

פרק 4



מדוע קשה כל כך לתלמידים לתפוש רעיונות מופשטים?



שאלה: פעם צפיתי במורה שעזר לתלמיד בפתרון בעיות גיאומטריות של חישוב שטח. אחרי כמה ניסיונות כושלים, הצליח התלמיד לפתור בעיה מילולית שדרשה לחשב את שטחו של לוח שולחן. זמן קצר לאחר מכן הוא התבקש לפתור בעיה שבה נדרש לחשב שטח של מגרש כדורגל. התלמיד הביט בכתוב בעיניים מזוגגות ובשום אופן לא הבין, גם לאחר שקיבל רמזים, מה הקשר בין הבעיה הזאת לבין זו שפתר זה עתה. לדעתו, הבעיה שפתר עסקה בשולחנות בעוד הבעיה החדשה עסקה במגרשי כדורגל – דבר שונה לגמרי. מדוע רעיונות מופשטים – כמו חישוב שטח – קשים כל כך להבנה מלכתחילה, ומדוע, כאשר מבינים אותם סוף־סוף, קשה כל כך ליישםם כאשר מבטאים אותם בדרכים חדשות?

תשובה: הפשטה היא מטרת החינוך הבית־ספרי. מורים רוצים שתלמידיהם יוכלו ליישם את מה שלמדו בכיתה בהקשרים חדשים, ובכללם הקשרים חיצוניים לבית הספר. האתגר שבדבר הוא שהמוח אינו אוהב הפשטות. הוא מעדיף לעסוק במוחשי. ולכן, כאשר אנחנו נתקלים בעיקרון מופשט – למשל חוק פיזיקלי כמו כוח = מסה $\times$ תאוצה – אנחנו מבקשים דוגמה קונקרטית שתעזור לנו להבין. זה העיקרון הקוגניטיבי המנחה את הפרק:

אנחנו מבינים דברים חדשים בהקשר של דברים שכבר ידועים לנו, ורוב הדברים הידועים לנו הם מוחשיים.

לכן קשה לתפוש רעיונות מופשטים, ולכן קשה ליישם במצבים חדשים. הדרך הבטוחה לעזור לתלמידים להבין רעיון מופשט היא לחשוף אותם לגרסאות רבות ושונות של ההפשטה – כלומר לתת להם לחשב שטחים של שולחנות, מגרשי כדורגל, מעטפות, דלתות וכן הלאה. וישנן כמה טכניקות חדשות ומבטיחות שיכולות להאיץ את התהליך.

הבנה היא היזכרות בתחפושת

בפרק השני עמדתי על כך שידע עובדתי חשוב לחינוך הבית-ספרי. בפרק השלישי הסברתי איך לוודא שתלמידים אמנם ירכשו את העובדות הללו – כלומר תיארתי כיצד הדברים נכנסים לזיכרון. אבל עד כה הנחנו שתלמידים מבינים את מה שאנחנו מנסים ללמדם. כידוע, זו הנחה מפקפקת: לעתים קרובות תלמידים מתקשים ללמוד רעיונות חדשים – ובפרט רעיונות חדשים ממש, כלומר כאלה שאינם קשורים בדברים אחרים שנלמדו כבר.

מה יודעים חוקרי הקוגניציה על האופן שבו תלמידים מבינים דברים?

התשובה היא שהם מבינים רעיונות חדשים (דברים שאינם יודעים) באמצעות חיבורם לרעיונות ישנים (דברים שהם יודעים כבר). נשמע פשוט למדי. הדבר דומה במעט לתהליך שעוברים כשנתקלים במילה לא מוכרת. אם אינכם מכירים את המילה "מעיקרא", לדוגמה, תבדקו את פירושה במילון. שם תמצאו את ההגדרה "מראש, מלכתחילה". את המילים האלה אתם מכירים, ולכן כעת יש לכם מושג לא רע לגבי פירוש המילה החדשה.*

העובדה שאנחנו מבינים רעיונות חדשים באמצעות חיבורם למה שכבר ידוע לנו תעזור להבין עקרונות המופכים לכל מורה. אחד מהם הוא כוחן של אנלוגיות: הן עוזרות לנו להבין דברים חדשים באמצעות קישורים לדברים ידועים. נניח, לדוגמה, שאני מנסה להסביר את חוק אוהם לתלמיד שאינו יודע

* אולי שמתם לב לבעיה. אם אנחנו מבינים דברים חדשים באמצעות חיבורם למה שכבר ידוע לנו, כיצד אנחנו מבינים את הדברים הראשונים שאנחנו לומדים בחינו? או במילים אחרות, איך אנחנו מבינים מה פירושה של מראש? אם נחפש במילון נמצא שמשמעותה "מלכתחילה". ואם נחפש את "מלכתחילה" נמצא שהיא מוגדרת בתור "מראש". מסתבר אפוא שאי-אפשר בעצם להגדיר מילים בעזרת מילים אחרות, כי מהר מאוד מגיעים להגדרות מעגליות. הסוגיה מרתקת אבל אינה מהותית לדיון בפרק זה. התשובה הקצרה לבעיה היא שיש משמעותות המובנות ישירות באמצעות החושים. אנחנו יודעים למשל מהו "אדום" גם בלי להיזקק למילון. משמעותות כאלה יכולות לשמש עוגנים למשמעויות אחרות, ועוזרות לנו להימנע מן המעגליות שראינו בדוגמת "מעיקרא".

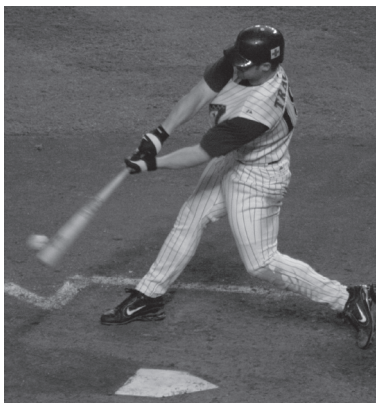
דבר וחצי דבר על חשמל. אני מספר לו שחשמל הוא כוח שנוצר באמצעות זרימה של אלקטרונים, ושחוק אוֹהֶם מתאר השפעות שונות על הזרימה הזו. אני מספר לו שחוק אוֹהֶם מוגדר כך:

$$I = V/R$$

I הוא מדד לזרם חשמלי, כלומר למהירות תנועתם של האלקטרונים. V , או וולטאג', הוא מדד להפרש הפוטנציאל החשמלי, הגורם לאלקטרונים לנוע. פוטנציאל נוסה להתאזן, ולכן אם יש הפרש בפוטנציאל החשמלי בין שתי נקודות, הוא גורם לתנועת אלקטרונים. R מסמן את ההתנגדות. יש חומרים שמוליכים היטב תנועה של אלקטרונים (בעלי התנגדות נמוכה), בעוד אחרים הם מוליכים גרועים (בעלי התנגדות גבוהה).

התיאור שהבאתי מדויק אמנם, אבל קשה להבנה, ועל כן ספרי לימוד מציגים בדרך כלל אנלוגיה בין זרם החשמל לתנועה של מים. האלקטרונים נעים בחוט החשמל כמו מים בצינור. אם יש לחץ גבוה בצד אחד של הצינור (למשל כתוצאה מפעולתה של משאבה) ולחץ נמוך בקצה השני, המים ינועו, נכון? אבל התנועה מואטת כתוצאה מחיכוך בתוך הצינור, ואפשר להאט אותה עוד באמצעות חסימה חלקית של הצינור. אפשר לתאר את מהירות תנועתם של המים באמצעות מדד כמו ליטר לדקה. ולכן במונחים של אנלוגיית המים, חוק אוֹהֶם קובע שמהירות הזרימה של המים תלויה בלחץ המים מצד אחד, ובהתנגדות הצינור מצד שני. אנלוגיה זו מועילה כי אנחנו רגילים לחשוב על תנועה של מים בצינורות. הידע המוקדם הזה משמש אותנו להבנת מידע חדש, כפי שידיעת המילים "מראש" או "מלכתחילה" עוזרת לנו להבין את המילה "מעיקרא".

דברים חדשים מובנים אפוא באמצעות חיבורם לדברים שאנחנו כבר מבינים. לכן אנלוגיות מביאות תועלת (איור 1). תוצאה נוספת להסתמכות שלנו על ידע מוקדם היא הצורך בדוגמאות מוחשיות. כידוע, תלמידים מתקשים להבין הפשטות – כמו הנוסחה "כוח = מסה $\times$ תאוצה", או תיאור של משקלים שיריים – גם כאשר כל מונחיהן מוגדרים היטב. הם זקוקים לדוגמאות מוחשיות שיבהירו להם את משמעות ההפשטות. הם צריכים להקשיב למקצב השורות:



איור 1: הנוסחה "כוח = מסה X תאוצה" היא מופשטת ולכן קשה להבנה. קל יותר להבין אותה בעזרת דוגמה מוחשית. נשתמש למשל באותו כוח (אדם המניף מחבט) כדי להכות במסות שונות – בכדור בייסבול ובמכונית. אנחנו מבינים שתאוצת הכדור ותאוצת המכונית יהיו שונות למדי.

*Was this the face that launch'd a thousand ships
And burnt the topless towers of Ilium?**

או:

צִיצי סִינֹן תְּחַמֵּס סוּפָה בִּיעָף,
וְקִיץ אֵף הוּא בָּא, וְכָבֵד עוֹבֵר.¹⁹

ודוגמאות נוספות לפני שיחשוו שהם מבינים מהו פנטמטר יאמבי. דוגמאות מועילות לא רק כי הן ממחישות את המופשט. דוגמאות מוחשיות אינן מועילות במיוחד אם אינן מופרות. נניח שאנחנו מנהלים את השיחה הבאה:

* הציטוט לקוח משירו, המוכר מאוד בארצות הברית, של המשורר האנגלי בן המאה ה-16, כריסטופר מרלו [הערת העורכים].

אני: סולמות מדידה שונים מספקים מידע מסוגים שונים. סולם סוֹדֵר מתייחס לדרגות, ואילו בסולם רווח יש משמעות לרווחים שבין מדידות. **אתה:** לא הבנתי כלום.

אני: טוב, אז הנה כמה דוגמאות מוחשיות. סולם מוֹס לקשיות מינרלים הוא סולם סודר, ואילו מודל ראש מוצלח מדגים מדידת רווח. הבנת?

אתה: אני חושב שהגיע הזמן להפסקת קפה.

לא מספיק אפוא לתת דוגמאות מוחשיות סתם (הסבר טוב יותר לסולמות מדידה מופיע באיור 2). הדוגמאות צריכות להיות מוכרות, וסולם מוֹס ומודל ראש אינם מוכרים לרוב האנשים. העיקר הוא ההיכרות ולא המוחשיות, אבל רוב הדברים שתלמידים מכירים הם מוחשיים, כי רעיונות מופשטים הם קשים כל כך להבנה.



איור 2: ישנן ארבע דרכים, וארבע דרכים בלבד, שבהן מספרים בסולם יכולים להתייחס זה לזה. בסולם שמי (נומינלי), כל מספר מתייחס לדבר אחד, אבל המספרים עצמם שרירותיים – המספרים המופיעים על חולצות השחקנים בקבוצת ספורט למשל אינם מספקים מידע כלשהו על איכות השחקן. בסולם סוֹדֵר (אורדינלי) יש משמעות למספרים, אבל הם אינם מספקים מידע כלשהו לגבי המרחק ביניהם. במירוץ סוסים למשל אנחנו יודעים שהסוס שבמקום הראשון הגיע לפני הסוס שבמקום השני, אבל איננו יודעים את ההפרש ביניהם. בסולם רווח (אינטרוואלי), לא זו בלבד שהמספרים מסודרים, אלא שלרווחים ביניהם יש משמעות – ההפרש בין 10 ל-20 מעלות, לדוגמה, זהה להפרש שבין 80 ל-90 מעלות. אבל נקודת ה"אפס" בסולם רווח היא שרירותית. אפס מעלות צלזיוס אין פירושו היעדר טמפרטורה כלשהי. בסולם מֶנָה, כמו במדידת גיל למשל יש נקודת אפס מוחלטת: אפס שנים פירושו אפוא היעדרן של שנים כלשהן.

כדי להבין רעיונות חדשים צריך אפוא בראש ובראשונה לאחסן את הרעיונות הישנים בזיכרון העבודה ושם לארגנם מחדש – לערוך השוואות שלא ערכנו בעבר, או לשקול מאפיין שבעבר התעלמנו ממנו. הביטו בהסבר לכוח שמופיע באיור 1. אתם יודעים מה קורה כאשר אתם חובטים בכדור בעזרת מחבט, ואתם

יודעים מה קורה כשאתם חובטים במכונית בעזרת מחבט, אבל האם הרהרתם אי פעם בשני הרעיונות האלה בעת ובעונה אחת וחשבתם על כך שההבדלים בתוצאה קשורים בהפרשי המסות?

כעת אתם מבינים מדוע טענתי שהבנה היא היזכרות בתחפושת. איש אינו יכול למזוג רעיונות חדשים ישירות לתוך ראשיהם של תלמידים. כל רעיון חדש חייב להיבנות על רעיונות שהתלמיד כבר מכיר. כדי לגרום לתלמיד להבין, מורה (או הורה או ספר או תוכנית טלוויזיה) צריך להבטיח שהרעיונות הנכונים מן הזיכרון לטווח ארוך של התלמיד יישלפו ויוכנסו לזיכרון העבודה. בנוסף, צריך להתייחס למאפיינים הנכונים של זיכרונות אלה, כלומר להשוותם או למזגם או לטפל בהם באופן אחר כלשהו. כדי שאוכל לעזור לכם להבין את ההבדל בין סולם סודר לסולם רווח, לא די שאבקש מכם לחשוב "על מדחום מצד אחד, ועל מירון סוסים מצד שני." המושגים ייכנסו כך לזיכרון העבודה שלכם, אבל אצטרך עדיין לוודא שהם מושווים זה לזה בדרך המתאימה (איור 2).



איור 3: הנה שלוש דוגמאות נוספות לסולמות מדידה: סנטימטרים (מדידה בסרגל), דירוגים מ־1 עד 7 למידה שבה אנשים אוהבים כריות סובין, והשירים הממוספרים על תקליטור. באיזה סולם מדידה משתמשת כל דוגמה?

אבל כולנו יודעים שהדברים אינם פשוטים כל כך. כאשר נותנים לתלמיד הסבר אחד וסדרת דוגמאות אחת, האם הוא מבין? לרוב לא. לאחר שבחנתם את איור 2, האם תוכלו לומר שאתם "מבינים" את סולמות המדידה? אתם יודעים יותר משידעתם בעבר, אבל הידע שלכם כנראה אינו עמוק במיוחד, וייתכן שאינכם בטוחים שתוכלו לזהות את סולם המדידה בדוגמה חדשה, כמו למשל מדידת סנטימטרים באמצעות סרגל (איור 3).

כדי להתעמק עוד במה שעוזר לתלמידים להבין, נצטרך להתייחס לשתי סוגיות. ראשית, גם כאשר תלמידים "מבינים", ישנן דרגות להבנה. הבנתו של תלמיד אחד יכולה להיות שטחית, בעוד הבנתו של תלמיד אחר עמוקה.

שנית, גם אם תלמידים מבינים בכיתה, הידע אינו תמיד עובר היטב אל העולם שמחוץ לה. כלומר, כאשר תלמידים רואים גרסה חדשה לבעיה ישנה ביסודה, הם עשויים להרגיש תקועים, גם אם פתרו לאחרונה את אותה בעיה עצמה. הם אינם יודעים שהם יודעים את התשובה! בשני תתי-הפרק הבאים ארחיב בשתי הסוגיות – על הידע השטחי ועל קשיי ההעברה.

מדוע הידע שטחי?

אין מורה שלא מכיר את החוויה הבאה: אתה שואל תלמיד שאלה (בכיתה או במבחן) והתלמיד משיב באותן מילים ממש שבהן השתמשת בעצמך להסברת הרעיון, או באותן מילים ממש שהופיעו בספר הלימוד. התשובה נכונה כמובן, אבל אינך יכול שלא לתהות שמא התלמיד פשוט שינן בעל-פה את ההגדרה, מבלי להבין מה הוא אומר.

תרחיש זה מזכיר בעיה מפורסמת שניסח הפילוסוף ג'ון סרל.²⁰ סרל רצה לטעון שמחשב יכול להפגין התנהגות תבונית מבלי להבין באמת מה הוא עושה. הוא ניסח את הבעיה הרעיונית הבאה: נניח שאדם נמצא בחדר לבדו. מתחת לדלת אפשר להחליק אליו פיסות נייר כתובות סינית. האיש שבחדר אינו דובר סינית, אבל מגיב לכל מסר. יש בידו ספר ענק, שכל עמוד בו מחולק לשני טורים הכוללים שרשרות של סימנים סיניים. האיש סורק את הספר עד שהוא מאתר התאמה בין שרשרת הסימנים על הפתקה שהוחלקה אליו מתחת לדלת לבין שרשרת הסימנים בטור השמאלי של אחד העמודים בספרו. אז הוא מעתיק אל הפתקה בקפידה את הסימנים מן הטור הימני, ומחליק אותה חזרה מתחת לדלת. אנחנו שואלים שאלה בסינית, והאיש שבחדר משיב בסינית. האם האיש שבחדר מבין סינית?

כמעט כולם ישיבו לשאלה זו בשלילה. האיש נותן תשובות הגיוניות, אבל בסך הכול מעתיק אותן מתוך ספר. סרל הביא את הדוגמה הזו כדי לטעון שמחשבים, גם כאשר הם מפגינים התנהגות מתוחכמת לכאורה כמו הבנה של סינית, אינם "חושבים" באותה דרך שבה אנחנו מבינים את המונח. דבר דומה אפשר לומר על תלמידים: ידע מכני שנלמד בעל-פה יכול להוביל לתשובה הנכונה, אבל תשובה נכונה אינה מעידה בהכרח שהתלמיד חושב.*

דוגמאות ל"תשובות מתוחכמות" שאין חשיבה ביסודן אפשר לראות

* לא כולם משתכנעים מן הטענות של סרל. התנגדויות שונות הוצגו לו, אבל השכיחה מכולן היא שדוגמת האדם הבורד בחדר אינה משקפת כראוי את יכולותיהם של מחשבים.

בתשובות מגוחכות של תלמידים שמורים מפיצים ביניהם מדי פעם בדואר האלקטרוני. חלקן מדגימות יפה מהו ידע מכני. למשל, "שלושה סוגים של כלי דם הם נימים, ורודים וירוקים", או "אני תמיד קורא את היצירות של המשוררים הקבליירים, שהיצירות שלהם תמיד שיקפו את התפישה של 'אכול ושוט כי מחר נמות!'". הדוגמאות האלה אינן רק מצחיקות, אלא גם ממחישות כיצד תלמידים משננים "תשובות" מבלי להבין אותן.

החשש שתלמידים יישארו עם ידע מכני ותו לא מבעית את פרנסי החינוך בארצות הברית. אבל האמת היא שידע מכני ממש הוא כנראה נדיר למדי. "ידע מכני" (כפי שאני משתמש במונח) פירושו היעדר הבנה כלשהי של החומר. התלמיד רק שינן מילים, ולכן לא נראה לו מוזר שהמשוררים הקבליירים, הידועים בעיקר בשירי אהבה קלילים שלהם ובהשקפת חיים רומנטית, יחזיקו בפילוסופיה של "תהנה מהרגע" (איור 4).

שכיח הרבה יותר מן הידע המכני הוא מה שאני מכנה ידע שטחי. פירושו שתלמיד מבין את החומר במידת-מה אבל שהבנתו מוגבלת. אמרנו שתלמידים קולטים רעיונות חדשים באמצעות חיבורם לרעיונות ישנים. אם הידע שלהם שטחי, התהליך מסתיים בנקודה זו. הידע נקשר באנלוגיה או בהסבר שקיבלו, וביכולתם להבין את המושג רק בהקשר שבו הוסבר. תלמיד בעל ידע שטחי יבין, לדוגמה, ש"אכול ושתה כי מחר נמות!" פירושו "ליהנות מן הרגע בלי לדאוג לעתיד", וזוכר שהמורה אמרה שהשורות "לִקְטוּ וְרָדוּ כָּל עוֹד אֶפְשָׁר / הַזְמַן חוֹלֵף-בֹּרֵחַ"²¹ מדגימות את הרעיון. אבל הוא אינו יודע הרבה יותר. אם המורה תביא שיר חדש, יתקשה התלמיד לקבוע אם גם הוא נכתב בסגנונם של המשוררים הקבליירים.



איור 4: המשורר בן המאה השבע-עשרה רוברט הריק, מן הידועים שבמשוררים הקבליירים.

אל מול הידע השטחי ניצב הידע העמוק. תלמיד בעל ידע עמוק יודע יותר בנושא, וחלקי הידע שלו מחוברים זה לזה בקשרים עשירים יותר. התלמיד מבין לא רק את החלקים אלא גם את השלם. הבנה זו מאפשרת לו ליישם את הידע בהקשרים רבים, לדבר עליו בדרכים רבות, לתאר לעצמו כיצד

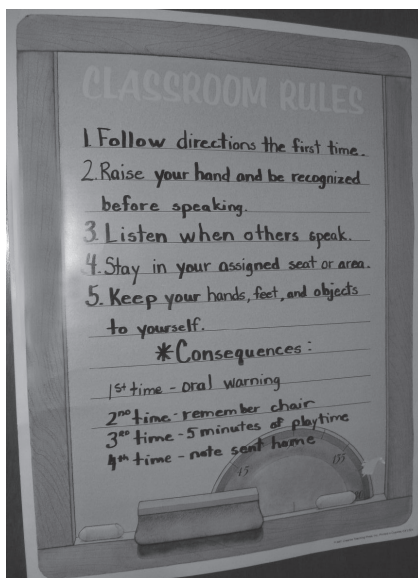
תשתנה המערכת בכללותה כתוצאה משינוי אחד מחלקיה, וכן הלאה. תלמיד בעל ידע עמוק בשירת הקבליירים יוכל לזהות יסודות של אידיאלים קבלייריסטיים בספרויות אחרות, למשל בשירה סינית עתיקה – אף שלכאורה, הצורות שונות זו מזו עד מאוד. יתר על כן, התלמיד יוכל לשקול שאלות תיאורטיות, כמו למשל "כיצד היתה נראית שירת הקבליירים אילו השתנה המצב הפוליטי באנגליה?" הוא יהיה מסוגל לחשוב על שאלה כזו כי חלקי הידע שלו מחוברים זה לזה באופן עשיר כל כך. הם מחוברים זה לזה כמו חלקי מכונה, והשאלה התיאורטית מציעה להחליף חלק אחד באחר. תלמיד בעל ידע עמוק ידע לחזות כיצד תפעל המכונה בעקבות החלפה של אחד מחלקיה.

מורים רוצים, כמובן, שתלמידיהם ירכשו ידע עמוק, ורובם מנסים להקנותו להם. מדוע אפוא נשארים רוב התלמידים עם ידע שטחי? אחת הסיבות המובנות מאליהן לכך היא שתלמידים פשוט אינם מרוכזים בשיעור. ה"ורדים" בשיר מזכירים לתלמיד איך נפל מהקורקינט אל תוך שיח הוורדים בגינת השכנים, ויתרת היצירה כבר אינה נקלטת. אבל ישנן סיבות אחרות, פחות מובנות מאליהן, לכך שתלמידים נשארים בסופו של דבר עם ידע שטחי בלבד.

הנה דרך אחת לחשוב על כך. תארו לעצמכם שאתם רוצים להציג את רעיון הממשל לתלמידי כיתה א'. העניין המרכזי שברצונכם לבאר לתלמידים הוא שאנשים שחיים יחד או עובדים יחד קובעים כללים כדי להקל את החיים על כולם. הדגימו בשתי דוגמאות מופרות – הכיתה והבית – ואז תציגו את הרעיון שישנם גם כללים אחרים, שקבוצות גדולות יותר של בני אדם מסכימות לחיות לפיהם. תוכניתכם היא לבקש מתלמידים למנות חלק מכללי ההתנהגות בכיתה ולחשוב מה תכליתו של כל אחד מהם. אחר כך תבקשו מהם לפרט כללים שיש למשפחותיהם בבית, ולחשוב מה תכליתם של אלה. לבסוף תבקשו מהם לציין כללים החלים מחוץ לגדרי המשפחה והכיתה – שאלה שתדרוש בלי ספק עידוד פעיל יותר מצדכם. התקווה היא שתלמידים יראו שהכללים הנהוגים בכל קבוצת אנשים – משפחה, כיתה והקהילה בכללותה – ממלאים תפקידים דומים (ראו איור 5).

תלמיד בעל ידע מכני אולי ידווח מאוחר יותר: "ממשלה זה כמו כיתה כי בשתייהן יש כללים." תלמיד כזה לא יבין אילו תכונות משותפות לשתי הקבוצות. התלמיד בעל הידע השטחי מבין שהממשלה דומה לכיתה כי שתי

הקבוצות הן קהילת בני אדם שצריכה להסכים על כללים כדי שהחיים בה יתנהלו למישרין ובבטחה. התלמיד מבין את ההקבלה, אבל אינו מסוגל להתקדם אל מעבר לה. אם יישאל, לדוגמה, "במה שונה הממשלה מבית הספר שלנו?" הוא לא ידע מה להשיב. תלמיד בעל ידע עמוק יוכל להשיב לשאלה, ואולי אף ירחיב את האנלוגיה בהצלחה וישקול קבוצות אחרות של אנשים שעשויות להיזקק לכללים, כמו למשל קבוצת חברים המשחקים כדורסל בשכונה.



איור 5: ברוב הכיתות יש כללים, שלעיתים מתפרסמים ברשימה כמו זו. הבנת הצורך בכללי התנהגות לכיתה עשויה להוביל אל הבנת התועלת הגלומה בכללים עבור קבוצה של אנשים שעובדים או משחקים יחד.

דוגמה זו יכולה לעזור לנו להבין איך קורה שלא כל התלמידים רוכשים ידע עמוק. ידע המטרה – שקבוצות של בני אדם זקוקות לכללים – הוא מופשט למדי. על כן נראה שהאסטרטגיה המתאימה היא ללמד את המושג ישירות. אבל כאמור, תלמידים אינם מבינים הפשטות בקלות או במהירות. הם זקוקים לדוגמאות. לכן מועילה הדוגמה של כללי ההתנהגות בכיתה. למעשה, תלמיד אולי יוכל לומר ש"כאשר אנשים נאספים בקבוצה, לרוב הם צריכים כללים." אבל אם לא יבין כיצד כיתה, משפחה או קהילה מדגימות כולן את העיקרון הזה, לא יבין אותו עד הסוף. ידע עמוק פירושו אפוא הבנה של המכלול – ההפשטה והדוגמאות כאחת, והאופן שבו הן מתחברות. לכן קל בהרבה להבין מדוע רוב התלמידים רוכשים ידע שטחי, לפחות כאשר הם נמצאים רק בראשית למידתו של נושא חדש. ידע עמוק קשה יותר לרפוש מידע שטחי.

מדוע הידע אינו עובר?

פרק זה עוסק בשאלה כיצד תלמידים מבינים הפשטות. אם מישהו מבין עיקרון מופשט, אנחנו מצפים שיפגין יכולת העברה. העברה של ידע פירושה יישום מוצלח של ידע ישן על בעיה חדשה. כמובן מסוים כל בעיה היא חדשה. גם כשאנחנו רואים את אותה בעיה פעמיים, אנחנו עשויים לראותה בסביבה שונה, ובגלל חלוף הזמן אפשר לומר שגם אנחנו השתנינו – ולו במעט. בדרך כלל, כאשר פסיכולוגים מדברים על העברה בלמידה כוונתם שהבעיה החדשה נראית שונה מן הישנה, אבל שיש ברשותנו ידע ברייטשום שיכול לעזור לנו לפתור אותה. ראו למשל את שתי הבעיות הבאות:

ג'יין משורעת את המדשאה שלה. רוחב המדשאה 10 מטרים ואורכה 30 מטרים. היא יודעת ששק זרעים עולה \$10, ושכל שק יספיק ל-100 מטרים רבועים בערך. כמה כסף תצטרך ג'יין בשביל לזרוע את המדשאה כולה?

ג'ון צובע בלכה את השולחן שלו, שאורכו מאה ושמונים ס"מ ורוחבו תשעים ס"מ. פחית לפה עולה \$8, ומספיקה לכיסוי 15,000 סנטימטרים רבועים. כמה כסף דרוש לו לקניית הלכה?

שתי הבעיות דורשות לחשב שטח של מלבן, לחלק את התוצאה בכמות הנתונה בכל יחידה בתרכישה (שקי זרעים או פחיות לכה), לעגל כלפי מעלה אל המספר השלם הקרוב, ואז להכפיל את התוצאה במחיר כל יחידה. שתי הבעיות שונות מבחינת מבנה השטח שלהן, בלשונם של הפסיכולוגים. כלומר, הבעיה הראשונה מנוסחת במונחים של שזרוע מדשאה, והשנייה במונחים של צביעת שולחן בלכה. אבל לשתי הבעיות אותו מבנה עומק, כיוון שמהלכי הפתרון של שתיהן זהים. מבנה השטח של כל בעיה מאפשר להמחיש את ההפשטה.

מובן שמבנה השטח של בעיה אינו חשוב לפתרונה. מתלמיד שפותר את הבעיה הראשונה נצפה שיוכל לפתור גם את השנייה, כיוון שמבנה העומק הוא החשוב. ואף על פי כן, מסתבר שאנשים מושפעים ממבנה השטח הרבה יותר מן המשוער. בניסוי קלאסי שמדגים את ההשפעה,²² חוקרים ביקשו מתלמידי מכללות לפתור את החידה הבאה:

אתה רופא המטפל בחולה שסובל מגידול ממאיר בבטנו. אי־אפשר לנתח את החולה, אבל אם הגידול לא יוסר, החולה ימות. ישנה קרן מסוג מסוים שיכולה לשמש להשמדת הגידול. אם הקרניים יגיעו לגידול בבת אחת, בעוצמה גבוהה מספיק, הגידול יחוסל. למרבה הצער, בעוצמה כזו, ייפגעו גם הרקמות הבריאות שבתוכן חולפות הקרניים בדרכן אל הגידול. בעוצמות נמוכות יותר ההקרנה אינה מזיקה לרקמות בריאות, אך גם אינה משפיעה על הגידול. באיזו פרוצדורה אפשר להשתמש כדי להרוס את הגידול בהקרנות מבלי לפגוע ברקמות בריאות?

נבדקים שלא הצליחו לפתור את החידה – ורובם לא הצליחו – קיבלו מן הנסיינים את הפתרון: לשלוח מכיוונים שונים כמה קרניים בעוצמה נמוכה, שיתלכדו כולן בגידול. כך כל קרן חלשה תעבור בבטחה דרך הרקמות הבריאות, אבל כולן ייפגשו בגידול ויהרסו אותו. הנסיינים וידאו שהנבדקים הבינו את הפתרון, ואז הציגו בפניהם את החידה הבאה:

רודן שולט ממצודתו בארץ קטנה. המצודה ממוקמת במרכז הארץ, ודרכים רבות יוצאות ממנה, כמו חישורי אופן. מצביא אחד נשבע לכבוש את המצודה ולשחרר את הארץ מן הרודן. הוא ידע שאם כל צבאו יתקוף את המצודה בבת אחת, הוא יצליח לכבוש אותה. אבל מרגל דיווח לו שהרודן טמן מוקשים בכל הדרכים המובילות למצודה. המוקשים הונחו כך שקבוצות קטנות יוכלו לעבור מעליהם בבטחה, כי הרודן רוצה להניע בעצמו כוחות צבא ופועלים, אבל מעבר של כוחות גדולים יפעיל את המוקשים. ולא זו בלבד שהפעלת המוקשים תפוצץ את הדרכים, אלא שהרודן גם ינקוט פעולות תגמול וישמיד כפרים רבים מסיבב. כיצד יכול המצביא לתקוף את המצודה?

שתי החידות מתאפיינות באותו מבנה עומק: אם שילוב כוחות גורם נזק סביבתי, פזר את כוחותיך וּלְפָד אותם רק ביעד המתקפה, שאליו יגיעו מכיוונים רבים. הפתרון נראה מובן מאליי, אבל לא נראה כך לנבדקים. רק 30 אחוזים הצליחו לפתור את החידה השנייה, אף על פי שזה עתה שמעו את החידה הראשונה, הוזה מבחינה מושגית, ואת פתרונה.

מדוע העברת הלמידה היתה גרועה כל כך? כדי להשיב על כך צריך להיזכר בדרך שבה אנחנו מבינים דברים. כאשר אנחנו קוראים או מקשיבים למישהו מדבר, אנחנו מפרשים את מה שנכתב או נאמר לאור מה שכבר ידוע לנו בנושאים דומים. אם תקראו, למשל את הקטע הבא: "פליקס, הסופה השנייה העונה שזכתה לשם והפכה להוריקן, התחזקה במהירות עצומה במשך הלילה, והגיעה למהירויות רוח של 240 קמ"ש ולמשכים חזקים יותר. חזאים צופים שנתיב הסופה יביא אותה לחופי פליז בתוך שתיים-עשרה שעות." בפרק השני הדגשתי שהבנת טקסט כזה מצריכה ידע מוקדם. אם אינכם יודעים איזה סוג של סופות מקבלות שמות והיכן נמצאת בליז, לא תבינו את מלוא משמעותם של המשפטים האלה. יתר על כן, ידע-הרקע שלכם יעצב את האופן שבו תפרשו את מה שיבוא אחר כך. פרשנות המשפטים הללו תצמצם באופן חד את אפשרויות פרשנותו של טקסט חדש. אם תראו שם את המילה עין למשל לא תחשבו על איבר הראייה או על מעיין וגם לא על ניצן של תפוח אדמה או על הכתם העגול שבנוצת הטווס, וכן הלאה. תחשבו רק על עין הסערה – מרכז ההוריקן. ואם תראו את המילה לחץ תחשבו מיד על לחץ אטמוספרי ולא על לחץ קבוצתי או כלכלי.

מוחותינו מניחים אפוא שדברים חדשים שאנחנו קוראים (או שומעים) קשורים למה שקראנו (או שמענו) זה עתה. עובדה זו מקלה על ההבנה ומאיצה אותה. למרבה הצער, היא גם מקשה על זיהוי מבנה העומק של בעיות. הסיבה לכך היא שהמערכת הקוגניטיבית שלנו מתאמצת בלי הרף לפענח את מה שאנחנו קוראים או שומעים, לאתר ידע-רקע רלוונטי שיעזור לנו לפרש את המילים, הפסוקיות והמשפטים. אבל ידע-הרקע שנראה ישים מתייחס כמעט תמיד למבנה השטח בלבד. כאשר אנשים קוראים את חידת הגידול וההקרנות, המערכת הקוגניטיבית שלהם מצמצמת את פרשנותו (כמו גם בדוגמת ההוריקן) בהתאם לידע-הרקע הנתון בידי הקורא – בדרך כלל ידע כלשהו על גידולים, הקרנות, רופאים וכן הלאה. כאשר האדם קורא כעבור זמן את הגרסה השנייה לחידה, ידע-הרקע שנראה רלוונטי מתייחס לרודנים, צבאות ומצודות. לכן העברת הלמידה גרועה כל כך. החידה הראשונה נתפשת כבעיה של גידולים, והשנייה מפורשת כבעיה צבאית.

הפתרון לבעיה נראה מובן מאליו: למה לא לבקש מאנשים לחשוב על מבנה העומק בזמן הקריאה? אלא שמבנה העומק של בעיות אינו גלוי בדרך כלל. וחמור מכך, מספר מבני העומק שעשויים להיות רלוונטיים הוא כמעט אינסופי.

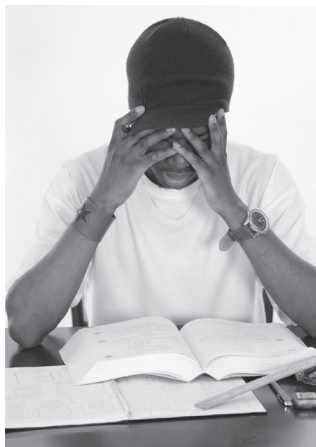
בזמן שאתם קוראים על הירדן והמצודה קשה לחשוב במקביל, "האם מבנה העומק הוא הצורה הלוגית 'מודוס טולנס'? האם מבנה העומק הוא מציאת הכפולה המשותפת המינימלית? האם מבנה העומק הוא חוק התנועה השלישי של ניוטון?" כדי לראות את מבנה העומק צריך להבין איך מתייחסים זה לזה כל חלקי הבעיה, וצריך לדעת אילו חלקים הם חשובים ואילו טפלים. מבנה השטח, לעומת זאת, מובן מאליו: הרי זו בעיה של צבאות ומצודות.

החוקרים שערכו את ניסוי הגידול וההקרנות בדקו גם מה קורה כאשר אומרים לנבדקים במפורש שחידת הגידול וההקרנות עשויה לעזור בפתרון חידת הצבאות והמצודה. במקרה זה, כמעט כל הנבדקים הצליחו לפתור את החידה. את האנלוגיה ניתן לראות בנקל. המצודה מקבילה לגידול, הצבאות דומים לקרניים וכן הלאה. הבעיה היתה, אם כך, שאנשים פשוט לא הבחינו בדמיון בין שתי החידות.

במקרים אחרים אנחנו נתקלים בהעברה גרועה אפילו כשתלמידים יודעים שמבנה העומק של בעיה חדשה משותף לזה של בעיה אחרת, שכבר פתרו. תארו לעצמכם תלמיד שיוודע שהבעיה המילולית שעליה הוא עובד בשיעור אלגברה מדגימה פתרון של מערכת משוואות בשני נעלמים, כאשר ישנן דוגמאות לתהליך הפתרון בספר הלימוד שלו. מבני השטח של הבעיה הפתורה בספר ושל הבעיה החדשה שונים זה מזה – האחד מתייחס למלאי בחנות לכלי עבודה, והשני לחבילות מנוי של שיחות סלולריות. אבל התלמיד יודע שעליו להתעלם ממבנה השטח ולהתמקד במבנה העומק. אבל כדי שיוכל להיעזר בדוגמה שבספר הלימוד עליו לפענח כיצד מתייחס מבנה השטח של כל בעיה אל מבנה העומק. תארו לעצמכם שהוא מבין את חידת הגידול על פתרונה, אבל כאשר מציגים לו את חידת המצודה הוא אינו מצליח להבין אם הצבאות ממלאים את תפקיד הקרניים, הגידול או הרקמה הבריאה. כצפוי, כאשר בעיה כוללת מספר גדול של מרכיבים, ופתרונה כרוך במספר גדול של צעדים, ההעברה נכשלת לעתים קרובות יותר כתוצאה מן הקושי למפות את הבעיה הפתורה אל הבעיה החדשה (איור 6 בעמוד הבא).

מן הדיון הנ"ל נשמע כאילו כמעט בלתי אפשרי להעביר ידע, כאילו איננו מסוגלים להביט מעבר למבנה השטח של מה שאנחנו קוראים או שומעים. מובן שלא זה המצב. חלק מן הנבדקים בניסויים שתוארתי אכן חשבו להשתמש בבעיה הקודמת, אם כי שיעור הנבדקים האלה היה נמוך להפליא. בנוסף, אדם מבוגר ייגש לטפל במצבים חדשים בדרכים פוריות יותר מילדים. בדרך

כלשהי, המבוגר משתמש בניסיונו באופן שמעביר את הידע. במילים אחרות, טעות לחשוב שהידע הישן שלנו מועבר אל בעיות חדשות רק כאשר המקור לידע־הרקע ברור לנו. כאשר אנחנו רואים את חידת הגידול וההקרנות בפעם הראשונה, איננו מסתפקים באמירה "מעולם לא ראיתי את החידה הזו או בעיה דומה לה, ולכן אני מוותר מראש." יש לנו אסטרטגיות שונות למציאת פתרונות, גם אם בסופו של דבר הן נכשלות. האסטרטגיות האלה חייבות להתבסס על הניסיון – על בעיות אחרות שפתרנו, על דברים שידועים לנו לגבי גידולים והקרנות, וכן הלאה. במובן זה, תמיד אנחנו מעבירים ידע של עובדות וידע של פתרונות לבעיות, גם כאשר נדמה לנו שמעולם לא נתקלנו בבעיה מאותו סוג. אבל לא הרבה ידוע על העברות כאלה, בדיוק משום שקשה כל כך לזהות את מקורן.



איור 6: תלמידים יודעים שכאשר הם נתקלים בבעיה מתמטית או מדעית שאינם מצליחים לפתור, כדאי לפתוח את ספר הלימוד ולחפש שם בעיה דומה שפתרונה כבר הוצג שם. אבל מציאת בעיה אנלוגית אינה מבטיחה פתרון. לא תמיד ידע התלמיד למפות את הבעיה החדשה ביחס לבעיה שבספר.

בפרק הבא אדון, בין השאר, בדרכים למקסם את הסיכויים להעברה מוצלחת של ידע.

השלכות ליישום בכיתה

המסר של הפרק נשמע מדכא למדי: קשה להבין דברים חדשים, וכאשר אנחנו מבינים אותם סוף־סוף, קשה להעבירם לנסיבות שונות. המציאות אינה קודרת כל כך, אבל אסור להמעיט בקשיי החשיבה העמוקה. שהרי אילו תלמידים היו מבינים בקלות, קל היה לכם ללמד! הנה כמה רעיונות איך להתמודד עם האתגר הזה בכיתה.

כדי לעזור לתלמידים להבין, הציגו מספר דוגמאות ובקשו מהם להשוות ביניהן

כאמור, הניסיון עוזר לתלמידים לזהות מבני עומק. לכן כדאי לבסס את הניסיון הזה באמצעות דוגמאות רבות. אסטרטגיה נוספת שעשויה לסייע (אף שלא נבדקה רבות מבחינה מחקרית) היא לבקש מתלמידים להשוות בין דוגמאות. מורה לאנגלית המנסה לעזור לתלמידה להבין את מושג האירוניה יכולה להציג בפניהם את הדוגמאות הבאות:

- במחזה **אדיפוס המלך**, האורקל מדלפי מנבא שאדיפוס יהרוג את אביו ויתחתן עם אמו. אדיפוס עוזב את הבית כדי להגן על מי שחשב אותם להוריו, אבל מפעיל בכך את שרשרת המאורעות שמביאה בסופו של דבר למימוש הנבואה.
- במחזה **רומיאו ויוליה**, רומיאו מתאבד כי חשב שיוליה מתה. כאשר יוליה מתעוררת היא נסערת כל כך ממותו של רומיאו עד שהיא מתאבדת בעצמה.
- במחזה **אותלו**, אותלו הנאצל נותן אמן ביועץ יאגו כאשר זה מספר לו שאשתו בוגדת בו. בפועל, יאגו הוא שקושר קשר נגדו.

התלמידים ילמדו לראות (בסיועה של המורה) מה משותף לדוגמאות השונות. דמות עושה מעשה בצפייה לתוצאה אחת, אבל בפועל קורה היפוכו של דבר, כי חסרה לה פיסת מידע מכרעת: אדיפוס מאומץ, יוליה חיה, יאגו רמאי. הקהל מודע לפיסת המידע החסרה ולכן יודע מה תהיה התוצאה. תוצאת כל אחד מן המחזות טרגית עוד יותר כיוון שבעוד הקהל רואה את השתלשלות האירועים, הוא יודע שהסוף המר יכול היה להימנע אילו רק ידעה הדמות את מה שיודע הקהל.

אירוניה דרמטית היא רעיון מופשט שקשה להבינו, אבל השוואה בין דוגמאות מגוונות יכולה לעזור לתלמידים כי היא מכריחה אותם לחשוב על מבנה העומק. תלמידים יודעים שמטרת התרגול איננה לערוך השוואות שטחיות כמו "בכל אחד מן המחזות יש גברים ונשים." כאמור בפרק השני, אנחנו זוכרים את הדברים שאנחנו מקדישים להם מחשבה. שיטה זו לגרום לתלמידים לחשוב על מבנה העומק עשויה לעזור.

הדגישו את ידע העומק במפורש וגם במשתמע

קרוב לוודאי שתבהירו לתלמידים שלכם שאתם מצפים מהם ללמוד את משמעותם של דברים – כלומר את מבני העומק שלהם. עליכם לשאול את עצמכם אם גם המסרים המובלעים שאתם מעבירים כוללים את אותו הדגש. איזה סוג של שאלות אתם שואלים בכיתה? יש מורים ששואלים בעיקר שאלות עובדתיות, ולעיתים קרובות יורים אותן בצרורות: "מה מייצגת האות b בנוסחה?" או "מה קורה כאשר האק וג'ים חוזרים לרפסודה?" כבר דיברנו על חשיבותן של העובדות הפשוטות, היסודיות, אבל אם תשאלו רק עליהן, תשדרו לתלמידים שזה הכול ואין מעבר לזה.

מטלות והערכות הן מקור נוסף למסרים משתמעים לגבי הדברים החשובים. כאשר התלמידים מתבקשים לבצע פרויקט, האם הוא דורש הבנה עמוקה או שמא אפשר להשלימו בעזרת ידע שטחי בלבד של החומר? אם תלמידכם מבוגרים מספיק כדי להעמידם בבחנים ובבחינות, הקפידו לבדוק בעזרתם ידע עומק. בתכני הבחינות גלום מסר חזק: אם זה בבחינה, זה חשוב.

אל תפתחו ציפיות מוגזמות מידע העומק

ידע העומק הוא אמנם היעד, אבל צריך לראות בראייה מפוכחת את מה שתלמידים מסוגלים להשיג, ואת המהירות שביכולתם להשיג זאת. ידע עומק הוא תוצר של תרגול רב, וקשה לרכוש אותו. אל תתייאשו אם תלמידים לא קנו עדיין הבנה עמוקה בנושא מורכב. ידע שטחי טוב בהרכה מהיעדרו של ידע כלשהו, והוא גם צעד טבעי בדרך לידע עמוק יותר. ייתכן שיחלפו שנים עד שתלמידים יפתחו הבנה עמוקה באמת בתחום כלשהו, והמיטב שמורה כלשהו יכול לעשות הוא להנחותם בצעדים הראשונים בדרך הזו, או ללוות את התקדמותם בנחישות.

בפרק זה תיארתי מדוע רעיונות מופשטים הם קשים כל כך להבנה, ומדוע קשה כל כך ליישם במצבים לא מופרכים. אמרתי שתרגול החשיבה על רעיונות מופשטים והשימוש בהם חיוני לפיתוח היכולת ליישם. בפרק הבא ארחיב עוד לגבי חשיבות התרגול.

קריאה נוספת

להשכלה מקצועית

Gentner, D., Loewenstein, J., & Thompson, L. (2003). Learning and transfer: A general role for analogical reasoning. *Journal of Educational Psychology*, 95, 393–405.

דידרי גנטנר היא ממובילי הרעיון לשפר את העברת הלמידה באמצעות השוואה בין דוגמאות.

Holyoak, K. J. (2005). Analogy. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The Cambridge handbook of thinking and reasoning* (pp. 117–142). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

סקירת השימושים השונים באנלוגיות להבנה של מושגים חדשים ושל חשיבה הגיונית (reasoning).

Mayer, R. E. (2004). Teaching of subject matter. *Annual Review of Psychology*, 55, 715–744.

סקירה מקפת של תחומי תוכן ספציפיים, תוך הדגשה מיוחדת של סוגיית ההעברה.