

אספקטים קוגניטיביים בהוראה ובלמידה של גאומטריה*

חלק א'

מאת רנה הרשקוביץ,
מכון ויצמן למדע

בהוראה ובלמידה של גאומטריה וכן במחקר
הקשור בכך קיימים שני היבטים קלאסיים

1. ראיית הגאומטריה כמדע המרחב.

- שאלות המחקר שעולות אז הן
- כיצד תופסים ילדים את סביבתם
- מה הם סוגי ה"קודים" שבהם משתמש הילד כאשר הוא מעבד אינפורמציה ויזואלית
- כיצד יוצר התלמיד דוקומנטציה של סביבתו וכיצד הוא מפרש דוקומנטציה כזו

2. ראיית הגאומטריה כמבנה לוגי, כאשר

- הגאומטריה היא עולם התוכן דרכו לומד התלמיד מהו מבנה מתימטי לוגי.
- שאלות מחקר שיעלו אז מתייחסות אל
- תהליכי הכללה
- תהליכי הצדקה (הוכחה)
- היכולת להקיש היקשים לוגיים

קיימת הסכמה בין מחנכים וחוקרים כי שני ההיבטים הללו קשורים זה בזה וזאת כיוון שרמה מסוימת של גאומטריה כמדע המרחב דרושה ללימוד גאומטריה כמבנה לוגי ראייה התפתחותית זו לגבי למידת גאומטריה היא לרוב הבסיס של תיאוריות, של מחקרים ושל תוכניות לימודים הקשורות בגאומטריה

1. תאוריות הקשורות בהוראה גאומטריה

במחקר ובהוראה אפשר להתייחס לתאוריה בשני כיוונים
הכיוון הראשון, שהיה מקובל מאוד עד לפני מספר שנים, הוא זה הלוקח את התאוריה כבסיס מחקר המבוסס על תאוריה נועד לאשר אותה או להפריכה התכנים למחקר או להוראה נבחרים בהתאם לתאוריה

מאמר זה הינו עיבוד וקיצור של Rina Hershknowitz, with collaboration of Ben-Haim, D., Hoyles, C., Lappan, G., Mitchelmore, M., and Vinner, S. (1990), Psychological Aspects of Learning Geometry, in Neshet, P., and Kilpatrick, J. (eds.), *Mathematics and Cognition, ICMI Studies Series*, Cambridge University Press, pp 70-95

הכיוון השני הוא הכיוון ההפוך יוצאים מהתכנים אותם החלטנו ללמד בבתי הספר מכל מיני סיבות חוקרים איך הילד לומד אותם, איך המורה מבין אותם, מה ההבדל בין הגישה של התלמיד לבין זו של המורה בתהליך של פירוש הממצאים (אם זה מחקר), משתמשים בתאוריות קיימות כאשר הן מתאימות כיוון זה מאפשר ניסוח השערות ופיתוח תאוריות חלקיות חדשות המתאימות לחלקים קטנים של המחקר כיוון זה מקובל עתה יותר במחקר קוגניטיבי בכלל, ובמחקר בלמידת מתימטיקה בפרט גם אני, באופן אישי, חושבת שכיוון זה עדיף, כיוון שה"השתעבדות" לתאוריה מרכזית אחת מטה את כיוון המחקר וההוראה לאפיק שאינו פתוח לקבלת תכנים והסברים שאינם נגזרים מהתאוריה המרכזית

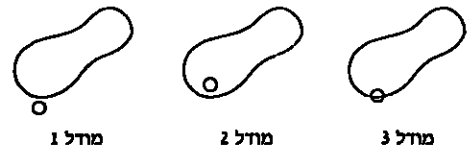
בין אם נלך בכיוון האחד או בשני יש צורך להזכיר בקצרה תאוריות מרכזיות הקשורות למחקר והוראה בגאומטריה

1.1 פיאיזה (Jean Piaget)

פיאיזה' מבדיל בין העולם הראלי של הסביבה בה אנו נמצאים, ובין העולם הייצוגי הקיים בתודעתו של הילד כדרכו, הוא מתעניין בטרנספורמציות שעושה הילד ב"הפנימו" עצמים מהעולם הממשי לעולמו הייצוגי, בתכונות העצמים אותם משמר הילד בטרנספורמציות אלו, וכן בהשתנות יכולת השימור הזו עם הגיל על סמך מחקריו טוען פיאיזה כי ילדים משמרים (או שמים לב אל) ראשית כל תכונות טופולוגיות שאינן אוקלידיות (סגירות ופתוחות של הקווים

¹ פיאיזה, פסיכולוג שוויצרי ידוע שנפטר לפני מספר שנים, התמחה במחקר התפתחותו הקוגניטיבית של האדם ויצר תאוריות למידה רבת היקף הקרויה אפיסטמולוגיה קנטית

המגדירים את הצורה, קשירות, פנים וחוף של הצורה ועוד), ורק אחר כך תכונות אוקלידיות, (כלומר, אורכי קווים וקטעים, גודל זוויות וכד') יש לשים לב כמובן כי טרנספורמציות אוקלידיות (כלומר אלו המשמרות את התכונות האוקלידיות של צורה) הן קבוצה חלקית של טרנספורמציות טופולוגיות לכן כל טרנספורמציה אוקלידית היא גם טופולוגית בחלקו העליון של איור 1 אחדים מהמודלים שהראה פיאיזה לילדים בחלקו התחתון של האיור ציורים של המודלים שנעשו על ידי



דוגמאות משלב 1 המאוור

איור 1

ילד נשווה למשל את מודל 12 לציור המתאים של הילד הילד אינו שומר על צורת המשולש אך מציג נכונה את מצבם ההדדי של שני החלקים, כלומר משמר תכונות טופולוגיות של פניס/חוף ולא תכונות אוקלידיות של אורכים וזוויות

כל האמור כאן בקשר למחקרו של פיאיזה הוא כמובן קצר ופשטני אך נותן מושג על מה שפחות או יותר ענין את פיאיזה מרטין (Martin, 1976a, 1976b) טוען כי תוצאות המחקרים, שנתקבלו אצל פיאיזה

ואצל רפליקטורים שלו, אינן מראות אם ההיפותיזה של פיאיזה היא כללית או "תלוית מטלה" כלומר נכונה למטלות שנתן פיאיזה לילדים בהקשר לתפיסת המרחב ואינה נכונה לגבי מטלות מרחביות אחרות מרטין בעצמו ערך ניסוי ומצא כי לגבי המטלות שבדק מתקיים כי חלק גדול מהילדים בגיל 4 אינם משמרים את תכונות הצורה כלל, אפילו לא תכונות טופולוגיות, וכי אלה המשמרים את תכונות הצורה, משמרים תכונות אוקלידיות וממילא הם משמרים תכונות טופולוגיות

מסקנה שניה שהעלה פיאיזה ממחקרו היא כי השימור (טופולוגי ואח"כ אוקלידי) הוא תנאי הכרחי לפעילויות אחרות הקשורות בצורות גאומטריות, כמו למשל מדידת אורכים, שטחים, נפחים, זוויות וכד'. מחקרים, כמו זה של טלומיס (Taloumis, 1975), מטיילים ספק גם במסקנה זו טלומיס הראתה כי הכושר של שימור השטח והיכולת למדידת השטח תלויים זה בזה אך אף אחד מהם אינו תנאי הכרחי לשני כלומר, כאשר אחד מהם, השימור או המדידה, נעשה ראשון, הוא "עוזר" לשני ומידת העזרה היא שווה

אפשר לסכם ולומר כי היישום של תורת פיאיזה לגבי למידה, מחקר והוראה של צורות גאומטריות במרחב, אינו פשוט ומעלה ספקות הקשיים נובעים הן מהכלליות של המבנה התאורטי, דבר העושה את יישומו למחקר והוראה של מטלות למסובך ואולי אפילו לבלתי אפשרי, והן מספקות שמעלים מחקרים לגבי תקפותו של המבנה בגאומטריה כמערכת דדוקטיבית, לא עסק פיאיזה או לא רצה לעסוק

1.2 ואן הילי

לפי הזוג ואן הילי (Van Hiele, ראה Hoffer, 1983) יש 5 רמות בהתפתחות המחשבה הגאומטרית

רמה 1 (ויזואליזציה) – הרמה ההתחלתית מאופיינת על ידי האלמנט התפיסתי של הצורות הגאומטריות כשלמויות הצורות נשפטות לפי הופעתן ומראיהן הנימוקים של הילדים הפועלים ברמה זו מסתמכים על מיון של הצורות לפי צורתן הכללית

רמה 2 (אנליזה) – ברמה זו רואים את הצורות כ"נושאות תכונותיהן" – התלמיד מכיר את הצורות לפי תכונותיהן, אך, עדיין אינו רואה את הקשר בין התכונות ואינו יכול להסביר כיצד תכונה אחת נובעת מן השניה הנימוקים של הילדים הפועלים ברמה זו מסתמכים על אנליזה לא פורמלית של תכונות הצורה

רמה 3 (הפשטה) – התלמיד יוצר את הקשרים שבין התכונות השונות של מושג גאומטרי והן את הקשרים שבין המושגים הגאומטרים השונים הוא עתה מסוגל להבין כיצד נובעת תכונה אחת מן השניה ואת התפקיד של ההגדרה התלמיד עדיין אינו תופס את המשמעות של מבנה דדוקטיבי כשלמות אחת

רמה 4 (דדוקציה) – התלמיד ברמה זו תופס את המשמעות של הדדוקציה כאמצעי לבניה ולפיתוח תאוריה גאומטרית הוא מבין את התפקיד של אקסיומות, הגדרות (כחוליות בשרשרת של המבנה הדדוקטיבי), משפטים ומבנה דדוקטיבי של הוכחה, ואת היחסים הלוגיים שביניהם

רמה 5 – לאדם ברמה זו יש היכולת לתפוס תאוריה בגאומטריה ללא אינטרפרטציות קונקרטיות האדם יכול לחקור את התוצאות הנובעות מהחלפת מערכת אקסיומות אחת בשניה הוא מכיר ויכול להשוות אסטרטגיות שונות של הוכחה הוא יכול "לגלות" משפטים חדשים ושיטות הוכחה, ויכול לחשוב על הבעיה של זיהוי ההקשר הרחב ביותר בו משפט מסויים יכול להיות ישים

מאפיינים או מרכיבים נוספים שציינו הזוג ואן הילי בתארם את המודל שלהם הם
א באף רמה לא ניתן לדבר על "זכירה" בלבד,
ב התלמיד עובר מרמה לרמה לפי הסדר מבלי לדלג על אף אחת מהן,
ג הרמות הן דיסקרטיות, דהיינו התלמיד עובר בבת אחת מרמה לרמה נובע מכאן, כי יש פרקי זמן שבהם הלמידה אינה מתרחשת, ויש רגעים שבהם הלמידה באה באופן פתאומי, כמו בקפיצה קוואנטית

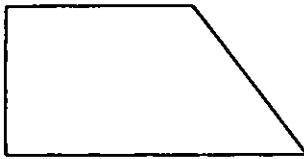
ד תלמידים שונים אינם עוברים את הרמות באותו קצב

ה תלמידים שהנמקה שלהם היא ברמה מסוימת לא יוכלו להבין הנמקות, או לענות לשאלות ברמה גבוהה ממנה מכאן שהוראת גאומטריה ברמה הגבוהה מזו שהתלמיד נמצא בה לא תוביל אותו לרמה הגבוהה יותר למשל, הוראת גאומטריה כמערכת דדוקטיבית (רמה 4) לתלמידים שאינם נמצאים אפילו ברמה 3, לא תביא את התלמידים לחשיבה ברמה 4 הם יזכרו את המשפטים והוכחותיהם במקרה הטוב, אך לא יבינו, ובודאי לא יצליחו לפתור, בעיות הוכחה בעצמם

ו בניגוד לתאוריות למידה אחרות, בעיקר זו של פיזיקה, מתבססת התאוריה של ואן הילי על ההנחה כי ההתקדמות מרמה אחת לשניה תלויה יותר בהוראה מאשר בגיל או בבגרות ביולוגית סוגי הוראה שונים יכולים להשפיע בצורה שונה על ההתקדמות, (או על חוסר התקדמות)

בנוסף למודל הרמות המתואר לעיל, הציעו הזוג ואן הילי תהליך הוראה-למידה המורכב מחמישה שלבים (פזות), כבסיס להוראת גאומטריה מטרה של הוראת תוכן גאומטרי מסוים לפי חמשת השלבים האלה היא להעלות את התלמיד מרמת "מחשבה גאומטרית" מסויימת לרמה גבוהה יותר

1.3 השפעת התאוריה של ואן הילי
למודל ההתפתחותי של רמות המחשבה בגאומטריה היתה וישנה עדיין השפעה רבה כבר כמעט 30 שנה הסובייטים, שהיו מודעים לרמה הנמוכה של תלמידים בארצם בגאומטריה, התרשמו ממודל זה ואימצו אותו הן לתוכניות לימודים בגאומטריה, והן למחקר הסובייטים השתמשו ברמות ראשית כל כדי לנתח את חומר הלימודים שהיה קיים אז בכיתות אי-ח' כמו כן נעשה שימוש במודל הרמות למחקרים בעקבות שני הכיוונים הללו פותחה תוכנית לימודים בגאומטריה המבוססת על מודל הרמות, וההוראה לפיה מבוססת על מודל השלבים הסובייטים דווחו על הישגים מפתיעים לטובה של תלמידים שלמדו לפי תוכנית זו (Wirszup, 1976)



איור 2

מ מה תוכל לומר על צורה זאת?
ת טוב, היא מרובע ויש לה שתי צלעות
מקבילות הצלעות האחרות אינן
מקבילות
מ האם זה טרפז?
ת לא!

תלמיד זה שופט את הצורה לפי מראית עין
— רמה ראשונה של ואן הילי (עבורו כנראה
"טרפז" הוא טרפז שווה שוקיים) למרות
העובדה שבמהלך הראיון הוא מפגין ידע
ברמה השנייה של ואן הילי — ידיעת תכונות
הטרפז וזיהויין בצורה שלפניו, השיפוט לפי
מראית העין גובר לבסוף

בנוסף לאמור לעיל יש הרבה אי בהירות
בקשר למהותה וקיומה של הרמה החמישית

בתאוריה של ואן הילי נמצא את עקבותיהן
של שתי המטרות העיקריות בלימוד
גאומטריה הגאומטריה, כגוף של ידע, העוזר
לתלמיד בארגון סביבתו הגאומטרית, באה
לידי ביטוי ברמות 1 ו 2, בעוד שהגאומטריה
כמערכת דדוקטיבית באה לידי ביטוי ברמות 4
ו 5

אם מקבלים את התיאוריה של ואן הילי,
מקבלים בעצם גם את שתי ההנחות הבאות
א המטרה העליונה בלימוד גאומטריה היא
להציגה כמערכת דדוקטיבית
ב בלי שליטה בגאומטריה כ"מדע המרחב"
אין אפשרות להבין את הגאומטריה
כ"מערכת דדוקטיבית"

ההנחה השנייה מאוד חשובה ולצדדי לא
ניתנה לה תשומת לב מספקת בספרים רבים
של הוראת גאומטריה לבית-הספר היסודי
בארצות שונות ובסדרות הספרים בארץ שהיו
אופייניות לשנות החמישים והשישים, הוגש
החומר בבית-הספר היסודי בעיקר ברמה
הראשונה, ולכל היותר בשנייה צורות נלמדו
לפי המראה הכללי שלהן. "זה מלבן כי הוא
דומה ללבנה" וכד' אחר-כך בביה"ס התיכון
לימדו את הגאומטריה הדדוקטיבית (רמה
רביעית) אין פלא כי תלמידים לא היו מוכנים
לרמה זו וכי הכשלויות היו רבים

אחרי התאור הקצר של התאוריות
הרלוונטיות ללמידת גאומטריה, נתחיל בהצגת
הבטים קוגניטיביים הקשורים בהוראתה. סדר

בארצות הברית נעשו אנשי החינוך המתמטי
מודעים למודל של ואן הילי רק בשנות
השבעים מאמרו של ורשופ (Wirszup,
1976), שבו תאר את המודל ואת הצלחת
הפעילות ברוסיה הסובייטית, גרם לתחילת
הפעילות סביב המודל של ואן הילי בארצות
הברית תאורית ואן הילי השפיעה ראשית
כל בכיוון של כתיבת ספר ללימוד גאומטריה
שתוכנו והיקפו נגזרים מן התוכנית המקובלת
בארצה"ב. המודל יושם גם בהכנת חומר
למורים המכיל אוסף פעילויות שמטרתן
איתור רמת המחשבה הגאומטרית של
התלמיד והבאתו לרמה גבוהה יותר (Hoffer,
1983) פעילות התחלתית זו צמחה, איפוא,
מתוך ההנחה כי המודל הוא בר תוקף

מאוחר יותר, בשנות השמונים, הוחל בארצה"ב
במחקרים לבדיקת תקפותו של המודל, כלומר
לאישוש ההשערה כי אפשר לזהות את הרמות
ב"התנהגות הגאומטרית" של היחיד, וכי הן
אכן דיסקרטיות ויוצרות הירארכיה כמרכן,
נבחנה "תקפות הניבוי" של המודל

הכלליות והגלובליות של מודל ואן הילי הן
מקור כוחו ומקור חולשתו כדי להשתמש
בו למחקר או להוראה יש צורך ליצור כלים
אופרטיביים שישמשו להגדרת הרמה בה
נמצא היחיד ולהכין סדרות הוראה מפורטות
הבנויות לפי מודל הרמות אכן, יש מחקרים
רבים ותוכניות לימוד שבנו כלים כאלה
תוצאות המחקר הראו, כי באופן כללי הרמות
אכן יוצרות הירארכיה ומתאימות פחות או
יותר ל"התנהגות הגאומטרית" של היחיד
לעומת זה נמצא, כי הרמות אינן גלובליות
ואינן דיסקרטיות. כלומר, הילד יכול להמצא
ברמות מחשבה והנמקה שונות לגבי תכנים
שונים בגאומטריה, והוא גם יכול לעבור
מרמה לרמה בתוך אותה מטלה לדוגמה,
נסתכל על הראיון הבא שערכו ברגר ושוגונסי
(Burger & Shaughnessy, 1986)

(מ = מראיין, ת = תלמיד)
מ האם צורה זו היא טרפז? (ראה איור 2)
ת לא!
מ מדוע אינה טרפז?
ת כי היא לא!
מ מהו טרפז?
ת זה מרובע קמור שרק שתיים מצלעותיו
מקבילות

לחבר שאיננו נמצא לידו הסתבר, ששליש מהילדים תארו את המבנה בצורה גרפית, שליש תארו אותו בצורה מילולית, ושליש תארו בצורה משולבת, גרפית ומילולית יחד כשביקשו מפרחי הוראה לעשות אותו דבר, רבים בחרו בצורה המילולית אולם, כשנתנו לאותם מורים תאורים מילוליים וויזואליים הם העדיפו ופרשו טוב יותר את התאור הויזואלי

נסתכל באיור 3, ובו דוגמה מתוך העבודה המתוארת לעיל רואים כאן תאורים של מבנה העשוי מעשר קוביות שהוכנו על-ידי שלושה ילדים שונים.

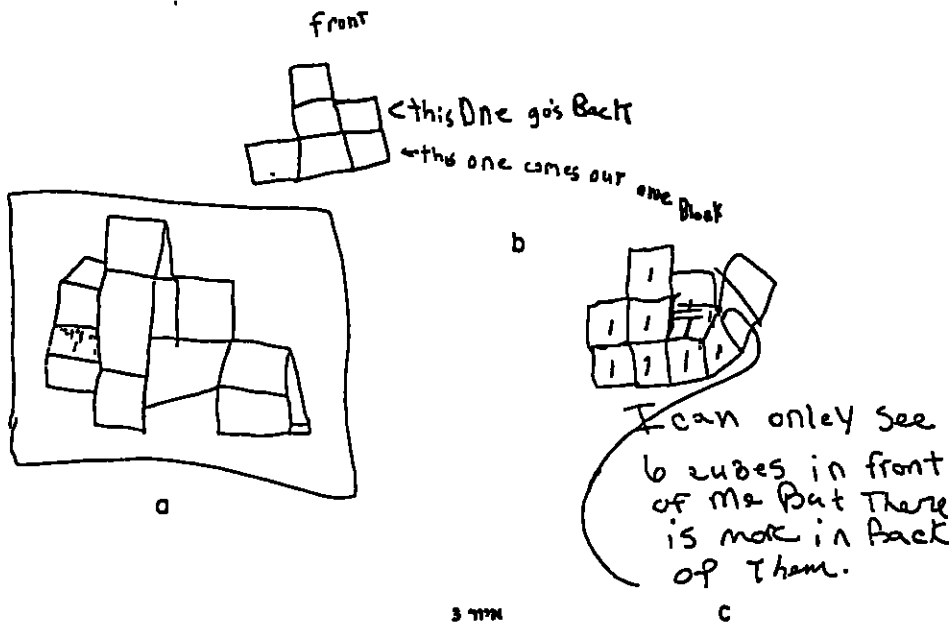
בתאור של הילד הראשון (a) אנו רואים כי הוא מתקשה בשימוש בקווים מקבילים בכל מיני כיוונים נובע מכאן שהוא אינו מבין שימוש זה או שאין הוא מודע עדיין למוסכמות החברתיות של התאור הדו-ממדי של קוביה אין ספק כי לילד זה יש תחושת עומק לילד השני (b) אין תחושת עומק או אין הוא יכול לבטא אותה בציר דו-ממדי הוא מצייר מהחזית ומרגיש שמשוה לא בסדר ולכן מסביר שהקוביה הולכת קדימה או אחורנית את חוסר היכולת שלו להשתמש במוסכמות של שרטוט מרחבי הוא מאזן על ידי הסבר מילולי. הילד השלישי (c)

הדברים יהיה לפי "סדר" שני האספקטים הקלאסיים – הגאומטריה כמדע המרחב שמסביבנו ואחר-כך הגאומטריה כמערכת לוגית

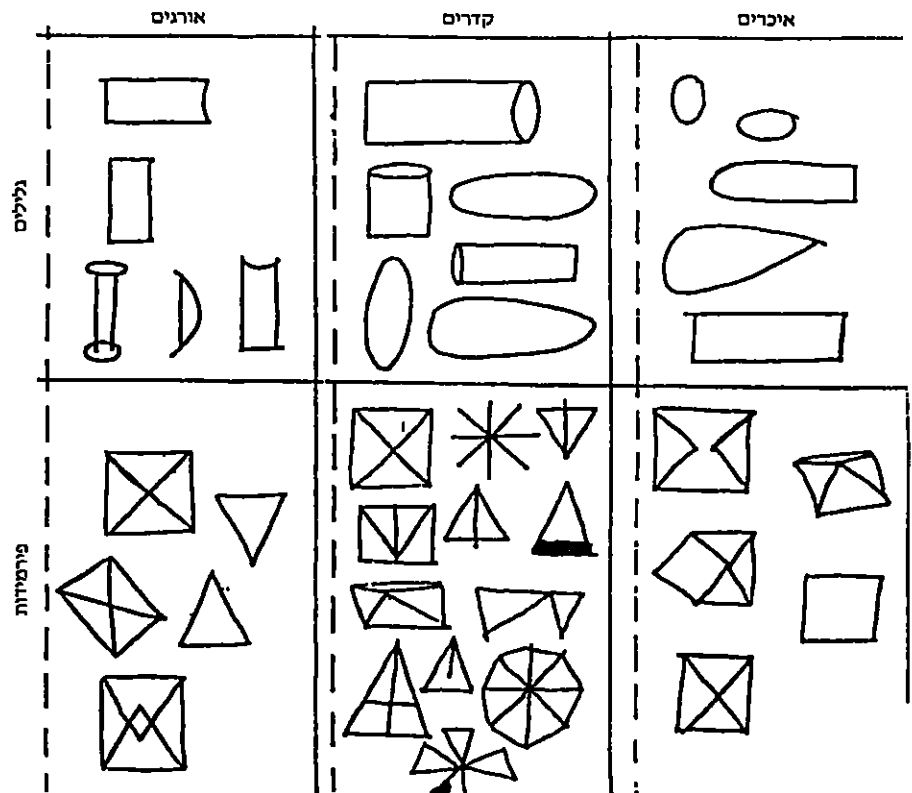
2. ויזואליזציה והדוגמה של המעבר מהעולם התלת-ממדי לעולם הדו-ממדי ולהיפך (2D)(3D)

אין ספק, כי בגאומטריה האלמנטים החזותיים הם מרכיב דומיננטי העצמים הם ויזואליים והטרנספורמציות שמפעילים על העצמים נותנות תוצאות ויזואליות (ניתן כי אנו שוכחים זאת במידה מסוימת בתוכניות הלימוד שאנו מכינים לבית-הספר היסודי והתיכון) חוקרים משתמשים בטווח גדול של מטלות ויזואליות כאשר הם חוקרים את המרחב נזכיר כאן מצד אחד את היכולת לתאר את העולם התלת ממדי שמסביבנו בשרטוט או בצורה מילולית, ואת הכיוון ההפוך – הכושר לתרגם דוקומנטציה גרפית או מילולית בחזרה לעולם התלת ממדי

אזכיר כאן ראשית את העבודה של בן-חיים, לטן והואנג (Ben-Chaim, Lappan & Haung, 1989), הטיפוסית לסוג זה של מחקר. החוקרים נתנו לילדים מבנה המורכב מעשר קוביות קטנות וביקשו מהם לתאר מבנה זה



איור 3



איור 6

להציץ לעולם של ילד שלא למד את המוסכמות החוקרת הלכה לכפר מבודד בהודו ושם חקרה כיצד ילדים בגיל שמונה עד שתיים-עשרה רואים גופים תלת מימדיים ילדים אלה כמעט לא הלכו לבית-הספר, (הם למדו בממוצע שנה אחת) גם בבית-הספר לא הגיעו אליהם אמצעי תקשורת, הם ראו רק מעט עיתונים ותמונות בכפר לא היתה טלוויזיה ילדים אלה באו משלוש קבוצות מקצועיות שונות איכרים, אורגים וקדרים החוקרת נתנה לכל הילדים אותם גופים הילדים יכלו להחזיק ולמשש אותם בשלב השני, לקחה מהם את הגופים וביקשה מהם לצייר בחול את שראו באיור 4 נראה מכלול של ממצאים פירמידות וגלילים שונים רואים בבירור השפעה של מקצוע, של תרבות, שעוסקת בדברים תלת-מימדיים את ילדי הקדרים מאוד מטריד המימד השלישי, בעוד שלשאר לא מפריעה "השטחיות" עבודה זו הראתה איך התרבות — במקרה זה מקצוע ההורים — משפיעה על היכולת לראות ולתאר גופים מרחביים

אומר שהוא יכול לראות רק שש קוביות בחזית, אבל יש יותר מאחור או רואים את המאבקים שלו לצייר את הקוביות שמאחור אם נטכם דוגמה זו, הנותנת מידע רק על אחת מהיכולות היוזואליות, אין ספק שמדובר כאן ביכולת דרושה מאד, יכולת שאינה מפותחת דיה אצל ילדים ואף אצל מבוגרים (כולל מורים)

השאלה הראשונה היא מה הם הגורמים המשפיעים על היכולת לתאר גופים תלת-מימדיים ולפרש את התאורים כאן אין מדברים על הוראה ותוכניות לימודים, אלא על מחקר, הרבה מחקר המחקר טוען שהכושר לתעד את העולם התלת-ממדי ולפרש אותו, תלוי בתרבות, תלוי בדיעת ההסכמים ותלוי בנסיון בעצם מדובר בגורם אחד, שכן התרבות היא שהכתיבה את ההסכמים של השרטוט ולמידה היא בעצם רכישת נסיון

מחקר צנוע, שעשתה מוקהופדהיה (Mukhopadheya, 1987), נותן לנו הזדמנות

הלימוד המקורי שהינו בסיס תוכנית הלימוד בפרוייקט הרצינול שבבסיס לפרוייקט הוא הטענה כי בתוכנית הלימודים הרגילה בגן הילדים ובבית הספר אין מאמץ שיטתי לפיתוח כשרים ויזואליים (כמו לכשרים המילוליים), וזאת למרות חשיבותם הרבה מטרת הפרוייקט היא למלא חוסר זה על-ידי לימוד שיטתי של מושגים ויזואליים בסיסיים המשמשים אייב של שפה חזותית מחקר המלווה את ההפעלה של פרוייקט זה בגנים ובכיתות א"ב מראה הבדל משמעותי בין ילדים שלמדו לפי הפרוייקט לאחרים, וזאת הן בכשרים ויזואליים והן בידע גאומטרי

סעיף זה הינו בבחינת הצצה ל"עולם היכולות הויזואליות" אין ספק שיכולות אלה חשובות מאוד בלימוד גאומטריה ונראה זאת בהמשך הדברים נעבור עתה לנושאים הנלמדים בבית הספר

השאלה השניה היא האם יכולות ויזואליות ניתנות לרכישה נעשו הרבה מחקרים עם נסיונות מבוקרים מסתבר שיכולות אלו ניתנות לרכישה, אך ממשיכות במידה מסויימת להוות בעיה אף אחרי שלימדו אותן

והנה השאלה השלישית כאשר בונים תוכנית לימודים ללימוד כשרים ויזואליים, מה צריך לכלול בה ואילו אסטרטגיות הוראה יש לנקוטי לצערי אין הרבה תוכניות לימודים המנסות לתת תשובה לשאלה זו מבין התוכניות הקיימות אזכיר את פרוייקט אגם (Razel and Eylon, 1986)

פרוייקט אגם

פרוייקט זה הוא תוכנית כללית ובסיסית הפועלת במסגרת המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן, כאשר האמן אגם הוא הוגה הרעיון אגם הוא זה שפיתח את חומר

המשך המאמר בגיליון הבא

האוניברסיטה העברית בירושלים המרכז להוראת המדעים

שימו נא לב!
בקרוב תצא מהדורה חדשה של הספר

**אנליסה, 4, 5 יחידות לימוד,
כרך 3 (טריגונומטריה ב')**

מהסדרה מתמטיקה לחטיבה עליונה בהוצאת המרכז להוראת המדעים.
לספר נוספו פתרונות לתרגילים.