

## כיצד תלמידים מפגינים את הבנתם?

לואיס הטלנר, קרן הארנס, כריס אונסר,  
דניאל אריו וילסון

מה קאתי מבינה על הרנסנס? באיזו מידה ג'ניס מבינה את חוקי ניוטון? האם סם מבין את התפתחות הדמויות בספר הצבע ארגמן? האם מנואל מבין את העלות של חימום חדרו בחמש מעלות? המורים והחוקרים שהשתתפו בפרויקט הוראה לשם הבנה התמודדו שוב ושוב עם שאלות כגון אלה כשניסו להעריך את עבודתם של תלמידים. כיצד נוכל לזהות הבנה עמוקה או טובה יותר? מסגרת ההבנה שתוארה בפרק השישי (ראו טבלאות 6.1-6.5 בנספח לאותו פרק) פותחה בתגובה לצרכים אלה.

קוראים יזכרו ודאי שהמסגרת הוראה לשם הבנה מגדירה ארבעה ממדים של הבנה: ידע, מתודות, תכליות וצורות. לכל ממד שניים או שלושה מאפיינים שמנוסחים כשאלות המתארות את רכיביו (ראו טבלה 7.1).

לכל מאפיין ישנן ארבע רמות של הבנה – נאיבית (רמה אחת), ראשונית (רמה שתיים), שולייאית (רמה שלוש) ושולטת (רמה ארבע). התיאורים ההתפתחותיים של רמות אלה מוצגים בטבלה 7.2.

## טבלה 7.1. הנחידים והאפיוניהם

ידע	מתודות	תכליות	צורות
א שינוי אמונות אינטואיטיביות	א ספקנות בריאה	א מודעות לתכליות הידע	א שליטה בסוגות של ביצועים
ב רשתות מושגים לכידות ועשירות	ב בניית ידע בתחום	ב שימושים בידע	ב שימוש יעיל במערכות סמלים
ג מתן תוקף לידע בתחום	ג בעלות ואוטונומיה	ג התייחסות לקהל ולהקשר	

פרק זה משתמש במסגרת ההבנה כדי לנתח דוגמאות נבחרות של עבודות תלמידים ולברוק בעזרתן שלוש שאלות מחקריות: כיצד נראית הבנתם של תלמידים בכיתות של הוראה לשם הבנה? כיצד נוכל לאמוד את עומקה של ההבנה בעבודות תלמידים? כיצד יוכלו מורים להשתמש בהערכות של עבודת תלמידים לצורך קידומה של הבנה עמוקה עוד יותר?

עבודות שתלמידים מפיקים בביצועי הבנה מורכבים מעוררות בעיות של הערכה. כך למשל, כדי להפגין את הבנתה בנושא האבולוציה, כתבה טומוקו (כמו תלמידים אחרים בכיתה) חיבור וכללה בו רישומים סכמטיים. עבודתה הגרפית מפורטת ומצביעה בין השאר על העובדה שליונקים כמו טומוקו עצמה, כמו הכלב שלה וכמו הג'יראפה שראתה בגן החיות, יש שבע עצמות בצווארם. לעומת זאת, לציפורים ארוכות צוואר, כמו האווז בחווה הסמוכה לביתה, יש שבע-עשרה עצמות בצוואר. ייצוגים אלה מצביעים על הבנה של דפוסים במינים, אותם דפוסים שמהם דארווין פיתח את תיאוריית האבולוציה שלו.

## טבלה 7.2. רמות ההכנה

הבנה נאיבית	הבנה ראשונית	הבנה שוליאית	הבנה שולטת
ביצועים מבוססים על ידע אינטואיטיבי.	ביצועים מבוססים על טקסי הבחינה והחינוך הביתי-ספרי.	ביצועים מבוססים על ידע ועל אופני חשיבה דיסציפלינריים.	ביצועים הם בעיקרם אינטגרטיביים, יצירתיים וביקורתיים.
תלמידים מתארים את בניית הידע כתהליך פשוט של תפיסת מידע שהוא זמין ישירות בעולם.	תלמידים מתחילים לכלול בביצועיהם כמה מושגים ורעיונות דיסציפלינריים, ולבסס קשרים ביניהם, אך קשרים אלה הם פשוטים ובדרך כלל גם מדוקלמים.	תלמידים מפגינים שימוש גמיש במושגים וברעיונות דיסציפלינריים.	תלמידים מסוגלים לנוע בגמישות בין ממדים, תוך קשירה בין אמות המידה שעל פיהן ידע דיסציפלינרי נבנה ומקבל את תוקפו לבין טבעו של מושא החקירה או תכליות החקירה בתחום.
תלמידים אינם מבחינים בקשר שבין מה שהם לומדים בבית הספר לבין חיי היום-יום שלהם. הם אינם שוקלים את תכליות הידע ואת שימושו.	תלמידים מתארים את טבעה של בניית הידע ואת תכליותיה, כמו גם את הצורות שבהן ניתן לבטא ידע או להעבירו לאחרים, כפרוצדורות מכניסטיות שיש לבצען צעד אחר צעד.	תלמידים רואים את בניית הידע כתהליך מורכב, וממלאים אחר פרוצדורות ואמות מידה שמשמשות בדרך כלל את המומחים בתחום.	תלמידים תופסים את בניית הידע כתהליך מורכב, המונע על ידי מסגרות ותפיסות עולם העוללות לסתור זו את זו; ידע צומח כתוצאה מבנייה פומבית של טיעונים המתנהלת במסגרת קהילות העוסקות בתחומי הידע השונים.

הבנה שולטת	הבנה שולייאית	הבנה ראשונית	הבנה נאיבית
<p>תלמידים יכולים להשתמש בידע כדי לפרש מחדש את העולם שסביבם וכדי לפעול עליו.</p> <p>ידע מבוטא ומועבר לאחרים באופן יצירתי.</p> <p>הביצועים חורגים לעתים תכופות מהפגנה של הבנה דיסציפלינרית, וזאת כדי לשקף את מודעותם הביקורתית של תלמידים ביחס לבניית הידע בתחומים השונים (למשל – הבנה מטאדיסציפלינרית), או את יכולתם לשלב דיסציפלינות במשימותיהם (כלומר, הבנה אינטרדיסציפלינרית).</p>	<p>כאשר עוזרים לתלמידים, ביצועיהם מבליטים את הקשר שבין ידע דיסציפלינרי לחיי היום-יום, תוך בחינת הזדמנויות ותוצאות של השימוש בידע.</p> <p>ביצועים מבטאים ומעבירים ידע בגמישות ובאופן הולם.</p>	<p>תוקפן של פרוצדורות לבניית ידע תלוי בסמכות חיצונית ולא באמות מידה רציונליות ומוסכמות שפותחו במסגרת דיסציפלינה מסוימת.</p>	<p>ביצועים אינם מראים כל סימן לבעלות של התלמידים על ידיעתם. ביצועים אינם רפלקטיביים ביחס לאופנים שבהם ניתן לבטא את הידע או להעבירו לאחרים.</p>

לרוע המזל, המושגים שבחיבור עצמו אינם חזקים כל כך: טומוקו מתארת את הברירה הטבעית כהליך מכוון של התאמה לסביבה, ומפרשת בטעות את האבולוציה כעובדה מדעית ולא כתיאוריה מעשה ידי אדם המועמדת לטעות. כיוון שטומוקו נמצאת בכיתה שבה מלמדים להבנה ושבה ההערכה היא מתמשכת, תהיה לה הזדמנות לחזור אל רעיונות אלה. אך כיצד יוכל המורה שלה להעריך את מה שהבינה ואת מה שלא הבינה, וכיצד יוכל לעזור לה להתקדם מרמת הבנתה הנוכחית אל הבנה עשירה ועמוקה יותר?

תוצריה של טומוקו מבטאים באופן חלקי את הבנתה; הערכת עבודתה צריכה להצביע על דרכים שבהן ניתן יהיה לסייע לה להעמיק את הבנת האבולוציה. אולם כאן אנו נתקלים בבעיה: האם איוריה מבטאים הבנה אמיתית של הרעיונות שלמדה למרות הבעייתיות באופן שבו היא מתייחסת בכתיבתה למושגים חשובים? או שמא המסקנה המשתמעת מכתיבתה היא, שלמרות התובנה שהציגה באיוריה היצירתיים, הרי שבאופן מהותי לא הבינה את מה שלמדה? אף אחת משתי התשובות איננה נראית נכונה: התשובה הראשונה מסתכנת באימות של תפיסות מוטעות, דבר העלול להשפיע על יכולתה של טומוקו להשתמש במידע כראוי בעתיד; התשובה השנייה מסתכנת בהרפיית ידיה של תלמידה מוכשרת המתעניינת בנושא. לעתים קרובות מדי מורים מרגישים שהם צריכים לבחור בין שתי האפשרויות, אולי מכיוון שאין בידם מכשיר הערכה שיסייע להם להכיר גם בעומקה וגם במגבלותיה של ההבנה.

מסגרת ההבנה יכולה לסייע בפתרון חידת עבודתה של טומוקו. איוריה מגלים תחום בשני ממדים – תכליות וצורות: הם מבטאים קישורים מרתקים ברמה האישית וברמה של העולם האמיתי. הם גם מעבירים את הידע שלה בנוגע לאבולוציה באופן בהיר ומדויק: מחלקות ביולוגיות שונות בעץ האבולוציוני אכן פיתחו מבני שלד שונים. אולם בכתיבתה ניתן לזהות פגמים בשני הממדים האחרים, ידע ומתודות. רשת המידע שלה חסרה כמה מושגים וקישורי מפתח ביחס לתיאוריית האבולוציה, וההנחות שלה ביחס לדרכים שבהן מדענים משתמשים בתיאוריות הן עדיין נאיביות.

המורה של טומוקו אינו צריך לגרום לה להבין שתפסה את האבולוציה (שעה שאינה מבינה אותה באופן מלא) או לחלופין שנכשלה כליל (שעה שלמעשה היא מבינה די הרבה). מסגרת ההבנה מספקת כלי שמאפשר גם להעריך את אותן נקודות חזקות שיכולות לשמש בסיס להבנה עמוקה יותר, וגם את הנקודות החלשות שהוראה נוספת תוכל להתמודד עמן. באמצעות זיהוי רמות היכולת בהתאם לארבעת ממדי ההבנה, מורים מתקרבים לתכנון המשך ההוראה כך שיקדם התפתחות של הבנה.

פרק זה מדגים כיצד המסגרת הוראה לשם הבנה יכולה לחשוף ממדים של הבנה בעבודות תלמידים. אנו בוחנים עבודות מארבע דיסציפלינות – מדע, הבעה, מתמטיקה והיסטוריה – אשר יצרו תלמידים בארבע כיתות שהשתתפו בפרויקט. עבודות אלה אינן מייצגות את העבודות הטובות או הגרועות ביותר שבוצעו בכיתות אלה; מטרתן היא רק להראות כיצד תלמידים בעלי רמות מוטיבציה ויכולת שונות, ממגוון בתי ספר והקשרים דיסציפלינריים, ביצעו חקירות ממושכות. כל תיאור של עבודה פותח בתקציר על ביצוע ההבנה עצמו, ולאחריו מנותחת העבודה באמצעות מסגרת ההבנה. לאחר הדוגמאות אנו מתייחסים לשאלת המחקר השלישית, ובוחנים דרכים אפשריות שבהן מורים יוכלו להשתמש בהערכות כדי לתכנן מחדש את ההוראה כך שתקדם הבנה עמוקה יותר.

חלק מכותבי הפרק למדו את מסגרת ההבנה באמצעות שימוש בה, בדרך זהה לזו שבה מורים לומדים אותה. בתחילה קראנו הן את עבודות התלמידים שנבחרו לשם הערכה, והן את הממדים, המאפיינים והרמות, עד שפיתחנו היכרות עמם. אחר כך קראנו שוב את עבודות התלמידים, וחיפשנו דוגמאות לכל אחד מן הממדים – ידע, מתודות, תכליות וצורות. בכל התאמה אפשרית בין ביצועי התלמיד לבין אחד מן הממדים בדקנו את המאפיינים של אותו ממד על מנת לאמת אילו מהם אכן באו לידי ביטוי בעבודה. בדרך כלל נמצאו רק חלק מן המאפיינים בכל אחת מן העבודות; המאפיינים שחסרו אפשרו לנו ללמוד על העבודה לא פחות מאלה שנכללו בה. בשלב זה עברנו על הרמות ביחס לכל מאפיין שזוהה, וחיפשנו

התאמה למה שהתלמיד כתב. לאחר שההתאמות הוערכו, ספרנו את מספר ההתאמות בכל רמה של כל אחד מן הממדים. בדרך כלל, הרמה עם מספר ההתאמות הגדול ביותר בכל ממד היא שיוחסה לאותו ממד. אולם לעתים משפט אחד בעבודה הדגים כה יפה רמה זו או אחרת, עד שייחסנו לעבודה כולה את אותה רמה בממד המסוים. כשנמצאו התאמות מועטות בלבד או בלתי משמעותיות ביחס לממד מסוים בעבודת התלמיד, דירגנו את רמת הממד כ"בלתי ישימה" בשל היעדר ראיות.

בניסיון לתת ציונים יש גם מן המדע וגם מן האמנות. להערכה תרמו בקיאותם של המדרגים במושגים ובסטנדרטים דיסציפלינריים, וכן מטרות הבנה ספציפיות שנוסחו בכיתות. בשל פוטנציאל השונות בדירוג העבודות שנובע מן הגורמים הללו, לפחות שלושה מדרגים קראו כל עבודה. הייחוס הסופי של הרמה בכל ממד נקבע לאחר דיון בין המדרגים; בשלב זה נפתרו מחלוקות בדירוג על בסיס הראיות בעבודה. למרות מספר המשתנים שנכנסו לשקלול, מעולם לא התגלה הבדל של יותר מרמה אחת בין המדרגים.

יש לציין כאן הסתייגות אחת: העבודות שבדקנו רק מתחילות לבטא את הבנתו של כל אחד מן התלמידים. מורי הפרויקט בוחנים אוסף של ביצועי תלמידים, ומפתחים בעבור הבנתו של כל תלמיד פרופילים שמתפתחים עם הזמן. מורים בוחנים את ביצועי ההבנה גם בזמן עשייתם וגם בדיעבד, ובוחנים לא רק תוצרים או ביצועים סופיים אלא גם טיוטות, יומני תהליך, גליונות משוב של בני הכיתה, יומני למידה והערות מדיונים בכיתה ומפגישות אישיות. לא ניתן להציג כאן תיאורים מפורטים המראים כיצד מורים יוכלו לבחון ולנתח באמצעות מסגרת ההבנה תיק עבודות שלם. כוונתו של ניתוח זה היא לספק מבט חטוף בלבד על הפוטנציאל של המסגרת ככלי לניתוח מגוון של עבודות, כלי שיכול לכוון החלטות ביחס לצעדים הבאים לקידום מאמצי התלמידים.

## פיסיקה: הבנה של יתרון מכני

לאחר מחשבה רבה, הדבר האחד שאני מרגיש שבאמת למדתי בפיסיקה בעצם לא היה יחידה מסוימת שכיסינו אלא הרעיון של לצפות בעולם שמסביב ולשאול למה ואיך... מבחינתי הפיסיקה לימדה אותי, יותר מכל דבר אחר, להיות מודע לדברים, איך הם עובדים או איך הם קורים. אני אולי לא יודע את המידות או את הסיבות המדויקות של חלק מהדברים, אבל אני מרגיש שנוספו לי רצון ויותר ידע כדי להבין דברים כמו שוקים [חשמליים] או איך עובדים חפצים יום-יומיים.

תלמיד כיתה י"ב שכתב את הקטע הזה תופס בצורה נפלאה את רוח החקירה שאריק בוקובקי ביקש להחדיר בתלמידי הפיסיקה שלו. כפי שתואר בפרק החמישי, אריק לימד פיסיקה בכיתות י"א ו-י"ב שרמתן היתה בינונית עד גבוהה, בתיכון הציבורי בלמונט שלייד בוסטון. הוא התמודד עם האתגר של הפיסיקה לבעלת ערך ומשמעות לכל התלמידים; לא רק לפיסיקאים ולמהנדסים בפוטנציה, אלא גם למי שלמדו בבית הספר מבלי שיהיו להם תוכניות מפורטות לעתיד. לאריק היו תלמידים מכל הסוגים.

ביחידה זו רצה אריק שתלמידיו יראו היכן מתקיים "יתרון מכני" בעולם, וידעו להעריך את שימושו האפשריים ואת עוצמתו. שתיים ממטרות ההבנה שלו בהוראת יחידה זו היו:

התלמידים יבינו ויעריכו כיצד עקרון שימור האנרגיה חל על מכשירים פשוטים וכיצד ניתן ליישמו לצורך ניתוחם.

התלמידים יבינו ויעריכו כיצד העקרונות של שימור אנרגיה, יתרון מכני ויעילות חלים על מכשירים מורכבים יותר, וכיצד לזהות ולנתח מכשירים פשוטים בחיי היום-יום.

כפי שתואר בפרק החמישי, בתחילת היחידה ביקש אריק מתלמידיו לבצע חקירות בלתי רשמיות וגם בלתי מובנות יחסית של מנופים וגלגלות.



לאחר מכן דנה הכיתה בעקרונות שגילו התלמידים, ואריק הדגים אותם. בהמשך נחקרו המושגים האלה בקבוצות קטנות. לצורך הפרויקט הסופי, ביקש אריק מכל תלמיד לבחור מכשיר מכני נפוץ ולתאר את השימוש בו וכיצד הוא מנצל יתרון מכני כדי למלא את תפקידו. העבודה המוצגת כאן דוגמת ביצועי שיא של שני תלמידים – מרטה והנק.

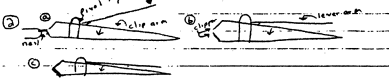
## ניתוח עבודתה של מרטה באמצעות מסרת ההבנה

הפרויקט הסופי של מרטה מוצג בתרשים 7.1. ניתוח ביצועי ההבנה שלה מובא להלן.

### תרשים 7.1. קוצי הצפורניים של מרטה

Individual Machine Project

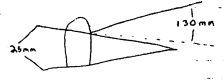
① Nail Clipper



② - By pressing your fingers down on the lever arm, you force the clippers to close, and clip your nail.

- There is a lever arm, which makes it easier to close the clippers and clip your nail. The lever arm allows the user to apply less force than is needed to close the clippers by making you push the lever arm a greater distance down than the distance the clipper travels.

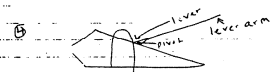
Ex



$$\frac{\text{Distance lever arm moves}}{\text{Distance clipper moves}} = \frac{\text{Force of clipper}}{\text{Force applied to lever arm}}$$

$$\frac{135\text{mm}}{25\text{mm}} = \frac{x}{2.1\text{N}} \quad x = 10.92\text{N}$$

This equation shows that the amount of force needed to push the clippers together is substantially less than the force needed to close the clippers.



The lever on the nail clipper facilitates the closing of the clippers by making less force needed to be applied to close them. If no lever were involved, you would not be able to apply enough force with your fingers to close the clipper.

## ידע: הבנה אולטימטיבית

ניתוחה של מרטה יורד לשורש העניין, ומיישם את עקרון שימור האנרגיה כדי להסיק שלהב הקוצץ מפעיל יותר כוח מזה שמופעל על זרוע המנוף: "זרוע המנוף מאפשרת למשתמש להפעיל פחות כוח ממה שדרוש כדי לסגור את הקוצץ, כי היא גורמת לך ללחוץ על זרוע המנוף למרחק גדול יותר כלפי מטה מהמרחק שעובר הקוצץ". מרטה עושה שימוש רהוט וברור גם במונחים דיסציפלינריים כמו כוח, וגם במושגים כמו כימות התועלת שמפיק הקוצץ ל-10.92 ניוטון כשמופעל רק כוח של 2.1 ניוטון. מרטה מפגינה הבנה של הרעיון הדיסציפלינרי המרכזי של יצירת יותר כוח מפחות כוח באמצעות מנוף, וחושפת בניתוח שלה את המכניזם המהותי של המכשיר. היא לא דורגה ברמה השולטת משום שלא הרחיבה או הכלילה כמעט את העקרונות הנדונים מעבר ליישומם הישיר על קוצצי ציפורניים.

## מתודות: הבנה אולטימטיבית

מרטה משתמשת במספר פרוצדורות דיסציפלינריות כדי להסביר ולנתח את המכניזם של קוצץ הציפורניים. היא מנתחת אותו באופן נרטיבי ומקשרת בין ההבדלים בכוחות המופעלים לבין המרחקים השונים שעוברים זרוע המנוף והקוצץ, וכן מספקת תמיכה מתמטית לטיעונה. היא גם תומכת את טיעונה באמצעות ניסוח של היפותיזה הפוכה: "אם לא היה מעורב מנוף, לא היית מסוגל להפעיל מספיק כוח עם האצבע כדי לסגור את הקוצץ". לא דירגנו את מרטה ברמה השולטת בממד זה משום שעבודתה אינה מספקת ראיה כלשהי לפקפוק או לבחינה של הרעיון הדיסציפלינרי המרכזי של יתרון מכני במנופים.

## תכליות: הבנה אולטימטיבית

מרטה מצאה והסבירה דוגמה ליתרון מכני בחיי היום-יום שלה: קוצץ הציפורניים. הדיון שלה מקשר בין תכנונו של קוצץ הציפורניים לבין

התפקיד שאותו הוא אמור למלא: "לא היית מסוגל בלי המכניזם". כיוון שניתוחה של מרטה אינו ספונטני (אריק דרש אותו), וכיוון שאין עדות לכך שזיהתה באופן ספונטני את שימושיו של היתרון המכני במצבים רבים ושונים בחייה, עבודתה אינה מדורגת ברמה השולטת.

### צורות: הבנה שולטת

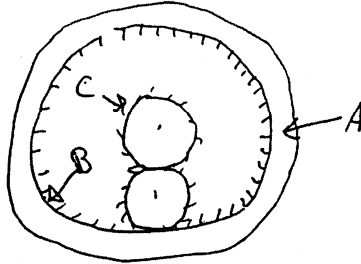
מרטה מסבירה את פעולתו של קוצץ הציפורניים באמצעות שלוש סוגות ומערכות סמלים שונות שבהן משתמשים פסיקאים: איורים סכמטיים, תיאורים והסברים נרטיביים וכימות מספרי. היא מספקת לקורא מספר איורים מוסברים של קוצץ הציפורניים ושל מנגנון פעולתו, ומבליטה נקודות שונות בכל אחד מהם. באיור הראשון היא מדגימה את המכניזם; בשני היא מבליטה את ההבדלים הכמותיים בין המרחקים שעוברים זרוע המנוף מחד והקוצצים מאידך. בנוסף, היא מספקת ניתוח איכותי וכמותי של המנגנון, תוך שימוש בטקסט ובסמלים מתמטיים. גמישות זו בשימוש בסוגות ובמערכות הסמלים מעידה על כך שמרטה מודעת לצרכיו של קהל היעד וליכולתו להפיק סוגים שונים של מידע מכל ייצוג. מרטה מקבלת את הציון המלא של "הבנה שולטת" בצורות.

### ניתוח עבודתו של הנק באמצעות מסכת ההבנה

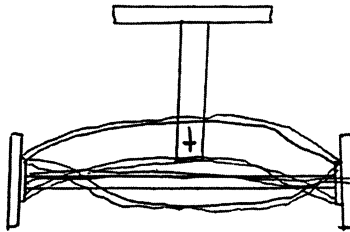
הפרויקט הסופי של הנק מוצג בתרשים 7.2. ניתוח ביצועי ההבנה של הנק מובא להלן.

## תריס 7.2. מכסחת הדשא של הנק

1. מכסחת דשא ידנית
2. שרטוטים



(א) גלגל (ב) תשלובת הגלגל (ג) תשלובת הלהב (לכל סיבוב אחד של הגלגל, הלהב מסתובב ארבע פעמים)



כשדוחפים את מכסחת הדשא חלק א' מסתובב ובזמן שהוא מסתובב התשלובת שהיא חלק ממנו מסתובבת יחד עם הגלגל. לתשלובות יש שיניים שעוזרות לחבר תשלובת אחת לשנייה. חלק ב' מחובר לחלק א'. השיניים של חלק ב' מחוברות לחלק ג' - תשלובת הלהב. ישנן יותר שיניים על חלק ב' מאשר על חלק ג', לכן יש יחס סיבובים של אחד לארבעה. לחלק ב' יש פי ארבע שיניים מלחלק ג'. חלק ג' מחובר ללהב כך שהלהב גם כן מסתובב עם חלק ג' ביחס של ארבעה סיבובים לכל סיבוב אחד של חלק א'.

כשמכסחת הדשא נדחפת הלהבים המסתובבים עוברים על מוט קבוע שמאפשר לדשא להיחתך, כשהדשא נמצא בין הלהב למוט יש תנועה כמו של מספריים שגוזזות את הדשא.

הערה: כשאדם דוחף את ידית המכסחה, הוא נמצא בזווית של כמעט 45 מעלות, ולכן היעילות שלו היא כנראה בסביבות 50%. הסיבה היא שבאופן אידיאלי היה מקבל 100% יעילות אם היה דוחף ישירות מאחורי רכיבי המכסחה עצמם. יש רק בעיה אחת, שלגוף האנושי לא יהיה נוח לזחול ולדחוף באותו זמן, וחוזן מזה קל יותר וחסכוני יותר בזמן לעמוד בזמן שדוחפים.

## ידע: הכנה ראשונית

הנק אינו עושה הרבה מעבר לזיהוי החלקים המהותיים של המנגנון היכולים להשפיע על מידת התועלת המכנית המופקת באמצעות מכסחת דשא ידנית. בשרטוטיו הוא פשוט מדגים ומסמן. הטקסט שלו כולל פירוט תיאורי עם ניתוח מועט: "כשדוחפים את מכסחת הדשא חלק א' מסתובב בזמן שהוא מסתובב התשלובת, שהיא חלק ממנו, מסתובבת יחד עם הגלגל... ישנן יותר שיניים על חלק ב' מאשר על חלק ג', לכן יש יחס סיבובים של אחד לארבעה". הנק מקשר את יחס הסיבובים בין שני גלגלי השיניים ליתרון מכני, אך הוא איננו מנסח מפורשות (בין באופן איכותי ובין באופן כמותי) כיצד מתבטא יחס זה ביתרון מכני. אין בניתוח שלו הסבר שמכליל את הרעיון הדיסציפלינרי המרכזי; במקום זאת, הוא נשאר צמוד להקשר המסוים של המכשיר הפשוט שבחר. לפיכך, הבנתו מסווגת כראשונית.

## נתונות: הכנה ראשונית

ביצועו של הנק חושף רק באופן חלקי כיצד בנה או אישש את טענותיו ביחס למנגנון של מכסחת הדשא. עם זאת, הוא מדגים הבנה מוקדמת של תהליך בנייתו של הסבר מדעי כשהוא מזהה את המשתנים המעורבים בפעולת המכסחה, ומציע מספר מנגנונים סיבתיים אפשריים. מעניינת במיוחד היא ההערה שבה הנק מנתח את התועלת המכנית שאובדת כתוצאה מן העובדה שהמכסחה נדחפת בעמידה. הוא טוען שיעילות מירבית תושג ככל הנראה באמצעות דחיפת המכסחה ישירות מאחור, דבר שיישר את הכוח המופעל עם כיוון התנועה. הנק משתמש במילה "בסביבות" בקובעו שהיעילות היא "ככל הנראה בסביבות 50%"; מינוח זה מצביע על כך, שהנק אינו משוכנע שמספר זה מתאר יחס כמותי מדויק בין זווית הזרוע של המכסחה לבין אובדן היעילות.

## תכליות: הבנה אולטימטיבית

גם הנק מצא יישום חדש בעולם לרעיון היתרון המכני. עם זאת, התיאור של מכסחת הדשא אינו מתייחס למטרה האישית של הנק בניתוחו של מקרה ספציפי זה, ואף אינו מסתכן בהצעה של היפותיזה ביחס לתכנון המסוים של מכסחת הדשא (לדוגמה, שמנגנון התשלובות מייצר את המהירות הסיבובית הגבוהה הדרושה ללהב מן המהירות הנמוכה יחסית של סיבוב הגלגלים). לעומת זאת, הוא מציג באופן ספונטני את האפשרות של אובדן תועלת מכנית כתוצאה מן הכיסוח בעמידה, ומעז להציע שהמצב האידיאלי היה לדרוף את המכסחה ישירות מאחור. הוא ממשיך ומציין, שמעשית "לגוף האנושי לא יהיה נוח לזחול ולדרוף באותו זמן", ומוסיף עוד ש"חוף מזה קל יותר וחסכוני יותר בזמן לעמוד בזמן שדוחפים". הערות אלה מרמזות על הבנת תכלית חשובה של החקירה המדעית: שליטה יעילה בסביבה הטבעית. הנק מבין את תכלית היתרון המכני בתכנון מכשירים פשוטים, ומבין את המגבלות המעשיות שמשפיעות על היכולת או על הרצון להשיג תועלת מכנית אידיאלית. עקב סיבות אלה דורג הנק ברמה הגבוהה מבין השתיים שביניהן התנדד.

## צורות: הבנה ראשונית

הנק הציג שני שרטוטים: האחד מראה את מכסחת הדשא מלפנים, והאחר מראה את התשלובות שמחברות בין גלגל המכסחה לבין גל הלהב. המראה מלפנים הוא תיאורי, והוא מכוון את הקורא לסוג המדויק של המכסחה. השרטוט השני הוא טכני יותר, ומראה את הרכיבים שאותם זיהה הנק כחיוניים לפעולת המכשיר. הנק מאיר את הרכיבים העיקריים של מנגנון המכסחה, אך אינו מסביר כיצד נובעת תועלת מכנית מפעולתו של המנגנון. לפיכך, למרות בהירותם ודייקנותם, שרטוטיו אינם משיגים את תכלית הסוגה של השרטוט המדעי במלואה. כדי לעשות זאת נדרש הנק לא רק לתאר באופן אנלוגי את רכיבי המכשיר, אלא גם לצרף גרפים סכמטיים המתארים

את דרך פעולתם של הרכיבים. זאת ועוד, התוויות שבאמצעותן הנק מתייחס לגלגל ולתשלובות משתמשות בשפה רגילה ולא במונחים טכניים. בטקסט שמתייחס למנגנון התשלובת ישנו תיאור פשוט ולא הסבר, ומכאן שהוא חסר את הצורה הדיסציפלינרית: הוא מסביר את הרכיבים אך לא את הקשר ליתרון מכני שנובע מתכנונם. גם במדד זה דירגנו את הבנתו של הנק ברמה הראשונית.

## הבנה: הכנה של חיבורים אוטוביוגרפיים

ג'ואן סובל, מבית הספר פיילוט בתיכון קיימברידג', רינדג' ולטין, לימדה קורס בכתיבה לתלמידי כיתה ט' שעסק בנושא "כתיבה על מקום" (כפי שתואר בפרק הרביעי). תלמידיה כתבו קטעים אוטוביוגרפיים שהתייחסו למקומות בעלי משמעות שהשפיעו על חייהם – הבית, השכונה, הקהילה או העיר. התלמידים לא היו בטוחים בכתיבתם, ורבים מהם מיאנו לכתוב יותר מכמה משפטים בתחילת הקורס. אנגלית לא היתה שפת אמם של חלק גדול מתלמידיה של ג'ואן, ורובם לא היו מסוגלים לבנות פסקאות, לכתוב משפטי מבוא או לציין כראוי אותיות רישיות. תלמידים אלה נדרשו להשתתף בקורס של ג'ואן כדי לפתח את מיומנויות הכתיבה הבסיסיות שלהם.

ג'ואן ארגנה את הקורס סביב מטרות העל הבאות: תלמידים יבינו שכתובה היא תהליך; כתיבה טובה נובעת מכתיבה של טיוטות, מקבלת משוב, מרפלקסיה, מתיקון ומעריכה. יחידה מסוימת זו, שכונתה "מקומות מטפוריים", כללה חמש מטרות הבנה. כאן נתמקד בשתיים מהן: תלמידים יבינו שמקום יכול לשמש באופן מטפורי בכתיבה, ותלמידים יבינו שמעשה הכתיבה על אודות הדרך שבה הם מבינים את מקומם בחברה מעצים אותם.

במהלך היחידה כתבו תלמידים חיבורים שמתארים את דרכי החיים שלהם. הם בחרו מטרה שאותה קיוו להשיג, כמו נגינת ג'אז, ניהול עסק קטן, לימודים במכללה או בבית ספר מקצועי, וכתבו על

מסעם לקראת השגת מטרה זו. ג'ואן ביקשה מהם ליצור מקומות מטפוריים לאורך הדרך, מקומות שייצגו מכשולים, אתגרים, נקודות תמיכה או החלטות שהם עלולים לפגוש. כאן נבחן דוגמאות של דרכי חיים שיצרו שני תלמידים – ריק ומריה.

## דרך החיים של ריק

ריק הציג דיון קפדני ורפלקטיבי בן שלושה עמודים על מסעו לקראת קריירה כנגן סקסופון. במבוא לחיבורו כתב:

כשהייתי בגן חובה, לפני הרבה שנים, המטרה שלי בחיים, כמו של כל ילד בן חמש באמריקה, היתה להפוך לכבאי. כבאים נראו "מגניבים" (cool); הם גיבורים, מצילי חיים, והחלק הכי טוב בשבילי בלהיות כבאי היה העמוד הארוך בתחנת הכבאים שלאורכו הם גולשים. להיות כבאי היה ה-דבר כשהייתי צעיר יותר. כשהתבגרתי השתנו מטרותי שוב ושוב, מכבאי, לשחקן כדורסל ב-NBA, לראפר, למוסיקאי ג'אז. מטרתי האחרונה, והמקצוע שבו ארצה לעסוק כשאהיה מבוגר יותר הוא מוסיקאי ג'אז. הג'אז מרגש, קשה, מסובך ומעניין. זה יהיה כל כך כיף לנגן בסקסופון שלי בתור עבודה.

גוף החיבור שבו ריק סיפר על מאמציו להתחייב לאימון יומי פתח במילים: "הדרך לקראת קריירה כנגן סקסופון תהיה קשה, וכבר היתה כזו".

בקיץ שלאחר מכן לא נגעתי בסקסופון בכלל. כשהתחיל בית הספר הגעתי לפרשת דרכים. האפשרויות שלי היו להפסיק או לנגן. החלטתי להפסיק. החלטה זו הובילה אותי ישירות למבוי סתום. הרגשתי כאילו קריירת הסקסופון שלי נגמרה. באמצע נובמבר ההורים שלי הצליחו לבסוף לשכנע אותי לקחת כמה שיעורים כדי להחליט אם אני באמת רוצה להפסיק. במשך החודש שאחרי כן צעדתי בדרך שהוליכה ישירות במעלה הר



שנראה גבוה כמו האוורסט. מאז עבדתי קשה וזה בפירוש השתלם. עברתי את המכשולים שנצבו לפני רק כדי להגיע למרגלות החלק הקשה ביותר במסע שלי, שבו נדרשת עבודה קשה אפילו יותר.

החלק האחרון של ריק היה החלק החלש ביותר בחיבורו. הוא סיכם את חיבורו בשני משפטים: "מטרתי נטועה עכשיו עמוק במחשבת, ואני מתכנן לעבוד קשה כדי לממש אותה. ולמרות שבמהלך השנה האחרונה עבדתי מאוד קשה והפכתי לנגן ג'אז טוב לגילי, הדרך ממשיכה הלאה".

## ניתוח עבודתו של ריק באמצעות מסורת ההבנה

ניתוח ביצועי ההבנה של ריק ממקם אותו ברמות הבאות:

### ידע: הבנה שולייאית

בממד הידע הפגין ריק מאפיינים של הבנה שולייאית משום שבכתיבתו שלטו בדרך כלל מושגים דיסציפלינריים המתיחסים למבנה החיבור. המבוא וגוף החיבור אורגנו בבהירות לפי קריטריונים שהכיתה פיתחה ביחס למרכיביה של כתיבה טובה: המבוא הסביר את נושא החיבור (מטרתו של ריק בחייו); ביסס הלך רוח רפלקטיבי וקליל למדי וסיפק מידע רקע לקהל הקוראים ביחס למטרותיו הקודמות של ריק. גוף החיבור סיפק עובדות וסיבות לתמיכה בנושא, והסביר את דעותיו ועמדותיו של ריק באמצעות פרטים. כל אלה הם מהלכים דיסציפלינריים בכתיבה שגם היוו חלק מאמות המידה שהכיתה גיבשה. אולם סיכומו של ריק היה חלש, וחשף כמה אמונות נאיביות ביחס לכתיבה: מן הפירוט המוגזם הבנו שריק סבור כי עליו לבטא בכתיבתו את כל מה שהוא חושב, ומסיבה זו לא מיקמנו אותו ברמה השולטת.

## מתודות: בלתי ישים

מזן החיבור לבדו לא ברור כיצד ריק בנה את הידע הדיסציפלינרי שלו ביחס לכתיבה, וכיצד אישש אותו. ביצועים אחרים בכיתה שופכים מעט יותר אור על הבנתו של ריק בממד המתודות: הרישומים ביומן הרפלקטיבי על תהליך הכתיבה, הטיוטות החוזרות שעשה, הדיאלוגים הקבוצתיים עם תלמידים שסיפקו משוב זה לזה ודיונים בכיתה שבהם בנה ריק טיעונים התומכים בפרשנויות ספרותיות מסוימות.

## תכליות: הכנה ראשונית

בממד התכליות דורג ריק ברמה הראשונית. הוא שיתף את קוראיו בעניין אישי חשוב, אך חיבורו לא ביטא את עוצמתו של מחבר שכותב על מנת להבין את עצמו או את העולם. אין בכוונתנו לומר שריק היה צריך להביע מחשבות אינטימיות או אישיות יותר. הכוונה היא, שכתובתו יכלה להביע צידוקים ורעיונות מעניינים וייחודיים יותר ביחס לבחירותיו. ניכר בחיבורו שהוא כתב אותו כמטלה לבית הספר, ושקשר של כתיבה מסוג זה לחייו (הבנתו ביחס לתכליות הכתיבה) הוא מעט מכני. סיכמו החלש מעיד על הצורך של ריק לפתח תחושה ברורה יותר בנוגע לתכלית הכתיבה. סיכום רפלקטיבי או בעל עוצמה רבה יותר היה מראה הבנה עמוקה יותר של הכתיבה כסוג של הבעה עצמית.

## נורות: הכנה ראשונית

גם בממד הצורות דורג ריק ברמה הראשונית. למרות שהפגין כמה מאפיינים של הרמה השולייאית, הרי שבסך הכל מילא אחר הוראות המטלה באופן טקסי. "פרשת הדרכים" שלו, ו"המבוי הסתום" לא היו מקוריים במיוחד, אף על פי שמטפורות אלה רימזו על תחושותיו וייצגו את האירועים. הוא גם היה אקספרסיבי יחסית במסגרת הסוגה, והפגין הבנה מתפתחת של כללי החיבור האוטוביוגרפי: הוא שרטט נתיב מזן העבר אל העתיד, אחד מסימני ההיכר של הכתיבה

האוטוביוגרפית. המטפורות שלו שולבו בחיבורו באופן טוב למדי, והוסיפו מעט דימויים חזותיים וצבע לכתיבתו. ג'ואן ציינה שריק חשף מידה מסוימת של הבנת הדרמה שבכתיבה, והפנתה למשפט הבא: "משם, דרכי התמלאה בעליות, ירידות, בורות, מהמורות, עצים נופלים ושטפונות". היא מצאה גוון פואטי במשפט הזה, שבא לידי ביטוי בחזרות ובמקצב של המכשולים השונים.

## דרך החיים של מריה

מריה כתבה בדרך החיים שלה על רצונה להפוך לזמרת מפורסמת. היא פתחה במילים אלה: "מטרותי ממלאות את מחשבתי כל יום בחיי. מאז שאני יכולה לזכור המטרה העיקרית ששמתי לעצמי היא להיות זמרת מפורסמת. כשהייתי צעירה יותר, סבא שלי ואני היינו שרים יחד. היינו שרים את "מחר" מתוך הסרט אנני. סבא וסבתא שלי אילצו אותי להבטיח להם שיום אחד אהיה מפורסמת ויהיו לי המון הופעות, והם ישבו בשורה הראשונה בכל הופעה".

מבוא זה נמשך לאורך יותר מעמוד, וסטה מן הנושא המרכזי אל מטרות אחרות. גוף החיבור היה ארוך, וכלל יותר מדי פרטים בלתי רלוונטיים. עם זאת, מריה תיארה את מסעה מבית הספר היסודי לתיכון והלאה בזמן. היא כתבה על קשיים: "אז הגיע הנהר. זה היה כשלבן דודי היה משפט. אבל למרות שהאשדים הגבוהים היו לעתים בלתי נסבלים, משפחתי ואני הצלחנו בכוחות משותפים למצוא דרך כלשהי לחצות את הנהר".

סיכומה של מריה היה מפוזר מעט, אך מפותח יותר מזה של ריק: "אם מטרותי יתגשמו, אהיה מאוד גאה בעצמי. אהיה גאה שהצלחתי להציב לעצמי אתגר ולעמוד בסטנדרטים שלו ולא להסתפק בפחות. אני חושבת שכולם צריכים לקבוע לעצמם מטרות, בין אם המטרה היא לעבור את השיעור הכי קשה או לסיים את הלימודים במכללה ולהמשיך לבית הספר לרפואה. מה הטעם של אדם לחיות אם הוא לא קובע לעצמו ציפיות? אני חושבת שאנשים יכולים לעשות את כל מה שהם רוצים, כל עוד הם משקיעים מספיק עבודה קשה וזמן".

## ניתוח עבודתה של מריה באמצעות מסכת ההבנה

ניתוח ביצועי ההבנה שלה ממקם את מריה ברמות הבאות:

### ידע: הבנה ראשונית

הבנתה של מריה ביחס למבנה של חיבור לא היתה טובה כמו זו של ריק; לפיכך מיקמנו אותה ברמה הראשונית. היא הדגימה את המושג הדיסציפלינרי של מבנה באמצעות המבוא, גוף החיבור והסיכום. אולם כפי שג'ואן ציינה, מריה נטתה לספר לקוראים את כל מה שחשבה או הרגישה בנושא מסוים, אפילו יותר מריק, וזאת מבלי להתייחס לארגונום של רעיונות סביב נושאים מוגדרים.

### מתודות: בלתי ישים

כמו במקרה של ריק התקשינו לדרג את הבנתה של מריה בממד המתודות בהתבסס על חיבורה בלבד. גם כאן ביצועים כיתתיים אחרים היו עוזרים לנו להבין כיצד ראתה מריה את תהליכי בנייתו ואישושו של ידע ספרותי (כמו למשל יומני תהליך רפלקטיביים שתיעדו את התפתחות רעיונותיה, דיוני כתיבה קבוצתיים שבהם נתנה וקיבלה משוב ותרומות כיתתיות שבהן העלתה את פרשנויותיה הספרותיות והגנה עליהן).

### תכליות: הבנה אולטימטית

בממד התכליות דירגנו את מריה ברמה השולייאית. בניגוד לריק, היא השתמשה בכתיבה כצורה של ביטוי עצמי. ג'ואן ציינה שקטע זה חשף הרבה מקולה של מריה – מן ההחלטיות שלה, מכוחה ומפגיעותה. בסיכומה סטתה מריה מן הנושא המקורי שהתייחס לשאיפתה להיות זמרת; ובכל זאת הציג הסיכום שאלה חשובה

ועמוקה ביחס לגורמים שממריצים אנשים להתפתח ולגדול בחייהם. מריה ראתה בכתיבה צורת ביטוי שבאמצעותה ניתן להציג שאלות חשובות כגון "מה הטעם של אדם לחיות אם הוא לא קובע לעצמו ציפיות?". ג'ואן גם העירה שמריה "השתמשה בכתיבה כדרך לעבד דברים", וציינה את הפסקה שעסקה בצרותיה של משפחתה ואת התחושה החזקה של מטרותיה בסיכום.

### צורות: הזנה ראשונית

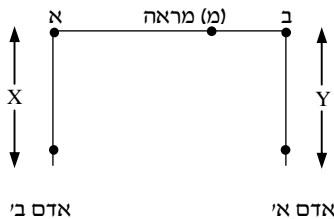
גם בממד הצורות דירגנו את מריה ברמה הראשונית למרות נטייה חזקה לכיוון הרמה השולייאית. נראה שמריה הבינה את הסוגה של כתיבה אוטוביוגרפית, למרות שלא מילאה אחר כל כללי הסוגה כפי שעשה ריק. כמו ריק, גם מריה סימנה נתיב מן העבר אל העתיד, ואף שקלה את העתיד באופן מעמיק בסיכומה. מריה הפגינה שליטה חזקה במטפורות ושילבה אותן באופן חלק בטקסטים שלה. כפי שאמרה ג'ואן, "מריה משתמשת במטפורות כדי לשרת את מטרותה" – היא ממש הביעה רעיונות ורגשות באמצעותן, וזאת בניגוד לריק שהשתמש בהן רק כתיאורים נוספים.

### תחטוקה: הזנת יחסים ודמיון

ביל קנדל לימד גיאומטריה בתיכון הציבורי בריינטרי (ראו פרק רביעי). את השיעור שלימד בכיתה י' ארגן סביב מטרת העל שלו: "גיאומטריה היא חקירה של דפוסים בעולם הקשורים ביניהם בחוקים". תלמידים חקרו בכיתה תופעות מן העולם האמיתי באמצעות רעיונות גיאומטריים. כך למשל, תלמידים עיצבו תוכניות לקומה בביתם ובבניינים אחרים תוך שימוש ביחסים ובצורות גיאומטריות, ומדדו מרחקים וגבהים של עצמים בבית הספר תוך שימוש במושגים שלמדו בכיתה. חלק זה מציג עבודות תלמידים מתוך יחידה שחקרה דמיון ויחסים באמצעות שימוש במראות.

בעקבות היחידה על דמיון, תכנן ביל פרויקט בן ארבעה ימים שנועד לטפל בשלוש מטרות הבנה: תלמידים יבינו יחסים על מנת לפתור בעיות אלגבריות; תלמידים יבינו את הגדרת הדמיון ככל שזו מתייחסת למצולעים ולמשולשים ותלמידים יבינו כיצד להשתמש בתבניות של משולשים דומים כדי לפתור ולהבין בעיות בעולם האמיתי. הפרויקט הציג בפני התלמידים את הבעיה שבתרשים 7.3.

### תרשים 7.3 פרויקט ההוראה



ביל ביקש מתלמידיו לנהל יומנים ולתעד בהם את רעיונותיהם המתפתחים. תלמידים עבדו בקבוצות והשתמשו במראה קטנה, בסרגל ובגיליון עבודה בן שמונה שלבים שנועדו לסייע לחקירת התבניות והקשרים המתמטיים. בתחילה ביצעו התלמידים תשעה ניסויים בלתי רשמיים על מנת לקבל תחושה ראשונית ביחס לבעיה. אחר כך ניהלו סדרת ניסויים שתכנן ביל במטרה לחשוף את התבניות והיחסים הקשורים בבעיה. בשלב זה כתבו תלמידים את הרפלקסיות הראשונות שלהם, ציינו את התקדמותם ואת התבניות שזיהו והעלו השערות ביחס למקורן של תבניות אלה. כדי לבדוק את השערותיהם, ערכו התלמידים תשעה ניסויים נוספים, ואז הרהרו פעם נוספת בסיבות להצלחת רעיונותיהם או לכישלונם. אם ההסברים שלהם לא נתמכו

בניסויים, העלו התלמידים השערות אחרות שיכלו לבחון באמצעות ניסויים. אם אושרו הסבריהם, הם מילאו גיליון עבודה שנועד לבחון את יכולתם לחשב מידות ויחסים חסרים במשולשים דומים. לסיכום כתבו התלמידים רפלקסיה שלישית ואחרונה שנועדה להסביר ולתת דוגמאות לקשרים שבין הפרויקט שביצעו לבין הדמיון כרעיון מתמטי.

## פרויקט המראה של אוולין

אוולין היתה תלמידה ממוצעת, שלעתים קרובות הביעה את שנאתה למתמטיקה עד לשנה זו. תרשים 7.4 מביא את תגובותיה לשלוש מטלות מחשבה שתוארו לעיל.

תרשים 7.4. פרויקט המראה של אוולין (התראים כמחזיק הכא)

### Early Reflection

I think the pattern between X and AM has to be the same as between Y and MB. Another pattern that is forming is  $AM + MB = AB$ . Some examples are [see chart]

	X	Y	AB	AM	MB
$\frac{1}{3}$	4	12	4	1	3
$\frac{1}{5}$	5	10	3	1	2
equal	6	6	6	3	3

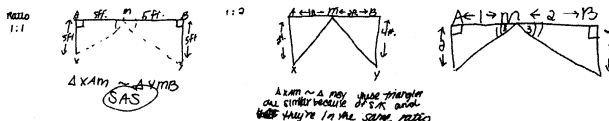
### Midproject Reflection

I think what is happening is that the sides are in the same ratio. See,  $y = 3x$  and  $MB = 3AM$  because our experiments proved this over and over again. Also  $y = 2x$  then  $MB = 2AM$ . In our first try, we noticed that  $y = x$  and  $MB = AM$ . Some examples are [see chart]. This is happening because the distance from the wall corresponds to the distance of the mirror to the point on either side of the mirror.

	X	Y	AB	AM	MB
$\frac{1}{3}$	3	9	14	4	10
$\frac{1}{2}$	2	4	3	1	2

### Final Reflection

The Mirror Project is connected to similar triangles because if you look at the diagram you see the figures form two similar triangles. All triangles are similar by the two sides being the same ratio and their angle being the same (SAS) or by all three sides being the same ratio (SSS) because the 3rd side is forced into being similar. And AA because of vertical angles [see drawings].



**מחשבה מוקדמת**

אני חושבת שהתבנית בין  $X$  ו- $AM$  חייבת להיות זהה לזו שבין  $Y$  ו- $MB$ . תבנית נוספת שמתגבשת היא  $AM+MB=AB$ .

**מחשבה של אמצע פרויקט**

אני חושבת שמה שקורה זה שהצדדים הם באותו יחס. כלומר,  $y=3x$  ו- $MB=3AM$  מכיוון שהניסויים שלנו הוכיחו את זה שוב ושוב. גם  $y=2x$  אז  $MB=2AM$ . בניסיון הראשון שלנו שמנו לב ש- $y=x$  ו- $MB=AM$ . חלק מהדוגמאות הן [ראה טבלה]. זה קורה משום שהמרחק מהקיר מתאים למרחק של המראה אל הנקודה שנמצאת משני צדיה של המראה.

**מחשבה אחרונה**

פרויקט המראה קשור למשולשים דומים, משום שאם מסתכלים בתרשים רואים את הצורות יוצרות שני משולשים דומים. כל המשולשים דומים מכיוון ששני הצדדים שלהם הם באותו יחס והזווית שלהם היא זהה (SAS), או מכיוון שלכל הצדדים יש אותו יחס (SSS) משום שהצד השלישי מחויב להיות דומה. ו- $AA$  בגלל זוויות קדקודיות [ראה שרטוטים].

---

$\Delta XAM \sim \Delta MBY$  המשולשים האלה דומים בגלל SAS והם כולם באותו יחס.

## ניתוח עבודתה של אוולין באמצעות מסכת ההבנה

ניתוח ביצועי ההבנה שלה ממקם את אוולין ברמות הבאות:

### ידע: הבנה שליליית

הקשר בין תצפיותיה של אוולין לבין הידע המתמטי שלה התחזק בהדרגה בבהירותו ובספציפיות שלו, לפיכך דירגנו את המחשבה האחרונה שלה ברמה השולייאית. היא לא דורגה ברמה השולטת משום שמסקנתה הסופית כללה כמה התייחסויות רב משמעיות.

במחשבה הראשונה לא היה ברור איזו תבנית מצאה אוולין, והיא הסתפקה בקביעת היחס המתמטי הפשוט  $AM+MB=AB$ . ההסבר שלה לתבנית הפך מורכב יותר במחשבה השנייה שבה זיהתה את המושג המתמטי "יחסים" ונתנה לו דוגמאות ספציפיות. אולם בנקודה



זו טיבה של הבעיה עדיין היה מעורפל; אולי לא קישרה, למשל, בין הדמיון – המושג המרכזי ביחידה – לבין עבודתה. במחשבה האחרונה הסברה היה מפורש ומפורט יותר. היא הצביעה על הקשרים שבין דמיון, תבניות משולשים דומים ויחסים. אולם התייחסותה השגויה לזוויות קדקורדיות והשימוש המפוקפק שעשתה ב-SAS וב-SSS מעלה חשד ביחס ללכידותם של קישוריה.

הקישורים המתמטיים שביצעה אולי היו בהירים וספציפיים יותר מאלה של חלק מן התלמידים האחרים. כך למשל, בן-כיתתה שדורג ברמה הראשונית כתב את הדברים הבאים לאחר שביצע את אותה מטלה: "כל המרחקים הם באותו יחס. אם  $x$  גדול מ- $y$ , אז AM גדול מ-MB. ואם  $y$  גדול מ- $x$ , אז MB גדול מ-AM". תלמידים אחרים שדורגו ברמה השולטת הכלילו ופירטו את המתמטיקה באופן מפורש יותר. כך לדוגמה, אחד התלמידים כתב ש"המשולשים דומים משום שזוויותיהם שוות ושוקיהם הן באותו יחס. זוהי ההגדרה של משולשים דומים", וצירף לכך דוגמאות מפורטות.

## תודות: הבנה ראשונית

בממד המתודות עבודתה של אולי מעידה על הבנה ראשונית, למרות נטיות חזקות להבנה שולייאית. התהליך שבאמצעותו בנתה את הבנתה הורכב מהשערה, מעריכת ניסוי, ממחשבה ומתיקון – פרוצדורות חיוניות לחקירה הדיסציפלינרית במתמטיקה; אולם תהליך זה היה טבוע במבנה הפרויקט, ונראה שאולי מילאה אחריו באופן מתכונתי. ובכל זאת, לא כל התלמידים פעלו על פי מתודה זו: חלקם לא ניהלו יומנים רפלקטיביים; אחרים פשוט סילפו נתונים כדי שיתמכו בהשערותיהם המוטעות.

המתודה שבאמצעותה אימתה אולי את תוצאותיה מספקת את העדות הטובה ביותר לרמתה הראשונית. בכל המחשבות שלה תיארה את מה שראתה, אך לא חרגה מן האימות האמפירי, ולא השתמשה בטענות אקסיומטיים מופשטים, המהווים מאפיין מרכזי של הבנה דיסציפלינרית במתמטיקה. אפילו במחשבה האחרונה שלה לא ביססה

אוולין את טיעוניה ביחס למשולשים הדומים על הגדרה או הוכחה מתמטית כלשהי, אלא רק על מה שראתה. תלמידים שדורגו ברמה השולייאית הצדיקו את הקשרים שמצאו באמצעות ההגדרה של משולשים דומים. תלמיד אחר, שדורג ברמה השולטת, הסביר את טבעה של התופעה באמצעות הוכחה כללית שהתייחסה למיקומה של המראה בהינתן כל שני מרחקים בין האנשים ובינם לבין הקיר.

### תכליות: כלתי ישים

אין בדינו די ראיות כדי להעריך את רמת הבנתה של אוולין בממד התכליות. בשל מבנהו של הפרויקט היא ניהלה יומן ורשמה בו במסודר את תהליך ההבנה של הבעיה. אולם בשום מקום היא לא הצביעה על ייחוס חשיבות אישית לבעיה, וגם לא שיערה השערה כלשהי ביחס לשימושים דיסציפלינריים לידע שרכשה. למעשה, אף תלמיד לא כלל ראיות כלשהן באשר לקשרים כאלה. איננו יודעים, לפיכך, אם אוולין או תלמידים אחרים יצרו קשרים אישיים לידע הזה, או אם יכלו להרחיבו אל חוויותיהם באופן משמעותי.

### צורות: הצנה אולייאית

בממד הצורות דורגה אוולין ברמה השולייאית. היא השתמשה במשתנים, במשוואות, בהצגת נתונים ובשרטוטים כדי להדגים את הידע שלה בנוגע ליחסים שבאו לידי ביטוי בתופעה ובנוגע למגמות כלליות. השימוש הבהיר שלה במערכות סמלים ויזואליות ומילוליות מרמז על הבנה חשובה, למרות שחלק מכוונותיה נותרו בלתי ברורות (במחשבה האחרונה שלה, לדוגמה, לא הצלחנו להבין למה התכוונה ב"זוויות קדקודיות", ואנו מפקפקים גם בשימוש שעשתה בסמלים בעבור חבניות החפיפה SAS ו-SSS). עם זאת, הערפול מצביע גם על מקום להתפתחות.

אוולין השתמשה בסמלים אלגבריים כדי להבהיר את כוונתה בעילות רבה יותר מאשר חבריה. אפילו במחשבה של אמצע הפרויקט הצליחה אוולין לבנות משוואות שתיארו את היחסים בין

נתונה, ולא השתמשה בשפה כדי לומר פשוט "x כפול מ-y" או "x גדול מ-y", כפי שעשו תלמידים רבים. כך לדוגמה, תלמיד אחד אשר דורג ברמה הנאיבית לא סיפק תמונות או תרשימים כלשהם שיבהירו את הרפלקסיה האחרונה שלו. במקום זאת כתב רק: "פרויקט המראה והמשולשים הדומים הם זהים מכיוון ששניהם משתמשים ב-SAS". תלמידים אחרים אשר דורגו ברמה הראשונית כללו בעבודתם מספר תרשימים אך לא הסבירו את משמעותם.

## היסטוריה: הכנת התהליך של ההיסטוריון

הקורס הבין-תחומי שלימדה לואיס הטלנד בכיתה ז' התמקד בהיסטוריה, וטיפול גם בהיבטים של אנתרופולוגיה, הבעה ואמנויות. כפי שתואר בפרק החמישי, הקורס מיקד את למידתם של התלמידים סביב שתיים-עשרה שאלות פתוחות שאותן כינתה לואיס **חוטי שני** (ראו מוצג 5.3 בפרק החמישי) שאלות אלה הוצגו בכיתה וזכו להתייחסות סדירה במהלך השנה כולה. תלמידיה של לואיס כתבו באופן רפלקטיבי על חוטי השני שלוש פעמים במהלך השנה: באוקטובר, במארס וביוני. בנוסף להבנה שחשפה ההערכה המתמשכת של ששת הנושאים הפוריים שלה, הטכניקה שתוארה כאן סייעה ללואיס ולתלמידיה לגלות כיצד התפתחה הבנת העבר במשך הזמן. מסיבה זו ההבנות שנחשפו במקרה זה הן שונות מעט מאלה שנתגלו במקרים קודמים: הן אינן ספציפיות כל כך לנושא פורה מסוים. להלן מובאת השוואה בין תשובותיהם של שני תלמידים לשאלת חוט השני הבאה: "כיצד נגלה את האמת על דברים שהתרחשו לפני זמן רב ו/או במקומות רחוקים?"

## תשובותיה של רנה לחוט השני

רנה היתה תלמידה מוכשרת שהצליחה בדרך כלל בבית הספר. אולם לואיס סברה שרנה חסרה מעורבות ומוטיבציה עמוקות ואישיות. כפי

שתשובותיה מראות, השקעתה של רנה גברה ככל שהתפתחה הבנתה באשר לשאלת חוט השני.

### תשובה ראשונית מאוקטובר 1993

אנחנו מוצאים מידע על דברים שאירעו במקומות רחוקים ולפני זמן רב מכיוון שאחרי זמן מסוים כתבו דברים. וכשהם לא כתבו, יש לנו ארכיאולוגיה.

### תשובת אנטה השנה נמרס 1994

אנחנו יכולים לגלות דברים שקרו לפני זמן רב לא רק לפי בדיקה של תעודות על זמנים שעברו, אלא גם לפי בדיקה של האדמה. דוגמה אחת לכך היא ציורי מערות, ואחרת היא התלים שנבנו על ידי בוני תלים אינדיאנים בדרום. אם נחפור באדמה, נוכל למצוא עצמות, מוצרים וחלקים של דברים. אלה מין "חלקים של הזמן". הזמן נשמר באדמה. כל השאלות האלה נראות קשורות, לא?


### תשובת סוף השנה ניוני 1994


השאלות האלה בהיסטוריה... אני חושבת שלשתיהן יש אותה משמעות. שתיהן שואלות "האם יש הטיות במקורות היסטוריים? האם ניתן לראות מבעד להטיות? מה תעשה כדי לא להיות מוטה גם כן?" אני לא חושבת שהחשיבה שלי השתנתה אי-פעם ביחס לשאלות אלה. אני חושבת שהתחלתי לדעת את התשובות כשניהלנו את הדיון הראשון בנושא. אני חושבת שזה היה כשעשינו את אלבומי החיים שלנו. מנינו את כל הדרכים השונות שבהן אפשר לקבל את התמונה הברורה ביותר על חיי הדמות שלך... אני חושבת שעד שעונים עליה, אפשר להבין מה השאלה רק באופן חלקי.

בנוסף לטקסט זה, יצרה רנה באופן ספונטני דיאגרמה סכמטית (ראו תרשים 7.5) שנועדה להבהיר טוב יותר את חשיבתה על תהליך הבנתם של חוטי שני. היא כללה את הדיאגרמה כחלק מן הרפלקסיה האחרונה שלה.


תרשים 7.5. הדיאגרמה הסכמטית של רנה.

My MI Understanding Chart ©  
 This is my idea of understanding brought to you by the multiple intelligence of Drawing. (note the copyright)


▨ = what we are learning  ©

⚡ = sharp learning spikes: what makes understanding so difficult.  ©


First, we learn everything on the outside of the bubble.


us  us ©

Once we have accomplished this, we must penetrate under the hard shell to get into the deeper meaning stuff: This is a very difficult task.

us  us ©

We explore every square inch of the deeper meaning stuff to reach even deeper meanings.

▨ what we understood before  ©

▩ what we understand now  ©

FINAL

We push very hard on the outer walls of the bubble to expand it, so it reaches everything and so we can make connections, and VOILA! we understand.

THIS IS COPY RIGHTS MATERIAL

## ניתוח עבודתה של רנה באמצעות מסכת ההבנה

ניתוח ביצועי ההבנה שלה ממקם את רנה ברמות הבאות:

### ידע: בלתי ישים

תשובת חוט השני של רנה אינה מספקת מידע מספיק כדי לנתח באופן מועיל או לדרג במדויק את מידת מורכבותו או בהירותו של ממד הידע בהבנתה. עם זאת, השרטוט שלה מצביע על כך שבסוף השנה היא מבצעת יותר קישורים בתוך רשת מושגים – מאפיין מרכזי של ממד הידע.

### מתודות: הבנה שולייאית

הבנתה הראשונית של רנה בממד המתודות דורגה ברמה הנאיבית, אך התפתחה לרמה שולייאית ואף התקרבה להבנה שולטת. תגובתה הראשונית חשפה אמונה מובלעת שגילוי האמת הוא משימה קלה משום שהעבר הוא מה שבני אדם העלו על הכתב. היא לא הביעה ספקנות כלשהי בתגובתה, או הבנה של המתודות המורכבות שכרוכות בבנייה ובאישוש של ידע היסטורי. באמצע השנה כבר ניכרה התפתחות: רנה השתמשה בדוגמאות כדי לתמוך בטענתה, שלפיה ישנן שתי דרכים ללמוד על העבר (מתוך "תעודות על זמנים שעברו" ובאמצעות "בדיקת האדמה"); עם זאת, היא ביקשה בעיקר להוכיח את צדקתה ולא לבחון את אמיתות טענותיה. גישתה נראתה מכנית ומתכונתית, ולא כמו ביטוי של חשיבה עמוקה על תפקידו של ההיסטוריון כפרשן. בכל זאת, היא התחילה לשער השערות ("כל השאלות האלה נראות קשורות, לא?").

בתשובת סוף השנה שלה הביעה רנה את אמונתה, שבני אדם יכולים להבין את שאלותיהם וגם להרחיבן באמצעות מעורבות מלאה בפרטים תוך ניסיון להשיב על שאלות העל. הטענות שהעלתה בקשר

להטיה מרמזות על כך שהיא מתייחסת למקורות בספקנות; מסקנה זו נתמכת גם באמצעות השרטוט שלה שמבליט את חשיבותן של גישות מרובות. בניגוד לרבים מבני גילה, רנה שוקלת היבטים מרובים במאמצייה לבנות ידע ביחס לעבר, ומצביעה על "כל הדרכים השונות שבהן אפשר לקבל את התמונה הברורה ביותר על חיי הדמות שלך". האיכות הדינמית של מתודותיה ושל תהליכי למידה שרנה מתארת מרמזת על כך שאולי היא מוכנה כבר להבין שהאמת בהיסטוריה היא ארעית ושהיא מעשה ידי אדם.

## תכליות: הבנה זולת

עד סוף השנה התפתחה הבנתה של רנה במידה שדרגה אותה ברמה השולטת בממד התכליות. תגובתה הראשונית חסרה התייחסות לדרכים השונות שבהן ניתן להשתמש בידע. הדברים שכתבה נשמעו מדוקלמים, כמעט כאילו משהו אמר לה אותם בעבר. תגובת אמצע השנה שלה שילבה רעיונות מן הקורס עם תחומי העניין הפרטיים שלה; ציורי המערות היו משהו שמצאה בו עניין מחוץ לכיתה. אולם היא לא בדקה את השלכותיה של "החפירה באדמה" ביחס לחיפוש אחר אותם "חלקים של הזמן", וגם לא סיפרה לנו כיצד "חפירה" זו יכולה לשמש מחוץ לכותלי בית הספר.

אך בתגובת סוף השנה שלה, פירשה רנה מחדש באופן ספונטני את השאלה עצמה: היא פירקה אותה למספר שאלות משנה שעסקן בהטיה ובהשפעתה על מחברים ועל פרשנים של מקורות – כולל עליה עצמה. תחושת הבעלות שלה על הרעיונות חושפת גם היא את הבנתה השולטת בממד זה; רנה מביעה קול אישי חזק באמצעות הדוגמאות ("הופ!"), השימוש המכוון שלה במקורות ובאסתטיקה, והבעלות שעליה היא מצהירה ("אני לא חושבת שהחשיבה שלי..."; "אני חושבת שהתחלתי לדעת..."; "אני חושבת שעד שעונים עליה..."). עדות מרתקת נוספת מספקת עשר ההתייחסויות של רנה לזכויות היוצרים בתרשים שלה. היא בחרה להמשיג את התהליך שבאמצעותו הושגה הבנתה במטלת חוטי השני, למרות שלא

התבקשה לעשות כן. למרות שלא סיפקה ראיות משכנעות לכך שהיא פועלת על העולם באותו אופן, הרי שהביצוע שלה הוא הפגנה חזקה של בעלות ושל מחוייבות אישית לעבודה בכיתה.

## צורות: הכנה אולט

עד סוף השנה התפתחה הבנתה של רנה לרמה שולטת בממד הצורות. תגובתה הראשונית סיפקה עדות קלושה בלבד ביחס לממד זה, חוץ מהתייחסות מובלעת לקהל: היא השתמשה במוסכמה הבית-ספרית של ניסוח מחודש של השאלה בתשובה לשאלות פתוחות. בדומה, תשובת אמצע השנה שלה חזרה על ההתייחסות המקובלת הזו לקהל. עם זאת, היא השתמשה במטפורה נאה ("חלקים של זמן"), ונראה שהתכוונה לערב את הקהל שלה באופן ישיר יותר באמצעות השאלה שהציגה בסוף תשובתה.

בתגובתה הסופית עשתה רנה שימוש מתוחכם בסוגה של חיבור קצר; היא הציגה, הגדירה, תמכה והעלתה שאלות נוספות, והכל תוך שמירה על רצף אקספרסיבי. בנוסף, התרשים הסכמטי שהחליטה לכלול בתגובתה למטלה שילב בחינניות מערכות סמלים גרפיות ומילוליות. לבסוף, התאימה רנה באופן ברור את צורותיה בעבור קהלה: לואיס חזרה והדגימה את הערכתה כלפי ייצוגי חשיבה חזותיים.

## תאובותיו של דן לחוטי השני

דן קיבל עזרה בלימודים במשך כל שנותיו בבית הספר. למרות שהיה פופולרי ואתלטי, הלימודים בבית הספר תסכלו אותו. למרות שבין דן לרנה היו הבדלים משמעותיים מבחינת דפוסי למידה, צרכים והתפתחות במהלך השנה, הרי גם הבנתו של דן הוערכה באמצעות החשיבה על חוטי השני.



### תשובה ראשונית מאוקטובר 1993

האמת מתגלה באמצעות קריאה של מכתבים ושירים בשפות זרות.

### תשובת אנצ'ה הנה מנארס 1994

אנחנו יכולים לקרוא אותם בספרים או אולי למצוא רמזים.

### תשובת סוף שנה מיוני 1994

[בסתיו] חשבתי שקל מאוד לגלות את האמת על דברים שקרו לפני זמן רב ובמקומות רחוקים. חשבתי שהחלק על ההטיה היה שאלה מוזרה... כדי לגלות את האמת על זנגר (Zenger) השתמשתי באוטוביוגרפיה, במגזין, באנציקלופדיה ובספרים... עכשיו ידעתי [כך], שצריך להסתכל ביותר ממקור אחד כדי לגלות את האמת. אני חושב שאוטוביוגרפיות הן הדרך הטובה ביותר לגלות את האמת. קריאה של הרבה מקורות שונים תיתן לך את נקודת המבט של כולם על הנושא ועוזרת לך. אם אתה קורא שלושה ספרים, ושניים אומרים אותו דבר ואחד לא, אז אתה יכול לחשוב שבספר השלישי יש הטיה. כשאעשה מחקר בעתיד, אני יודע שאני צריך לקרוא יותר מספר אחד כדי לגלות דעות שונות.

## ניתוח עבודתו של דן באמצעות מסכת ההבנה

ניתוח ביצועי ההבנה שלו ממקם את דן ברמות הבאות:

### ידע: בלתי ישים

כמו רנה, דן לא סיפק די מידע בממד זה כדי להעריך את רמתו כיאות. ברפלקסיה של סוף השנה הוא השתמש במושגים כמו הטיה, דעה, נקודת מבט ואמת, המצביעים על כך שרשת הסוגיות ההיסטוריות

שלו היא עשירה מכפי שהיתה בתחילת השנה; ובכל זאת, הביצוע חושף ראיות מועטות מדי, אפילו לביצוע הערכות ראשוניות בלבד.

### מתודות: הכנה ראשונית

תשובותיו הראשוניות מעידות שדן חשב כי ידע היסטורי נבנה בתהליך נטול בעיות, שבו מציאתו של הידע במקום כלשהו מספיקה. תגובה זו מדורגת כביצוע ברמה נאיבית, כשהידע אינו מוטל בספק משום שהוא העולם. התייחסותו של דן ל"רמזים" בתשובת אמצע השנה מרמזת על כך שאולי התחיל להבין, שפרשנות מקורות אינה נעשית על דרך הפשט.

רפלקסיית סוף השנה שלו מדגימה את הזינוק שעשתה הבנתו. רפלקסיה זו היא שגורמת לנו לדרגו ברמה הראשונית: "כשאעשה מחקר בעתיד, אני יודע שאני צריך לקרוא יותר מספר אחד כדי לגלות דעות שונות". הוא מייחס את ההתפתחות הזו לעבודתו על הביוגרפיה של פיטר זנגר. אולם עדיין לא ברור אם הבין שהיסטוריה היא דיסציפלינה פרשנית: קביעותיו שלפיהן "צריך להסתכל ביותר ממקור אחד כדי לגלות את האמת", וש"קריאה של הרבה מקורות שונים תיתן לך את נקודת המבט של כולם על הנושא ועוזרת לך", נראות מכניות מעט. הטכניקה שבה דן משתמש כדי לתת תוקף לידע, השוואה של מקורות לצורך מציאת הסכמה ביניהם, היא התחלה טובה לעבודה עם מתודה דיסציפלינרית תקפה; אולם הסמכות החיצונית של הספרים נשמרת, ודן אינו מחליף אותה בפרשנותו שלו המבוססת על ראיות.

### תכליות: הכנה ראשונית

שתי התגובות הראשונות אינן מאפשרות כמעט להעריך את הבנתו של דן בממד התכליות. גם בסוף השנה ישנן ראיות מועטות בלבד, אולם הן מרמזות על כך שדן החל לראות את ההיסטוריה כיותר

מאוסף של עובדות, של אירועים ושל תאריכים. הוא מודע לכך שיכולות להיות דעות שונות, ושלא "קל מאוד לגלות את האמת". נראה שהשאלה שימשה בסיס לבנייתה של תפיסה חדשה ביחס לשימושים האפשריים בידע היסטורי. מרעיון זה ניתן ללמוד, שהיסטוריה עלולה להיכתב במטרה לתת תוקף לקבוצות חברתיות מסוימות על פני אחרות. בנוסף, דן מקשר זאת לעבודתו ולדעותיו: "חשבתי שהחלק על ההטיה... עכשיו ידעתי... אני חושב שאוטוביוגרפיות... כשעשה מחקר בעתיד, אני יודע שאני צריך...". ההשקעה המוגברת של דן ברפלקסיה האחרונה שלו מצביעה כשלעצמה על הערכה גוברת באשר לחשיבות ההיסטוריה – לפחות ככל שנוגע ללמידתה בבית הספר. כל אלה מובילים לדירוג ברמה הראשונית בממד התכליות.

### צורות: הבנה ראשונית

גם במקרה זה, רק בתשובת סוף השנה ניתן למצוא מידע מספיק להערכת הבנתו של דן בממד הצורות. בתגובה זו דן מפגין הבנה מסוימת ביחס לסוגת החיבור ההיסטורי: הוא מציג את מחשבותיו המוקדמות, מראה כיצד רעיונותיו התפתחו ומסיים בהצהרה המתייחסת לשימוש שיעשה בידע זה בעתיד. לצורה זו ניתן פגום בגיליון המטלה, אם כי במטלות קודמות הוא לא השתמש בפגום זה. העובדה שעשה כן במטלה זו יכולה להצביע על הבנה טובה יותר של קנונים מן הסוג של ביצוע זה, על הבנה טובה יותר של חשיבות ההתייחסות למורה כקהל, או על שתיהן כאחת. מכל מקום, הביצוע הסופי משקף התפתחות בממד הצורות שראויה לדירוג ברמה הראשונית.

### השאלות והוראה

כיצד מורים יוכלו להשתמש בהערכות כאלה על מנת להנחות תלמידים להשגתה של הבנה עמוקה עוד יותר? המחברים יכולים רק לנחש את התשובה לשאלת מחקר זו, משום שמסגרת ההבנה פותחה

לאחר שנשתיימה כבר עבודת השדה בכיתות. ובכל זאת, הניתוחים שהובאו לעיל מרמזים על שימושים פוטנציאליים רבים למסגרת זו. שני שימושים אפשריים נראים מרכזיים: שימוש במסגרת כמדריך מקיף להערכת תוכניות לימודים במטרה לתכנן הוראה ממוקדת יותר, ושימוש בה כדי לסייע לתלמידים לבצע הערכות עצמיות והערכות של חבריהם לכיתה וכן על מנת לעזור למורים להעריך תלמידים מסוימים.

## מסגרת ההבנה כמדריך להערכת תוכניות לימודים

לואיס הבחינה בשיעור ההיסטוריה שהרפלקסיות שבוצעו סביב חוטי השני לא סיפקו לה מידע רב בנוגע לממד הידע. זאת, למרות שהרשתות המושגיות המורכבות, כמו גם הבנת ההיסטוריה שתלמידיה בנו במהלך השנה, קיבלו ייצוג הולם בתיקי העבודות של הפרויקטים השונים.

### ידע

לואיס ציינה שהממדים יכלו לסייע לה לשקול אם הדגישה די הצורך את ממד הידע בחוטי השני שניסחה, ולתקן אותם בהתאם.

לואיס יכלה לבצע שינוי קל בתוכניתה במטרה לקבל תמונה מלאה יותר של ממד הידע. ראשית, מסגרת ההבנה יכלה לעזור לה לזהות ממדים שבהם תלמידים רבים מתקשים, ולאפשר לה לתכנן מחדש רצפים של ביצועי הבנה שיטפלו בחולשות אלה. שנית, אם לואיס היתה מבחינה בהיעדר הראיות ביחס לממד הידע בחוטי השני שלה, היא היתה יכולה לבנות מחדש את אחד מהיבטי ההערכה המתמשכת. היא יכלה לשלב את הערכת חוטי השני עם הערכת תיקי עבודות הפרויקט של התלמידים; היא גם יכלה לבקש מתלמידים לתכנן מקבץ עבודות שיתבסס על כמה מן החומרים ששימשו אותם ביחידה (עיתונים, רפלקסיות, טיוטות, סקיצות, תמונות, קלטות אודיו ו-וידאו ותוצרים

סופיים) במטרה להדגים את הבנתם ביחס לחוטי שני מסוימים. למקבץ כזה של עבודות ניתן היה לצרף רפלקסיות שבהן תלמידים יסבירו כיצד העבודה מדגימה את הבנתם; כך בוודאי היתה נוצרת תמונה עשירה בהרבה של רשתות הידע המושגי שבהן תלמידים משתמשים. מסגרת ההבנה יכלה לסייע ללואיס להבחין בצורך בשיפור כזה.

## מתודות

ג'ואן הבחינה בשיעור האנגלית שרבים מתלמידיה דורגו ברמה הראשונית משום שפשוט שינו את הטיוטות שלהם בעקבות דברי הביקורת של חבריהם או של מוריהם, לעתים אפילו כשלא הסכימו להצעות. תלמידים קיבלו את רעיונות התיקון מבלי להבין באמת כיצד השינויים משפרים את כתיבתם. כדי לשפר את הבנתם של תלמידיה ביחס לפרוצדורה שאותה נוקטים כותבים מנוסים, ג'ואן יכולה לשנות את ביצועי ההבנה בתוכניתה כך שינחו תלמידים להשוות טיוטות לעבודות סופיות או למודלים מובחרים. היא יכולה גם להדגיש את חשיבותם של שינויים שהם בעלי משמעות לתלמיד, וכן לעזור לתלמידים לשקול שינויים ברצינות רבה יותר באמצעות הצגתה של שאלה כגון זו: כיצד תוכלו להשתמש בתגובות ביקורתיות כדי לשמר גם את הקול האישי וגם רעיונות בעלי משמעות?

## תכליות

ג'ואן יכלה להשתמש בממדים גם כדי לשנות את ההערכה המתמשכת שלה, ולמקד את הערותיה בצורכיהם של תלמידים מסוימים. כך לדוגמה, הרפלקסיות של ריק היו עדיין מכניות מעט על פי ממד התכליות. נראה שבהין כיצד להשתמש בכתיבה כדי לספר סיפור או כדי לחלוק את מחשבותיו בנושא מסוים, אך שעדיין איננו מסוגל להשתמש בכתיבה ככלי לחשיבה על התנסויות חשובות ומעצבות בחייו (חלק מן התלמידים שדורגו ברמה השולייאית או השולטת

השתמשו בכתיבה באופן כזה בחיבורים האוטוביוגרפיים שלהם). באמצעות מסגרת ההבנה יכלה ג'ואן להבחין בצורך לכוון את ריק להשתמש בחוויותיו שלו בכתיבתו, לשער מדוע התקשה להתחייב לאימון בסקסופון, מדוע הסכים לחזור לנגן, או מה מעיד עליו רצונו להפוך למוסיקאי ג'אז.

## צורות

בשיעור הפסיקה חלק מן התלמידים יכלו להפיק תועלת מהקדשת השומת לב נוספת לשימוש שעשו במערכות סמלים, אחד ממרכיביו של ממד הצורות. הנק, למשל, צייר את מכסחת הדשא מבלי לקשר את הציור באופן ברור לרעיון היתרון המכני. אריק היה יכול לתכנן ביצועי הבנה שבהם תלמידים יחפשו, ינתחו, יבקרו מגוון מקורות (טקסטים, ספרי עיון, תצוגות במוזיאון, מקורות באינטרנט, מאמרים מעיתונות פופולרית ומכתבי עת) וישוו בין הייצוגים השונים שמופיעים בהם. בדרך זו הנק היה יכול ללמוד כיצד להשתמש בקלות רבה יותר בצורות השונות שמשמשות להעברת ידע מדעי. ביצועי הבנה ממוקדים כאלה יכולים לעזור לתלמידים לחשוב גם על המגוון הרחב של ייצוגים אפשריים למושגים דיסציפלינריים מסוימים, וגם על הקשרים שבין סוגה, סמל, קהל ומשמעות. באמצעות מסגרת ההבנה אריק היה יכול לזהות טוב יותר את הצורך הזה.

## מסגרת ההבנה כמדריך להערכה עצמית, הערכה באמצעות החברים וכיתה והורים

ניתן לשתף את התלמידים בממדים וכך לאפשר להם להשתמש במסגרת כמדריך לחשיבה על עבודתם. לואיס טוענת, שאם מסגרת ההבנה היתה זמינה כשלימדה את הקורס שלה, ייתכן שהיתה מסבירה אותה לתלמידיה כבר בתחילת השנה או במהלכה; מורים אחרים, שמלמדים תלמידים מבוגרים יותר, מנסים היום להשתמש במסגרת

ההבנה בדרך זו. לואיס יכולה, לדוגמה, להראות לרנה ולדן כיצד דורגו היבטים שונים של עבודתם בארבעת הממדים. כך היו יכולים גם לואיס וגם תלמידיה להכיר בהצלחות ולמקד את המאמץ בנקודות החולשה.

בכיתתו של אריק, מרטה והנק יכלו להפיק תועלת מהשימוש בנייתוחי התלמידים האחרים באמצעות מסגרת ההבנה. הנק היה יכול להבין טוב יותר כיצד מופק יתרון מכני, וכיצד מספר אמצעי הבעה (איורים, תרשימים עם ביאורים או עם כותרות, אלגוריתמים והסברים או תיאורים נרטיביים) יכולים להעביר את אותה הבנה. בה בעת, מרטה יכלה לפתח מודעות גדולה יותר לסוגיה באמצעות בחינת היתרון המכני במכשירים אחרים.

בכיתת המתמטיקה חשב ביל שמחזור נוסף של תרגול, חשיבה והערכה היה יכול להועיל לאוולין. אם מסגרת ההבנה היתה מהווה חלק מאותה חשיבה נוספת, ואם אוולין היתה בוחנת את עבודתה ביחס אליה, היא בוודאי היתה יכולה לחשוב ולגלות דרכים שבהן יוכל הידע המתמטי לשמש לתכליתיה שלה.

## נסקנות

הבה נשוב אל שאלות המחקר שעליהן התבסס פרק זה.

כיצד נראית הבנתם של תלמידים בכיתות של הוראה לשם הבנה? כפי שהדוגמאות שלנו מראות, לעתים קשה לזהות הבנה. היא חושפת את עצמה קטעים קטעים, ודומה יותר לטיעון שבונים מראיות מאשר לעובדה סופית; היא נראית כמו מערכת דינמית שנמצאת בתהליך מתמיד של שינוי, ולא כמו שיפוט סטטי שמוטבע על התלמיד כחלק מזהותו. וחשוב מכל, להבנה יש פנים רבות: היא משקפת נקודות חוזק וחולשה, ולא אותה צירוף מספרי פשוט שמפיקות דרכי ההערכה המסורתיות.

ההבנה נראית מגוונת גם משום שיש לה ממדים רבים, וגם משום שהיא נחשפת במגוון של מצבים, מתוכננים וספונטניים כאחד.

הדוגמאות שהוערכו בפרק זה היו ברובן מתוכננות ורשמיות, אולם חשוב לחזור ולהדגיש את הצורך לחפש את הבנת התלמידים במגוון של סוגי ביצועים והערכות. מורים בכל הכיתות ציינו, שביצועים ורפלקסיות ספונטניים ובלתי רשמיים היוו תוספת חשובה לראיות שאספו מן הביצועים המתוכננים והרשמיים. ביצועים והערכות בלתי רשמיים מאפשרים לתלמידים להפגין קישורים חדשים בין הקשרים דיסציפלינריים ואישיים ולהשתמש בצורות ההבעה הטבעיות ביותר להם. לתלמידים שהרכב האינטליגנציה שלהם הוא שונה, הביצועים הבלתי רשמיים נותנים הזדמנות להפגין הבנות חשובות אשר היו עלולות שלא לבוא לידי ביטוי בתנאים אחרים. כל אלה מלמדים שמורים צריכים לבחון סדרה של תוצרי תלמידים שנאספים לאורך תקופה.

כיצד נוכל לאמוד את עומקה של ההבנה בעבודות תלמידים? המקרים שהוצגו לעיל מרמזים על כך שמסגרת ההבנה היא כלי יעיל להערכת עומקה של ההבנה בעבודות תלמידים, משום שהיא עוזרת לסמן איזורים של בהירות מושגית וגם של תפיסות מוטעות. תלמידים מפגינים בכל ממד רמות שונות של מומחיות, ואלה יכולות לשמש בסיס למאמצים נוספים, או מטרות שיש לחתור אליהן.

תלמידים בכיתות של הוראה לשם הבנה מפיקים מגוון רחב של תוצרים מורכבים. הרמות השונות המשמשות לדירוג ממדי ההבנה פתרו חלק מן המגבלות של ההערכות המסכמות: ההערכה המסורתית משווה בייעילות תלמיד אחד לרעהו, אך ערכה קטן יותר ככל שנוגע לזיהוי הצעדים הבאים בלמידה. בחינת הממדים בעבודת התלמידים מתוך התייחסות לממדים בדיסציפלינות אקדמיות, אפשרה לחוקרים לכבד ולהעריך את נקודות החוזק של התלמידים וכך בבד גם לזהות אזורים שדרשו תשומת לב נוספת. כשמסבירים להם שהם כבר מבינים לא מעט, תלמידים יכולים להיות נכונים יותר להתמודד עם אזורי החולשה; הרגל זה הוא חיוני לחיים של עבודה המכוונת לפיתוחה של הבנה עמוקה.

כיצד מורים יוכלו להשתמש בהערכות של עבודות תלמידים לצורך קידומה של הבנה עמוקה עוד יותר? הראיות בדבר ערכה של



מסגרת ההבנה למורים הן ספקולטיביות בלבד; אמנם המסגרת הועילה לחוקרים, אולם רק עתה מורים מתחילים לנסות להשתמש בה בכיתות הלימוד. הסיבה לכך נעוצה בחלקה בעובדה שמסגרת ההבנה פותחה לקראת סופו של פרויקט המחקר. חלקה האחר נעוץ במורכבותה של המסגרת: כדי שיוכלו להשתמש בה בקלות, מורים עסוקים יצטרכו להכירה היטב, ולשם כך יזדקקו לתהליך למידה ממושך. ובכל זאת, למרות שמורים מעטים בלבד החלו להשתמש במסגרת לצורכי הערכה, כפי שהודגם בפרק זה, הרי שחלקם כבר התחילו להשתמש בה לצורך תכנון והערכתן של מטרות הבנה, במטרה לכסות את מלוא היקפם של ממדי ההבנה.

ניתוחינו מצביעים על כך, שמורים יוכלו למצוא במסגרת ההבנה את אותה תועלת שמצאו בה החוקרים: הם יוכלו לזהות בעזרתה את הכיוונים שבהם צריכים ללכת התלמידים כפרטים והכיתה ככלל כדי להעמיק את הבנתם. מיפוי כזה של השטח יכול להקל על התלמידים בביצוע הצעדים הבאים, ולהציע להם כיוונים לחשיבה, למאמץ ולביקורת. תלמידים בכיתות שבהן נערך המחקר הביעו את הערכתם ביחס לבהירות שסיפקו מרכיבים אחרים של המסגרת הוראה לשם הבנה, כמו מטרות הבנה ואמות מידה להערכה מתמשכת (ראו הפרק התשיעי בספר זה). יש להניח, שתלמידים יביעו הערכה דומה לבהירות שאותה מספקים הממדים. נראה, שהמשימה היא למצוא דרכים שיאפשרו שימוש במסגרת גם למורים עסוקים המלמדים תלמידים רבים. מחקרים נוספים, שיבחנו כיצד מורים מתמודדים עם דילמה זו, יתרמו משמעותית להוראה לשם הבנה.