

ידע כמתווה*

דיוויד פרקינס

האנושית; תכונה אחרת היא גילום הידע לצורה של כלי לביצוע פעולה כלשהי. הסכין הוא כלי לחיתוך, המיטה היא כלי לשינה, הבית הוא כלי למחסה, וכן הלאה.

ניתן, אם כן, לומר שהמתווה הוא מבנה שהותאם לתכלית. לעתים אדם ממציא את המבנה ואת התכלית כאחד – כמו בנימין פרנקלין וכולא-הברקים.

לעתים מבנה מותאם לתכלית במהלך הזמן, על-ידי כושר ההמצאה של אנשים רבים – העט הכדורי כיוורש של עט הנוצה. לעתים נוצרת ההתאמה של מבנה על-ידי תהליך עיוור יחסית של אבולוציה חברתית – מנהגים ושפות המשקפים את הצרכים הפסיכולוגיים והתרבותיים האנושיים. אך איננו מתייחסים כאן לסוג אחר של מתווה: דגם קבוע שאינו משמש לכל תכלית שהיא – כמו גלים על פני חולות נודדים.

אם אכן הידע והמתווה חיוניים כל כך למצב האנושי, הרי שמתבקשת כאן השערה נוספת: שני היסודות ניתנים למיזוג – על-ידי ראיית הידע עצמו כמתווה. לדוגמא, נוכל לחשוב על תורת היחסות כעל מין מברג. שניהם עוצבו על ידנו להשגת תכלית – המברג לפירוק פיזי וחיבור של עצמים מסוימים, ותורת היחסות לפירוק מושגי ולחיבור של תופעות מסוימות. גישה זאת נראית מבטיחה; "הידע כמתווה" מציג מטפורה מעוררת מחשבה. ייתכן שהידע אינו דומה למתווה אלא מהווה מתווה, במובנו הפשוט והישיר של המונח.

ידע כמידע כנגד ידע כמתווה

מהו ידע? זוהי שאלה חשובה, על אף היותה מעורפלת. דרך חשיבתנו על הידע עשויה להשפיע מאוד על האופן שבו נלמד ונלמד. קיימת נוסחה המגדירה את תפיסתנו את הידע ואת קליטתו

ה"ג וולס, סופר המדע הבדיוני הבריטי הקלסי, כתב פעם סיפור על אדם שהתאוה שהעולם יעמוד מלכת. הוא היה מוטרד וזקוק לזמן, ורצה שהמחר יאחר לבוא. היהירות שבסיפורו של וולס היא שהעולם אמנם עצר מלכת, אך מאותו רגע ואילך התרחשו כל האירועים על פי חוקי הטבע. כדור הארץ אמנם עצר מלכת, אך האטמוספירה המשיכה לסוב. רוחות עזות גרפו יערות וחוות. האוקיינוסים המשיכו גם הם בתנועתם, גאו על פני היבשה והרסו בתים ומפעלים. גשרים וגורדי שחקים, שאינם חלק מן הארץ, נהרסו מעצמת תנופתם שלהם.

מעשייה זאת בדבר המחיר שגובות משאלות אוויליות מזמינה משל דומה על אודות המצאות אנושיות. נתאר לעצמנו שאדם שעייף מן הפרסומת הטלוויזיונית ומן הבטיקים האפנתיים,

מחליט לבטל כליל את העיצוב. הוא לגבי רובנו עולם מיוחד – עסקם של פרסומאים, ארכיטקטים ויצרני אפנה; אך במובן הרחב של המושג, עיצוב (או מתווה) כולל את כל הפעולות האנושיות של מתן צורה לעצמים לתכלית כלשהי. נעקוב לרגע, כפי שעשה זאת וולס, אחר התוצאות של מעשנו. הבגדים ייעלמו מגופנו, כאילו שלא הומצאו מעולם. המרצפות והמדרכות עליהן אנו צועדים ייעלמו כלא היו. לא יהיו ספרים, או תאורה, או אפילו אח להסקה. אנו נתעה בשממה, פולטים הברות זה כלפי זה; ואולי – אם ניתן לראות את השפה כמתווה – לא נוכל אף להבין את ההברות הנהגות.

מתווה מהו?

משל זה מציג באורח דרמטי את חשיבותו של המתווה: חיינו המורכבים תלויים בו תלות מוחלטת. בניית ידע והעברתו היא תכונה אחת של הדרך



* David Perkins, "Knowledge as Design", in idem *Knowledge as Design*, Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1986, Chap. 1, pp. 1-34.

"גישת המידע" הנהוגה בלמידה ובהוראה במסגרות האקדמיות מובילה אותנו לצבירת ידע ללא תכונות המתווה שלו. בלימוד האקדמי, אנו מתייחסים לרוב לידע כנתונים חסרי תכלית, ולא כמתווה בעל תכלית מוגדרת. הרבה מן הידע האקדמי שלנו מקבל אופי של "אגירת אמת" – ידע מנותק מהקשר של יישום והצדקה שהיו הופכים אותו למשמעותי.

ניתן למצוא צידוק לתפיסת הידע האקדמי כמתווה. הזכרנו את תורת היחסות. חשבו על אבותיה – חוקי ניוטון. מטרתם של אלה ברורה: לארגן מערכת נרחבת של תצפיות כדי להסביר תופעות של תנועה, החל ממסלולו של כדור באוויר ועד למסלוליהם של כוכבי הלכת. לחוקים יש גם מבנה מתמטי חסכני ובעל עצמה, המתאים מאוד לתכליתו.

"עובדות חשובות", כגון תאריך גילוי אמריקה על-ידי קולומבוס, מציבות אתגר קשה יותר. ניתן לשאול האם עובדות אלה אכן חשובות. אם נקשור אותן לתכליות חשובות, הן תקבלנה משמעות. תאריך מפתח כמו שנת 1492 משמש עוגן לאירועים היסטוריים מקבילים. מה קרה באירופה, או במזרח הרחוק, באותה עת? שנת 1492, ותאריכי מפתח אחרים בהיסטוריה האמריקנית, מספקים כעין פיגום שניתן לתלות עליו אירועים אחרים. מה קרה באמריקה בין 1492 לתאריך המפתח הבא? התאריך משמש כאן לא רק כמידע אלא כמכשיר, ככלי לתפיסה ולשימור של מידע. מה שהיה קודם לכן מידע בלבד הפך למתווה.

ניתן לזהות כאן אנלוגיה מעניינת עם 2001 של סטנלי קובריק. מהי עצם עתיקה – חפץ בסביבה, או כלי? יש להניח שהקופים של קובריק הכירו עצמות הרבה לפני המונולית, אך לא עצמות כאלות. עצמות לא היו אלא עצמים הפזורים על פני השטח. בעזרת המונולית, הקופים תפסו כיצד עצם עשויה לשמש כנשק. ניתן ליישם דוגמא זאת לידע אקדמי. במוחנו אצור מידע רב כאבן שאין לה הופכין, כמו אותן עצמות הפזורות על פני השטח. אך כאשר פיסת מידע מתקשרת לתכלית, היא הופכת למעין מתווה. בדרך זאת, כל מידע הוא מתווה בכוח. כמובן שלא כל פריט מידע המצוי במוחנו מתפקד כמתווה או יכול להפוך בקלות לכזה. במוחו של כל אחד מאתנו אצור מידע סביל רב, או אפילו מידע מת. זהו חלק מן הבעיה: אין טעם בהוראה ולמידה של מידע שהוא מת בעיקרו.

לסיכום, יש היגיון בידע כמתווה. ניתן לראות ידע מעשי ואקדמי דרך עדשה זאת. בהקשרים שונים ומסיבות שונות, ייתכן שנעדיף מבנה אחד של ידע על פני רעהו – מידע או מתווה; אך בהקשר של הוראה ולמידה, נודעת תועלת רבה לידע כמתווה. ידע כמידע מספק תפיסה סבילה של ידע, המדגישה ידע מאוחסן ולא ידע כמכשיר לפעולה. ידע כמתווה ראוי להיות העיקרון הראשון שעליו נבנה תורת ידע להוראה וללמידה.

והעברתו: ידע כמידע. הרעיון של ידע כמתווה עשוי לשבור מסגרת התייחסות מוכרת זאת, וליצור הזדמנויות שהוזנחו להבנה ולחשיבה ביקורתית ויצירתית.

אנו צוברים מאגר נתונים של מידע באמצעות לימוד בבית, במקום העבודה ובבית-הספר, אותו אנו מיישמים בנסיבות שונות: מספר הטלפון של חבר, פריסתה של העיר, כללי השחמט, מאכלים אהובים, התאריך שבו גילה קולומבוס את אמריקה, משפט פיתגורס, בירת רוסיה, או חוקי ניוטון. מידע זה עומד לרשותנו בכל עת ולכל תכלית.

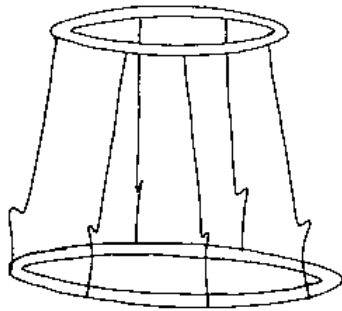
האם ניתן לראות ידע גם באור אחר – כמתווה ולא כמידע? פירוש הדבר ראיית פיסות ידע כמבנים המותאמים לתכלית, באותה מידה שהמברג או המסננת הם מבנים המותאמים לתכלית. אני יודע את מספר הטלפון של חברי כדי שאוכל לטלפן אליו בעת הצורך. זאת ועוד, הידע מתאים היטב לתכליתו: המספר הוא בן שבע ספרות בלבד ושוגן היטב, כך שאזכור אותו על נקלה. אני מכיר את הפריסה של עירי כך שאוכל למצוא את מקום עבודתי, את ביתי, את שדה התעופה, וכל מקום אחר. גם כאן הידע מותאם היטב: אם אני גר כאן זה זמן רב, מצויה במוחי מעין "מפה מנטלית" של השטח שאוכל ליישמה גם לאיתור מקומות חדשים. ניתן להדגים זאת גם לגבי חוקי השחמט או המאכלים האהובים.



"ידע כמתווה" הגיוני ביחס לדוגמאות אלה של ידע מעשי מחיי היום-יום; אך מה בדבר ידע אקדמי יותר? כאשר נשאל את עצמנו על התכלית של פיסת ידע כגון "קולומבוס גילה את אמריקה בשנת 1492", או משפט פיתגורס, לא תהיה לנו תשובה מידית. לא קל לראות ידע מסוג זה כמתווה – כמבנה המותאם לתכלית אחת או יותר.

כיצד נסביר עובדה זאת? ייתכן ש"ידע כמידע" היא הדרך הנכונה לתפיסת מידע אקדמי; מצד שני, ייתכן שיש לראות את הידע האקדמי כמתווה דווקא, אך

תרשים 1.1: מתווה מסתורי



קרוב לוודאי שעם כל המידע שנמסר, עדיין אינכם חשים שאתם מבינים את המתווה, שכן אין לכם תשובות לגבי התכלית והטיעונים. אשר לתכלית: זהו טוסטר המיועד להחזיק פרוסת לחם קלוי מעל ללהבת גז. רמז זה בוודאי יעזור לנו למצוא מספר טיעונים משלנו. מדוע יפעל? הלהבה תקלה את פרוסת הלחם המונחות על חוטי הפלדה ונתמכות במבנה שבתחתית. נוכל לראות גם טיעונים בעד ונגד, כגון: יש להפוך כל פרוסה כדי לקלותה משני הצדדים.

מן הפרט אל הכלל: הבנה עמוקה של המתווה מחייבת תשובות לארבע שאלות המתווה. אין כל חדש או יוצא דופן ברעיון זה. ארבע שאלות המתווה מבטאות את סוג ההבנה שאנו משיגים לגבי חפצים פשוטים כגון מספריים, נעצים, חגורות, נעליים וכסאות. הן גם מדגישות אותן נקודות שאנו קשובים להן כאשר אנו מלמדים או לומדים בהקשרים מעשיים כגון נגרות או מכונאות. ארבע שאלות המתווה מדריכות אותנו לעשייה מודעת ומכוונת של אותם דברים שאנו מבצעים לרוב בדרך אינטואיטיבית.

האם השאלות מתייחסות לפיסת ידע כפי שהן מתייחסות למברג? זוהי שאלה מכרעת, מכיוון שאנו זקוקים לתיאוריה של הבנה שתקף ידע מכל הסוגים – מן המוחשי ביותר ועד למופשט ביותר. נבדוק זאת באמצעות מספר דוגמאות. נחשוב על הידע הנוגע למשמעותו של רמזור. לידע זה תכלית מוגדרת: לאפשר לנו לשפוט מתי ניתן להמשיך בדרכנו בביטחון. טבעי לפרש את מבנה הידע בכללים העיקריים הבאים: ירוק פירושו "התקדם", אדום פירושו "עצור", צהוב פירושו "זהירות". ניתן להביא מקרים לדוגמא של הידע: תמונה או הדגמה ברמזור הקרוב. לבסוף, נוכל להביא טיעונים לשימושיות של כללים אלה – מתוך ניסיון או על-ידי מובאות מן החוק, למשל.

ייתכן ששאלות המתווה הולמות ידע מעשי, כגון כיצד לנהוג ברמזור; אך מה בדבר ידע מופשט? נחזור לרגע לחוקי ניוטון. התכלית היא לשלב ולפרש נתונים על תנועתם של גופים מכדורי משחק ועד כוכבי הלכת. הסבר שימושי של המבנה יעשה באמצעות החוקים

ארבע שאלות המתווה

עלינו לפתח עתה את עמדתנו זאת לשיטת עבודה. נוכל לכוונת את מושג האקולוגיה, את חוק בویل או את הצהרת זכויות האדם בשם "מתווה"; אך לאן נמשיך מכאן?

עלינו לפתח דרך להשתמש במושג המתווה באופן שיטתי, ככלי להבנת הידע; או במילים אחרות, דרושה לנו תיאוריה של הבנה שתשקף את מושג המתווה. ייתכן שאמנם מצויה כזאת. לפנינו ארבע שאלות שיסייעו לנו להבין את טבעו של כל מתווה.

1. מהי התכלית (או התכליות שלו)?
2. מהו המבנה שלו?
3. מהם מקרים מדגימים שלו?
4. מהם הטיעונים המסבירים ומעריכים אותו?

הבה נחשוב על מברג פשוט. אנו יודעים את תכליתו: לסובב ברגים. ניתן להזכיר תכליות אחרות, כגון פתיחת קופסאות צבע – אך נתמקד כרגע בתכלית השגרתית ביותר.

נוכל לתאר את המבנה, ולפרט את החלקים והחומרים העיקריים – ידית מפלסטיק או מעץ, קנה עשוי מתכת בעל קצה שטוח, וכדומה. ככלל, המונח 'מבנה' משמש במשמעו הרחב לציון הרכיבים, החומרים, התכונות, היחסים וכדומה, המאפיינים את העצם הנדון. ישנן דרכים שונות לתאר את המבנה – כפי שראינו גם לגבי התכלית; עלינו לבחור בדרך הטבעית והמבהירה ביותר בהקשר שלפנינו.

אשר למקרים מדגימים, ניתן להצביע על מברגים, לציירם או להדגים את השימוש בהם. המקרה המדגים מבהיר בדרך מוחשית כלשהי את מתווה העצם או את דרך פעולתו.

אשר לטיעונים, ניתן להסביר מדוע הכלי יפעל. הידית תאפשר לנו אחיזה טובה, לצורך הסיבוב. הקצה השטוח מותאם לראש הבורג ומאפשר לסובב אותו. ניתן למצוא טיעונים בעד ונגד העיצוב, למשל – מברג רגיל אינו מאפשר לעתים תנופה מספקת לסיבוב ברגים בעץ קשה. לעתים הוא מחליק ופוצע את פני העץ. שימו לב שאנו כוללים בהערכה גם תופעות לוואי בעד ונגד, כגון פציעת פני העץ, כמו גם יעילות במטרה העיקרית – סיבוב ברגים. לסיכום, הבנתנו את מתווה המברג הפשוט כוללת ידע בדבר התכלית, המבנה, המקרים המדגימים והטיעונים.

אם לא נבין ארבע נקודות אלה על המתווה, לא נוכל להבין את המתווה במלואו. לדוגמא, ראו את המתווה המוצג בתרשים 1.1. התרשים מציג הרבה מן המבנה של מתווה זה. מידע נוסף על המבנה: הוא עשוי כולו פלדה, ובעל רוחב של כחמישה עשר סנטימטר בבסיסו.

כמובן שלעתים, הבנתנו את העובדה אינה שלמה בהתייחס להיבט זה או אחר מתוך הללו; פירוש הדבר שרוב הזמן אנו מסתפקים בהבנה חלקית בלבד. מטרתן של ארבע שאלות המתווה היא להדריך את ההבנה על-ידי הצעת קטגוריות משנה להבנה הבאות להבהיר את פירושה של הבנה מקיפה של המתווה. השאלות ניתנות ליישום כמעט לכל ידע שברצוננו להבין.

הלהב: דוגמא לעומק

שאלות המתווה מציעות מדריך להבנת מתווים בכלל וידע בפרט. הדוגמאות שניתנו לעיל מרמזות שלרוב אין קושי

להשיב על שאלות המתווה. השאלות חייבות להיות פשוטות לשימוש ברוב המקרים, כדי שיישעו בקליטה ובמסירה של ידע. הבה נבחן זאת על-ידי חשיבה על ארבע השאלות בהקשר לנושאים הנלמדים בבית-הספר כגון:

- ארגונו של הסנט בארצות הברית;
- הונאה בפרסום;
- ארגון פסקה;
- מבנה סוגייה איטלקית;
- הנוסחה מהירות x זמן - מרחק;
- הלב כמשאבה;

בעלי ידע קודם לא יתקשו לספק תשובות לארבע שאלות המתווה בנושאים אלה. מורים יכולים ללמד נושאים אלה באמצעות ארבע שאלות המתווה; תלמידים יכולים לעבד את התשובות לארבע השאלות באמצעות ליקוט מידע מתוך ספרים או מקורות אחרים, תוך שימוש בקצת שכל ישר. האם שאלות המתווה מציעות מדריך להבנת מצבים מורכבים ועדינים? זוהי שאלה חשובה, שכן לא כל מה שאנו מלמדים הוא פשוט וישר. הבה נבחן סוגיה זאת.

ניקח את הלהב - מתווה פשוט ומובן מאליו שרובנו לא מקדישים לו תשומת לב כלל. האם יוכלו שאלות המתווה לספק מסגרת להצגת הלהב בצורה שתבהיר את העקרונות הבסיסיים שלו?

מה תכליתו?

כל מטבח, סדנה, אסם או מחסן נשק מספק מגוון רחב של מקרים מדגימים ללהבים - סכינים, גרזנים,

עצמם, אחד לאחד (ניתן להתייחס למילים המרכיבות את החוקים כיחידות המבנה, אך זאת לא תהיה בחירה מבהירה; או לחוקים כיחידות המבנה, ולבחון כיצד כל חוק תורם לכלל; או להתייחס לכל מילה ומילה - אך זאת יחידה קטנה מכדי שתאפשר הבהרה של הכלל).

מקרים מדגימים כוללים את מערכת השמש ואת האופן שבו החוקים מסבירים את מסלול כוכבי הלכת. טיעונים כוללים הסבר כיצד החוקים פועלים יחד למתן הסבר כולל על טווח התופעות הדינמיות, וכן הערכה של העדות בעד ונגד המכניקה של ניוטון.

עובדות פשוטות הן סוג של ידע שקשה ביותר לתפוס כמתווה. האם ניתן להשתמש כאן בשאלות המתווה? ג'ורג' וושינגטון היה הנשיא הראשון של ארצות הברית. פיסת ידע זאת עשויה לשמש לתכליות שונות, שהחשובה שבהן היא להוות נקודת עוגן בהיסטוריה, כמו שנת 1492 שהוזכרה לעיל. סיווג אירועים היסטוריים לפי הממשלים הנשיאותיים היא דרך מסודרת לארגן את מהלך ההיסטוריה האמריקנית. אשר למבנה, נוכל לחשוב על שני רכיבים: "ג'ורג' וושינגטון", המציין אדם מסוים, ו-"הנשיא הראשון של ארצות הברית", המגדיר את תפקידו של אותו פרט. נוכל למצוא מקרים מדגימים בסרטים ובספרים המתארים את תקופת הנשיאות של וושינגטון. קיימות במוחנו גם תבניות שכליות מורכבות המייחסות משמעות למושג נשיא - האחריות, טובות ההנאה, העוצמה, וכדומה. אשר לטיעונים, יש בידנו עדויות רבות על היותו של וושינגטון הנשיא הראשון, ונוכל להסביר כיצד עובדה זאת עשויה לסייע לנו לארגן את הידע ההיסטורי שלנו על-ידי הצעת נקודת עוגן.

זאת ועוד - כמו במקרים של המברג והטוסטר, אם לא נבין את התשובות לארבע שאלות המתווה, לא נוכל להבין את העובדה שג'ורג' וושינגטון היה הנשיא הראשון של ארצות הברית. אם יחסר המבנה, תחסר העובדה עצמה, ולא נוכל להבניה; אם לא נראה תכלית לפיסת ידע זאת, תחסר ההבנה מה עושים עמה. אם יחסרו מקרים מדגימים, כולל תבניות שכליות, לא נוכל לעשות היקשים המהווים חלק מן ההבנה. לבסוף, אם יחסרו טיעונים, לא נוכל להבין את הסיבות או את המניעים לעובדה.



איזו הגברת עוצמה נקבל מצורת היתד של סכין טיפוסית? גם זאת שאלה בגיאומטריה. ניתן לאמוד את אורכה ואת עובייה של יתד הסכין באמצעות ניירות לרישום הודעות. נראה, לדוגמא, שארכו של שיפוע הסכין הוא 47 גיליונות נייר, ועביה בבסיס הוא 8 גיליונות. השיפוע הוא, אם כן, פי שישה מן העובי בבסיס, והגברת העוצמה תהיה פי שישה. זוהי אומדנה גסה, אך מספקת לצרכינו.

ריכוז העוצמה: בפעולת הלהב מצוי סוג נוסף של הגברת עוצמה, כפי שניתן להדגים באמצעות עצם רגיל הנמצא בבית. נסה ללחוץ את ראשו של מסמר גדול אל כף ידך בכוח בינוני. הלחץ של הראש השטוח כואב מעט בלבד. עכשיו חזור על כך עם ראשו של מסמר קטן: הלחץ יכאב מעט יותר. עתה נסה זאת עם ראש סיכה – זה כבר כואב ממש.

ההבדל כאן אינו בפעולת היתד, משום שהשתמשת בצד השטוח ולא בקצה החד. כאשר אתה עובר מראש מסמר גדול לקטן ואחרי לסיכה, אותה עוצמה פועלת על שטח קטן והולך. ניתן לומר שעוצמה שווה רוכזה יותר ויותר.

כמו במקרה של היתד, גם כאן המתמטיקה היא עניין של יחסים – הפעם יחסי השטח. אם שטח ראש הסיכה הוא שישית משטח ראש המסמר, העוצמה תהיה גדולה פי שישה על פני שטח ראש הסיכה. בדרך זו נוכל לחשב את הגברת העוצמה בלהב של סכין חדה ביחס לסכין קהה. בסכין שלעיל העובי בבסיס היה 8 גיליונות. נניח שאורכו 300 גיליונות (האורך ממילא מתבטל בחישוב), כך ששטח הסכין הקהה יהיה 8×300 . בסכין חדה, עובי החוד יהיה $\frac{1}{2}$ גיליון, לשטח של $\frac{1}{2} \times 300$. זה נותן $\frac{1}{16}$ של השטח, והגברת העוצמה פי 16.

בעלי רקע בפיזיקה מבינים שניתן לדבר על נושא זה ביתר דיוק. כרכנו יחד כוח ולחץ. נכון להגיד שהכוח שהיד מפעילה על הסכין גורמת ללחץ בין הלהב לבין מושא העצם, והלחץ נמדד בקילוגרם לסנטימטר מרובע. כמובן שככל שהשטח החשוף ללחץ קטן יותר – כלומר, ככל שהלהב חד יותר – כך יגבר הלחץ.

גירוד: עד כה עסקנו בשני מגבירי עוצמה המשרתים את הלהב – גורם היתד, המפריד בכוח את החומר הנחתך, וגורם הריכוז, הלוחץ את הלהב בכוח אל החומר הנחתך. אך ניסיונו היום-יומי עם סכינים מלמדנו ששני גורמים אלה אינם מספיקים להסבר פעולת החיתוך. ידוע שאם תלחץ סכין על פני ידך מבלי שתפעיל תנועות חיתוך, לא צפויה לך כל סכנה. העיקרון החסר הוא **הגירוד**. כדי להבין כיצד הגירוד מסייע לחוד חלק לכאורה לחתוך, נשקול דוגמאות קרובות. דמה לעצמך שאתה מגרד לוח עץ בקצה הציפורן, כך שנוצר חריץ על פני העץ. שים לב שגורם הגרוד תלוי בחוד כלשהו, ורצוי חוד דמוי יתד; כלומר, הוא תלוי בשני מגבירי העוצמה שהזכרנו לעיל. עכשיו דמה לעצמך כיצד משור חותך

מקצועות, אזמלים, תערים, חרבות, כידונים ועוד. הלהב, שתכליתו הכללית היא לחתוך חומרים מחמאה ועד לפלדה, הוא אחד מהמצאות היסוד של האדם. בעלי החיים שורדים על-ידי הסתגלות לסביבתם, בעוד שהאדם שורד במידה רבה על-ידי סיגול הסביבה לצרכיו. הלהב הוא אחד מן הכלים הבסיסיים לכך.

מה מבנהו?

הסכין הוא הדוגמא הפשוטה ביותר של הלהב. סכין המטבח מדגימה את המבנה הבסיסי של כלי עתיק זה. אין כאן הרבה – גוש מתכת המחודד בשפתו האחת. הלהב הוא צורה פשוטה ביותר.

מהם המקרים המדגימים?

די לבקר במטבח כדי למצוא רבים מהם.

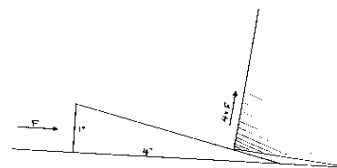
מהם הטעונונים?

עד כה, השאלות היו קלות. גם טיעוני ההערכה פשוטים למדי – הנוחיות שבלהבים כנגד סכנותיהם. רק כאשר נפנה לטיעון הסברי ונתור אחר העקרונות שמאחורי הלהב, נגלה את המסתורין. מדוע הלהב חותך? "מכיוון שהוא חד", היא התשובה הראשונה העולה על הדעת; אך אין זאת תשובה ממשית. היא דוחקת את התשובה צעד אחד אחורה: מדוע חדות גורמת לחיתוך? למעשה, המבנה הפשוט של הלהב מטעה במקצת. לפחות שלושה עקרונות נפרדים חוברים יחדיו כדי לסייע ללהב לבצע את תפקידו.

עקרון היתד: ראשית, הפרופיל המחודד של להב הסכין יוצר מעין יתד. יתד היא אמצעי להגברת כוח השרירים. מי שתקע מסמר או יתד מחודד חש את הגברת העוצמה שמספקת צורת היתד. תארו לכם תקיעת מסמר ללא חוד!

נעין מבט על המתמטיקה של היתד. כמו המנוף – כלי בסיסי נוסף – גם היתד מקנה כוח רב יותר במחיר של מרחק. תרשים 1.2 מדגים זאת. אם תדחף את היתד עשרה סנטימטרים ימינה בכוח מסוים, היתד תרחיב את מה שהיא מרחיבה בשלושה סנטימטרים בלבד, בגלל החידוד. אך היא תבצע את ההרחבה תוך ניצול כוח רב פי ארבעה. הגברה זאת של הכוח נובעת ישירות מן הגיאומטריה של היתד. כמודגם בתרשים, יתד באורך של עשרה סנטימטרים וברוחב של שלושה סנטימטרים בבסיסה תגביר את העוצמה פי ארבעה.

תרשים 1.2: הגברת העוצמה באמצעות יתד



תיאוריית הבררה הטבעית: דוגמת עומק נוספת

הדוגמא של הלהב בחנה את הסוגיה: האם שאלות המתווה מסייעות להבהרת דברים סמויים ומורכבים? התוצאות נראות מעודדות. תכונות סמויות של הלהב התגלו בדרך ששילבה באופן טבעי את עקרונות הפיזיקה. למעשה, הפיזיקה פועלת ללא הרף לא רק באטומים ובכוכבי הלכת, אלא גם בחיי היום-יום שמסביבנו: בסכינים, בנעצים, במנופים, בסירים, בכפות, במגרפות ובכיסאות. עמדנו על כך שנוכל להמשיך מניתוח הפיזיקה של חפצים פשוטים אל הרמה של המתמטיקה. ראיית הפיזיקה בפעולה קרוב כל כך אלינו היא חוויה המעוררת מוטיבציה! הניתוח של הלהב פתח במתווה מוחשי והוביל אל ידע מופשט יותר בדרך הטיעון. האם שאלות המתווה עשויות לסייע לנו אם נתחיל דווקא בהפשטה? אמרנו שכל תיאוריה היא מתווה. נבחן את תיאוריית הבררה הטבעית של דארווין. אנו זוכרים את תכליתה של תיאוריה זאת; אך המבנה, מקרים מדגימים טובים, והטיעונים עשויים להיות מעורפלים. ייתכן ששאלות המתווה יקלו על הבנת פיסה זו של ידע.

מהי התכלית?

הטבע מציב בפנינו מגוון מדהים של צורות חיים המותאמות באופן מופלא לאורחות חייהן. מקורי ציפורים מותאמים לדקירת דגים, למעיכת זרעים, או לנייקת צוף מלב הפרחים. מצויים עכבישים האורגים קורים, אורבים לטרפס כנמרים, או אפילו משליכים את קוריהם כרשת ציידים. הבעיה העומדת בפני המדע היא להציע הסבר סיבתי לפלאי הסתגלות אלה. כיצד נוצרו? צירלס דארווין ניסה להסביר זאת באמצעות התיאוריה שלו על הבררה הטבעית. כמו כל תיאוריה, היא משמשת כלי ליצירת הסברים לטווח מסוים של תופעות – ובכך היא מהווה מתווה.

מהו מקרה מדגים?

הדוגמא הבאה מושתתת בקווים כלליים על אירוע ממשי שהתרחש באנגליה. לפני שנים רבות, חי מין מסוים של עש לבן באזורים מיוערים של עצים בעלי קליפה לבנבנה. חלק מן העצים היו בהירים יותר, אחרים כהים יותר; אך לא נמצאו עשים כהים ממש, ורובם תאמו פחות או יותר לצבע קליפת העצים. הציפורים שחיו ביער ניזונו מן העשים, אך צבעם הבהיר של העשים, שהיו כמעט בלתי-נראים אל מול קליפת העצים, הקשה עליהם בכך.

הופעת המהפכה התעשייתית שיבשה את המצב. הפיח שעלה ממפעלי התעשייה בסביבה כיסה בהדרגה את גזעי העצים. ניעזר כאן במתן מספרים לצבע העשים. נניח ש-1 הוא לבן, 10 הוא שחור, וספרות הביניים מייצגות את גוני האפור על פי סדר.

בול עץ – הוא מהווה מעין שורה של מסמרים שכולם מגרדים את פני השטח בעת ובעונה אחת. המשורר חותך עמוק כי חודים רבים פועלים בו-זמנית.

מצויים שני סוגי סכינים הפועלים בצורה דומה – סכיני הלהב וסכינים לחיתוך בשר. לשניהם שיניים בולטות המגרדות את דרכן לתוך החומר. למעשה, כל הסכינים פועלים בדרך זאת. החוד החלק לכאורה של הסכין הרגילה, אינו חלק בקנה מידה מיקרוסקופי. כל בליטה על פני שטח הסכין הופכת לחוד המסייע לסכין לגרד את החומר. רעיון זה מתקבל על דעתנו, מכיוון שאנו יודעים שלחיתוך טוב נדרשת תנועת חיתוך. חייבת להיות סיבה פיזיקלית לפעולתה של תנועת החיתוך. הסיבה היא ככל הנראה שתנועה זאת הופכת את פעולת הסכין למעין פעולת ניסור.

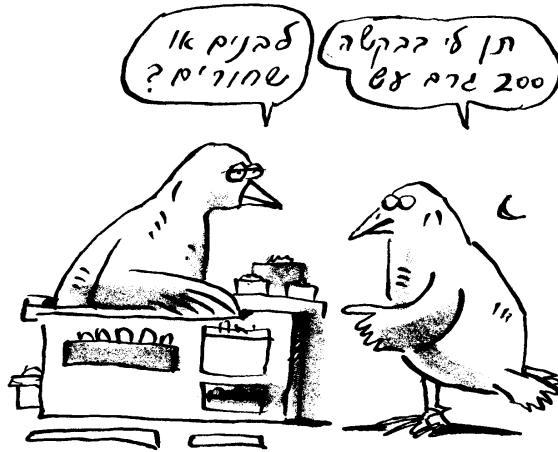
הגירוד מביא גם לשליטה טובה יותר בסכין, וזה מסייע לפעולתו. כאשר לפנינו חומר קשה, אנו מרפים מעט מן הלחץ בשעת החיתוך. הבליטות המיקרוסקופיות חודרות רק מעט אל תוך החומר, כך שכל הכוח של תנועת הניסור של הזרוע הלוח ושוב מתרכזת במגע מוגבל של הבליטות עם החומר. כאשר החומר רך יותר, ניתן ללחוץ יותר. הבליטות המיקרוסקופיות יצרו מגע רב יותר עם החומר, ויפזרו את עוצמת התנועה לשטח רחב יותר, וכל בליטה תקבל כוח פחות; אך מכיוון שהחומר אינו כה קשה, עוצמה זאת מספיקה לחיתוך. לא ניתן לבצע התאמות כאלה על-ידי לחיצה בלבד ללא תנועת ניסור הלוח ושוב; ההתאמה מתבצעת על-ידי ויסות עוצמת הלחיצה ועוצמת הניסור בהתאם לסוג החומר הנחתך.

לסיכום, פעולת הלהב תלויה בשלושה גורמים: (א) מגבירי העוצמה של היתד והשפעות הריכוז פועלים ברמת המקור על קצותיו המחוודדים של הסכין ועל חודו הדק; (ב) אותם מגבירי עוצמה פועלים ברמה של הבליטות המיקרוסקופיות לאורך החוד, כאשר אנו מבצעים פעולת ניסור; (ג) השליטה של מפעיל הסכין בכמות העוצמה המופעלת כלפי מטה ובעוצמה של פעולת הניסור, מאפשרת חיתוך במאמץ קל בלבד של חומרים בעלי חוזק שונה. תמונה זאת של הלהב מגלה את המורכבות המסתתרת מאחורי הפשטות לכאורה של הצורה המחוודדת, כפי שהתבטאה בתשובתנו הראשונה: "זה חותך כי זה חד".

ראוי לציין שמקרים מדגימים סייעו להבנתנו את הלהב. אמנם הוקדש סעיף נפרד למקרים מדגימים; אך הניסויים השכליים והמעשיים, הציורים והרמיזות השאובים מן הידע הקודם ומן הניסיון, קשורים כולם למקרים המדגימים עצמם. מקרה מדגים הוא כל דוגמא או ייצוג אחר ההופכים מושג לנגיש יותר על-ידי הפיכתו למוחשי, ניתן להשגה ובהיר. אמנם המקרה המדגים הטיפוסי ביותר הוא דוגמא המבהירה את המבנה; אך כפי שראינו בדיון בלהב, ניתן למצוא דוגמאות המבהירות גם תכלית וטיעונים.

האם תצפיותיהם של ביולוגים ופלאונטולוגים תומכות בתיאוריה של הבררה הטבעית? השאלה האחרונה דורשת דיון טכני ארוך, שאין מקומו כאן. לצורך הדגמת הידע כמתווה, די אם נבחן את ההיגיון שבתורת דרווין.

כדאי להדגיש כאן שתי נקודות. האחת, שהרכיבים של תורשה, שונות ובררה כמכלול מסבירים את האבולוציה ומנבאים אותה; השנייה, שאין כל מטען עודף בתיאוריה: לכל רכיב תפקיד חיוני בהסבר. הטיעון לנקודה הראשונה הוא למעשה חזרה ברמה כוללנית על סיפור העשים. נניח שקיימת שונות בתכונה כלשהי, וכן שקיימת בררה לריבוי תכונה זאת. הורים רבים יותר בדור הבא יהיו בעלי תכונה זאת, כי



רוב בעלי התכונות האחרות לא ישרדו ויתרבו. עכשיו נניח שקיימת תורשה. ההורים יעבירו לצאצאיהם יותר מתכונה זאת. השונות קיימת, כמובן, והצאצאים יהיו בעלי התכונה הרצויה בדרגות שונות; בכך יתאפשר סיבוב נוסף של בררה, שבו בעלי התכונה בדרגה פחותה יהיו בעלי סיכוי קטן יותר לשרוד ולהתרבות. בהתאם לכך, במשך דורות רבים, תפעל ההשפעה המצטברת.

אשר לחוסר המטען העודף, קל לראות לשם מה נדרש כל אחד מן העקרונות. נניח לרגע, בדוגמא של העשים, שהתורשה לא תתרחש כלל. אזי, בדור הראשון, הציפורים יאכלו את העשים הלבנים יותר, ויותר לרבייה רק את מספר 3. אולם חוסר תורשה פירושו שתכונות הצאצאים אינן מוכתבות על-ידי ההורים; על כן הצאצאים של עשים מספר 3 לא יהיו ברובם מספר 3, אלא ישקפו את הדמוגרפיה של האוכלוסייה המקורית – 1, 2, 3, ואולי כמה מספרי 4, בשל השונות. לא תהיה כל התקדמות לקראת אוכלוסייה כהה יותר. מכאן שהתורשה חיונית גם היא.

עתה נניח שלא קיימת בררה – אין ציפורים. מספרי 1, 2 ו-3 יהיו ההורים של הדור הבא. מספרי 3 ייצרו אולי פרטים אחדים בגון 4 בנוסף למספר 2 ו-3, אך שוב לא תהיה כל סטייה משמעותית בכיוון של אוכלוסייה כהה יותר. כך שהבררה היא חלק חיוני מן התהליך.

עתה נניח שאין שונות. הציפורים יאכלו את רוב מספרי 1 ו-2, ומספרי 3 הכהים יותר ייצרו את הדור הבא. ללא שונות, הצאצאים יהיו כולם מספר 3,

בדור הראשון של מפעלי התעשייה, צבע העשים היה מ-1 עד 3. אז הפכה קליפת העצים לכהה יותר, והציפורים יכלו להבחין טוב יותר בעשים הבהירים אל מול הקליפה הכהה, ואכלו את רובם. כך נותרו לרבייה בעיקר העשים בצבע מספר 3.

הדור הבא של עשים לא היה כולו 3 כמו צבע הוריו, אלא בעל טווח רחב מעבר לצבע ההורים – אפור בגוני 2, 3, 41. העצים כהו עוד יותר. הציפורים אכלו את מרבית העשים בצבע 2 ו-31, והותירו לרבייה רק את העשים בגון 4. שוב היה טווח הצבע של הדור הבא רחב מאשר זה של הוריו, בגוני 3 עד 5. שוב באו הציפורים, ואכלו את מרבית מספרי 3 ו-41, והותירו רק את 5 לרבייה. התבנית ברורה עתה. אוכלוסיית העשים

הפכה לכהה יותר ויותר, ככל שהציפורים טרפו בכל דור ודור את הפרטים הבהירים יותר, והותירו לרבייה את הכהים יותר. לאחר שנים מספר היה היער מלא בעשים כהים – בערך בצבע קליפת העצים – כאשר בתחילה לא היו כלל עשים כהים.

מהו המבנה?

מקרה מדגים זה מבהיר שלושה עקרונות מפתח במבנה התיאוריה של הבררה הטבעית. ראשית, קיימת התורשה – העשים הצעירים הם בעלי צבע אפור דומה פחות או יותר לזה של הוריהם. כמובן שעיקרון זה נכון לכל צורות החיים: הצאצאים הם בעלי תכונות דומות פחות או יותר לאלה של הוריהם; שנית, קיימת שונות – צבעם של הצאצאים אינו זהה לזה של הוריהם, אלא נמצא בטווח קרוב לצבעם. ככלל, הצאצאים בכל מין שונים בפרטים קטנים מהוריהם. לבסוף, קיימת הבררה. הציפורים בוררות לאכילה את העשים בעלי הצבע הבהיר, ומותירות לרבייה את הכהים יותר. ככלל, מקובל בטבע שגורם כלשהו בסביבה – טורף, זמינות של סוג מסוים של מזון, טמפרטורה, כמות המים, וכדומה – מעניק יתרון לתכונה מסוימת להישרדות ולרבייה.

מהו הטיעון?

במדע בכלל, ישנם שני צדדים לטיעון בדבר תיאורית הבררה הטבעית. מצד אחד, האם ההיגיון של התיאוריה מגובש דיו? במיוחד, האם התופעות העיקריות של תורשה, שונות ובררה אכן מנבאות את התוצאה – הסתגלות הדרגתית? מצד שני, האם העדויות האמפיריות תומכות בתיאוריה? במיוחד,

החושבים באופן ביקורתי על ידע ועל חשיבה יצירתית, על יצירת ידע ומוצרי חשיבה בכלל. כל ארבע השאלות, ובמיוחד שאלת הטיעון, מספקות מסגרת העשויה לשמש למורים וללומדים לניתוח ביקורתי. נראה להלן כיצד שאלות המתווה ניתנות לשימוש כמדריך לכתיבת שירה, ניסוח מאמרים, עיצוב ניסויים ובפעילויות יצירתיות אחרות. הידע כמתווה חושף גם קשרים מעניינים בין דיסציפלינות שונות, על-ידי הבלטת נקודות של דמיון וניגוד בסוגי המטרות, המבנים, הדוגמאות והטיעונים המובאים.

מה בדבר הבסיס הפסיכולוגי של ידע כמתווה? מושג זה, כמו גם שאלות המתווה, כולל עקרונות שנבעו מן הפסיכולוגיה העכשווית של החשיבה; זאת, לצורך הכוונת המסירה והקבלה של הידע. נושא עדכני אחד בכתיבתם של פסיכולוגים הוא סוגיית "הידע הבלתי-פעיל" – היפוכו של ידע המיושם באורח פעיל. המחקר מראה שלומדים רוכשים מאגר ידע שהם מסוגלים לשלוף במבחנים, אך אינם מסוגלים להפעילו במצבים הדורשים פתרון פעיל של בעיות. זוהי בעיה רצינית בחינוך הרפואי, למשל, שם התלמידים מטמיעים כרכים עבים של אנטומיה ופיזיולוגיה, המונחים ללא שימוש כאשר התלמידים עומדים בפני מצבים ממשיים של אבחון וטיפול. הדגשת התכלית היא אחת מתכונותיו של הידע כמתווה, העשוי לסייע בהתמודדות עם הבעיה של ידע בלתי-פעיל ולטפח שימוש יצירתי בו.

מחקרים הוכיחו את החשיבות שבהבנת התכלית, במצאם שההבנה תלויה בתפיסת התועלת בדבר כלשהו. ניתוח אמצעי-מטרה בחשיבה האנושית משרת גם הוא את ההבנה; כך, שחקן שחמט או אדם הפותר בעיות מתמטיות שוקל גישה מסוימת על-ידי הערכה אילו צעדים יובילו למטרה המוגדרת. אשר למבנה – מחקרים פסיכולוגיים רבים בחנו את הלמידה של מבנים במשמעויות שונות, והדגישו את חשיבותם של מבנים אלה. הדגשת המקרים המדגימים מחוזקת על-ידי מחקרים שהראו שדוגמאות מוחשיות מתווכות בתהליך ההבנה, ותבניות מנטליות – דרכים לדימוי מושג או מצב כלשהו – ממלאות תפקיד מכריע בהבנה האנושית. אשר לטיעונים – קיים מחקר פסיכולוגי ענף על חשיבה פורמלית ובלתי-פורמלית, המדגיש את היתרון של החשיבה הביקורתית.

שאלות המתווה מעודדות גם את הצד הפחות חשוב של הלמידה – הזיכרון הצרוף. המחקר על זיכרון הראה שוב ושוב שארגון, דימוי ומשמעות מטפחים את הזיכרון. ארבע שאלות המתווה מספקות גישה מאורגנת להבנת כל מתווה, גישה המעניקה תוכן למתווה על-ידי הדגשת התכלית, המבנה, המקרים המדגימים והטיעון. הדוגמאות מציעות דימויים להמחשה. בהמשך אזכיר ספרות פסיכולוגית בנושאים אלה, למרות שלא אעמוד על פרטיה.

וצאצאיהם יהיו גם הם כולם 3. האוכלוסייה לא תכהה לעולם. ובכן, השונות גם היא חלק בלתי-נפרד מן התהליך.

מעבר לעדויות האמפיריות לתיאוריה של האבולוציה, טיעונים אלה מבליטים את האלגנטיות ההגיונית שלה: שלושת היסודות יחד – תורשה, בררה ושונות – מספיקים להסבר האבולוציה, וכל אחד מהם הכרחי לפעולתה.



ידע כמתווה: הטיעונים בעדו

עד כה, הידע כמתווה הציג למעשה את עצמו. במבוא טיפלנו בתכלית: הוראה ולמידה המיועדות להבנה טובה יותר ולחשיבה ביקורתית ויצירתית. לאחר מכן הצגנו את המבנה: המושג של ידע כמתווה ושאלות המתווה בדבר תכלית, מבנה, מקרים מדגימים וטיעון. הצגנו מקרים מדגימים רבים, בהם שניים מפורטים יותר – הלהב והבררה הטבעית. טיעונים לידע כמתווה נזכרו לאורך כל הדרך; עתה נתמקד בטיעונים ככלל. מדוע דווקא תיאוריה פשוטה זאת של הידע מביאה להבנה ולחשיבה ביקורתית ויצירתית בהקשרים של הוראה ולמידה?

הסברים רבים הוצעו בדיון עד כה. התייחסות לידע כמתווה היא כאל ידע פעיל הניתן לשימוש, ולא כאל ידע סביל לצורכי אחסון. תפיסת התכלית, המבנה, המקרים המדגימים והטיעונים המסבירים והמעריכים – כולם מסייעים להבנה, לפי הגדרה. ללא תחושה שלהם, לא נוכל להבין באמת ובתמים את העניין הנדון. תשומת לב לטיעון עשויה לסייע בזיהוי אי-ודאות ובסילוק חוסר מהימנות. בעידן של עודף מידע, תשומת לב לתכלית עשויה לסייע לנו להחליט מה ללמוד ומה לא ללמוד, מה ללמוד ומה לא ללמד. ידע הנרכש תוך הבנה מאפשר ללומדים להשתמש בו ביתר גמישות, להתאים אותו ליישומים חדשים; בעוד שידיעת נוסחה ללא הבנתה מגבילה בהכרח את יישומה לטקסים שנלמדו עמה.

ידע כמתווה וארבע שאלות המתווה מבליטים את החשיבה הביקורתית והיצירתית שמאחורי הידע, ומדגישים את הידע כנבנה על-ידי מחקר אנושי ולא כידע שפשוט "נמצא שם". כמו כן, ארבע שאלות המתווה מספקות מסגרת למורים וללומדים

"תכלית" במובן הרחב פירושה משמעות, חשיבות, תפקיד בתיאוריה אינטגרטיבית, וכדומה. הזכרנו קודם לכן את תכליתם של תאריכים: תאריכים של אירועי מפתח בהיסטוריה משמשים כמסגרת מארגנת. ניתן להעניק חשיבות למסעו של קולומבוס כאירוע היסטורי בדרכים שונות, על-ידי שאלות מעוררות מחשבה. למשל, האם מסעו של קולומבוס הוא אירוע היסטורי מרכזי, או שמא חשיבותו בכך שהיה "הראשון"? מהו הדמיון בין מסעות תגלית בעבר ובימינו? האם נערכים גם היום מסעות תגלית? האם יש כאלה מעבר לחקר החלל? במה הם שונים ממסעו של קולומבוס, ומדוע? בעולמנו שזכה לחקר רב כל כך בתחום הפיזי, האם צורות אחרות של חקר – למשל, מחקר מדעי – עשויות לבוא במקומו של אותן הרפתקאות? האם כך אכן קורה במציאות?

מסעות חקר, גורמי מלחמות, עלייתן ונפילתן של ציביליזציות, המצאות טכנולוגיות מרכזיות, גורלן של שושלות, השפעת הגיאוגרפיה על הפוליטיקה וסוגיות רבות אחרות בהיסטוריה מפרנסות את השאלות, האנלוגיות, התיאוריות, ושאר סוגי המחשבה הנועזת. ללא זיקה זו למחקר, עובדות היסטוריות הופכות לחוטים ללא אריג. הן מנותקות מן ההקשרים המספקים להן משמעות. ישנם מורים להיסטוריה וספרי לימוד הקשובים לבעיה זאת ומשתדלים לטפל בה; אך רבים עדיין אינם נוהגים כך.

למרבה הפלא, המתמטיקה – ההגיונית מכל הדיסציפלינות – סובלת מבעיות של ניתוק מן התכלית לא פחות מן ההיסטוריה – דיסציפלינה אמפירית ביותר. משפט פיתגורס, למשל, אומר שסכום הריבועים של שתי צלעות של משולש ישר זווית שווה לריבוע היתר. מורי המתמטיקה מציגים ומוכיחים משפט זה, אך מותירים אותו מנותק מחשיבותו.

משפט פיתגורס מהווה מתווה מפתח לחלק גדול מן המתמטיקה. נציג כמה הקשרים, ללא הסבר מפורט: משפט זה נמצא בבסיסן של זהויות טריגונומטריות עיקריות – הזהות האומרת שהריבוע של סינוס x ועוד הריבוע של קוסינוס x שווים אחד. בגיאומטריה אנליטית, משפט פיתגורס משמש בסיס להגדרת המרחק במערכת קואורדינטות קרטזית בעלת שני ממדים. המרחק מנקודה A לנקודה B הוא השורש הריבועי של סכום הריבועים של ההפרשים בין הקואורדינטות של A ו-B – מכיוון שההפרשים מהווים צלעות של משולש ישר זווית. הכללה של משוואה זאת ניתנת ליישום במצב של שלושה או יותר ממדים. אמנם, ניתן להוכיח את המשוואה של n-ממדים באמצעות יישום חוזר של משפט פיתגורס. כל זה תורם להתפתחויות אחרות: המכפלה הווקטורית, מקדם המתאם בסטטיסטיקה; או בחישוב – המשוואה לקביעת אורכה של עקומה.

טיעון נוסף לידע כמתווה מתייחס לתחום החינוך ולתסכוליו. המוקד הוא בידע מעשי ומקצועי לעומת ידע של בית-הספר. ידע מעשי היה מאז ומעולם בעל אופי של מתווה – ידע תכליתי, כגון אילו הן האבנים המתאימות לעיבוד כלהבים, איזה ענפים מתאימים לעיבוד כאלות, היכן ניתן למצוא מים, היכן יצמחו זרעים, מאיזה חומר מייצרים משוט או תורן, או כיצד בונים קשת. הדברים נכונים גם כיום, ברמה היום-יומית והטכנית כאחד. למתמטיקאי, משפט מוכח הוא כלי מחקר; למדען, תיאוריה היא כלי הסבר; להיסטוריון, הכללה היסטורית היא כלי לארגון אירועים היסטוריים. כמובן שתפיסת המתווה מובנת מאליה ואינה מבוטאת במילים; היא מהווה רכיב אוטומטי בדרך שבה איש המקצוע משתמש בידע הטכני, ובדרך שבה כולנו משתמשים בידע היום-יומי.

הגיעה עת בהיסטוריה האנושית, שבה הידע המתמחה בפיזיקה גרעינית, בסוגטות של שקספיר, או בתולדות יוון העתיקה הפך לנחלת האדם הבלתי-מקצועי, כחלק מן החינוך הכללי. כאן התעוררה הבעיה, מה יש להגיד לאדם הבלתי-מקצועי? נבחרה הדרך הפשוטה: "אמור לו רק את העובדות". הידע הוצג כמועבר או מתקבל, לאו דווקא כנתמך על-ידי טיעונים או קשור לתפקידו התכליתי כמכשיר למחקר או לסוגים אחרים של פעילות יצירתית וביקורתית.

למידתנו נפגעת לעתים קרובות מידע מנותק – ידע המנותק מתכליותיו, מן המקרים המדגימים, מן המבנה או מן הטיעון. מרבית מצבי הלמידה מזניחים שאלה אחת או אחרת משאלות המתווה, וכתוצאה מכך אין אנו משיגים הבנה מלאה של הידע. נקודת ההשקפה של ידע כמתווה דורשת מכולנו, בתפקידנו כמורים או כלומדים, לתקן הזנחה זאת.

שיקום הקשרים

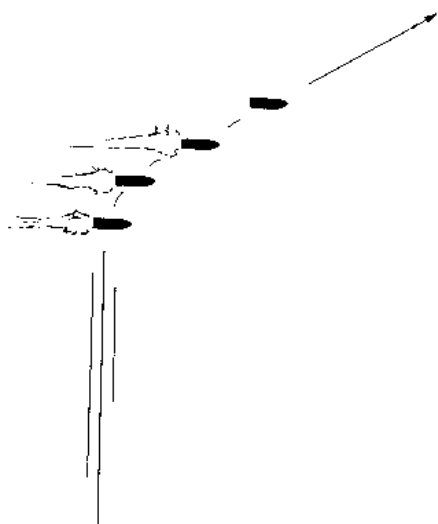
ההוראה הרגילה בבתי-הספר סובלת מבעיות רבות של ידע מנותק; אך אין זה הכרחי. אף על פי שבית-הספר הרגיל מהווה רק מקור אחד של למידה, עלינו לשקול מקרה מיוחד זה בשל תפקידו המרכזי בלמידתם של מרבית האנשים, ובשל הבעיות המתמידות של ניתוק הזועקות לתיקון. נביא כאן מספר דוגמאות.

קישור לתכלית

נבחן מקרוב פיסת מידע שהוזכרה לעיל: קולומבוס גילה את אמריקה בשנת 1492. אנו לומדים עובדה זאת בגיל צעיר; אך איננו לומדים את התכליות של ידיעת עובדה זאת ואחרות. אנו לומדים תאריכים ואירועים כמידע, אך לא כמתווה. הוראת ההיסטוריה מנותקת במידה רבה מן התכליות המעניקות להיסטוריה משמעות כדיסציפלינה.

לא נעלמה. התנועה הנוצרת היא פשרה בין הכיוון המקורי לבין הזווית הישרה. הטיל ינוע בזווית בין השניים, וזווית זאת תלויה בעוצמה ובמשך הזמן של הפעלת המבער (ראה תרשים 1.4).

תרשים 1.4: המסלול שהטיל יעבור



תשובה זאת עומדת בסתירה לפיזיקה האינטואיטיבית של אנשים רבים. הבעיה נעוצה בחלקה בניסיון החיים שלנו. כוחות החיכוך שולטים במרבית התנועה שאנו רואים. עצם אינו נע, כמובן, באותו כיוון ובאותה מהירות לאורך זמן, כפי שמכתיבים זאת חוקי ניוטון; הוא נעצר לאחר זמן קצר, בשל החיכוך. לאחר התנסות חוזרת ונשנית במשך כל החיים, הציפייה לסיבוב בזווית ישרה נראית הגיונית. אילו היה קיים חיכוך בחלל, התנועה היתה "מתכלה" לאחר זמן קצר, והפעלת המבער בזווית ישרה היתה אכן מפנה את הטיל בזווית ישרה, ללא השפעה של התנועה המקורית.

מכיוון שהחיים מטעים אותנו, החינוך חייב להשתדל לתקן זאת. המחשבים, למשל, עשויים לספק לנו מקרים מדגימים טובים יותר – גישה הנבחנת כיום על-ידי מחנכים. התלמידים יכולים לפגוש על גבי צג המחשב בעולם של עצמים ללא חיכוך המתנהגים בהתאם לחוקי ניוטון. התלמידים יכולים לבחון את הניסוי שהוצג לעיל, ורבים אחרים כמותו. הם יכולים להפעיל את המבער של הטיל בעצמם, ולצפות בתוצאות. ניתן גם להתנסות בשינוי מידת החיכוך, ולצפות בהתנהגותם השונה של עצמים בהשפעה שונה של כוח החיכוך. לאחר התנסויות כאלה, יש לקוות שהתלמידים יפתחו הבנה טובה יותר בדבר משמעותם של חוקי ניוטון. אפשר גם לאתר מקרים מדגימים טובים יותר בחוויה היום-יומית. בספורט קיימים מצבים רבים של התנהגות עצמים בהתאם לחוקי ניוטון. כאשר שחקן כדורגל אמריקני מפיל ארצה מן הצד שחקן אחר תוך כדי ריצה, לאן ייזרק אותו מעוצמת

אזכור כל הקשרים הללו דרך אגב לא יבהיר אותם לאדם שאינו בקיא במתמטיקה. הבעיה היא בהסבר מראש של חשיבות משפט פיתגורס. המתמטיקה בונה מבנים מורכבים שאינם פשוטים כלל, ועל כן קשה לחזות מראש את המבנים שייבנו מרכיבים אלה לפני שהלומד מכיר את הרכיבים עצמם. בשל קושי זה, אין הדבר נעשה לרוב. במקום זה, משתמשים בהפשטות שתכליתן מתבררת רק ככל שהן משתלבות למערכת שהן עצמן שותפות בהגדרתה.

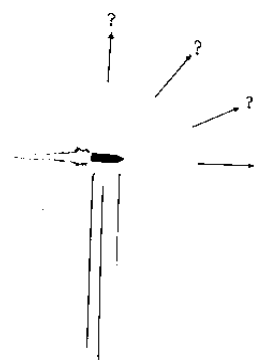
הכרה בדילמה אין פירושה ויתור מראש; להפך – ההנחה של נקודת המבט של הידע כמתווה היא שהוראת המתמטיקה חייבת לחתור בהתמדה – אולי באמצעות מקרים מדגימים ואנלוגיות – לחיזוי מראש של היישומים למושגים ומשפטים מתמטיים. אם לא ננהג כך, נותיר את התלמיד ללא מוטיבציה לגבי המנגנון המתמטי.

קישור למקרים מדגימים

חוקי ניוטון עשויים לשמש דוגמא קלסית לניתוק ממקרים מדגימים. מחקר פסיכולוגי וחינוכי עכשווי מצא שאפילו תלמידי פיזיקה באוניברסיטה הם בעלי תפיסות שגויות מחופרות בדבר תנועת גופים בחלל. הם ניחנים בפיזיקה אינטואיטיבית, הנוגדת את הפיזיקה של ניוטון. נתייחס לבעיית חשיבה פשוטה שרבים מתקשים בה:

טיל נופל באופן חופשי במהירות של מאות קילומטרים לשעה. הטייס, הרוצה לפנות לכיוון אחר, מפנה את הטיל בזווית ישרה מכיוון תנועתו ומפעיל את המבער. באיזה כיוון ינוע אז הטיל? (ראו תרשים 1.3).

תרשים 1.3: מסלולו של טיל לאחר הפעלת המבער בזווית ישרה מכיוון התנועה?



רבים מצפים שהטיל יתחיל לנוע בזווית ישרה למסלולו המקורי, בדומה למכונית הפונה מסביב לפינה. אך תשובה זאת אינה תופסת לגבי התנהגותם של עצמים בנפילה חופשית. הטיל שנורה זה עתה צובר אמנם תאוצה בזווית ישרה מהכיוון המקורי. אך התנועה המקורית עדיין פועלת גם היא – הרי היא

הלומד יכול להיעזר במקצת בהדגמה ללא תיאור המבנה, אך הוא ייעזר יותר בדוגמא בעלת מבנה. המורה השואף לקשר את הוראתו למבנה חייב לחפש תיאור פשוט ורב רושם של הפעולה המודגמת, גם אם הוא עצמו אינו זקוק לתיאור כזה.

קישור לטיעון

ההיסטוריה כפי שהיא נלמדת בדרך כלל מציבה בעיות של ניתוק מן התכלית, וכן של ניתוק מן הטיעון. כיצד אנו יודעים שקולומבוס אכן יצא למסעו בשנת 1492? מכיוון שאמרו לנו זאת. הסיבה היחידה להאמין בכך היא העובדה שכך כתוב בספרים. הסכנה אינה טמונה בכך שהספרים טועים – יש להניח שהם צודקים מרבית הזמן – אלא בכך שהתלמידים לומדים היסטוריה מבלי ללמוד חשיבה היסטורית: דגמי החקירה שבהם היסטוריונים משתמשים לקביעת האירועים וחשיבותם. ההיסטוריון חייב לעתים לעמול קשה ובדרכים עקלקלות לאימות עובדה היסטורית כלשהי, ובוודאי שכך לגבי הכללה היסטורית. אך הדרך שבה מוגשת ההיסטוריה מעלימה את החשיבה שמאחוריה.



יש המצדיקים דרך זאת, בטענם שההיסטוריה היא נושא התמחותי מדי לגבי התלמידים – הרי לרובם אין גישה לחומר מקורי על המהפכה הצרפתית או על התפתחות מכונת הקיטור. עם זאת, ספקות אלה מזהים את ההיסטוריה עם עשורים ומאות קודמים. נניח במקום זאת שקבוצת תלמידים מקבלת מטלה לשחזר אספה עירונית מלפני חודשיים. כל התכונות של חשיבה היסטורית מתגלות כאן מיד. ניתן לאתר מקורות – דיווחים בעיתונות, עדים להתרחשויות, קלטת או אפילו סרט וידאו של האירוע, מסמכים רשמיים, וכדומה. קיימת גם שאיפה לאובייקטיביות. מרבית העדים היו מעורבים באירועים, וייתכן שהיו בעלי עניין משלהם. האם הם מסכימים ביניהם? האם האי-הסכמה ביניהם מצביעה על הבדלים פוליטיים? קיימת גם שאיפה למשמעות. אילו מתוך גודש הסוגיות הקטנות שעלו

ההתנגשות? בהסתמך על ניסיוננו המעשי, תשובתנו תהיה: באלכסון – פשרה בין מסלול ריצתו לבין כיוון ההתנגשות. או במשחק כדורסל – שחקן זורק לסל, ושחקן נגדי מכה בכדור מן הצד. האם הכדור יעוף במאונך למכת היד? כמובן שלא – הוא יעוף בזווית. אנו יכולים לבחון בדרך כזאת את העולם הרגיל של חוויות, למציאת מקרים מדגימים; או לבנות מקרים מדגימים מקוריים. כך או כך, המטרה היא אחת: לקשר עקרונות פיזיקליים מופשטים עם הגילויים ההתנסותיים המוחשיים שלהם, כך שחשיבות העקרונות תובן בדרך אינטואיטיבית.

קישור למבנה

מכל ארבע שאלות המתווה, זאת העוסקת במבנה זוכה למרבית תשומת הלב בבתי-הספר הרגילים. בדרך כלל, מורה לאנגלית, למתמטיקה, להיסטוריה או לפיזיקה משתדל להסביר במפורט את המושגים הנלמדים. אך ישנו מצב מסוים, בבית-הספר ומחוצה לו, בו המבנה מוזנח: כאשר המורה מספק מקרה מדגים על-ידי הצגת כושרו שלו. למשל, אמנים מלמדים לפעמים את תלמידיהם באמצעות הדגמת תהליך הציור, הפיסול או הקדרות. מאמן עשוי להדגים שימוש בטרמפולינה או קליעה לא נכונה בכדור. בדיסציפלינות האקדמיות, מורה למתמטיקה עשוי להציג את צורת הפתרון של בעיה, ומורה לאנגלית עשוי להציג תכנון של מסה.

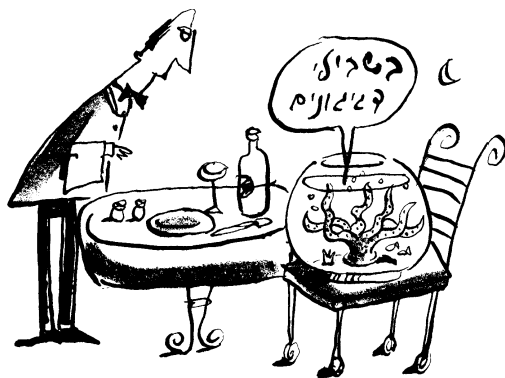
הדגמה היא סוג אחד של מקרה מדגים, בעל עוצמה הוראתית רבה. אך לעתים באות הדגמות כאלה ללא פריסת המבנה. קיימת כאן בעיה קשה של תקשורת: הדגמות רבות מעורפלות מדי. קשה להבחין אילו תכונות בהדגמה הן החשובות, אלא אם כן ההדגמה מלווה בהסבר של הנקודות החשובות במבנה. תארו לכם מה היה קורה אילו בדוגמא של העשים, הציפורים ובתי החרושת, הסיפור לא היה מדגיש את עקרונות הבררה, התורשה והשונות – המשמעות וההשלכה הכללית של המקרה המדגים לא היו מתבהרות לנו.

כאשר המקרים המדגימים מובאים בנפרד מן המבנה, ייתכן שהאמור בהזנחה פשוטה; אך לעתים משקף הדבר קושי אמיתי בקביעה איזה מבנה יש להציג. ניתן להדגים לבנד או בתך רכיבה על אופניים, אך כיצד ניתן להסביר להם את המבנה של הפעולה שעליהם לעשות? בעיות דומות מתעוררות בהצגה של פתרון בעיה מתמטית, ציור תמונה, או כל פעולה אחרת הכרוכה במיומנות: המדגים מתקשה לעתים קרובות לתאר בצורה טובה את הביצועים אותם הוא מדגים בקלות. מעמדו כמומחה מקשה על כך עוד יותר – הוא מרוחק מן הלימוד ההתחלתי, ולעתים תכופות אינו זוכר אילו היבטים מובנים מאליהם ואילו דורשים הסבר. זאת ועוד, חלק גדול ממיומנותו הפך לאוטומטי, והוא אינו ער לדרך בה הוא מבצע אותה.

ניתן לפתח את שניהם בו זמנית. שאלות האקולוגיה מדגימות עניין זה. כולנו מתמודדים עם פתרון שאלות כאלה בעזרת הידע הכללי הניכר העומד לרשותנו ובעזרת השכל הישר שלנו.

השאלה הראשונה: מדוע בעלי החיים נייחים נמצאים במים ולא על היבשה? ובכן, אילו בעיות יתעוררו אצל חיות יבשה הנטועה במקומה? היא לא תוכל לצוד או לתור אחר מזון, אלא רק ולהמתין ללא זיע. מדוע אסטרטגיית ההמתנה למזון אפשרית בים אך לא ביבשה? האם המזון אמנם מגיע בקלות רבה יותר במצע אחד מאשר באחר? כנראה שכן. המים מזרימים כל העת חומרי מזון לבעלי החיים הנייחים. כוח הציפה מאפשר למים לשאת משא רב יותר של מזון מאשר ניתן לשאת באוויר. כאשר מצרכי המכולת מובאים אל פתח ביתך, משתלם לשבת ולהמתין במקום אחד – כגון קונכיית מגן עבה שאינה ניידת, או תפיסת מקום בו נמצא הנוזל המזין של אזורי גאות או של זרמי סחף.

חשיבה זאת אינה מושתתת על ידע ביולוגי מיוחד, אלא על הפעלת השכל הישר והניסיון האישי. כולנו יודעים שבעלי חיים חייבים לאכול. כולנו מכירים את תכונות היסוד של מצע נוזלי. כמובן שידע טכני היה מאפשר מחשבה עמוקה ויסודית יותר; אך ניתן להתחיל בחשיבה גם בלעדיו.



גיליון ציונים

כפי שאנו למדים מתוך הדוגמאות שלעיל, שאלות המתווה מספקות הדרכה לידע מקושר. הן מזכירות לנו להיות קשובים לכל ארבעת ההיבטים – תכלית, מבנה, מקרים מדגימים וטיעונים – ללא דילוג על אף אחד מהם. ניתן לעשות זאת בכל הקשר של העברה או קבלה של ידע, רשמי או בלתי-רשמי, ציבורי או פרטי. מובן מאליו שכך הדבר בחינוך הפורמלי. ברצוני להדגיש נקודה זאת על-ידי הענקת גיליון ציונים קצר לגבי דרך הטיפול המקובלת בנושאי לימוד אחדים במסגרת בתי-ספר עממיים ותיכוניים – ולעתים קרובות מדי, אפילו באוניברסיטאות.

מתמטיקה: חיזוק לעתים קרובות דווקא בטיעונים – בהנחה שאלה מובנים לתלמידים. נכשלת לעתים

באותה אספה עירונית, בולטות כחשובות? מה היו הסגנון והנטייה הכללית של האספה, ואיך אלה מתייחסים לסגנון ולהטיות של האספות שקדמו לה? האם התגלתה כאן חדשנות, או דשדוש במקום, או התחפרות?

שאלות אלה מציבות אתגרים רבים, פשוטים וגם קשים ביותר – זוהי בדיוק מטרת התרגיל. אירועים של הזמן האחרון מספקים הזדמנויות רבות לבניית היסטוריה. אל לנו לנטוש את ההיסטוריה המסורתית למען החשיבה ההיסטורית, או להעתיק את תשומת לבנו כליל לאספות עירוניות ולזנוח את המהפכה הצרפתית. אולם כיום לפחות הסכנה רובצת דווקא בכיוון ההפוך – שלא יעשה שימוש מספיק בחשיבה היסטורית.

גם בביולוגיה יש להקדיש תשומת לב רבה יותר לטיעון. התלמידים לומדים על מחזור הדם, אך לא כיצד התגלה – באחת מפריצות הדרך הקלסיות של המחקר הרפואי. התלמידים לומדים שהגנים מכילים את הצופן של מבנה האורגניזמים החיים; אך אינם לומדים את העדויות לתופעה מוזרה זאת, שעל פיה המורכבות הרבה של הגוף ושל המוח נתונה כולה במבנה ספירלי בגודל מיקרוסקופי.

ניתן להמציא בקלות עדויות לתופעות כגון מחזור הדם, ללא ויתור על הטיעון. ניתן גם לגרות בקלות את התלמידים לעסוק בחשיבה ביולוגית. האקולוגיה, למשל, מספקת כר נרחב של הזדמנויות לטיעון הנוגע להסתגלות של אורגניזמים.

לפניכם שלוש שאלות חשיבה בתחום האקולוגיה:

1. מדוע בעלי החיים נייחים (המחוברים למשטחים ללא נוע, כגון שבלולים ודגים מסוימים) חיים כולם במים, ולא על היבשה?
2. מדוע חיות יבשה מטילות מספר ביצים קטן בהרבה מאשר חיות מים?
3. בהמשך לשאלה הקודמת – מדוע חרקי היבשה מטילים דווקא ביצים רבות, בניגוד לחיות היבשה האחרות?

הצגנו שאלות אלה בסדנה שערכנו, כדי לעורר חשיבה. כאשר המשתתפים התבקשו לחשוב על התשובות, התלונן אחד מהם: "אבל איננו יודעים דבר על בעלי חיים נייחים! כיצד, אם כן, נוכל לטפל בשאלה כזאת?"

תגובתו מדגימה בעיה יסודית במלאכת החינוך. מחנכים רבים מסכימים שבמוקדם או במאוחר, על התלמידים ללמוד לחשוב על דברים בעזרת הידע המצוי בידם; אך התפיסה המקובלת היא: "קודם עליך ללמוד את העובדות, ורק אז תוכל להשתמש בהן בחשיבתך". בניגוד לכך, הידע כמתווה גורס: "אל לך ללמוד את העובדות והנתונים בלבד. למד את העובדות בעודך לומד לחשוב באמצעותן". החשיבה אינה שבויה בתוך ידע קודם של העובדות הרשמיות;

רבים משתדלים להבהיר את תכליתן של פיסות ידע, ולומדים רבים שואלים – למרות שאין הם מקבלים תמיד תשובה הולמת – "לשם מה זה טוב?". המורים מספקים דרך קבע מבנה, ולעתים קרובות גם מקרים מדגימים וטיעונים. כאשר יימנעו מכך, ידרשו זאת התלמידים.

האפשרויות הגלומות בידע כמתווה ובשאלות המתווה אינן מצויות בהשקפה חדשה על הידע, אלא בהבהרת השקפה אינטואיטיבית, מנוסה ובדוקה. מורים ולומדים מתייחסים לרוב באורח ספונטני לידע כמבנה תכליתי, ומקדישים תשומת לב למקרים מדגימים ולטיעונים; אך לעתים קרובות אינם פועלים כך. ידע כמתווה מגבש את מיטב הדחפים הטבעיים שלנו לשיטה מוגדרת.

מה ניתן לעשות? כלומד בסביבה פורמלית או בלתי-פורמלית אתה יכול:

- **לשים לב לבעיה של ידע מנותק.** תוכל לבחון את רמת הבנתך לגבי מושגים, עקרונות וכדומה באמצעות ארבע שאלות המתווה. האם תוכל להשיב על כולן בהתייחס לפיסת הידע הנדונה? האם תוכל להעלות במחשבתך מקרים מדגימים חדשים, כדי לוודא שאינך חוזר על דברים שנאמרו?
- **לכוון את הלימוד של פיסת ידע חדשה באמצעות שאלות המתווה, ולהשתדל להשיב על כל אחת מהן.** ייתכן שתגלה שמקור הידע שלך – ספר הלימוד, למשל – הזניח אחת מהן. במקרה כזה, מצא את התשובות במקורות אחרים, או נסח אותן בעצמך; לכל היותר, תאתר את החללים בהבנתך.
- **לחפש לקחים מעצמים יום-יומיים,** ולחשוב על הטיעונים המסבירים כיצד המבנה משרת את תכליתם – על פי עקרונות הפיזיקה, הכלכלה או כל תחום ידע אחר, לפי הצורך – כמו בדוגמא של הלהב.
- **להיות ביקורתי ויצירתי באשר לידע,** על-ידי בחינה של כל פיסת ידע באמצעות שאלות המתווה, בניית מקרים מדגימים חדשים – או אפילו שיפור או יצירת הידע באמצעות שאלות המתווה.

המורה יכול:

- **להיזהר מבעיית הידע המנותק.** תוכל לבחון האם הבנת את החומר הנלמד באמצעות תשובות לארבע שאלות המתווה. תוכל להבטיח שאתה עוסק בהוראתך בכל ארבע השאלות.
- **להציג את הנושא הנלמד לפי סדר השאלות,** כפי שעשינו זאת לגבי הלהב ותיאוריית הברירה הטבעית של דארווין. תוכל ללמד כל דבר באמצעות המסגרת של שאלות המתווה (דרך אגב – כאשר מלמדים נושא, רצוי ראשית לכול להציג את התכלית, כדי ליצור מסגרת התייחסות. לאחר מכן יבואו המבנה והמקרים המדגימים – לפי צורכי ההבהרה בכל מקרה ומקרה. הטיעונים יופיעו

קרובות בהבאת מקרים מדגימים. ברורה מאוד במבנה התוכן, אך מזניחה לעתים קרובות את המבנה של עשיית הדברים – תהליך פתרון הבעיות. מתקשה ביחס לתכלית, בגלל קושי אמיתי – שניתן להתגבר עליו – בתיאור תפקידם העתידי של מושגים ותוצאות שזה עתה הוצגו.

היסטוריה: חזקה במקרים מדגימים – דוגמאות ייחודיות של אירועים היסטוריים. המבנה מובא בפירוט – לפעמים אף בפירוט יתר כך שקשה לעקוב אחריו – ואינו מאורגן היטב. חלשה בקישור לתכלית: כיצד אירועים ומגמות היסטוריים מתקשרים זה לזה; מה משמעותם לזמננו? חלשה בטיעונים. תלמידים לומדים אך מעט על הצידוקים לטענות היסטוריות, ואינם מתנסים כמעט בחשיבה היסטורית. **ביולוגיה:** המבנה מוסבר בבירור. חזקה לעתים קרובות במקרים מדגימים, באמצעות תרשימים, נתיחות וכדומה. חזקה לעתים בתכלית, באמצעות דיון בתפקודם של חלקים ושל תהליכים שונים. חלשה בטיעונים.

פיזיקה: התכלית הכללית אמורה להיות ברורה – הסבר תופעות פיזיקליות. עם זאת, התופעות המוסברות נראות לכאורה שוליות ובלתי-קשורות לחיים; נדרשת לתלמידים הבנה חיה יותר עד כמה חוקי הפיזיקה מחלחלים לכל תחומי החיים. חזקה במבנה ובטיעונים, באמצעות נגזרות מן המתמטיקה ודיון בניסויי מפתח. לעתים קרובות חלשה במקרים מדגימים, במיוחד במקום שבו הבנתו האינטואיטיבית לגבי אירועים פיזיקליים מתעמתת עם התיאוריה. דרושות דוגמאות בהירות שיחליפו את המושגים הנאיביים שלנו.

ספרות ואמנות: חזקות במקרים מדגימים; התלמידים מבלים את מרבית זמנם בקריאה או בצפייה במספר דוגמאות ראויות. ציון מעורב בתכלית: לעתים יש טיפול רגיש בתפקידן של האמנויות בחברה ובחיי הפרט, ולעתים מתעלמים מכך. ציון מעורב במבנה, בשל הקושי לתאר ולפרש יצירות אמנות. חלשות בטיעוני הערכה: אף על פי שהתלמידים פוגשים בדעות ביקורתיות, הם מאמצים לעתים את התפיסה ששיפוט ביקורתי משקף טעם אישי בלבד. הם אינם נחשפים לרזי הטיעון האסתטי.

ניתן להעניק ציונים מעין אלה כמעט לכל נושא. מרבית הנושאים הנלמדים סובלים מבעיות רציניות של ניתוק בתוך עצמם. בנוסף לכך, ההוראה כמעט שאינה מטפלת בקשרים בין נושאי הלימוד דרך מציאת נקודות משותפות או ניגודים בתכלית, במבנה, במקרים המדגימים או בטיעונים. על כן, החומר הנלמד מאבד ממשמעותו הכוללת, והלומדים מתייחסים אליו באדישות.

מה ניתן לעשות

הצגת הידע כמתווה מהווה אולי חידוש, אך אין כל חידוש בכל אחת מארבע שאלות המתווה. מורים

לחשיבה וללמידה. כך גם לגבי אסטרטגיות אחרות שתבחר להשתמש בהן. נעשו ניסויים שהשוו בין הוראה ישירה של אסטרטגיות חשיבה לבין הוראה שבה המורים הדגימו את שיטת החשיבה הרצויה ללא מתן הסבר, על-ידי מעשיהם או על-ידי דוגמאות. סגנון ההוראה הראשון השיג תוצאות טובות בהרבה מן השני.

על המורים והלומדים כאחד לזכור:

- **ליישם בגמישות את הידע כמתווה ואת שאלות המתווה.** לעתים אין זה ברור האם נקודה מסוימת שייכת לתכלית או לטיעון, ולכן כדאי לשייך אותה לאחד מהם באורח אקראי. כיצד תנתח מבנה של כדור ים או של משאל עם? עליך לפרק את הנושא לגורמים או להיבטים שיהיו בהירים בהקשר הנתון. ידע כמתווה מזמין יישום משתנה, לא שימוש על פי נוסחה נוקשה. קבל את ההזמנה!

הדוגמאות שהובאו כאן מרמזות על הטעם של צורת חשיבה זאת; אך כל אחד חייב להיות טבח לעצמו. ניתן לנצל את הידע כמתווה בסוגים רבים של הוראה ולמידה, אך יש כמובן לתבלו במעט מציאותיות: אין שום שיטת הוראה – אפילו לא הידע כמתווה – שתהפוך את הקניית הידע למהירה ופשוטה; אולם ידע כמתווה יסייע להפוך את המאמץ למשמעותי ונוח יותר, וכן למעורר הנעה רבה יותר.

תרגם מאנגלית: ד"ר עידן ירון

בסוף, או לסירוגין לצד נקודות המתייחסות למבנה – מכיוון שטיעונים מסבירים ומעריכים את המבנה ביחס לתכליתו).

- **להשתמש בשאלות המתווה לגבי תלמידים בכל גיל – אפילו בני ארבע-חמש.** מובן שיש לבחור בשביל ילדים צעירים מושגים מוכרים ודוגמאות פשוטות, לתת הסברים קצרים יותר, ולהימנע משפה מסובכת. למשל, במקום "תכלית" ניתן לשאול "בשביל מה זה?" ; במקום "מבנה" ניתן לשאול "מהם החלקים, ממה זה בנוי?", וכדומה; במקום "מקרים מדגימים" ניתן פשוט לומר "דוגמאות"; במקום "טיעונים" – "איך זה צריך לפעול? האם זה עושה עבודה טובה?".

- **להשתמש בשאלות המתווה לגבי תלמידים בכל רמה של יכולת.** ידע כמתווה אינו מוגבל רק, או במיוחד, לתלמידים מבריקים. הוא עשוי לשמש לכל לומד.

- **לנצל מתווים יום-יומיים לחשיפת פעולתם של עקרונות עמוקים.** הדיון בלהב מבהיר נקודה זאת.

- **לערב את התלמידים בניתוח המתווה; שאל על התכלית, המבנה, מקרים מדגימים וטיעונים מסבירים או מעריכים.** תוכל לשאול שאלות נגישות – ניתוח כיסא, למשל; או להציב אתגרים קשים יותר

– כגון מדוע בעלי חיים נייחים נמצאים רק בים ולא ביבשה.

- **ללמד את תלמידיך את המושג של ידע כמתווה ואת שאלות המתווה, וכך להעניק להם כלי**