

ידע מסדר גבוה

ידע מסדר גבוה:

1. הידע והמיומנות הנדרשים לפתרון בעיות וביצוע מטלות בתחום דעת (דיסציפלינה).
2. הידע והמיומנות של הוכחות והסברים בתחום דעת.
3. הידע והמיומנות של גילוי והמצאה בתחום דעת.

כיצד משחקים את משחק המדע? לרוזן רמפורד היו כמה רעיונות בנושא זה. הרוזן הציג את דפוס החשיבה המדעית בצורה בהירה ואלגנטית ביותר.

במהלך המחצית השנייה של המאה ה-18, התחולל מאבק קשה בקרב הקהילה המדעית בנוגע למהות החוס. התיאוריה שנמצאה מועדפת טענה שחוס הוא למעשה מין חומר שנקרא "קלוריק". תהליכים מסוימים, כגון שריפה וחיכוך, גורמים ל"קלוריק" לצאת מהחומר, ובצורה זו ניתן להבחין בו.

מדענים רבים דגלו בתיאוריה זו, אולם היו גם רבים שהטילו בה ספק. אחד מאלה היה הרוזן רמפורד, אשר טען שחוס הוא דבר שונה לחלוטין. אך כיצד יכול היה הרוזן לבדוק האם אכן קיים החומר שנקרא "קלוריק"? על-מנת לבחון את תיאוריית ה"קלוריק", פנה הרוזן רמפורד לדוגמה מוזרה של כוח החיכוך: קדיחת לועי תותחים. תותח נבנה על-ידי יציקת גוש מתכת לצורה של קנה תותח וקדיחת חור לאורכו, על-מנת להכניס פנימה אבק שריפה וקלע. פעולת הקידוח הביאה לתפוקת חוס רב. על-פי התיאוריה הקלורית, החיכוך גרם ליציאתו של הקלוריק מהתותח. הרוזן רמפורד שאל שאלה פשוטה אך מחוכמת: אם אכן קלוריק הוא חומר, הרי שכמותו בתוך התותח מוגבלת וסופית מלכתחילה. לכן, מה יקרה אם נמשיך לקדוח בתותח במשך זמן רב?

הוא ערך ניסוי שבו השתמש בלהב חריטה קשה, כך שאפשר היה להמשיך ולקדוח מבלי לחזור לצד האחורי של הקנה. הקידוח נמשך יום אחר יום, אך התותח המשיך לשחרר כמות אדירה של חוס ללא קשר לזמן העובר. מסקנתו של הרוזן הייתה שהתיאוריה הקלורית שגויה בהכרח, שכן אחרת כמות הקלוריק בתותח הייתה אוזלת בשלב מסוים ואז התותח היה מפסיק לשחרר חוס.

הניסוי של הרוזן רמפורד, שהוא ניסוי טיפוסי בפיסיקה, מדגים בפנינו כיצד המדע פועל כתחום חקר. אנו רואים בחקר של רמפורד את הדפוס הבסיסי של היקש דדוקטיבי (מן הכלל אל הפרט) המבוסס על השערה. ההשערה הייתה התיאוריה הנבחנת — מודל הקלוריק כהסבר לחוס. ההיקש היה — החיזוי שהחיכוך יוציא לבסוף את כל הקלוריק מתוך

לאחר תכנון דקדקני, מחליט מר ווינג שתלמידיו יערכו ניסוי צמחים שונה בתכלית. בתחילת השיעור רושם מר ווינג על הלוח באותיות של קידוש לבנה "צמיחתם של צמחים", ושואל את תלמידיו: "מה עלול להשפיע, לדעתכם, על צמיחתם של צמחים?". הוא רושם על הלוח כל רעיון העולה בראשיהם של תלמידיו.

התלמידים משתפים פעולה. יש לגלות תמיד פתיחות כלפי רעיונותיהם של התלמידים. הנה כמה מהצעות התלמידים:

- כמות האור
- אורך היום
- כמות המים שהצמח מקבל
- עומק הזרע שנזרע
- דשן
- תכיפות ההשקיה
- סוג האור — אור מלאכותי בניגוד לאור טבעי
- סוג האדמה
- אם הצמח גדל בחול, בעלים או במשהו אחר
- אוויר נקי
- דיבור אל הצמח וליטופו
- קרבתו לצמחים אחרים מאותו מין
- חום
- לחות האוויר.

ואז, מר ווינג מחלק את כיתתו לקבוצות בנות ארבעה תלמידים. כל קבוצה צריכה לבחור השערה הנראית לה משכנעת. עליהם לכתוב מדוע גורם מסוים זה עלול להשפיע על הצמיחה. עליהם לחשוב על שיטה לבדיקת טענתם.

מר ווינג מתעקש על דבר נוסף: "אין לבחור גורם שאתם יודעים מה תהיה תוצאתו", הוא אומר לכיתתו. "לדוגמה, כולנו יודעים שצמחים מגיבים לאור, לכן אינני מעוניין לראות ניסוי שבו אתם שמים צמח אחד בארון וצמח שני על אדן החלון — את זה כבר כולנו מכירים".

תלמיד אחד מביע התנגדות: "אנו לא יודעים דבר על נושא האור. לדוגמה, מה ההבדל בין השפעת אור שמש להשפעת אור מלאכותי? או, האם ביכולתו של הצמח "לדעת" אם יש אור עוד לפני שהזרע פורץ אל פני השטח?".

"טוב", מסכים מר ווינג, "תוכלו לבדוק כל דבר שאין אנו יודעים מראש ושנראה לכם סביר".

במהרה מגלה מר ווינג שמעורבותם של התלמידים בשיעור זה גבוהה בהרבה ממעורבותם בניסוי המקובל של הצמח על אדן החלון, וזאת בשל "בעלותם" של התלמידים על הרעיונות שברצונם להעמיד למבחן. מר ווינג מורה לתלמידיו כיצד לפקח על "משתנים" (variables) — עליהם לוודא

התותח, וכאשר לא יישאר קלוריק, החיכוך יפסיק לחמם את התותח. רמפורד ערך ניסוי על-מנת לנסות לאשש חיזוי זה, ואכן נוכח לדעת שמשוהו חסר בתיאורית הקלוריק.

קל לעשות השלכה מדוגמה מדעית זו לתחומים אחרים. לדוגמה, לתחום ההיסטוריה יש דפוסים משלו לבדיקת טענות ולחקר מצבים היסטוריים. בעוד שהניסוי הוא הכלי העיקרי להוכחה ולהפרכת טענות בתחום המדע, מקורות היסטוריים (מסמכים מקוריים, ממצאים וכדומה) הם הכלי המועדף בתחום ההיסטוריה. בעוד שהמדע מבוסס על בניית תיאוריות או מודלים, תחום ההיסטוריה מושתת על בניית פרשנויות לאירועים שמטרתן לסייע לנו להבין מדוע תקופה היסטורית מסוימת התרחשה כך ולא אחרת.

אם, אכן, לתחומים השונים יש שיטות שונות לאישוש האמת, לניהול חקר ולפתרון-בעיות, כיצד מתמודדת עם זה ההוראה בבית-הספר? לרוב על-ידי התעלמות מכך. בדרך-כלל ההוראה אינה מעמיקה לחקור ולבדוק כיצד פועל תחום דעת מסוים. נכון שלפעמים תלמידים לומדים את "השיטה המדעית", ואולי אף לומדים את דוגמת הרוזן רמפורד, אך רק בבחינת חומר נוסף לשינון; אין הם עוסקים בחשיבה מדעית, אין הם מפתחים יכולת אישית בתחום המדע. ובדומה, בלמדם היסטוריה, אין התלמידים לומדים, בדרך-כלל, כיצד נאספות ונבדקות טענות וסברות היסטוריות.

אם כן, ישנם בתחומי הדעת השונים היבטים רחבים יותר מאשר היבטי התוכן והמיומנויות הרגילים — היבטים שעניינם בדרכי העבודה בתחומי הדעת השונים. אנו נכנה היבטים אלה **ידע מסדר גבוה**. הם מסדר גבוה כיוון שהם ברמה המצויה מעל לידע התוכני הרגיל. אין ביכולתם של תלמידים להבין חומר תוכני ללא הבנת היבטי הסדר הגבוה של אותו תחום דעת.

דמיינו לעצמכם, למשל, את הדילמה של מר ווינג כשהוא מתחיל לבחון את הניסוי המדעי העוסק בגדילת צמחים שהוא נוהג לערוך עם תלמידיו כיתה ו'. הניסוי מתנהל בצורה זו: מר ווינג מחלק לתלמידים עציצים, אדמה וזרעי שעועית. הניסוי עוסק בהשפעת קרינת השמש על גדילת הצמחים. התלמידים מניחים מספר צמחים בארון ומספר צמחים על אדן החלון. הם משרטטים גרף המתאר את התפתחותם של הצמחים במשך מספר שבועות, בחפשם אחר השפעת השמש.

"הבעיה היא", מהרהר בלבו מר ווינג, "שהתלמידים כבר יודעים מראש מה תהיה התוצאה. לכן אין זה ממש ניסוי מדעי. ניסוי כזה אינו ממחיש באופן אמיתי לתלמידים כיצד פועל המדע".

מר ווינג חושב איך ניתן לשנות את הניסוי על-מנת להדגים בפני תלמידיו כיצד מתנהל תהליך מדעי אמיתי. "דבר אחד בטוח", הוא מהרהר בלבו, "אם ברצוני להפוך ניסוי זה למדעי, עלי לבקש מתלמידי לספק השערות. עליהם לחשוב על השערות מחוכמות יותר מאשר אלה המתייחסות לתגובתם של צמחים לקרינת השמש".

רמת החקר

רמת החקר של הידע והמידע השימושי מתייחסת להליך החקר בתחום דעת מסוים. איך משחזרים היסטוריה, למשל? מהן שאלות טובות? איך מחפשים להן תשובות? בהיסטוריה מדגישים את הניסיון לשחזר מאורעות, ולתת פירושים לסיבות ולמגמות בולטות. בעיון הספרותי מנסים לפתח רגישות ליצירות ספרותיות ולנתחן על-מנת לגלות את משמעותן הנסתרת. המדע עוסק בגילוי תופעות מעניינות, בהגדרת שאלות בעלות ערך ובבניית תיאוריות שמטרתן להסביר תופעות. **רמת החקר**, אם כן, **מבוססת על רמת ההוכחה**; אך רמת החקר מתקדמת מעבר לשלב של מתן ציודקים והסברים — היא כוללת חיפוש אחר שאלות וגיבוש תיאוריות.

נשאלת השאלה, עד כמה ניתן להבדיל בין שלושת רמות אלה — פתרון-בעיה, הוכחה וחקר? בסופו של דבר, כאשר אנו עוסקים בתחום דעת מסוים, רמות אלה מתערבבות באופן טבעי. אין לייחס חשיבות יתר להגדרתו של שיעור על-פי רמה מסוימת, אך עצם הרעיון של ידע מסדר גבוה מטרתו להרחיב את ההוראה ולהעלותה לרמה גבוהה יותר, לרמה שבה ההוראה החובקת לא רק תכנים לימודיים לשינון אלא גם ידע ומידע שימושי אשר יועיל בתחום פתרון-הבעיות, מתן הוכחות וביצוע חקר מעמיק.

מדוע חשוב לטפח ידע מסדר גבוה?

בחיפושנו אחר תרבות חשיבה בבתי-ספר, לידע מסדר גבוה נודעת חשיבות עליונה בשל שלוש סיבות עיקריות:

1. **ידע מסדר גבוה לא קיבל עד כה את תשומת הלב שהוא ראוי לה.** ההוראה נשארת, בדרך-כלל, ברמת התכנים בלבד, ומתמקדת בלימוד של עובדות, טכניקות ומיומנויות שונות. לימוד היסטוריה, למשל, מתמקד בגרסתם של ספרי הלימוד על מה שהתרחש בעבר. רק לעתים רחוקות הוא נוגע במהותן של ההוכחות ההיסטוריות או בתהליך החקר ההיסטורי. ההוראה בנושאי מדע מתמקדת לרוב בתגליות מדעיות, ולא בשיטת החקר המדעי. כאשר השיטה המדעית זוכה לתשומת לב מסוימת, הטיפול בה **לרוב הוא שטחי**, וזו בדיוק הדילמה שהטרידה את מר ווינג בדוגמת הפתיחה: התלמידים מבצעים, בדרך-כלל, ניסויים בשם לימוד השיטה המדעית, כאשר בעצם לא מתבצע חקר כלל, שהרי התוצאה כבר ידועה מראש.

רמה אחת של ידע מסדר גבוה אשר זוכה לתשומת לב מרובה בחינוך המקובל היא רמת פתרון-בעיות, בעיקר בתחומי המתמטיקה והפיסיקה.

שכאשר הם מציבים מצבים שונים לצורך הניסוי, הם ייבדלו זה מזה בגורם אחד בלבד — ה"משתנה" של הניסוי. עד מהרה, מלבלבת קהילה מדעית בכיתתו של מר ווינג.

מהו ידע מסדר גבוה?

הרעיון הכללי של ידע מסדר גבוה הוא פשוט: כל תחום מכיל הרבה יותר מאשר עובדות ומיומנויות. מתמטיקה, לדוגמה, מכילה יותר מאשר שיטות לחישוב חילוק וכפל, ואף יותר מתורת פיתגורס. על-מנת להבין ספרות עלינו לדעת יותר מאשר לצטט את שקספיר, לדעת למנות מספר יסודות בולטים בכתיבתו ולצטט פירושים שונים שניתנו להצגותיו.

אך מה זה ה"יותר"? הזה שעליו אנו חוזרים ומדברים? ישנן דרכים שונות להגדיר את טבעו של ידע מסדר גבוה. לאחרונה הציעו דיוויד פרקינס ורבה סיימונס שיטה אשר מבדילה בין שלוש רמות של ידע מסדר גבוה, שהן מעבר לרמת ה"תוכן" (Perkins & Simmons, 1988):

רמת פתרון-בעיה

פה אנו מוצאים ידע ומידע שימושי אשר יעזרו לנו בתחום פתרון-הבעיות של תחום דעת מסוים. לדוגמה, אסטרטגיות שעל התלמיד לנקוט על-מנת להתגבר על בעיות במתמטיקה בצורה יעילה, או על בעיות הקשורות בתכנון חיבור שהוא כותב בספרות או בהיסטוריה. דרכי פעולה למציאת נושאים שראוי להתעמק בהם כאשר המטלה היא לבחור נושא לחיבור, ועוד.

רמת ההוכחה

פה אנו מתייחסים לידע ולמידע שימושי בכל הקשור להוכחות ולהסברים בתחום דעת מסוים. לכל תחום דעת יש שיטות טיפוסיות להצדקתם ולהסברתם של דברים. לדוגמה, אין דומות ההוכחות המקובלות בתחום המתמטיקה לאלו שבתחום הפיסיקה. במתמטיקה רצוננו בהוכחות דדוקטיביות של טענות; הדוגמה הבולטת היא בתחום הגיאומטריה האוקלידית, שבו כל משפט נובע מהיקשים לוגיים המבוססים על אקסיומות והגדרות שאותן מניחים מראש. כפי שמדגים מקרה הרוזן רמפורד, טבען של הוכחות בתחום המדע שונה לחלוטין; במדע בונים דגמים ותיאוריות ומעמידים למבחן את חזוניהם על-מנת לאשש או להפריך אותן. בספרות צורת ההוכחה שונה: על-מנת לתת תוקף להכללה או לפרשנות כלשהן, יש לבחון את היצירה הספרותית, בניסיון למצוא בעליה עצמה או בצורה שבה הסופר מביע אותה את הביסוס להן.

של טענות שניתן לכנותה "אמונות הרקע" של התלמידים בנוגע למתמטיקה. לאמונות רקע אלה השפעה רבה על האופן שבו תלמידים ניגשים ללימודי המתמטיקה. תלמידים רבים הדוגלים ב"כלל עשר הדקות" ינסו לפתור בעיה, אך יתיאשו אם לא יגיעו לתשובה תוך עשר דקות. תלמידים כאלה אינם מאמינים שניתן לפתור כל בעיה בעזרת התמדה, השוואה לבעיות אחרות, פירוק הבעיה לגורמים, בדיקת מקרים מיוחדים וכו' — "או שתפסת את הרעיון, או שלא", הם טוענים.

גם בתחום שהוא רחוק ממתמטיקה, כמו חיבור, מגלים התלמידים תפיסות מוטעות המשפיעות על התנהגותם. החוקרים קרל ברייטור ומרלין סקרדמליה כתבו על האסטרטגיה של "מסירת ידע", שבה נעזרים תלמידים רבים בכתיבת חיבורים. תלמידים רבים אומרים בכנות לגבי אסטרטגיה זו:

אני חושב על משהו שיש לי לומר על הנושא ורושם. אז אני חושב על משהו אחר שאוכל לומר, וכן הלאה. במהרה מצטברות בידי מספר פסקאות. כאשר אין לי יותר מה לומר, אני מסיים את החיבור בפסקת סיכום, וזהו זה.

ברייטור וסקרדמליה מדגישים את הניגוד המוחלט בין אסטרטגיית כתיבה זו לבין דפוסי עבודתם של סופרים. תוך התפתחות מיומנות הכתיבה, תלמידים הופכים ל"מעבדי ידע" במקום "מוסרי ידע". כלומר, במקום לספר רק מה הם יודעים, הם מתחילים להשקיע בנושא מחשבה רבה יותר, מארגנים את החיבור בסדר הגיוני, מזהים טענות, בונים ויכוח, מציעים את זווית ראייתם האישית וכן הלאה (Bereiter & Scardamalia, 1985).

לסיכום, דוגמאות אלה מתחומי המתמטיקה והחיבור מוכיחות את החשיבות של תפיסת הלומד את המקצוע לגבי התנהגותו כלומד. מתן תשומת לב רבה יותר, בדרכים מגוונות יותר, לידע מסדר גבוה היא הבסיס להשכלתו של התלמיד.

"השורות התחתונות": שילובו של ידע מסדר גבוה בתרבות הכיתה

הדיון הבא מדגים בקווים כלליים כיצד ניתן לשלב ידע מסדר גבוה במקצועות הלימוד השונים. אך מה הכוונה בשילובו של ידע מסדר גבוה בהוראה היום-יומית? כמורים, כיצד תוכלו לדעת האם אתם אכן עושים זאת? לפנינו ארבעה עקרונות של "שורה תחתונה" שמטרתם לעזור לכם להעריך את התקדמותכם בפיתוח ידע מסדר גבוה בקרב תלמידים.

אך גם זאת בצורה מוגבלת למדי. התלמידים זוכים, אמנם, לתרגול רב בתחום זה, אך אין הם מקבלים הנחיה ישירה באמונות פתרון-הבעיות. כתיבת חיבורים בתחום לימודי הלשון מקבילה לפתרון-בעיות בתחום המתמטיקה. פה, שוב, נדרשים התלמידים לתרגל את המיומנות האופייניות, אך אינם מקבלים הנחיה ישירה מעבר לטכניקה.

2. ידע מסדר גבוה הוא המפתח להבנה אמיתית ולמעורבות בכל תחומי הלימוד. ידע מסדר גבוה הוא בעל חשיבות עליונה להבנה אמיתית ולמעורבות בכל תחומי הדעת. לדוגמה, לדעת את התכנים המדעיים אך רק מעט על השיטה המדעית — משמעו הבנה מוגבלת ביותר של המפעל המדעי. לדעת בעל-פה מספר פירושים של שירים ומחזות ולא לדעת כיצד מנתחים ומפרשים חומר ספרותי באופן עצמאי — משמעו, תפיסה דלה וחסרת תובנה בקריאת ספרות ובהערכתה. טיעונים דומים ניתן להעלות לגבי כל תחומי הדעת. תלמידים שאינם מפתחים תפיסה כוללת ומקיפה, עלולים להבין את מקצועות הלימודים כאוסף של עובדות ומיומנויות — משהו אחר (מבוגרים, מורים, מומחים) יודע את התשובות והתלמידים אמורים ללמוד אותן.

ללא הבנה מסדר גבוה, התלמידים לא יבינו ממש את העובדות, את הטכניקות ואת המיומנויות של תחום מסוים. לדוגמה, רעיונות מדעיים רבים נתפסים בעיניהם של תלמידים כמנוגדים לאינטואיציה הטבעית שלהם. דוגמה ידועה לכך היא הרעיון שכאשר משחררים את האחיזה בצמצמים, הם ממשיכים בתנועתם באותה מהירות ובאותו כיוון. זהו הרי אחד מחוקי הראשונים של ניוטון. ניסיוננו בעולם מורה בדיוק ההפך: עצמים מאטים ותנועתם נעצרת כאשר אין מפעילים עליהם כל כוח. למרות שחוק זה של ניוטון טוען, לכאורה, את ההפך ממה שמורה לנו השכל הישר, לחוקי ניוטון יש יתרון בולט: הם מציעים לנו חיזויים והסברים טובים יותר על-אודות תופעות טבע שונות — החל במסלול מעופו של כדורגל וכלה במסלול של כוכבי הלכת. על-מנת להעריך זאת, על התלמידים לחוש את דרך פעולתו של המדע — כיצד המדע מגיע לחוקים אוניברסליים הסותרים, לעתים, את התופעות הנראות לעין, ומאלצים אותנו לראות את התופעות בדרך חדשה.

3. תלמידים גיבשו להם כבר תפיסות מוטעות מסדר גבוה לגבי מקצועות הלימוד, תפיסות אשר חוסמות את התקדמותם. הקדשת תשומת לב לידע מסדר גבוה חשובה כל-כך מכיוון שתלמידים רבים כבר גיבשו בעצמם רעיונות שלעיתים קרובות מוליכים אותם בכיוונים לא מוצלחים. במתמטיקה, לדוגמה, נשמעת תכופות מפי התלמידים הטענה ש"אם אין ביכולתך לפתור בעיה תוך עשר דקות, אז לא תצליח בכך לעולם" (Schoenfeld, 1985). שימו לב לכך שתפיסה זו אינה מתייחסת להיבט מסוים של המתמטיקה, אלא היא בבחינת הנחת יסוד מסדר גבוה בנוגע לפתרון-בעיות במתמטיקה באופן כללי, והיא למעשה חלק ממה שאנו מכנים "רמת פתרון-בעיה". ניתן לשייך טענה זו לקבוצה כללית יותר

1. הדגימו מהו ידע מסדר גבוה באמצעות שימוש בדוגמאות מהחיים.
הציגו דוגמאות מהחיים לפתרון-בעיות, הוכחות ועבודות חקר — כגון המצאות מדעיות, מחקר היסטורי, יצירות ספרותיות וכו'. זכרו שדוגמאות יום-יומיות ואף אישיות יכולות לעתים לשרת את המטרה בצורה טובה יותר מאשר פרקים מפוארים מההיסטוריה של המקצוע.

2. ספקו הסבר על ידע מסדר גבוה בתחומי הדעת השונים. מומלץ לדון עם התלמידים מספר פעמים במהלך השיעורים על האופן שבו מתנהלים פתרון-בעיות, מתן הסברים והוכחות וחקר בתחום הנלמד. בנוסף, ניתן לערוך השוואות בין מקצועות שונים. ערכו דיון עם התלמידים על ההבדלים בין המקצועות השונים, תוך התייחסות לאופן שבו פותרים בעיות במקצוע, מסבירים רעיונות, מביאים הוכחות ומגלים תגליות.

3. עודדו אינטראקציה. הפעילו תכופות את התלמידים בפעילויות של פתרון-בעיות, מתן הסברים והוכחות או חקר. במהלך פעילויות אלה בקשו מהתלמידים שיבצעו רפלקציה על מה שעשו ומדוע עשו זאת, ויצגו מחשבות אלה בפניכם או בפני חבריהם לכיתה. שאלו את התלמידים כיצד הם חושבים שיש לפתור בעיות, להסביר, להביא הוכחות ולחקור בתחום שבו אתם עוסקים, ועודדו אותם לדון בתפיסות אלו בינם לבין עצמם.

4. הקפידו שתלמידים יקבלו משוב בנוגע לידע מסדר גבוה. תנו לתלמידים משוב חיובי כאשר הם מפגינים הבנה ושימוש נכון בידע מסדר גבוה. כאשר תלמיד מפגין הבנה לקויה, תקנו אותו וחזקו את התפיסות הנכונות באמצעות הסברים חוזרים ונשנים. באמצעות עבודה בקבוצות ושיטות אחרות, הביאו את התלמידים לידי מצבים שבהם יוכלו לתת זה לזה משוב הדדי בנוגע להיבטים מסדר גבוה של התחום הנלמד, וזאת כחלק מהפעילויות.

בפרק 11 מובאות דוגמאות מן הכיתה להוראת ידע מסדר גבוה, וכן הנחיות וטקטיקות במטרה להפוך את הידע מסדר גבוה לחלק קבוע מתרבות הכיתה.