

## לוגו והנדסת המישור הקיימת השפעה לתיכנות בשפת לוגו על הבנת נושאים מהנדסת המישור?

### הרקע

שפת התכנות LOGO פותחה ע"י סיימור פפרט ועמיתיו בשנות ה-70 במכון הטכנולוגי של מסצ'וסטס (M. I. T). פפרט, שעבד במחיצתו של זיאן פיאז'ה, הושפע ממנו מאוד. הוא התמסר לפיתוח שפת תיכנות אשר בעזרתה תתרחש למידה ברוח פיאז'ה. למידה זו מתבססת על שרשרת פעילויות החוזרת על עצמה: התנסות, כישלון, התנסות עם שיפור קל, שוב כישלון, אבל בשלב מתקדם יותר, שוב התנסות עם שיפור נוסף של הביצוע, כישלון נוסף, אבל בנקודה עוד יותר מתקדמת, וחוזר שוב. כל ניסיון נוסף מקרב את התלמיד אל תוצאה טובה יותר עד לביצוע מושלם, כפי שהתלמיד מציב לעצמו. התלמיד עובד בהתאם לקצב האישי שלו וליכולתו. תוך כדי עבודה עם הלוגו התלמיד רוכש מיומנויות בתיכנות וגם הרגלי חשיבה המהווים יסוד להבנת עקרונות תיכנות גם בשפות אחרות. פרט לכך התלמיד מרחיב את ידיעותיו בנושאים שונים מתחום המתמטיקה, כגון: אומדן מרחקים, זוויות, סימטריה, חוקיות של מצולעים, מודעות להגיוניות התוצאות וכו', באופן טבעי ואינטואיטיבי ולא בצורה פורמלית, כפי שזה מופיע ברבות מתכניות הלימודים השמות דגש על הטכניקה.

### המטרה

מטרת העבודה, שעליה ידווח במאמר זה, היא לבדוק אם התנסות בתיכנות בשפת הלוגו משפרת את יכולתם של תלמידים במיומנויות מתמטיות אחרות פרט להכרת המחשב, כגון: מיומנויות אומדן וקירוב, הגיוניות התשובות, סימטריה ופרופורציה בהקשר להנדסת המישור.

### האוכלוסייה

העבודה נעשתה עם תלמידי כיתה ט' של ישיבה מקצועית באזורנו. כ-90% מתלמידי בייס זה מוגדרים כתלמידים טעוני טיפוח. רוב התלמידים ניגשים בתום לימודיהם לבחינות גמר במסלול מסמ"ם.

### קשיי הלמידה אצל תלמידים טעוני טיפוח

הקשיים בלמידה אצל תלמידים טעוני טיפוח קיימים בשלושת המרכיבים היסודיים של תהליך הלמידה והם:

#### א. קשיים הנעוצים במורה ובדרך הוראתו

חוסר התאמה רב בין התלמיד ט"ט לחומר הלימודים נגרם ע"י דרך הוראה שאינה מתאימה – דרך ההוראה המילולית האופיינית. המורה, כדמות סמכותית, עומד בפני

הכיתה, מרצה או שואל, ומגיב רק לתשובות שהוא מצפה לשמוע. בדרך הוראה זו לא קיים קשר בין התלמיד ובין החומר הנלמד.

### **ב. קשיים הנוצצים בהצגת החומר בספרי הלימוד**

בספרי הלימוד ניתן למצוא יחידות לימוד שאינן מתאימות, גדושות מדי או להיפך או חסרות תרגול הדרגתי. ספר הלימוד הוא יחידה קשיחה וסגורה. חשוב לפתח חומר לימודי גמיש ורגיש בהתאם לצורכי הכיתה.

### **ג. קשיים הנוצצים בתלמיד**

#### **בתחום האפקטיבי:**

1. חוסר מוטיבציה.
2. כושר ריכוז וכושר קשב נמוכים.
3. צורך לחיזוק מתמיד מצד המורה.

#### **בתחום הקוגניטיבי:**

1. קשיים בלשון (ובעיקר בשפות מלאכותיות כגון: המתמטיקה והמחשב).
2. איטיות יחסית ברכישת מיומנויות מתמטיות.
3. חסך בידע במיומנויות מתמטיות יסודיות יותר.

### **מאפייני למידה התנסותית**

**א. למידה פעילה** – התלמיד חייב לקחת חלק פעיל בעבודתו עם המחשב. בניגוד לשיעור הפרונטלי, אין אפשרות לתלמיד להישאר פסיבי בלמידה שכזו. מעורבות אקטיבית בלמידה ממקדת את תשומת לבו של הילד באופן יותר יעיל מאשר בדרכי למידה אחרות.

**ב. מעמד מורה ותלמיד** – בלמידה התנסותית המורה משמש לצורכי סיוע והדרכה, ואילו התלמיד עומד במרכז הפעילות.

**ג. קשב, מוטיבציה וחיזוקים** – עיקרה של למידה התנסותית היא בהעמדת התלמיד בפני אתגרים, שעליו לפתור. הפעילות מתבצעת מתוך הרצון לקבלת הפתרון הנדרש.

**ד. הבדלים אישיים בלמידה** – לכל תלמיד קצב אישי בלמידה. בלמידה התנסותית ניתן להביא בחשבון הבדלי קצב אישיים בין התלמידים, כך שההתנסות של הלומדים תהיה ברמות שונות.

### **איסטרטגיה**

בעבודה זו השתמשתי באיסטרטגיות הוראה ולמידה הנראות כמתאימות לטיפול בקשיים שפורטו לעיל.

**א.** יחידות לימוד לכל פגישה ופגישה, כאשר התלמידים יושבים בזוגות או כבודדים מול המיקרומחשב ומתקדמים שלב אחר שלב בדף העבודה תוך התנסות עצמית לפיצוח המטלות בדפי העבודה.

**ב.** התלמידים עסוקים בדף העבודה, ואילו המורה פנוי לסייע לתלמידים הזקוקים לעזרה באופן אישי. למידה זו מגוונת ופחות תלויה בקומוניקציה בין המורה לתלמידים. המורה אינו נמצא במרכז, אלא התלמיד ועבודתו עם המחשב.

**ג.** הרצון להציג למורה ולשאר חברי הקבוצה את הפתרון הגרפי של התלמיד מעלה את רמת הריכוז, המוטיבציה והרצון.

**ד.** תגובות התלמידים על הצלחתם בפתרון הבעיות מקטינות את הצורך בחיזוקים חיוביים מצד המורה.

ה. התנסות מרובה מול המחשב מסייעת לתלמיד להקנות את הקשיים בתחום הקוגניטיבי.

### מהלך העבודה

הניסוי נערך עם קבוצה שמנתה 13 תלמידים, שתיקרא להלן קבוצת הניסוי. בקבוצת הביקורת היו 14 תלמידים מאותה כיתה. הניסוי נערך במסגרת חוג בשעות הערב. התקיימו 4 פגישות שכל אחת נמשכה כ-150 דקות וכן שתי פגישות קצרות במשך כ-30 דקות, להעברת מבחני הפרי והפוסט. במהלך כל פגישה התלמידים עבדו באופן אינטראקטיבי עם המחשב בעזרת דפי העבודה שהוכנו לצורך זה.

### מערך המחקר

מערך המחקר שבוצע מסומן ע"י CAMELL & STANLEY (1966)

$$\begin{array}{l} \text{קבי ניסוי} \\ \text{קבי ביקורת} \end{array} \begin{array}{l} O_1 \times O_2 \\ O_1 \times O_2 \end{array}$$

כאשר:  $O_1$  – אוסף הנתונים על הקבוצה לפני מתן הטיפול (תוצאות הפריסטט).  
 $x$  – הטיפול המיוחד שניתן לקבוצה.  
 $O_2$  – אוסף הנתונים על הקבוצה אחרי מתן הטיפול (תוצאות הפוסטסטט).  
במערך מחקר מסוג זה בודקים שינוי בין תוצאות המדידה שבוצעה לפני הפעלת הטיפול המיוחד לבין תוצאות המדידה שבוצעה לאחר הטיפול המיוחד. השינוי נמדד הן בקבוצה שקיבלה טיפול (ניסוי) והן בקבוצה שלא קיבלה טיפול (ביקורת). בהקשר לניסוי הנוכחי הטיפול הוא למידה התנסותית של תוכנות בשפת LOGO באמצעות דפי עבודה ומחשב במשך ארבע פגישות. אוסף הנתונים על הקבוצה לפני מתן הטיפול ואחריו הוא אוסף תשובות התלמידים על שאלון המורכב משני חלקים ובו שאלות סידור, מיון, אומדן והערכה, בהנדסת המישור.

### מכשירי הניסוי

הוכן שאלון ששימש גם כמבחן לידע קודם וגם כמבחן הישגים מסכם. למבחן שני חלקים. כל תלמיד קיבל בתחילה את החלק הראשון ורק לאחר שהחזירו קיבל את החלק השני. החלק הראשון כלל ארבע שאלות. בשאלה הראשונה, שהכילה שרטוטי שבע זוויות שונות, מתבקש התלמיד לסדרן לפי גודלן החל מהזווית הקטנה. בשאלה השנייה, שכללה שרטוטי עשרה משולשים שונים, מתבקש התלמיד למיין את המשולשים לפי הגדרות שפורטו בתחילת השאלה. בשאלה השלישית, הכוללת שמונה זוויות שונות, מתבקש התלמיד לאמוד את גודל הזווית כאשר לכל תרגיל ניתנות ארבע תשובות אפשריות. השאלה הרביעית כוללת ארבע צורות הנדסיות, ועל התלמיד להעריך את אורך הצלע המודגשת בהשוואה לגדלים אחרים נתונים.  
בחלקו השני של השאלון ניתנו שלוש שאלות, שהיו מקבילות לשאלות מהחלק הראשון. בשאלה החמישית (המקבילה לשאלה שלישית מהחלק הראשון) ניתנו ארבע צורות הנדסיות שונות, ועל התלמיד לאמוד את גודל הזווית ולנמק כיצד הגיע לתשובתו. בשאלה הששית (המקבילה לשאלה רביעית) מופיעות ארבע צורות הנדסיות שונות. על

התלמיד מוטל לאמוד את אורך הצלע המודגשת בהשוואה לגדלים אחרים הנתונים בשרטוט, ולנמק כיצד הגיע לתשובתו. לאחר בדיקת תשובות התלמידים הסתבר, שמעטים, מתוך כלל התלמידים שניסו להסביר כיצד הגיעו לתשובתם, אכן נימקו באופן המתקבל על הדעת. תלמידים רבים כתבו "כי זה נראה כך". לאור זאת, בהערכת התשובות לא נלקח בחשבון הנימוק לתשובה בשתי שאלות אלו. בשאלה השביעית (המקבילה לשאלה הראשונה) ניתנו חמש זוויות שונות, ועל התלמיד היה לסדרן לפי גודלן.

### **חומר הלימוד**

הוכנו שלושה דפי עבודה (ראה בנספחים), שתוכננו לשלוש הפגישות הראשונות. הפגישה האחרונה תוכננה לסגירת פערים בחומר וזמן יד חופשית לכל תלמיד לתכנן ציור מורכב כרצונו.

### **מהלך השיעורים**

#### **פגישה ראשונה**

##### **מטרות:**

1. הכרת ארבע הפקודות הבסיסיות ב־LOGO (פקודות עם INPUT).
2. אפיון התחביר המיוחד של השפה (רווח בין פקודה לפקודה).

##### **מהלך:**

הדקות הראשונות נוצלו לענייני נוהל וארגון, ומיד לאחר מכן התיישבו התלמידים מול המחשבים והתחילו לעבוד עם דף העבודה הראשון. שגיאות נפוצות בחלקו הראשון של השיעור היו:

**א.** אי השארת רווח בין חלקי הפקודה.

**ב.** אי לחיצה על המקש המחזיר — RETURN בגמר כתיבת פקודה למחשב. תפקיד המורה בשלב זה מתבטא בעיקר בצדדים הטכניים, לדוגמא: איתור תווים על מקלדת המקשים, החזרת המקש המגביה הקבוע (CAPS LOCK) למצבו הנכון, הסבר כיצד לתקן שגיאת דפוס ודרבון התלמידים לקריאת כל הכתוב בדף העבודה. שגיאות נפוצות בחלקו השני של השיעור היו בלבול בין הוראות הפנייה (RT,LT) כאשר ה"צב" פונה כלפי מטה. פרט להתפעלות התלמידים מתגובת המחשב המיידית להוראותיהם, הם נלהבו מאוד ליצור ציורים משל עצמם, ולא התייאשו כאשר מדי פעם, כשטעו, נאלצו למחוק את המסך ולהתחיל מחדש.

##### **הקשיים שנצפו:**

תלמידים התקשו ב"סגירת" המשולשים שבתרגילים ד', ה'. הוצע להם לדלג על תרגילים אלו ובינתיים לעבור לתכנון ציורים משל עצמם. רק בשיעור האחרון הם התבקשו לחזור ולהשלים את התרגילים. חלק מהתלמידים הצליחו לפתור זאת. את ציור המשולש שווה הצלעות הצליחו רובם לצייר רק לאחר שהגיעו למסקנה, עקב ניסיונות חוזרים, כי יש להפנות את ה"צב" לפי גודלה של הזווית החיצונית, ולא הפנימית.

## פגישה שנייה

### מטרות:

1. הכרת פקודות הקשורות למצבו של ה"צב" (ללא INPUT).
2. הכרת פקודות ה-REPEAT.

### מהלך:

בתחילת השיעור קראו התלמידים רק את חלקו הראשו של דף מסי 2. לאחר תרגול, במשך כעשר דקות, באופן חופשי בשלוש הפקודות הקשורות במצבו של ה"צב" הורשו התלמידים לפתור את חמשת התרגילים. חלק זה של הדף נמשך כ-90 דקות. לחלק השני של הדף, שהוא הסבר על השימוש בפקודת ה-REPEAT, נותרה פחות משעה. רוב התלמידים הספיקו לפתור את ארבעת התרגילים הראשונים. רק שני תלמידים הצליחו לצייר מתומן משוכלל בעזרת ההוראה REPEAT. בשלב זה הסתיים השיעור, כאשר תלמידים בודדים הספיקו להתנסות בפתרון אחד מחמשת התרגילים האחרונים.

### הקשיים שנצפו:

חלק מהתלמידים שכח להשתמש בפקודה BK (שמשמעותה: לך אחורה), שנלמדה בשיעור הראשון. התלמידים התבלבלו בין פקודות הדורשות ערך מספרי ופקודות שאינן דורשות ערך מספרי. שגיאות מסוג זה חזרו גם בשיעור האחרון. במקרים רבים תלמידים שכחו להחזיר את ה"צב" למצב כתיבה, והמשיכו לתת פקודות ל"צב" שכמובן לא צייר. מספר תלמידים לא הצליחו להיחלץ ממצב זה בכוחות עצמם, אלא בעזרת המורה.

## פגישה שלישית

### מטרות:

1. הבנת הקשר בין מספר החזרות בהוראת ה-REPEAT לגודל זווית ה"צב".
2. הבנת הקשר בין מספר החזרות בהוראת ה-REPEAT לגודל צעד ה"צב".

### מהלך:

חלקו העיקרי של שיעור זה הוקדש לציור מעגלים שונים. התלמידים התנסו במשך כשעה בציורי מעגלים, וניסו למצוא את הקשר בין מספר החזרות שבהוראת ה-REPEAT לגודל זווית הפנייה של ה"צב" וגודל הצעד של ה"צב". הם הצליחו למצוא את התשובות הנכונות לכל השאלות שבדף מסי 3, פרט לשאלה הקשורה לגודל המעגל כמפורט להלן. בשלב מסוים של השיעור, לאחר שהסתבר, כי התלמידים אינם מבינים את הקשר הנייל, הופסקה עבודת התלמידים ליד המחשבים. במשך מספר דקות הוסבר נושא זה, וניתנו לתלמידים תרגילים להבהרת נקודה זו. בחלק האחרון של הדף פורטו ההוראות המתמייחסות למעבר בין סוגי מסכים שונים. בחלק זה לא התעוררו בעיות מיוחדות.

### הקשיים שנצפו:

כמפורט לעיל, התלמידים לא הצליחו להבין את הקשר בין מספר החזרות וגודל הצעד לבין היקף המעגל ("גודל המעגל").

## פגישה רביעית

פגישה זו יועדה מלכתחילה להבהרת נקודות סתומות מפגישות קודמות. היא נוצלה גם להשלמת תרגילים שנותרו מהפגישות הקודמות. התלמידים הצליחו, לאחר מספר ניסיונות, ליצור משולשים ישרי זווית ושווי שוקיים ללא ידיעת הקשר שבין אורך הניצב לאורך היתר, אלא בצורת ניסוי וטעייה, עד למציאת התשובה הנכונה. בזמן שנותר ניסוי התלמידים לפתור את חמשת התרגילים האחרונים שבדף מסי 2. את התרגיל הראשון

מתוך החמישה פתרו התלמידים בסיוע המורה. בשאר התרגילים לא ניתן סיוע, אך התלמידים בניסיונותיהם השונים הגיעו לציורים מעניינים.

### שקלול התוצאות

במבחן ההישגים ניתנו שבע שאלות. בשתי שאלות היה על התלמידים לסדר זוויות לפי גודלן. לצורך הערכת תוצאות המבחן יש צורך לקבוע דרך אחידה לשקלול תשובות התלמידים. העיקרון שלפיו נקבע הציון על תשובות התלמיד בשאלות אלו היה ביחס הפוך למספר הזוויות שהוצבו בסדר הלא נכון. לדוגמא: בשאלה הראשונה ניתנו שבע זוויות לסידור. אם סידור הזוויות שגוי, אך אם נוציא רק זווית אחת יתקבל סידור נכון של שאר שש הזוויות, אזי סידור זה נחשב לסידור עם שגיאה אחת וכו'. לכל שגיאה בשאלה הראשונה הורדו 20%, ולכל שגיאה בשאלה השביעית הורדו 25%. שאר השאלות הוערכו באופן ישיר לפי מספר התשובות ביחס לסך התשובות הנכונות האפשריות. בטבלאות דלהלן מובאים ההישגים הממוצעים של קבוצות הניסוי והביקורת לכל שאלה בנפרד.

ממוצעי ההישגים של קבוצת הניסוי N = 13

השיפור	הפוסטטסט		הפריטסט		הציון מס' השאלה
	סטיית תקן	ממוצע	סטיית תקן	ממוצע	
6.15	15.2	81.53	12.0	75.38	.1
4.62	14.2	77.69	16.5	73.07	.2
7.69	14.6	90.38	14.0	82.69	.3
15.38	19.0	73.08	29.6	57.70	.4
9.62	12.7	65.38	15.0	55.76	.5
15.38	22.5	53.84	24.2	38.46	.6
7.69	20.4	75.00	15.8	67.31	.7

ממוצעי ההישגים של קבוצת הביקורת N = 14

השיפור	הפוסטטסט		הפריטסט		הציון מס' השאלה
	סטיית תקן	ממוצע	סטיית תקן	ממוצע	
4.28	17.0	68.57	19.5	64.29	.1
2.86	17.0	51.43	23.8	48.57	.2
2.86	20.9	72.32	23.9	69.94	.3
5.36	25.9	50.00	29.7	44.64	.4
1.79	21.3	60.72	27.0	58.93	.5
8.93	28.5	42.86	33.4	33.93	.6
1.79	23.5	62.50	25.4	60.71	.7

בטבלה הבאה מובא הממוצע של שיפור ההישג בפוסטטסט לעומת הפריטסט בשתי הקבוצות וסטיית התקן של השיפור בקבוצת הביקורת. על סמך נתונים אלו חושב גודל ההשפעה: הפרש ממוצעי השיפור בין קבוצת הניסוי לקבוצת הביקורת חלקי סטיית התקן של הפרשי הציונים בקבוצת הביקורת (בין הפוסטטסט לפריטסט).

$$\text{גודל ההשפעה} = \frac{X(N) - X(B)}{S.D.(B)}$$

כאשר: X(N) – ממוצע השיפור בקבוצת הניסוי, X(B) – בקבוצת הביקורת.

#### טבלת גודל ההשפעה

מספר השאלה	ממוצע השיפור בקב' הניסוי	ממוצע השיפור בקב' הביקורת	הפרש	סטיית תקן של השפי' בביקורת	גודל ההשפעה
.1	6.15	4.28	1.87	8.50	0.22
.2	4.62	2.86	1.76	8.95	0.18
.3	7.69	2.86	5.01	5.32	0.94
.4	15.38	5.36	10.02	10.65	0.94
.5	9.62	1.79	7.83	11.87	0.66
.6	15.38	8.93	6.45	12.43	0.52
.7	7.69	1.79	5.90	6.68	0.88

#### מסקנות

הממצאים, המובאים בטבלאות לגבי שתי השאלות הראשונות, מורים, כי לא הייתה השפעה של הטיפול על סידור זוויות ומיון משולשים לפי זוויותיהם. מבדיקת תשובות התלמידים לשאלון מסתבר, שהשגיאה שחזרה אצל כל התלמידים בפריטסט הייתה בקביעת הזווית ז' שבשאלה ראשונה ( $320^\circ$ ) כזווית הגדולה ביותר. בפוסטטסט נמצאו שלושה תלמידים (כולם מקבוצת הניסוי), שסידרו את כל הזוויות בסדר הנכון. עובדה זו מפתיעה, לכאורה, מאחר שבעבודת התלמידים כמעט ולא באה לידי ביטוי הפניית ה"יצב" בזווית הגדולה מ- $180^\circ$ . (לדוגמא: הפקודה RT 200, שמשמעותה להפנות את ה"יצב"  $200^\circ$  ימינה, שקולה לפקודה LT 160, שמשמעותה להפנות את ה"יצב"  $160^\circ$  שמאלה). מצפייה בעבודת התלמידים מסתבר, כי הם לא השתמשו בפניות הגדולות מ- $180^\circ$  בהוראה אחת. אולם ייתכן, שאותם תלמידים התנסו במהלך עבודתם במצבים שכללו גם זוויות גדולות מ- $180^\circ$ . מהממצאים לגבי השאלה השנייה נראה, שאין השפעה לתיכנות בשפת LOGO להבנת הגדרות וידיעת השימוש בהן.

לעומת זאת, הממצאים לגבי שאר שאלות המבחן מאשרים, כי קיימת השפעה להתנסות בתיכנות בשפת הלוגו על מיומנויות האומדן וההערכה. בשאלה השלישית על התלמיד לאמוד את גודל הזווית ולבחור מתוך ארבע אפשרויות את הנראית לו כנכונה ביותר. אחד הפריטים בשאלה זו היה זווית גדולה מ- $180^\circ$ , וכפי הנאמר לעיל, התלמידים לא עסקו בגדלים מסוג זה, וממילא לא ניתן לצפות לשיפור משמעותי בנקודה זו. אם נניח את הניקוד על חלק זה מכלל הניקוד לשאלה זו, ונקבע שהישג של 100% בשאלה זו מראה, על "שליטה בחומר", תסתבר עובדה מעניינת. מתוך ארבעת התלמידים שבקבוצת הניסוי ( $N=13$ ), שלא שלטו בחומר לפי הישגיהם בפריטסט, הרי לאחר

הטיפול והפוסטטסט נותרו רק שניים. (ייתכן שזה גבול ההצלחה המקסימלי שניתן להגיע אליו עם אוכלוסיית הניסוי). לעומת זאת, בקבוצת הביקורת היו שמונה תלמידים ( $N=14$ ), שלא "שלטו בחומר" לפי הפריטסט, והם נותרו במצב דומה גם לאחר הפוסטטסט. ממצא זה מחזק את ההשערה, **שלהתנסות בלוגו יש השפעה מסוימת על שיפור יכולת האומדן.**

בשאלה הרביעית היה על התלמיד להעריך על סמך נתונים נוספים שהופיעו בשרטוטים, את אורך הצלע המודגשת ולסמן את התשובה הנראית לו כנכונה מתוך ארבע אפשרויות. בפריט הראשון שגורתלמידים, כנראה באשמת הציור (הטרפו "ההפוך" והקו המודגש שנראה ארוך יותר ממה שהוא במציאות). ניתוח תשובות התלמידים, בדומה לניתוח שבשאלה השלישית עם ניטרול הניקוד על הפריט הראשון, מתגלים דברים דומים לאלו שבשאלה השלישית. מתוך שבעה תלמידים בקבוצת הניסוי, ששליטתם בחומר הני"ל הייתה חלשה לפני הטיפול, נותרו לאחר הטיפול רק ארבעה תלמידים. לעומת זאת, בקבוצת הביקורת היו עשרת התלמידים, שלא שלטו בחומר לפי הפריטסט, והם נותרו באותו מצב של אי שליטה גם לאחר הפוסטטסט. התוצאות בשתי שאלות אלו יכולות להצביע גם על שיפור ביכולתם של התלמידים לבחור את התשובה הנכונה מבחינה הגיונית.

המאפיין את השאלה החמישית הוא העובדה, שזו הייתה השאלה היחידה, שבה ההישגים של תלמידי קבוצת הביקורת בפריטסט היו גבוהים מאשר ההישגים של תלמידי קבוצת הניסוי. אולם גודל השיפור בתוצאות הפוסטטסט של קבוצת הניסוי לעומת קבוצת הביקורת מאשר, **כי ההתנסות בלוגו משפרת את יכולת ההערכה של התלמיד בנושא של חישובי זוויות.** בשאלה זו (וגם בשאלה השישית) שהייתה פתוחה התקבלה כתשובה נכונה גם סטייה של 10% מהגודל המדויק. נטיית רוב התלמידים להעריך את גודל הזווית בעשרות שלמות גרמה לכך שבשלושה פריטים רק תשובה מדויקת התקבלה כנכונה (סטייה של  $10^\circ$  הייתה גדולה מסטייה של 10%). רק לגבי הפריט הרביעי, שבו ניתנה זווית בת  $135^\circ$ , התקבלה כתשובה נכונה כל תשובה בגבולות  $125^\circ - 145^\circ$ . ההישגים הנמוכים של התלמידים בשאלה השישית מאפיינים את הקשיים שבשאלה זו. לפתרון שני חלקים מתוכה היה על התלמידים להשתמש במשפט פיתגורס, שכנראה אינו מוכר להם. בשני החלקים האחרים היה על התלמידים להעריך ולאמוד את אורך הצלע המסומנת ביחס לצלעות אחרות נתונות. גודל ההשפעה (0.52) מצביע על שיפור לא גדול בהקשר לחישובים על סמך יחס בין צלעות. נראה שהתנסות נוספת ולמידת נושאים נוספים בתיכנות יגרמו לשיפור גדול יותר בשתי השאלות האחרונות.

הממצאים בשאלה השביעית, שהיא לכאורה דומה לשאלה הראשונה, היו צריכים להיות דומים לממצאים שנבעו מהשאלה הראשונה. אך מסתבר מהנתונים הסטטיסטיים, שהישגי התלמידים בשאלה זו מצביעים על שיפור ביכולתם להשוות בין זוויות ולסדרן. ההבדל העיקרי בין שתי השאלות הוא אופן הצגת הזוויות. בשאלה השביעית שורטטה קרן אחת בכל זווית בצורה ניצבת כלפי מעלה. מצב זה דומה למצבו של "צב" הלוגו בתחילת הציור. בשלב זה היה על התלמיד להפנותו ימינה ושמאלה, וכך יוצר התלמיד זווית הדומה לזוויות שבשאלה זו.



## סיכום

במחקר זעיר זה היו קבוצות הניסוי והביקורת קטנות ממדים. הזמן הקצר שעמד לצורך הניסוי צמצם מאוד את הנושאים שנלמדו ע"י התלמידים. בשל מגבלות אלו לא נוכל להסיק מסקנות, אלא להתייחס למחקר זה כמחקר מקדים ולשער השערות כלליות למחקר נרחב יותר, כגון: תיכנות בשפת ה-LOGO – יגרום לשיפור יכולת התלמידים במיומנויות חישוב שונות הקשורות בהנדסת המישור. לימוד תיכנות מתקדם, עד לרמה של בניית הליכים עם משתנים – ישפר את הבנת המושג המתמטי "משתנים" וכן את יכולת התלמידים לפתור בעיות מורכבות ע"י פירוקן לתת-בעיות פשוטות (שליטה בפתרון תת-בעיות פשוטות מאפשרת לפתור בעיה גדולה ומורכבת). נושאים אלו ואחרים (כגון DEBUGGING – ניפוי שגיאות, תהליכים רקורסיביים) – ניתנים לבדיקה כאשר יחידת הלימוד ב-LOGO נמשכת לאורך של 30 שיעורים ויותר.

## ביבליוגרפיה

- (1) מ"ד כספי וא' שטאל, הילד טעון הטיפול בישראל, 1972.
- (2) סמי מרעי וגרי א' דייוויס, למידת התגלית – מעמדה בתיאוריה, במחקר ובישום, עמ' 19-43. בתוך: עיונים בחינוך (35), הוצאת ביח"ס לחינוך שליד אוניברסיטת חיפה, 1982, עמ' 19-43.
- (3) H. Abelson, Logo For The Apple II, McGraw-Hill, Byte Publications, 1982.
- (4) D.P. Ausubel, How Reversible and the Cognitive and Motivational Effects of Cultural Deprivation? Implications for Teaching and Cultural Deprived Child, Urban Education, pp. 16-38, 1964.
- יצא לאור ב"מספרות החינוך" קובץ ב', החסך בתרבות ויכולת הלמידה, עמ' 95-112, 1969.
- (5) D.P. Ausubel, Learning by Discovery, Reproduced by Arrangement with Holt, Rinehart & Winston Inc., New York, 1968.
- יצא לאור ב"מספרות החינוך" קובץ ט', גישות פילוסופיות ופסיכולוגיות להוראת המדעים, עמ' 45-80, 1974.
- (6) A.R. Jensen, The Culturally Disadvantaged: Psychological Educational Aspects, Educational Research 10, pp. 4-20, 1967.
- יצא לאור ב"מספרות החינוך" קובץ ב', עמודים 22-44, 1969.
- (7) S. Papert, Mindstorms — Children, Computers and Powerful Ideas BASIC BOOKS New York, 1980.
- (8) P. Tamir, Inquiry and the Science Teacher, Sci Teach 67, pp. 657-672, 1982.

נספח א'

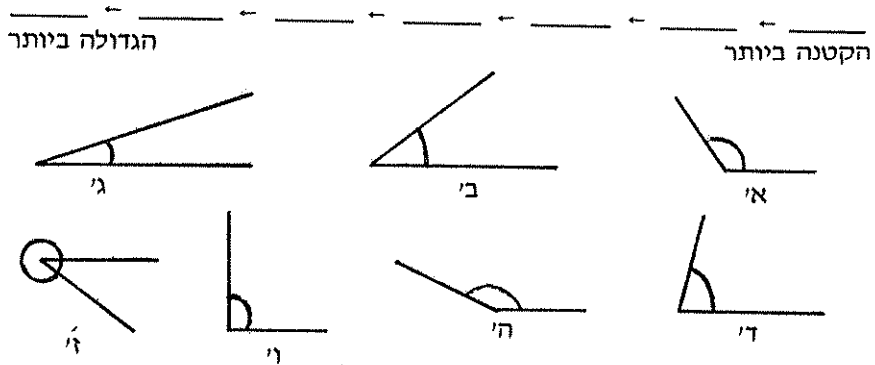
שאלון בהנדסה

שם התלמיד: \_\_\_\_\_

כיתה: \_\_\_\_\_

חלק ראשון

1. בשרטוט שלפניך שבע זוויות המסומנות באותיות א' עד ז'. סדר אותן לפי גודלן החל מהקטנה ביותר אל הגדולה ביותר.

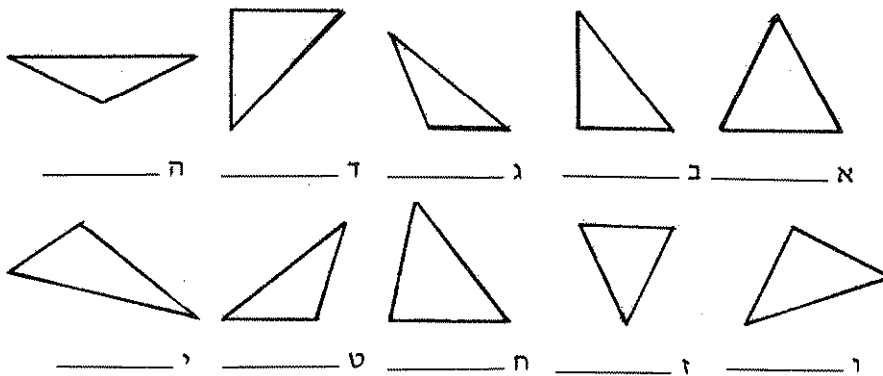


הגדולה ביותר

הקטנה ביותר

2. הגדרות:

- א. משולש שכל זוויותיו קטנות מ-90 מעלות נקרא משולש חד זווית.
  - ב. משולש שאחת מזוויותיו שווה ל-90 מעלות נקרא משולש ישר זווית.
  - ג. משולש שאחת מזוויותיו גדולה מ-90 מעלות נקרא משולש קהה זווית.
- כתוב מתחת לכל משולש את שמו הנכון.



3. בשרטוט הבא שמונה זוויות. הערך את גודל הזווית. סמן, בעיגול סביב האות, את התשובה הנראית לך ביותר.



- א. 50
- ב. 90
- ג. 130
- ד. 230

- א. 30
- ב. 60
- ג. 80
- ד. 100

- א. 50
- ב. 70
- ג. 90
- ד. 110

- א. 30
- ב. 70
- ג. 110
- ד. 150



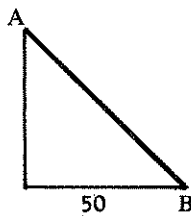
- א. 30
- ב. 60
- ג. 120
- ד. 150

- א. 50
- ב. 90
- ג. 120
- ד. 135

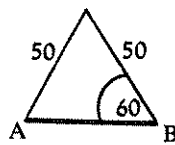
- א. 40
- ב. 70
- ג. 90
- ד. 100

- א. 50
- ב. 90
- ג. 130
- ד. 230

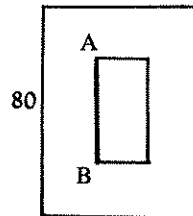
4. בשרטוט שלפניך ארבעה מצולעים. נסה להעריך את אורך הקטע המסומן בכל מצולע. היעזר במידות הנתונות בשרטוט. סמן, בעיגול סביב האות, את התשובה הנראית לך ביותר. הקטע המסומן הוא הקטע בין A ל-B.



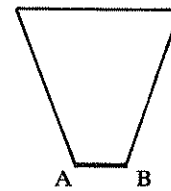
- א. 80
- ב. 70
- ג. 60
- ד. 50



- א. 40
- ב. 50
- ג. 60
- ד. 70



- א. 20
- ב. 30
- ג. 40
- ד. 60



- א. 10
- ב. 20
- ג. 30
- ד. 40

שאלון בהנדסה

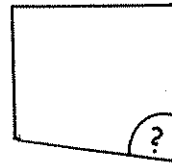
שם התלמיד: \_\_\_\_\_

כיתה: \_\_\_\_\_

חלק שני

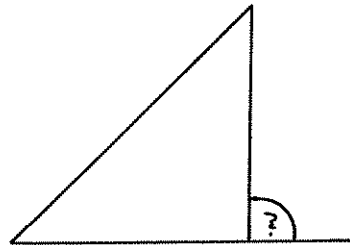
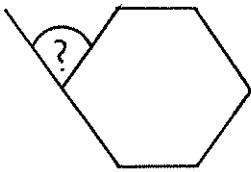
בחלק זה של השאלון עליך לנמק את תשובותיך.

5. בשרטוט שלפניך ארבעה מצולעים. בכל מצולע מסומנת זווית. עליך להעריך את גודל הזווית במעלות ולנמק כיצד הגעת לתשובתך.



\_\_\_\_\_ התשובה  
\_\_\_\_\_ הנימוק:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

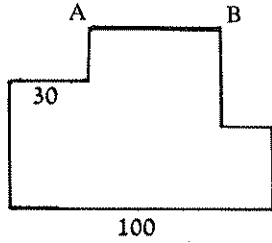
\_\_\_\_\_ התשובה  
\_\_\_\_\_ הנימוק:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



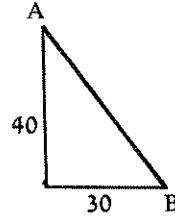
\_\_\_\_\_ התשובה  
\_\_\_\_\_ הנימוק:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ התשובה  
\_\_\_\_\_ הנימוק:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

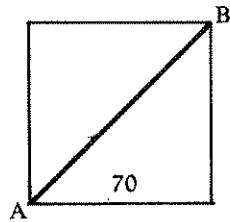
6. בשרטוט שלפניך ארבעה מצולעים. בכל מצולע עליך להעריך את אורך הקטע מ-A ל-B ולנמק את תשובתך בהתחשב במידות המופיעות בכל מצולע.



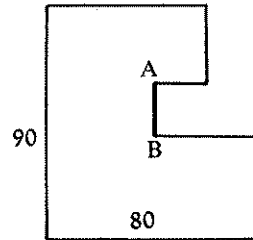
\_\_\_\_\_ התשובה  
 \_\_\_\_\_ הנימוק:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_ התשובה  
 \_\_\_\_\_ הנימוק:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



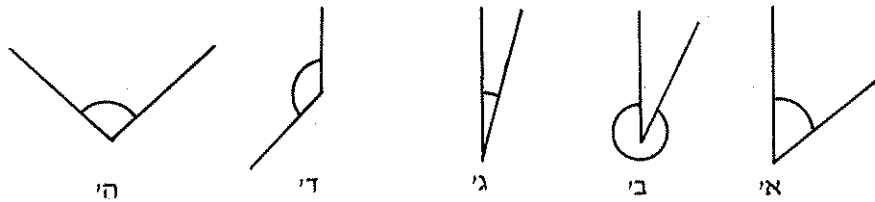
\_\_\_\_\_ התשובה  
 \_\_\_\_\_ הנימוק:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_ התשובה  
 \_\_\_\_\_ הנימוק:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

7. בשרטוט שלפניך חמש זוויות המסומנות באותיות א' עד ה'. סדר אותן לפי גודלן, החל מהקטנה ביותר אל הגדולה ביותר. אינך צריך לנמק.


\_\_\_\_\_ הקטנה ביותר ← ← ← ← הגדולה ביותר



שיעור מס' 1 – LOGO

WELCOME TO LOGO

על המסך מופיעה הברכה

הדפס CS ולחץ על המקש המחזיר.  במרכז המסך יופיע משולש קטן. מכאן ואילך נכנהו בשם "צב" (באנגלית TURTLE) בעזרת פקודות תוכל להוליכו על פני המסך ולצייר ציורים. כתוב את הפקודה FD 60. בסיומה לחץ על המקש המחזיר. מה צייר ה"צב"? אם לא זייקת בהדפסת הפקודה, ה"צב" יודיע על כך. אם ה"צב" לא זז ממקומו, בדוק את הפקודה שהדפסת.

(א) האם השארת רווח בין חלקי הפקודה?

(ב) האם לחצת על המקש המחזיר?

(ג) האם הדפסת 0 או את האות O?

נסה את סדרת הפקודות הבאה:

הדפס RT 90. מה ביצע ה"צב"?

הדפס FD 60. מה ביצע ה"צב"?

הדפס RT 90. מה ביצע ה"צב"?


חזור שוב על אותן הפקודות.

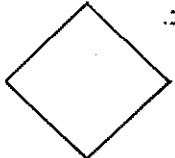
דוגמאות לפקודות שה"צב" מבין:


- FD 10 – ה"צב" יתקדם 10 צעדים (FD קיצור של המלה FORWARD).
  - RT 45 – ה"צב" יפנה ימינה 45 מעלות (ראשי תיבות של המלים RIGHT TURTLE).
  - LT 60 – ה"צב" יפנה שמאלה 60 מעלות (ראשי תיבות של המלים LEFT TURTLE).
  - BK 50 – ה"צב" ילך אחורה 50 צעדים (BK קיצור של המלה BACK).
  - CS – הציור יימחק וה"צב" יופיע במרכז (ר"ת של המלים CLEAR SCREEN).
- נסה להוליך את ה"צב" כרצונך.

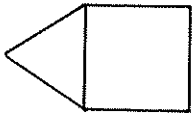
תרגילים

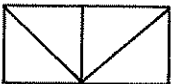
אמור ל"צב" לצייר את הציורים הבאים. אל תשכח לפני תחילת כל ציור להדפיס CS.

א.  א. תכנן ציורים משלך. הראה זאת למורה.

ב.  ב. תכנן ציורים משלך. הראה זאת למורה.

ג.  ג. תכנן ציורים משלך. הראה זאת למורה.

ד.  ד. תכנן ציורים משלך. הראה זאת למורה.

ה.  ה. תכנן ציורים משלך. הראה זאת למורה.

שיעור מס' 2

ציורים בקווים לא רצופים

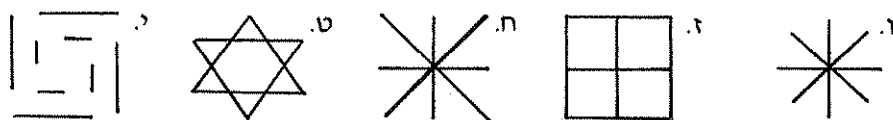
כיצד יוכל ה"צב" לצייר את הציורים הבאים:



תחילה נאמר ל"צב" להרים את עטו. הפקודה PU – ה"צב" ירים את העט. על המסך לא נבחין בשום שינוי, אך כל הפקודות שיינתנו ל"צב" תבוצענה ללא ציור. כדי להחזירו למצב של ציור, ניתן את הפקודה PD – הורד העט. אם ברצוננו לתקן טעות, ולא למחוק את כל הציור, הפקודה היא PE – עיפרון מחק. במצב זה ה"צב" יתפקד כמוחק. כדי להחזירו למצב של ציור ניתן שוב את הפקודה PD (PD ר"ת של DOWN PEN, PU ר"ת של PEN ERASE).  
קעת נסה לצייר את הציורים א-ה. אל תשכח להוריד את העט בחזרה כשתרצה לצייר.

ציורים עם קטעים זהים

שמת לב לכך, שבציורים הקודמים היו קטעים שחזרו על עצמם מספר פעמים. כיצד ניתן לקצר במתן פקודות? נסה את סדרת הפקודות הבאה: FD 20 RT 90 FD 20 LT 90. מה צייר ה"צב"? כיצד ניתן לקבל 5 פעמים ציור זה?  
 הדפס: REPEAT 5 [FD 20 RT 90 FD 20 LT 90].  
 ההוראה REPEAT פירושה חזור, המספר שלאחריה מציין כמה פעמים לחזור. בתוך הסוגריים המרובעים מופיעה סדרת ההוראות שעליה חוזרים. נסה לצייר בעזרת ההוראה REPEAT את הציורים א', ב', ה' שלמעלה ואת הציורים הבאים:  
 א. ריבוע. ב. משולש שווה צלעות. ג. מחומש משוכלל. ד. משושה משוכלל. ה. מתומן משוכלל.



כיצד נצייר מעגל? חשוב מהם הצעדים החוזרים על עצמם, וכמה פעמים צריך לחזור עליהם? השלם בפקודה הבאה מספרים שונים. מה צייר ה"צב"?

REPEAT [ ] [FD [ ] RT [ ] ]

שיעור מס' 3ציור מעגלים

הדפס [FD 1 RT 1] REPEAT 360. מה קיבלת? אל תשכח RETURN.  
 הדפס [FD 1 RT 1] REPEAT 180. מה קיבלת?  
 הדפס [FD 1 RT 1] REPEAT 540. מה קיבלת?  
 הדפס [FD 1 RT 1] REPEAT 720. מה קיבלת?  
 סכס מסקנותיך, והראן למורה. מהו הקשר בין מספר החזרות לגודל הזווית?  
 הדפס [FD 1 RT 1] REPEAT 90. מה קיבלת?  
 הדפס [FD 1 RT 1] REPEAT 45. מה קיבלת?  
 הדפס [FD 1 RT 1] REPEAT 30. מה קיבלת?  
 הדפס [FD 1 RT 1] REPEAT 18. האם קבלת ציורים שונים?  
 מה היה ההבדל בין 4 הציורים? מסור למורה את מסקנותיך.

ענה על השאלות הבאות:

- כיצד לצייר מעגלים קטנים?
- כיצד לצייר מעגלים גדולים?
- כיצד לצייר מעגלים במהירות?
- כיצד לצייר חצי מעגל? רבע מעגל? שליש מעגל?

תרגילים:

- צייר מעגל קטן בתוך מעגל גדול.
- צייר מעגלים המשתלבים זה בזה.
- צייר פרצוף.

המסך וה"צב"

הדפס את סדרת הפקודות RT 90 FD 200 LT 90 FD 100 FD 100. המסך "הצב"?  
 האם תוכל להסביר מה קרה?  
 ה"צב" נעלם והופיע. לאמתו של דבר ה"צב" לא נעלם, אלא הוא הוסתר עם חלק מהציור מאחורי השורות הכתובות.  
 כדי לראות הציור במלואו לחץ על המקש CTRL ועל L ביחד.  
 כדי לראות רשימת פקודות ארוכה יותר הקש על CTRL ועל T ביחד.  
 כדי לחזור למסך מפוצל, חלקו מלים וחלקו ציור, הקש על CTRL ועל S ביחד.  
 אם אתה רוצה לראות את הציור ללא ה"צב", הדפס HT (HIDE TURTLE).  
 כדי לראות שוב את ה"צב", הדפס ST (SHOW TURTLE).  
**תרגיל:** מצא את אורך המסך ורוחבו.