחדר השינה או בחדר האמבטיה; אולי בעליית הגג או בדירתם של האנשים שגרים מעליכם. מה שמוזר בתרגיל זה של הדמיון הוא שבדרך כלל אנו יכולים לומר לאן נגיע, אף כי מעולם לא עשינו את המסלול העובר דרך התקרה.

שימו לב לכך שהלכתם "מעבר למידע נתון". הטיוול דרך התקרה הוא ביצוע הבנה המראה את ההבנה שלנו לגבי המקום שבו אנו חיים – הבנה אינטליגנטית יותר מאשר רשימה פשוטה של כל המסלולים השונים שעשיתם בבית.

בהתעמלות מנטלית מעין זו מתגלה בפעולה אחד ממשאבי החשיבה החשובים ביותר שלנו – הדימוי המנטלי. דימויים מנטליים עוזרים



להסביר כיצד מתרחש הטיוול דרך התקרה. עם השנים, אנו בונים דימוי מנטלי של חלל המגורים שלנו; מעין מפה או מודל תלת-ממדי, המראה כיצד החדרים השונים מתייחסים זה לזה. לפיכך, כאשר אנו נשאלים על אודות מה שיקרה אם נרחף דרך התקרה, אנו יכולים לענות. אנו מסתכלים במפה שבתודעה – הדימוי המנטלי – מתווים נתיב ויוצאים לעבר היעד.

דימויים מנטליים, במובן שאני משתמש בו כאן, אינם מוגבלים רק לסביבות פיזיות ואפילו לא רק לחזותי במובהק. ישנם גם דימויים מנטליים של איך סיפורים אמורים להיות.

כאשר אנו מקריאים לילד את הסיפור "זהבה ושלוש הדובים", ולפתע רואים שהשעה מאוחרת, אנו עוצרים בדיוק בנקודה ה"נכונה" – כאשר זהבה נשכבת במיטתו של הדובון הקטן – ואומרים: "זה הכול להלילה."

"אבל לא גמרת את הסיפור", אומר הילד.

"איך אתה יודע?" אתם שואלים, "כבר סיפרתי לך את הסיפור

קודם?"

"לא", אומר הילד, "אבל זה לא נשמע גמור."

לסיפורים יש מתכונת. יש בהם תעלומה או אתגר, ופתרון. ילדים מפתחים דימוי מנטלי של מתכונות סיפורים בשלב מוקדם למדי בחייהם, לא דימוי חזותי, אלא סוג של תחושה כללית לגבי האופן שבו בנויים סיפורים. כאשר לילד יש דימוי כזה, איננו יכולים עוד לסגור את הספר בשעה שזהבה ישנה במיטה.

## דימויים מנטליים מאפשרים ביצועי הבנה

קיים קשר חשוב בין פדגוגיה של הבנה לבין המושג של דימויים מנטליים. ניתן לתפוס ביצועי הבנה כצדה הגלוי של ההבנה – מה שאנשים עושים כאשר הם מגלים הבנה. אולם מה בנוגע לצדה הפנימי של ההבנה? מה יש לאנשים "בראש" כאשר הם מבינים משהו?

למדע הקוגניטיבי יש לכך תשובה שהוא מחבב במיוחד: דימויים מנטליים (פסיכולוגים רבים יגידו "מודל מנטלי" ויתכוונו לאותו הדבר). דימוי מנטלי הוא סוג הוליסטי ומאוגד ביותר של ידע. דימוי מנטלי הוא כל ייצוג מנטלי אחדותי ומקיף, העוזר לנו לעבוד עם נושא או מקצוע. למשל, הדימויים המנטליים שיש לנו על הבתים והשכונות שלנו עוזרים

לנו לנווט בהם (וגם מאפשרים לנו לערוך מסעות מנטליים דרך התקרה). דימויים מנטליים של סיפורים עוזרים לנו להבין ולהמציא סיפורים (ומונעים מאיתנו למרוח ילדים ב"לא-סיפורים"). דימויים מנטליים אחרים עוזרים לנו להבין עניינים וסוגיות בהיסטוריה, במדעים או בכל מקצוע אחר.

כיצד דימויים מנטליים עושים זאת? הם נותנים לנו משהו לחשוב איתו כאשר אנו מנסים להגיע לביצועי הבנה. מאחר שיש לנו דימוי מנטלי של הבית שלנו, אנו יכולים לעבוד עמו כאשר מבקשים מאיתנו לנבא (ביצוע הבנה) לאן נגיע אם נעוף דרך התקרה. מאחר שיש לנו תחושה של מתכונת סיפור, אם יבקשו מאיתנו להמציא אחד, הדימוי הכללי ייתן לנו משהו להתחיל ממנו. בכל ביצוע הבנה שהוא – הסבר, גילוי, הבאת דוגמא – אם יש לנו דימויים מנטליים נכונים, הם יעזרו לנו לעשות זאת.

הדימויים המנטליים שעליהם דיברנו עד כה נוגעים לדברים בסיסיים ביותר, כגון מתווה הבית שבו אנו גרים או צורה אופיינית של סיפור. אולם דימויים מנטליים עוסקים גם בעניינים מופשטים ומורכבים מאוד. חישוב, למשל, על הדימוי המנטלי של ארגון היסודות הכימיים שנותנת הטבלה המחזורית. הטבלה עצמה, כמוכן, היא דימוי מפורש על נייר. אבל כל זמן שאנשים מפנימים לפחות חלק ממה שהיא אומרת, היא מהווה גם דימוי מנטלי.

ושימו לב לעד כמה זה מופשט, גם על הנייר וגם בראש. הטבלה המחזורית היא מפה, אולם לא מפה של מרחב פיסי. היחסים המרחביים בטבלה המחזורית מייצגים דפוסיים מחזוריים בהתנהגות הכימית של היסודות, בסמוך לשכנים קרובים החולקים עמם תכונות פיזיקליות מסוימות. לפיכך, המפה מאפשרת לנו מגוון ביצועי הבנה, כאשר אנו מסתמכים על היחסים המרחביים בטבלה כדי להגיע לניבויים על התנהגות כימית של יסודות.

סוג אחר של דימוי מנטלי קשור, למשל, לאישיות. חישובו לרגע על דימוי מנטלי של דמויות שבניתם במהלך הקריאה ב**אותלו**. כדי לבחון את מידת החיות שלהם, עירכו את ניסוי החשיבה הבא. נניח ששכן של אותלו עוצר בחלוף שני-שלישים מהמחזה ונותן עדות נחרצת לגבי דרכיה הטובות של דזדמונה. האם אותלו יגיד, "ובכן, אני מניח שהכול היה פרי דמיוני?" מובן שלא! אם יש לכם דימוי מנטלי של אותלו (לא במובן של מראהו

החיצוני, אלא במובן של תחושה בנוגע לאישיות שלו, ברור לכם מיד ובאופן אינטואיטיבי שאותלו יישאר חסר מנוחה, שהרי הוא חשדן כפייתי בנאמנותה של דזדמונה. מה בנוגע ליאגו? לשמע עדותו של השכן, האם הוא יעזוב מיד את העיר, מפחד שיחשף? ודאי שלא! אם יש לכם דימוי מנטלי של דמותו של יאגו, תדעו מיד שמעשה מעין זה אינו מתאים ליאגו, וסביר שינסה תחבולה בוגדנית אחרת שתערער את אמינותו של השכן ותגביר עוד יותר את פחדיו של אותו.

אם ברצונכם בדוגמא מופשטת אפילו עוד יותר מהטבלה המחזורית או מאישיות, חישבו על הדימוי המנטלי של מתמטיקה, שהופיע בתחילת הפרק, שלפיו יחסים מתמטיים ש"נראים טוב" הם חשודים. ככל דימוי מנטלי, גם זה מאפשר ביצועי הבנה. הדימוי הזה הוא הסיבה לכך שאני ניגש למשפטים מתמטיים חדשים עם ציפיות ראויות – ספקנות ודרישה להצדקה. זיכרו את אותם אנשים שפנו אלי לאחר ההרצאה על תפיסות מוטעות במדעים ובמתמטיקה ושאלו מדוע אחת מהנוסחאות שעליהן דיברתי אינה נכונה. הם חשפו דימוי מנטלי נוח-להאמין: יחסים מתמטיים ש"נראים טוב" הם כנראה גם אמיתיים. כמובן, יהיו לכך השלכות לגבי ביצועי ההבנה שלהם. הם יגשו למשפט מתמטי חדש עם ביטחון יתר בסיכויי התקפות שלו ויפתעו אם תקפות לא תימצא.

## ביצועי הבנה בונים דימויים מנטליים

דימויים מנטליים מציידים אפוא אנשים בכלים לביצועי הבנה. לעתים, אנשים רוכשים דימויים מנטליים באמצעות הוראה ישירה – כאשר אנו מלמדים את הטבלה המחזורית, למשל.

אולם, כאשר היחסים בין דימויים מנטליים לבין ביצועי הבנה אינם חד-סטריים, מדימויים לביצועים, אלא דו-סטריים – ביצועי הבנה בונים דימויים מנטליים.

למשל, בדרך כלל איננו לומדים את דרכנו בשכונה חדשה באמצעות שינון של מפה. אנו משוטטים סביב ומתמודדים עם אתגרים כמו להגיע למכולת או לספר. אנו מסבירים לבן או לבת הזוג שלנו איך מגיעים ל-X או ל-Y, והם מצדם מסבירים לנו כיצד להגיע ל-W או ל-Z. ביצועי ההבנה הפיסיים שבאמצעותם אנו רוכשים היכרות עם השכונה בונים במשך הזמן גם דימוי מנטלי לכיד.

דוגמא נוספת: מאין יש לילדים דימויים מנטליים של סיפור "נכון"? בוודאי לא מהגדרה פורמלית של סיפור, אלא משמיעה של סיפורים רבים, משאילת שאלות עליהם, ממשחק לפיהם וכן הלאה.

או דוגמא נוספת: מאין לי הדימוי המנטלי "נראה טוב משמע חשוד" בכל הנוגע ליחסים מתמטיים? כסטודנט למתמטיקה, מעולם לא נאמר לי ישירות כי משפטים שנראים סדורים צריכים להיחשב כחשודים. למדתי זאת מתוך היתקלות במשפטים רבים, שקידה על הוכחותיהם או הפרכותיהם, תיאום של תקוותי וציפיותי ביחס למצב האמיתי, גם אם המופשט, של המתמטיקה. רכשתי את הדימוי ההוא בדרך של שוטטות ב"שכונה המושגית" של המתמטיקה, בדומה לדרך שבה אנשים לומדים את דרכם בשכונות מגורים.

בקצרה, דימויים מנטליים וביצועי הבנה מקיימים סוג של יחסים הדדיים. אם נעזור לתלמידים לרכוש דימויים מנטליים בכל אמצעי שהוא, כולל הוראה ישירה, נצייד אותם בכלים לביצועי הבנה. אולם גם אם נעסיק תלמידים בביצועי הבנה – ניסיונות לנבא, להסביר, לפתור, להדגים, להכליל וכן הלאה – נעזור להם לבנות דימויים מנטליים. קיים אפוא סוג של שותפות בין דימויים מנטליים לבין ביצועי הבנה. הם מזינים זה את זה. אלה הם, אפשר לומר, היין והיאנג של ההבנה.

ביצועי הבנה ודימויים מנטליים הם יסודות שלובים המפיקים פדגוגיה של הבנה. אולם כיצד ניתן ליישם תפיסה זו? אם הבחירה החשובה ביותר שלנו היא מה אנו מנסים ללמד, אילו סוגים של ביצועי הבנה עלינו לנסות ללמד? ואילו סוגים של דימויים מנטליים? הסעיפים הבאים ממשיכים לברר את מה שראוי לנסות ללמד בפדגוגיה של הבנה.

## רמות הבנה

**מי שלא יכול לפתור זאת בעשר דקות, לא יכול לפתור זאת בכלל.**

תלמידי מתמטיקה רבים מאמינים בכך בכל לבם. זהו האני מאמין שלהם בכל הנוגע לפתרון בעיות במתמטיקה. חוקר הוראת המתמטיקה אלן שונפלד (Schoenfeld) מאוניברסיטת ברקלי, קליפורניה, כתב על דפוסי

החשיבה של תלמידים לגבי מתמטיקה, שאחד מהם הוא אותו "כלל עשר הדקות". גישה כזו מערערת כל ניסיון להתמדה, ואף על פי שהתמדה עיוורת אינה סגולה טובה, התמדה אינטליגנטית היא אחד המשאבים הרציניים ביותר ללמידה ולפתרון בעיות.

שימו לב לתכונה מעניינת של "כלל עשר הדקות": אין הוא נוגע בשום מקרה פרטי של תוכן מתמטי – לא בשורש ריבועי ולא במשפט פיתגורס ולא במשוואה הריבועית; במקום זאת, זוהי עמדה כוללת כלפי המתמטיקה כתחום. למעשה, "כלל עשר הדקות" הוא תמונה מנטלית של המתמטיקה. אף שהוא עשוי במתכונת מילולית, בעיקרו של דבר זוהי גישה הוליסטית כלפי אופיין של בעיות מתמטיות. או שפותרים אותן מהר, או שלא פותרים אותן כלל. או שאני תופס את זה במהירות או שלא תופס את זה בכלל. כדרכם של דימויים, גם דימוי זה משפיע על ביצועי הבנה.

הרי דוגמא נוספת לדימוי מנטלי כללי מאוד על מתמטיקה. דן שאזן (Chazen), חוקר של למידת מתמטיקה, מצא כי תלמידי גאומטריה אוקלידית אוחזים בכמה רעיונות מוזרים באשר לטבען של הוכחות. אם נתפוס תלמידים לאחר ביצוע מוצלח של הוכחה ושאל אותם האם ביכולתם למצוא לה יוצא מן הכלל, על פי רוב הם יגידו, "כן, אם נחפש טוב. אולי משולש או מרובע לא רגילים שהתאורמה לא תופסת לגביהם." זהו דימוי מוזר של הוכחה. הוכחה דדוקטיבית פורמלית מכוננת תאורמה לעולם ועד, ללא יוצאים מן הכלל. אולם, איכשהו, תלמידים רבים אינם קולטים זאת ונשארים עם דימוי מנטלי של הוכחות כראיות מניחות את הדעת שאינן מיישבות לגמרי את השאלה. שימו לב, כמו במקרה של "כלל עשר הדקות", כיצד אין לגישה זו להוכחה כל קשר לאיזושהי תאורמה ספציפית. זוהי גישה כללית.

מדוע אני מביא את הדוגמאות המסוימות הללו לדימויים מנטליים? כדי להדגיש שתי נקודות: (א) דימויים מנטליים של תלמידים ממלאים תפקיד מרכזי בהבנתם במקצוע מסוים; (ב) לעתים קרובות דימויים מנטליים אינם חלק ממה שנקרא ברגיל "תוכן". הם כלליים ומקיפים יותר. הוראת תוכן טיפוסית נוגעת בהם ישירות רק לעתים נדירות. ואולם, באמצעות הקשבה למה שתלמידים אומרים, צפייה בהתנהגותם, שאילת שאלות כלליות ועיון במחקרים, אפשר לפתח מודעות לדימויים מנטליים כלליים ואז לכלול בהוראה תשומת לב ישירה לאותם דימויים מנטליים מקיפים, המחלישים ו/או מתגברים תלמידים שונים במקצועות שונים.

האם יש דרך כלשהי לארגן את הדימויים הכלליים שיש לתלמידים? אפשר לדבר על רמות שונות של הבנה הכרוכות בהבנת מקצוע מסוים. על הלומדים להבין לא רק מושגים ספציפים אלא את השדה כולו – את כללי המשחק של המתמטיקה, של ההיסטוריה, של ביקורת הספרות. הבנות של מקרים פרטיים מצויות בהקשרן של הבנות "מקרה" אלה. רבקה סימונס (Simmons) ואני ביצענו ניתוח בן ארבעה נדבכים של רמות הבנה. הרמות שלנו הן:

**רמת התוכן.** ידע ומיומנות (know-how) בנוגע לעובדות ולהליכים השגורים של המקצוע. ברוב המקרים, ביצועים כלליים אינם ביצועי הבנה אלא ביצועים משחזרים: חזרה ושינון, ביצוע פרפרזות, ביצוע הליכים שגרתיים. הדימויים המנטליים הם מסוימים וקרתניים קמעה, אם כי חשובים: צורת כתיבתו על הנייר של חילוק ארוך, "סרט מנטלי" הסוקר את מלחמת האזרחים. החינוך המקובל חושף תלמידים לידע רב ברמה זו.

**רמת פתרון-בעיות.** ידע ומיומנות בנוגע לפתרון בעיות טיפוסיות בספרי הלימוד במקצוע. הביצועים הרלוונטיים הם סוג אחד של ביצוע הבנה: פתרון בעיות (במובן שספר הלימוד נותן להן); לדוגמא, פתרון בעיות מילוליות במתמטיקה או שרטוט תרשימים של משפטים באנגלית. דימויים מנטליים כרוכים בגישות ואסטרטגיות לפתרון בעיות: "כלל עשר הדקות" מתאים כאן, יחד עם ניגודו האומר, "לעתים קרובות אפשר לפתור בעיה על ידי התמדה אינטליגנטית". גם כאן יש אסטרטגיות מוכרות לפתרון בעיות, כמו חלוקת הבעיה לחלקים. החינוך המקובל מספק שפע של תרגול בפתרון בעיות, אולם רק מעט הוראה ישירה של ידע המתקשר לפתרון בעיות!

**רמה אפיסטמית.** ידע ומיומנות בנוגע להצדקות ולהסברים בתחום הדעת. ביצועי הבנה רלוונטיים כוללים העלאה של הצדקות והסברים; למשל, הצדקת דעה ביקורתית בספרות או הסבר סיבתי בהיסטוריה. דימויים מנטליים מבטאים את צורות ההצדקה וההסבר ההולמות לדיסציפלינה. לפי הדוגמא של תלמידי הגאומטריה שפגשנו קודם, החינוך המקובל מקדיש תשומת לב מועטה ביותר להצדקה והסבר. בניגוד לפתרון בעיות, תלמידים באופן כללי אינם נוגעים אפילו בפעילויות של הצדקה והסבר.



**רמת החקר.** ידע ומיומנות בנוגע לדרך שבה מאתגרים תוצאות ובונים ידע חדש במקצוע. ביצועים רלוונטיים כוללים קידום היפותזות חדשות (חדשות לפחות לאותו אדם עצמו), הנחות מאתגרות וכן הלאה. דימויים מנטליים כוללים רוח הרפתקנית ותחושה של מה הופך היפותזה ל"הימור מוצלח" – למאירה ולתקפה באופן פוטנציאלי. כמו במקרה של הרמה האפיסטמית, החינוך המקובל מקדיש תשומת לב מועטה ביותר גם לרמת החקר.

בקצרה, יש הרבה מאוד ידע ומיומנויות חשובים לתחום דעת זה או אחר, שפשוט אינם מצויים ברמת התוכן. ההוראה המקובלת כמעט שאינה מקדישה תשומת לב לרמות הבנה גבוהות יותר. ואולם, רוח הדברים והמבנה של מקצועות, תחומי דעת ודיסציפלינות, מצויים ברמות אלה.

הדבר נכון גם לגבי ניגודים חשובים בין מקצועות. במתמטיקה, ראיות בנויות מהוכחות דדוקטיביות. דוגמאות אינן מספיקות. בפיסיקה, נדרש בדיקת ההיפך. אף כי ניתן להגיע בדרך דדוקטיבית לניבויים על פי תיאוריה נתונה, המבחן המכריע הוא בדיקה במציאות אמפירית. ציון ניגודים כאלה וחשיפת ההשתמעויות שלהם לפעילויות במסגרת המתמטיקה, הפיסיקה ודיסציפלינות אחרות, הם חלק מהבנה אינדיווי-דואלית וקולקטיבית במקצועות השונים.

לפיכך, פדגוגיה של הבנה דורשת טיפול בידע לפחות ברמות שמכתיבה "תיאוריה מספר אחת": על ההוראה ליזום או לטפח פיתוח של דימויים מנטליים רלוונטיים. לתלמידים נחוץ, כמו כן, תרגול עתיר-חשיבה של ביצועי הבנה האופייניים לרמות השונות, על מנת לחדד ביצועים ולחזק דימויים מנטליים. הם זקוקים למשוב מידע על מנת לעדן את ביצועיהם. והם זקוקים להנעה פנימית וחיצונית, שצריכה להיות מורכבת ברובה מהסבת תשומת לב הלומדים לעוצמה ולפרספקטיבה שנותן מבט-על על המקצוע.

בית-הספר החכם נותן למורים הזדמנות לחשוב, לדבר זה עם זה וללמוד קצת יותר על רמות גבוהות יותר של הבנה במקצועות ההוראה שלהם. הוא גם מעודד אותם להקדיש במהלך ההוראה תשומת לב רצינית לרמות גבוהות יותר של הבנה. הוראה כזו אינה טכנית או תובענית מדי. היא מרחיקה רק מעט מעבר למה שמורים בעלי יוזמה כבר עושים. כיצד

תיראה הוראה ברוח זו? נניח שתלמידים לומדים את הסונטה הידועה של ויליאם וורדסוורת', "העולם יותר מדי עמנו".

● **רמת התוכן.** המורה יכול לעבור על שורות השיר, להבהיר מונחים ואלוזיות, ולצפות מהתלמידים "להכיר" את השיר ולתת עליו מידע בבוחן לאחר מכן.

● **רמת פתרון-בעיות.** פרשנות היא בעיה אופיינית לספרות. המורה יכול לבקש מהתלמידים לחשוב על פרשנויות לשורות חשובות, כמו "מוטב לי להיות פגאני שגודל על אמונה נושנה". למה כוונתו של וורדסוורת'?! מה זה אומר להיות פגאני שכזה ומדוע וורדסוורת' רואה בכך ניגוד ראוי לאנשים שבדרך כלל "משיגים ומבזבזים"? המורה גם יכול להציע אסטרטגיות יעילות לשימוש בבעיות פרשנות כאלה ולאמן בהן את התלמידים.

● **רמה אפיסטמית.** המורה יכול לנהוג באורח קפדני ביחס לפרשנויות המוצעות: על סמך אילו ראיות אתם טוענים שזוהי משמעות השורה הזו? יתרה מזו, המורה גם יכול לארגן דיון לגבי מה שנחשב לראיה בפרשנות ספרותית ואילו סוגים של ראיות ראוי לחפש.

● **רמת החקר.** עד כה עסקנו בשאלות שמעלה המורה, כמו השאלה בנוגע לשורה של "אמונה נושנה". נוסף על כך, או במקום זאת, המורה יכול לעודד את התלמידים לומר מה הם אינם מבינים בשיר ולדבר איתם במפורש על מה הופך אי-מובנות ספרותית לראויה לעיון מעמיק.

יימצא מי שידחה את הדוגמאות שהבאתי משום שאינן כרוכות בהעמקה אמיתית של התלמידים עצמם בשיר ובמציאת תגובותיהם האישיות אליו. אמנם, גם זו גישה טובה! – ועשירה בביצועי הבנה. שתי הגישות הן להשקפתי חלקים חשובים של לימוד הספרות. מכל מקום, בחרתי בגישה זו כדי להראות באיזו קלות וישירות יכולה קריאה ביקורתית של ספרות להגיע אל מעבר לרמת התוכן ולהקיף את כל רמות ההבנה.

## היצגים רבי-עוצמה

כיצד אנו מייצגים דברים על מנת להופכם בני-הבנה? לעתים, באמצעות סיפורים. הנה דוגמא:

מורה לדקדוק נפל יום אחד לתוך באר והתקשה לטפס על דפנותיה החלקלקות. זמן-מה לאחר מכן עבר במקום חכם צופי ושמע את קריאות העזרה של האיש. בשפתו היומיומית הפשוטה, הציע הצופי לעזור. המורה אמר, "אעריך ביותר את עזרתך. ודרך אגב, אין זה נכון לומר..." והוא המשיך ופירט. "אתה צודק," הודה הצופי, "כדאי שאלך ואנסה להשתפר." וכך עשה, משאיר את אותו מורה בתחתית הבאר.

מקורו של הסיפור במסורת ספרותית ותרבותית שאיננו פוגשים לעתים קרובות במיוחד, המסורת האיטלאמית של סיפורי-לקח צופיים, אותה המסורת שנתנה לנו את המשל הידוע על שלושת העיוורים והפיל. זהו היצג שנועד לטפח הבנה. בדומה להיצגים אחרים מסוג זה, הוא בעל אופי אנלוגי. הסיפור אינו עוסק דווקא בצופים ובמורים לדקדוק, אלא באקדמיים, בחסד ובסדר-עדיפויות נכון. למעשה, הסיפור מציע לנו דימוי מנטלי של כל אלה. אם נתעמק בו, נוכל להבין טוב יותר חלקים מהטיפשות שלנו.

המסורת הצופית של סיפורי-לקח היא רק דוגמא לשימוש בסיפור תמציתי לשם בניית דימויים מנטליים. וסיפורים כאלה הם רק סוג אחד של היצג מתוך רבים היכולים לשרת פדגוגיה של הבנה בכך ששייטת אנשים בבניית דימויים מנטליים.

## מצופים לפיסיקה

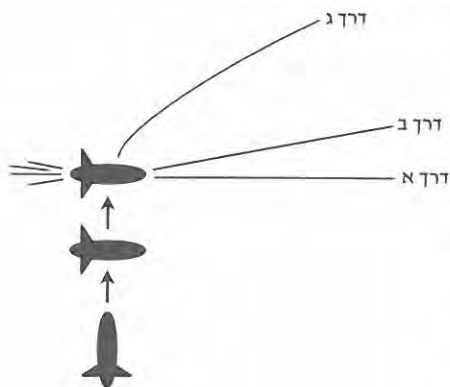
ניקח למשל דיאגרמות. רוב הדיאגרמות המשמשות בפתרון בעיות במדע הן ספציפיות לבעיה כמותית: מסה כזו וכזו בגובה כזה וכזה, או משהו דומה. אולם דיאגרמות כמותיות יכולות לייצג מצבים כלליים יותר.

נסו לדמיין שאתם לומדים את המכניקה של התנועה וניצבים מול הבעיה הבאה: חללית משייטת בחלל בנפילה חופשית, ללא מקור כוח. הקפטן מעוניין לשוב ולייצב את החללית במסלולה, מפנה אותה הצידה מכיוון המעוף ומדליק את המנועים. המטלה שלכם: רישמו תרשים שיראה בדרך כמותית את המסלול שתעשה החללית.

לשאלה כזו יכולות להיות תשובות רבות. אחדות מהן ניתנות בתרשים להלן. קרוב לוודאי שתמצאו גם את תשובתכם ביניהן.

זהו בדיוק סוג השאלה שחושף תפיסות מוטעות של תלמידים בנוגע למה שלמדו. שימו לב לכך שהשאלה אינה כרוכה במספרים ואינה מזמינה הישבים שגרתיים. למעשה, תשובות א ו-ב בדיאגרמה אינן נכונות, בעוד ש-ג נכונה. הבעיה עם תשובות א ו-ב היא שהן מתייחסות לתנועתה התחילית של החללית כאילו קוזזה על ידי פעולת המנועים שהודלקו מחדש. לפי חוקי ניוטון, התנע התחילי נשמר וממשיך להשפיע על מסלולו של הגוף. התשובה הנכונה היא גירסה ג – פנייה חלקה, תוך בניית התנע ימינה ושמירה על התנועה התחילית.

אפשר להשתמש במטלה כזו ובתרשים מעין זה (אולי לתת לתלמידים לבנות את התרשים בדרך של הכללת תשובותיהם) על מנת לעזור לתלמידים להבין את חוקי ניוטון. תרשים כמותי מדגיש רעיונות שלעולם אינם נוטים לעלות בדיאגרמות כמותיות רגילות.



טובות עוד יותר עשויות להיות דיאגרמות המצויות בתנועה ממש, המעניקות לתלמידים משהו קרוב יותר להתנסות אמיתית בתנועה ניוטונית. למרבה השמחה, יש דבר כזה בנמצא. הפסיכולוגים של החינוך, ברברה וייט ופול הורוויץ (White and Horwitz), פיתחו סביבת מחשב בשם ThinkerTools, המספקת לתלמידים עולם ניוטוני לשחק בו. בסביבה זו,



החיכוך יכול להיעלם או להופיע. הכבידה יכולה לפעול או לא לפעול ולהיקבע בעוצמות שונות. נקודות זזות בהתאם לאימפולסים שמחיל המשתתף, המבטאים את חוקי ניטון רגע אחר רגע... גופים בתנועה יכולים להשאיר מאחוריהם מדי שנייה העתקים של עצמם כדי להראות שינויים בכיוון ובמהירות שלהם. סביבת ה-ThinkerTools מדגימה בבחירות תנועה נייטונית גם בדרכים נוספות, מאפשרת ללומדים לתפעל אותה ומבליטה את מאפייניה העיקריים באמצעים נוספים. במילים אחרות, התוכנה ThinkerTools מאפשרת ללומדים לבנות דימוי מנטלי טוב יותר של תנועה נייטונית. מחקר שנעשה הוכיח כי לומדים רוכשים הבנה טובה הרבה יותר של תנועה נייטונית באמצעות סביבת ThinkerTools מאשר באמצעות ההוראה המקובלת.

ThinkerTools הוא מקרה אחד מני רבים. יש ראיות רבות לכך שהיצגים שנבחרו בקפידה יכולים לספק ללומדים דימויים מנטליים שיגבירו את ההבנה שלהם. הפסיכולוג החינוכי ריצ'רד מאייר (Mayer), דיווח לאחרונה על סדרה נרחבת של ניסויים שבהם מושגים מדעיים נלמדו בדרך מקובלת שאליה נלווה סוג של מודל מושגי, לרוב היצג חזותי שהדגים בפשטות מהי כוונתו של המושג וכיצד הוא עובד. לדוגמא, שיעור על רדאר כלל דיאגרמה בת חמישה שלבים, שהראתה אותות רדאר נעים החוצה מן המקור, נתקלים בגוף ומוטחים בחזרה, כולל מדידה של הזמן הכולל לשם קביעת המרחק. שיעור שעסק במושג הצפיפות הציג נפח באמצעות מספר קופסאות שוות-מידות וצפיפות באמצעות מספר הפריטים שווי-המסה בכל קופסה.

מאייר גילה שזכירה מילולית של המושגים שנלמדו לא היתה שונה בהרבה עם או בלי המודלים המושגיים. ואולם, כאשר המודלים המושגיים היוו חלק מן השיעור, זכירת עיקרו של המסר היתה טובה יותר. יתרה מזו, התלמידים הפגינו ביצועים טובים בהרבה בבעיות שדרשו יישום של מה שלמדו (שוב, ביצוע הבנה). שיפורים אלה הופיעו אצל תלמידים חלשים יותר, אבל לא אצל תלמידים חזקים יותר, שככל הנראה בנו מודלים מושגיים משלהם. באורח מעניין, מאייר גם גילה שמודלים מושגיים שהוצגו אחרי השיעור לא הניבו תוצאות חיוביות. הוא טען שמודלים מושגיים שהוצגו אחרי שיעור על מושג נתקלו בהתנגדות מצד רעיונות שהתלמידים כבר עיצבו והתקשו לחדור לתודעתם.

## אנלוגיות בנויות, עירומות ומוחשיות

עמיתי כריסטופר אונגר (Unger) ואני הכללנו כמה מהמאפיינים החשובים של רבים מההיצגים רבי-העוצמה שהתבררו כיעילים בבניית הבנות של תלמידים. על פי רוב, ניתן לומר על היצגים רבי-עוצמה כי הם אנלוגיות בנויות, עירומות ומוחשיות. כדי ללמוד שימוש נכון בהיצגים, יש להתמקד בכוונתו של כל אחד ממונחים אלה.

- **אנלוגיות.** רוב ההיצגים המסייעים בבניית הבנה מספקים איזשהו סוג של אנלוגיה לתופעה האמיתית. למשל, תמונות של חלליות ושל נקודות לצורך התייחסות למסלולים שיעשו, אינן חלליות אמיתיות ומסלולים אמיתיים. בהדמיית המחשב של תנועה נייטונית ב-ThinkerTools, נקודות על המסך אינן גופים אמיתיים בתנועה, הן רק מתנהגות כמוהם.

- **בנויות.** על פי רוב, אנלוגיות מומצאות לתכלית מסוימת. אנלוגיות המבוססות על ידע מקובל הן לרוב מטעות. למשל, אפשר לאפיין את האטום כמערכת שמש קטנה, אולם האנלוגיה מוליכה שולל מכמה בחינות. ניתן להימנע מכל זה על ידי רישום תרשימים, תכנות של הדמיות המחשב או סיפור הסיפורים כפי שהיינו רוצים שיהיו, ומבלי להסתמך על הפניה ישירה להתנסות היומיומית.

- **מוחשיות.** רובם של היצגים אלה ממחישים את התופעה שעל הפרק, מצמצמים אותה לדוגמאות ולדימויים חזותיים וכדומה.

- **עירומות.** רובם של היצגים אלה מסלקים אי-סדר חיצוני כדי להדגיש את המאפיינים המכריעים. למשל, התרשים המובא לעיל חסר פרטים, וסביבת ThinkerTools אינה מראה רקטות או צלחות מעופפות בתנועה, אלא פשוט נקודות.

כמובן, לא כל היצג שמגביר הבנה באורח ניכר צריך להתאים לפרופיל זה. היצגים מסוגים שונים ממלאים תפקידים חשובים בלמידה ובהבנה. ובכל זאת, הייתי משועשע לגלות, כמה חודשים לאחר שאונגר ואני ניסחנו את ארבעת הקריטריונים האלה, שהם מתאימים למסורת העתיקה של הסיפורים הצופיים בדיוק כמו ל-ThinkerTools!

הסיפור על המורה לדקדוק, לדוגמא, הוא אנלוגיה למחלקה כללית יותר של מצבים, שבהם עשויה נוקדנות יתר להאפיל על מה שחשוב

באמת. הסיפור ממחיש את הרעיון שמאחוריו. הוא עשוי בפשטות, הוא אינו התנסות ממשית. ולבסוף, הסיפור הוא עירום: רחוק משכלול במונחים של דמויות ומסגרת, כפי שהיה אילו היה מוצג בעיקר כיצירה ספרותית. ThinkerTools עשוי להיות תוצר של הטכנולוגיה של המאה העשרים ואחת, אולם הייחוד האנושי שביכולת ליצור היצגים רבי-עוצמה היא עתיקה.

הדברים עשויים להישמע טכניים, מחסום לא ידידותי למורים עסוקים. אמת! אף שניסיתי לשפוך מעט אור אנליטי על מה שגורם להיצגים להיות רבי-עוצמה, כדאי לבטוח באינטואיציות. אין צורך לטרוח על רשימת מבחן של תכונות חשובות של היצגים. מורים – כמו גם תלמידים – יכולים להסתמך על האינטואיציות שלהם. האם נראה ומורגש שהיצג מסוים הופך דברים לברורים יותר? אם לא, האם אתם יכולים לחשוב על דימוי או על אנלוגיה אחרת ולהיפטר מאי-הסדר כדי להבהיר את העניין טוב יותר? מה שבאמת חשוב אינו קריטריון טכני, אלא הגישה החופשית ורבת-הדמיון להיצגים שונים לשם בניית הבנות.

## נושאים פוריים

עד כה דנו במה שראוי לעשות בכל הקשור להוראה לשם הבנה: להעסיק תלמידים בביצועי הבנה, לערב רמות גבוהות יותר של הבנה ולהשתמש בהיצגים רבי-עוצמה.

אולם, מה בנוגע לבחירת הנושאים עצמם? האם נושאים מסוימים מתאימים לפדגוגיה של הבנה יותר מאחרים? ודאי, ניתן לעשות רבות בכל נושא באמצעות הוראה משוכללת דיה, אולם אין פירושו של דבר שכל הנושאים ברואים באורח שווה. אפשר בהחלט לדבר על "נושאים פוריים", נושאים המזמינים במיוחד ביצועי הבנה מסוגים שונים והמקלים על הוראה לשם הבנה.

שוב אנו חוזרים לשאלה מה אנו בוחרים לנסות ללמד. רבים מהנושאים הנלמדים במסגרת המקובלת של מקצועות הלימוד אינם פוריים במיוחד. הם לא נבחרו בשל הטווח הרחב שלהם, חשיבותם או מידת הרלוונטיות שלהם. פדגוגיה של הבנה מזמינה ארגון מחדש של תוכנית הלימודים סביב נושאים פוריים התומכים במגוון ביצועי הבנה.

אפשר אפילו להציב כמה סטנדרטים לנושא פורה מוצלח. הנה שלושה, שמקורם בעבודה משותפת עם עמיתי הווארד גרדנר ויטו פרון (Perrone):

- **מרכזיות** – על הנושא להיות מרכזי למקצוע הלימוד או לתוכנית הלימודים.
- **נגישות** – על הנושא לאפשר ולעודד ביצועי הבנה של מורים ותלמידים, בשונה מכזה המותיר רושם שטחי ודליל.
- **עושר** – על הנושא לעודד משחק עשיר ומגוון של קישורים.

אילו נושאים פוריים יהיו "הימור טוב"? הנה דגימה שמקורה בעבודה המשותפת עם גרדנר ופרונה:

■ **מדעי הטבע:** אבולוציה, התמקדות במנגנון הברירה הטבעית בביולוגיה וביישומיות הרחבה שלו לסביבות אחרות, כמו מוסיקת פופ, אופנה, התפתחות של רעיונות; ראשיתו ואחריתו של היקום, התמקדות איכותית בשאלות "קוסמיות", כמו בספרו של סטיון הוקינג (Hawking) קיצור תולדות הזמן; הטבלה המחזורית, המתמקדת במספר רב להפחיד של יסודות שזוהו על ידי חוקרים מוקדמים, והאתגר שבהטלת סדר בכאוס; השאלה "מה אמיתי?" במדע, המצביעה על הדרך שבה מדענים ממצאים ישויות (קווארקים, אטומים, חורים שחורים) שלעולם לא נוכל לראותן בצורה ישירה, אלא רק באמצעות ראיות מצטברות הנחשבות כאמיתיות.

■ **לימודי החברה.** לאומיות ובין לאומיות, התמקדות בתפקיד הסיבתי של הרגש הלאומי (שלעתים קרובות מנותב על ידי מנהיגים לצרכיהם), למשל בגרמניה של היטלר, בהיסטוריה של העולם ובמדיניות החוץ של ארצות הברית כיום; רבולוציה ואבולוציה, האם מהפכות פתאומיות הן מן ההכרח או שייכתנו גם מנגנונים אבולוציוניים; מקורות של שיטות ממשל, מתי, היכן ומדוע הופיעו צורות שונות של משטר; השאלה "מה אמיתי?" בהיסטוריה, תוך הצבעה על הדרך שבה עשויים מאורעות שונים להיראות שונים מאוד בעיניהם של משתתפים ופרשנים שונים.

■ **מתמטיקה.** מושג האפס, התמקדות בבעיות של חשבון שימושי שפתרה המצאה כבירה זו; הוכחה, התמקדות בדרכים השונות לבסס "אמיתות"

של משהו, יתרונותיהן וחסרונותיהן; הסתברות וניבוי, הדגשת הצורך המצוי בכל בחשיבה הסתברותית פשוטה בחיי היומיום; השאלה "מה אמיתית?" במתמטיקה, תוך הדגשת העובדה שמתמטיקה היא המצאה אנושית ושעבודות מתמטיות רבות לא נחשבו בתחילה כאמיתיות (לדוגמא, מספרים שליליים, אפס ואפילו המספר אחד).

■ **ספרות.** אלגוריה ומשל, תוך הבאת דוגמאות קלאסיות ומודרניות ועיסוק בשאלה האם התבנית השתנתה או נשארה זהה בעיקרו של דבר; ביוגרפיה ואוטוביוגרפיה, תוך הנגדת הדרכים שבהן צורות אלה חושפות ומסתירות את האדם ה"אמיתי"; צורה והשתחררות מצורה, תוך בחינת התועלת שהפיקו סופרים מדחייה או מאימוץ של צורות מסוימות (אחדויות דרמטיות, סוֹנֵטָה); השאלה "מה אמיתית?" בספרות, תוך בירור המובנים הרבים של ריאליזם והדרכים שבהן אפשר ללמוד דרך הבדיון על החיים האמיתיים.

רבים מנושאים אלה אינם דומים במיוחד לאלה שבהם מתמקדים באורח אופייני במקצועות הלימוד. השוו אותם ל"מספרים מעורבים" או למספרים שאינם מתחלקים במתמטיקה; "התאמה פואטית" או "תוארי פועל" בספרות או בלשון; "אברהם לינקולן הצעיר" בהיסטוריה, וכן הלאה. ודאי, עלינו לזכור את מה שכבר הכרנו קודם: אפשר לעשות הרבה בכל נושא. אבל נושאים פוריים באמת מגיעים לעומק ולרוחב שנושאים מקובלים יותר אינם מגיעים אליהם. הם יכולים לספק בסיס לארגון יסודי מחודש של ההוראה, כפי שעשו נושאים ושאלות מעין אלה ב"איחוד בתי-הספר המהותיים" (Coalition of Essential Schools) שהקימו תיאודור סיידר ועמיתיו.

אין לראות בזאת גינוי כולל לדרך הארגון האופיינית של הוראת מקצועות לימוד. באורח בלתי-נמנע, קיימים מספר נושאים פרטניים ויחודיים יותר, המצריכים שזירה אל תוך מארג הנושא. מכל מקום, כפי שהודגש קודם לכן, באופן כללי יש **יותר מדי נושאים כאלה**. המודל של כיסוי החומר הטריטוריאלי מותיר מצבורים עצומים של שאריות.

בית-ספר חכם מבקש להפוך את פני הדברים. בעבודה לקראת למידה מעודכנת, אנרגטית ועתירת-חשיבה, בית-ספר חכם מעודד מורים לחשוב לעומק על מה שהם מלמדים, ומדוע, ומספק להם זמן ורקע כללי

המסייעים להם בכך. בבית-ספר חכם ישנן פחות שאריות, ואלה מתארגנות באשכולות סביב נושאים פוריים כלליים וטעונים יותר.

## דוגמא להוראה לשם הבנה

מהן המשמעויות המעשיות של כל זה לגבי הנעשה בכיתה? מה קורה בבית-ספר עתיר-חשיבה באמת? נניח, למשל, שהתלמידים קראו זה עתה אחד מהסיפורים הצופיים שעליהם דיברנו קודם.

■ **כיתה רגילה.** המורה מבקש מהתלמידים להגדיר מהו משל. לאחר מכן הוא מבקש מהתלמידים לחזור על מה שמסופר בסיפור. למה אנו קוראים לזה משל? האם זה מתאים להגדרה? לאחר מכן התלמידים דנים במה שניתן ללמוד מן הסיפור. וזהו זה.

■ **כיתה חושבת.** המשל מהווה מוקד לשורה עשירה ומורכבת הרבה יותר של פעילויות:

**נושאים פוריים.** המשל הוא דוגמא אחת לשיעור-נושא מתמשך שעניינו באלגוריה ובמשל. המורה שואלת: "לשם מה יש לנו משלים?", "האם בכל התרבויות יש משלים?", "מנין באים המשלים, לדעתכם?", "ככל שהתלמידים תופסים טוב יותר את הרוח שבה מתבצעים הקישורים, המורה מעודד אותם לשאול שאלות משלהם: "איך קורה שמשלים שורדים ומשמשים למשך זמן כה רב?", "מדוע משלים רבים דומים זה לזה?", "אילו משלים מבין אלה שאנו קוראים באמת עוזרים?".

**דימויים מנטליים.** המורה משתמש בדוגמאות קלאסיות רבות של משלים, ובדוגמאות-נגד של לא-משלים, על מנת לעזור לתלמיד לפתח תחושה של מהו משל. "ימה בנוגע לבדיחות?" שואל המורה. "האם בדיחות הן משלים? במה הן דומות למשלים ובמה הן שונות מהם? האם תוכלו למצוא בדיחה הדומה יותר למשל מבדיחות אחרות?"

"האם לבדיחות יש 'מוסר השכלי' כמו למשלים?" שואל תלמיד אחד. הכיתה מתעמקת בשאלה. מישהו יכול לחשוב על בדיחה שיש לה מוסר



השכל? עולות שתיים או שלוש בדיחות. לאחת מהן יש מוסר השכל. הכיתה דנה בדמיון ובהבדלים שבין בדיחות ומשלים.

**ביצועי הבנה.** שאלות כגון אלה מבקשות מהתלמיד לעסוק בביצועי הבנה – להסביר, לבחור, ליישם, לפתח טיעונים וכן הלאה. שאלות כאלה יכולות לעודד לומדים לקשר משלים לחיי היומיום שלהם, למצוא מקרים שבהם המשל מספק עצה טובה, לחשוב על מקרים שבהם המשל יכול לספק עצה לא טובה, לחבר משל נוסף עם אותו מוסר השכל או לשפץ את המשל כדי להציע מוסר השכל שונה.

בעוד שתלמידים יכולים לנוע לעבר כמה מיעדים אלה באמצעות דיון בכיתה, חלק מהיעדים הללו הם רחבים מדי. נושאים רבים דורשים עבודה קבוצתית או עבודה בבית וכן זמן למחשבה עמוקה על דברים וליצירת תוצר.

**רמות הבנה.** המורה מטיל על התלמידים לחקור כיצד הם יודעים מה משל באמת אומר. "כיצד אתם בוחנים את הפרשנות שלכם אל מול הסיפור?" שואל המורה. "האם זה שונה מדרכים אחרות שבהן בוחנים רעיונות בספרות או בתחומים אחרים?"; "בואו נעזר בדוגמא. נכתוב מהו לדעתנו מוסר ההשכל של הסיפור הזה. אחר-כך נראה האם אנו מסכימים על כך. אם לא, נחפש ראיות. ונשים לב לסוגי הראיות שאנו זקוקים להם."

התלמידים מנסים. לא כולם מגיעים לאותו מוסר השכל, כמובן. במהלך החשיבה על אודות הסיפור הצופי על המורה לדקדוק, אומר אחד התלמידים: "זה אומר שאתה לא צריך להגיד דברים רעים לאנשים שעשויים לעזור לך."

"טוב, אתה יכול למצוא ראיות לכך בסיפור?" שואל המורה.

"המורה לדקדוק אמר לצופי מה לא בסדר בצורה שבה הוא מדבר.

ואז הצופי הלך."

"יפה. מה בדבר מוסר השכל נוסף?"

תלמיד נוסף עונה: "זה סיפור על מה חשוב ומה לא. לצאת מהבאר

יותר חשוב מטעויות לשון. זה עניין של חיים או מוות."

"ומהי הראיה שלך לזה?"

"בערך אותו הדבר. המורה לדקדוק מעיר לצופי על הטעויות שלו.

אבל הוא לא חושב על המצב שלו עצמו. הוא לא חושב על מה שחשוב באמת."

כעת, המורה משנה מוקד: "יפה, בואו נראה אילו מוסרי-השכל נוספים ניתן להוציא מהסיפור. אבל קודם לכן, בואו נעזור רגע ונחשוב מה עלינו לעשות. אנחנו מחפשים ראיה בסיפור. כיצד עושים זאת? מה אנו מחפשים? איזו מין ראיה?"

לאחר הפסקה קצרה ומעט מבוכה, התלמידים מתחילים לענות: "ובכן, קוראים את הסיפור ומחפשים בו דברים מתאימים." "חושבים על מה שקורה בסיפור." "אי-אפשר סתם להמציא את זה. צריך למצוא כמה מילים שהן הראיה." "לפעמים אפשר להשתמש באותה ראיה ביותר מדריך אחת." בסוג כזה של חילופי דברים, מורה ותלמידים מתחילים לעסוק ישירות ובמפורש ברמה אפיסטמית של הבנה.

**היצגים רבי-עוצמה.** המורה מבקש מהתלמידים להציע מטאפורות שיביעו את הדימויים המנטליים של התלמידים לגבי משלים. ילד אחד מציע: "משל הוא כמו אפרסק, עם תוכן טעים ומרכז קשה. זה מוסר ההשכל!"

אחר אומר, "משל הוא כמו בדיחה, רק שלא תמיד זה מצחיק. זה כמו בדיחה כי זה מספר סיפור, אבל צריך לתפוס את העניין לבד." כמובן, כל אלה אינן אלא דוגמאות. ניתן לבנות סביב נושא כמו משל שיעורים עשירים רבים ושונים, שיטפחו הבנה של תלמידים. אם נציע מראש נוסחה לפדגוגיה של הבנה, הדבר פשוט יפעל כנגד אופיים היישומי של ביצועי הבנה. אך סלידה מנוסחאות אין משמעה הימנעות מקווים מנחים. המושגים של ביצועי הבנה, דימויים מנטליים, רמות גבוהות יותר של הבנה, היצגים רבי-עוצמה ונושאים פוריים, כולם מציעים מסגרת רחבה לשינויים במה שאנו מנסים ללמד בבית-ספר חכם.

**רעיונות מפתח לקראת בית-ספר חכם****תוכן: לקראת פדגוגיה של הבנה****טבע ההבנה**

- **ביצועי הבנה.** הסבר, הדגמה, יישום, הצדקה, השוואה והנגדה, הכנסה להקשר, הכללה וכן הלאה.
- **מודלים מנטליים.** רוחב, לכידות, פוריות, נגישות למודלים מנטליים במובן המשמעותי. מודלים מנטליים מאפשרים ביצועי הבנה. ביצועי הבנה בונים מודלים מנטליים.

**הוראה לשם הבנה**

- **רמות ידע.** רמת התוכן, רמת פתרון-בעיות, רמה אפיסטמית, רמת חקר.
- **ייצוג לשם הבנה.** מגוון אמצעים ומערכות סמלים. לעתים קרובות, אנלוגיות בנויות, מוחשיות ועירומות.