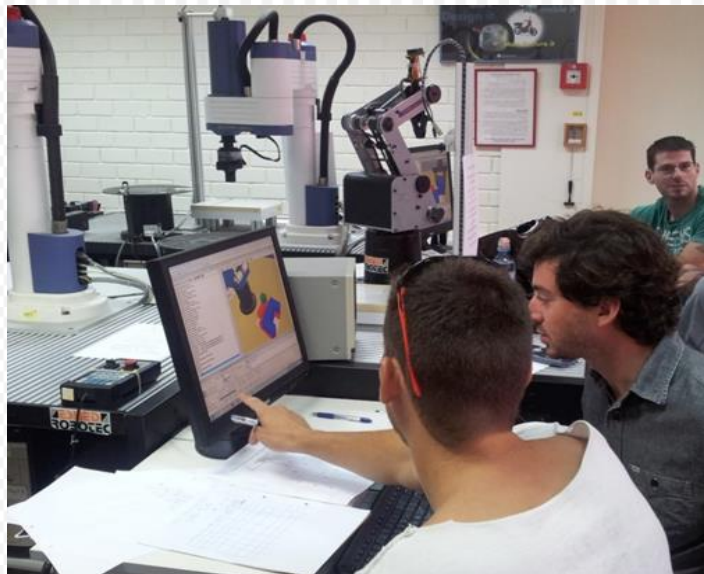




# פיתוח מיומנויות מרחביות דרך התנסות בסביבה רובוטית

פרופ' איגור ורנר



המחקר נתמך ע"י הקרן הלאומי למדע



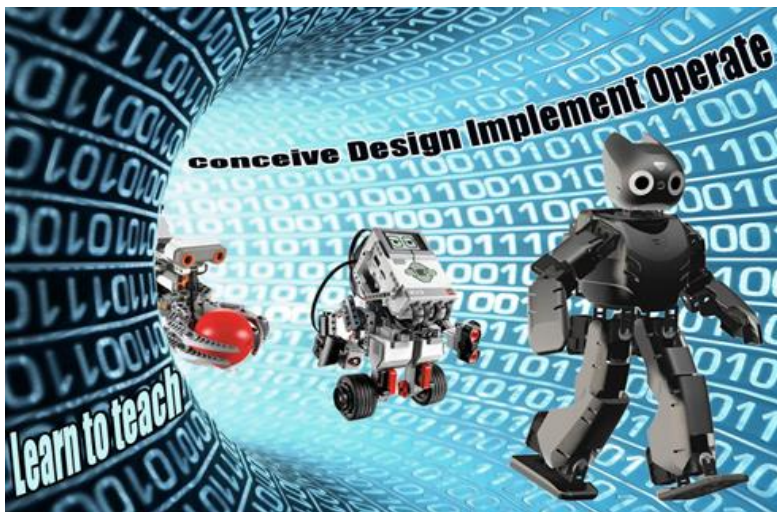
יום עיון חוצה מגמות במסגרת מרכז מור-טק

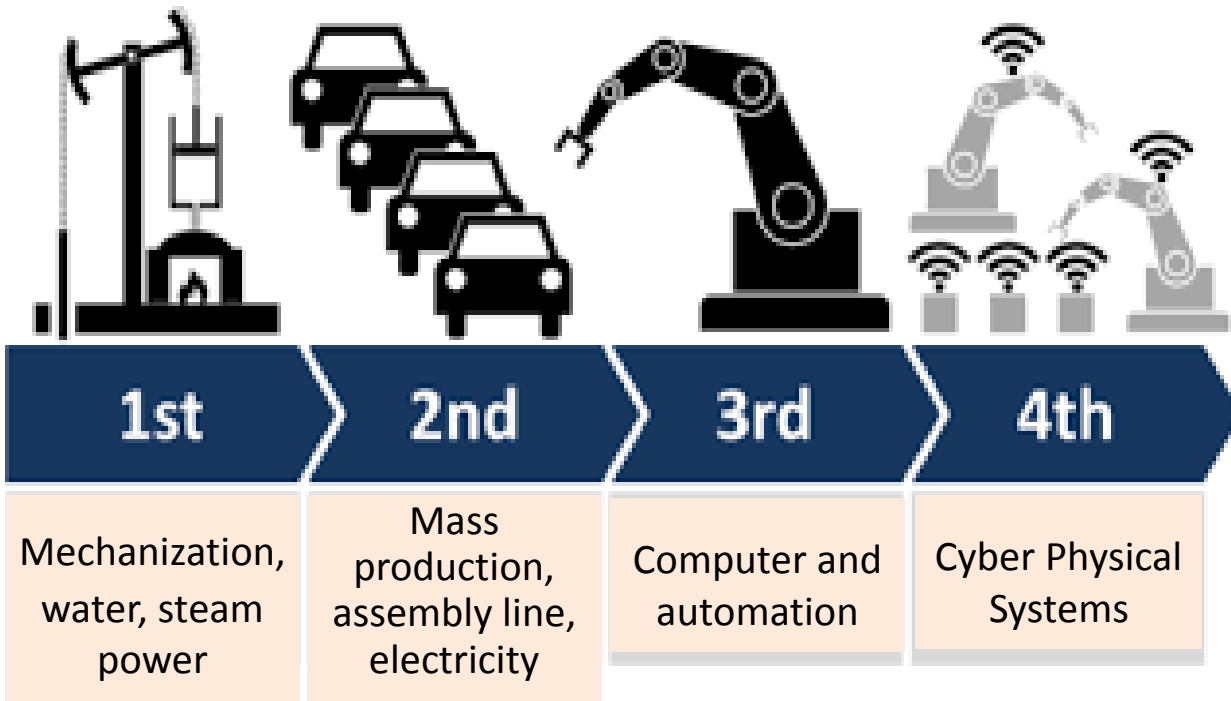
"טיוב פרויקטים בחינוך הטכנולוגי"

9.12.2018

# הכשרת מורים לטכנולוגיה בטכניון

- מסלולי הכשרה יחודיים: הנדסת מכונות, חשמל/אלקטרוניקה.
- תכניות מבטים 1 ומבטים 2.
- מעבדה לטכנולוגיה: בית למידה משותף לסטודנטים, תלמידים, מורים וחוקרים.
- המרכז לחינוך לרובוטיקה וטכנולוגיה דיגיטלית





# == Industry 4.0 ==

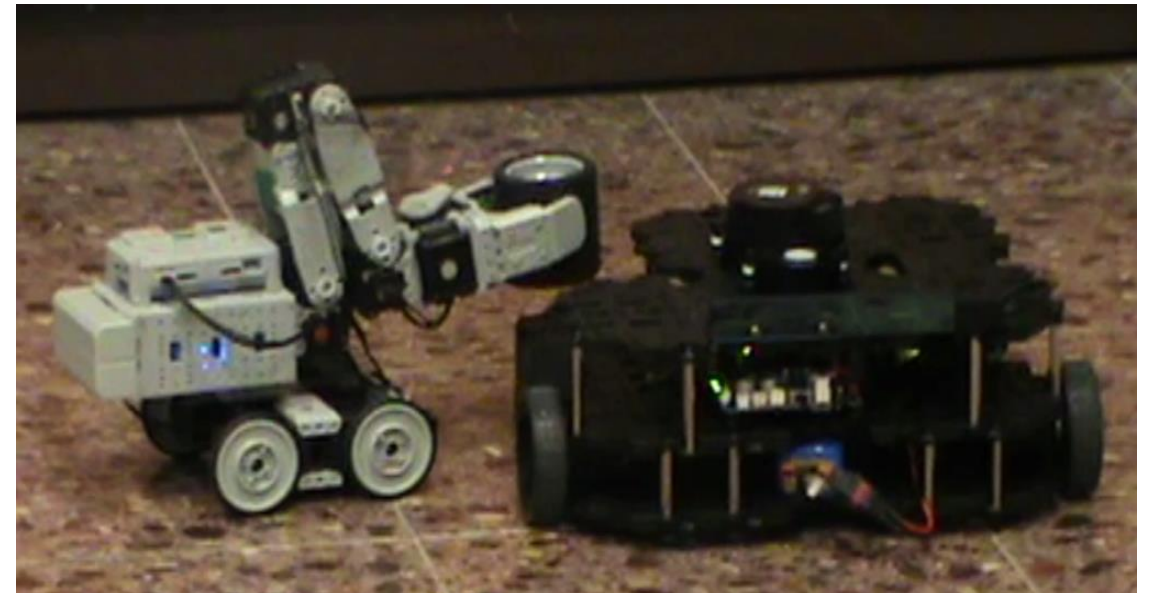
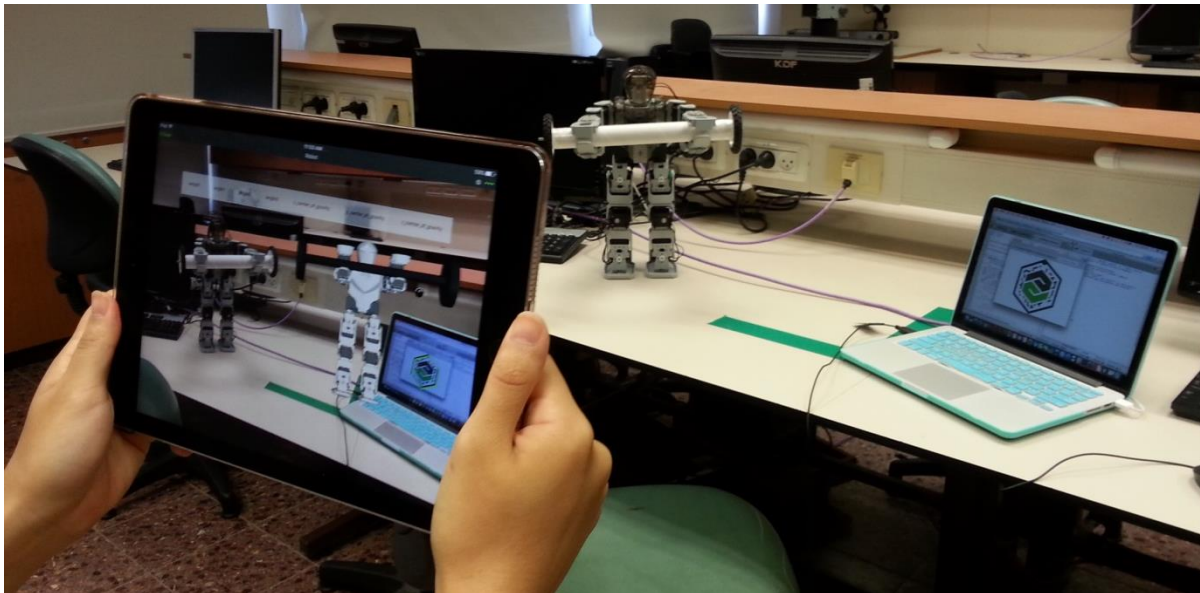
## מערכת סייבר-פיזית:

- מערכת הנשלטת על ידי חוקי פיסיקה ופועלת בזמן רציף.
- לכל רכיב יש יכולת בקרה אוטומטית מבוססת חיישנים.
- כל הרכיבים מרושתים ומתקשרים דרך האינטרנט (אינטרנט של הדברים IoT).
- למערכת יכולות אינטליגנציה מלכותית (AI):
  - ארגון עצמי,
  - אינטראקציה בטוחה ונוחה עם בני אדם,
  - הסתגלות לסביבה,
  - למידה.



# לימוד עם רובוטים לומדים

האתגר ללמד רובוט ללמוד מאפשר לערב תלמידים בלימודי טכנולוגיות של תעשייה 4.0.  
**משתתפים:** מורים ותלמידים מחמישה בתי ספר, סטודנטים לחינוך מהטכניון, סטודנטים להנדסה מ-MIT.



# “Meet smart robotics and digital making” Cornell Tech, NYC, July, 2018



Workshop for teachers and high school students involved in NYC FIRST robotics.

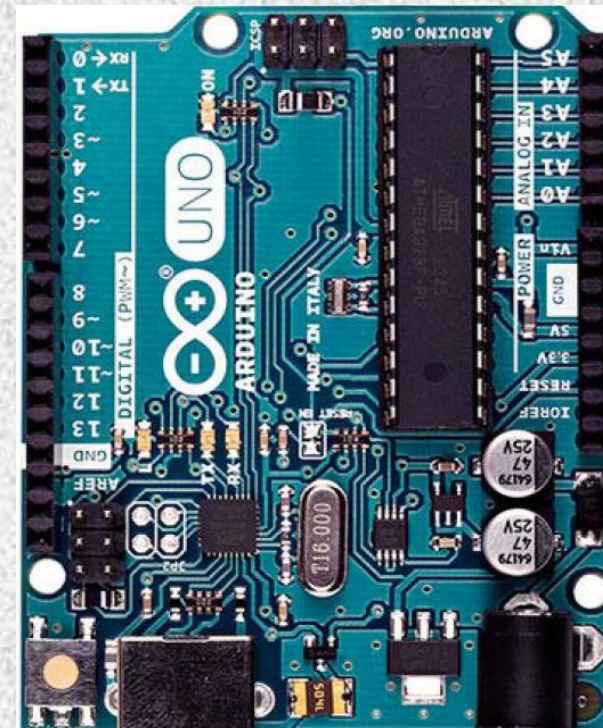
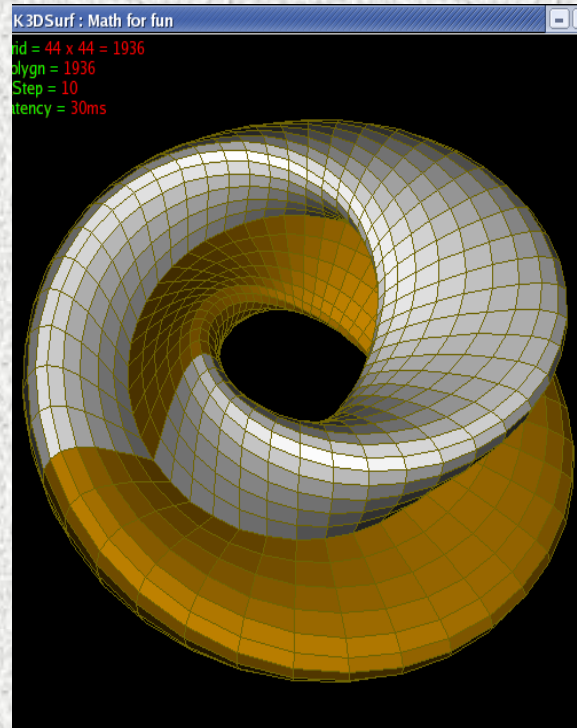
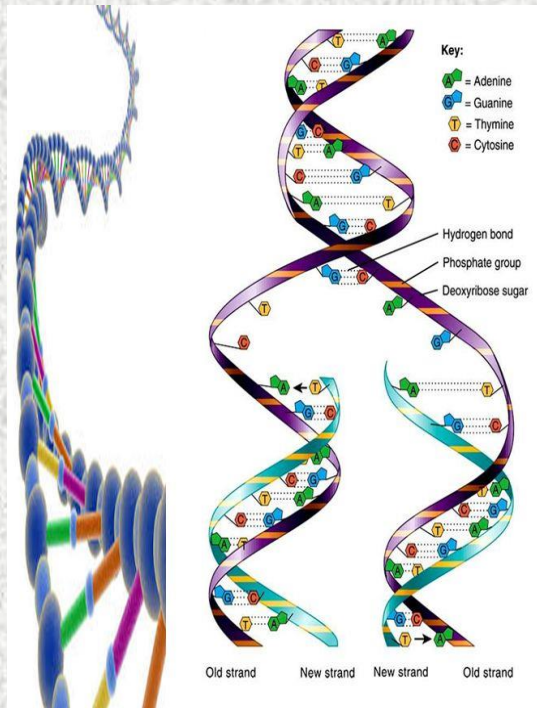


# אתגרים מרחביים בטכנולוגיות הייצור ובשותפות עם רובוט



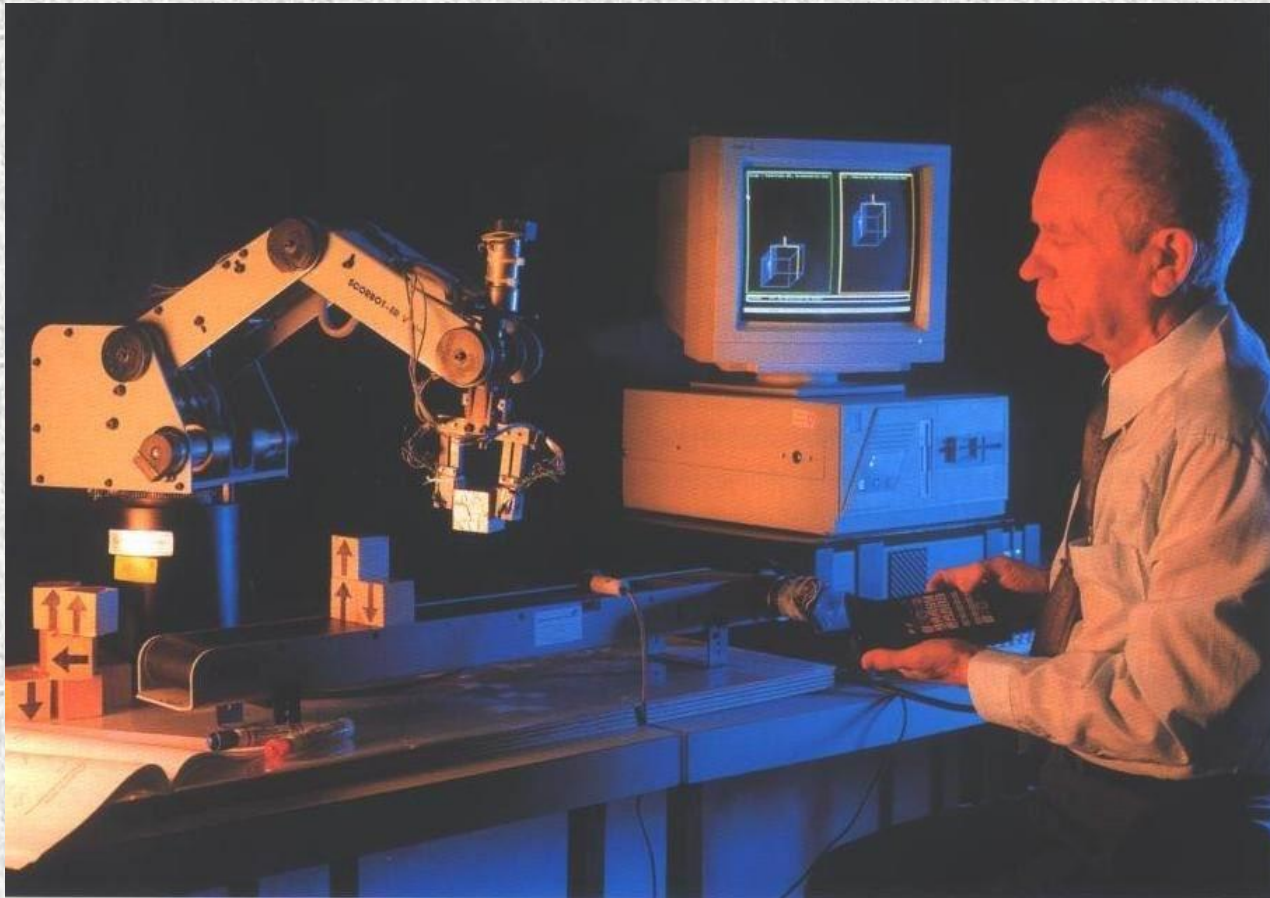
# אתגרים מרחביים בעבודה עם מערכות טכנולוגיות

- פרקטיקה הנדסית במידה רבה עוסקת במידע חזותי ומסתמכת על היכולות של חשיבה מרחבית.
- מחקרים מראים כי ניתן לפתח ראייה מרחבית דרך התנסות ותרגול, הכי אפקטיבי בהקשר לנושא הלימוד.

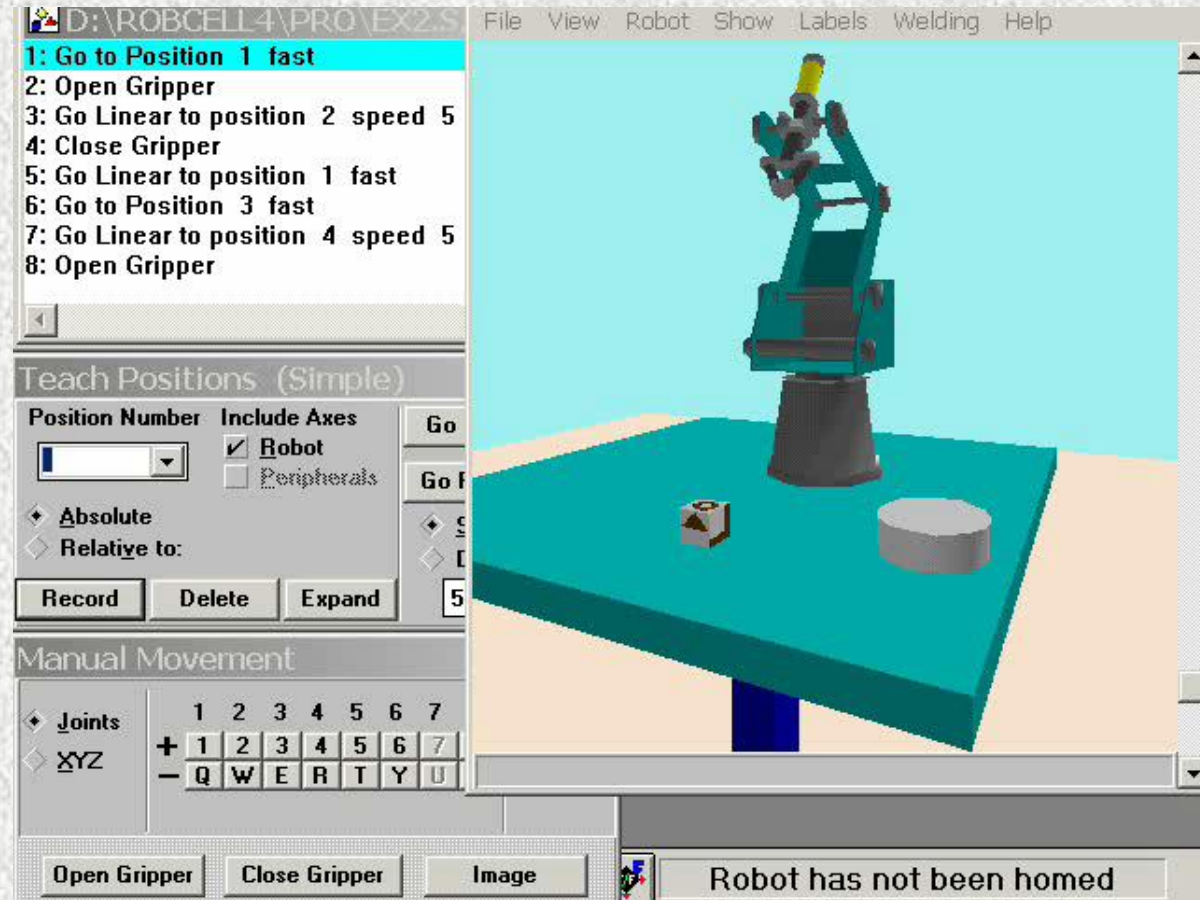


# תנועת רובוט במרחב

התחלת המחקר בהנחיית פרופ' שלמה וקס  
התנסות לימודית בסביבה פיזית



המשך המחקר  
התנסות לימודית בסביבה וירטואלית





# תכנית העשרה "עקרונות של תנועת רובוט במרחב"

- תכנית הלימודים כללה שלושה חלקים: קינמטיקה של רובוט, סיבוב גופים והרכבת פאזלים באמצעות רובוט.
- פעילות התנסותית כללה תרגול מיומנויות תפיסה מרחבית, סיבובים מנטליים וויזואליזציה.
- בקורסים השתתפו 125 תלמידים משני חטיבות הביניים ו-31 תלמידים מבית ספר תיכון.
- התקדמות במיומנויות מרחביות הוערכה על ידי שאלון שכלל שאלות תפיסה מרחבית, סיבוב מנטלי וויזואליזציה שהועבר לפני ואחרי הקורס.
- תוצאות ההערכה הצביעו על התקדמות משמעותית של התלמידים במיומנויות מרחביות שתורגלו בקורס.

# מעבדה לרובוטיקה וייצור ממוחשב

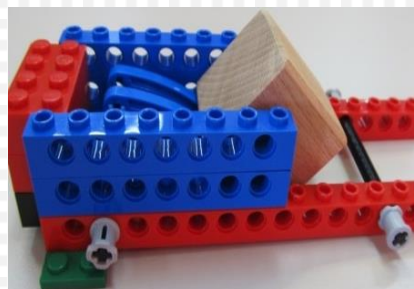
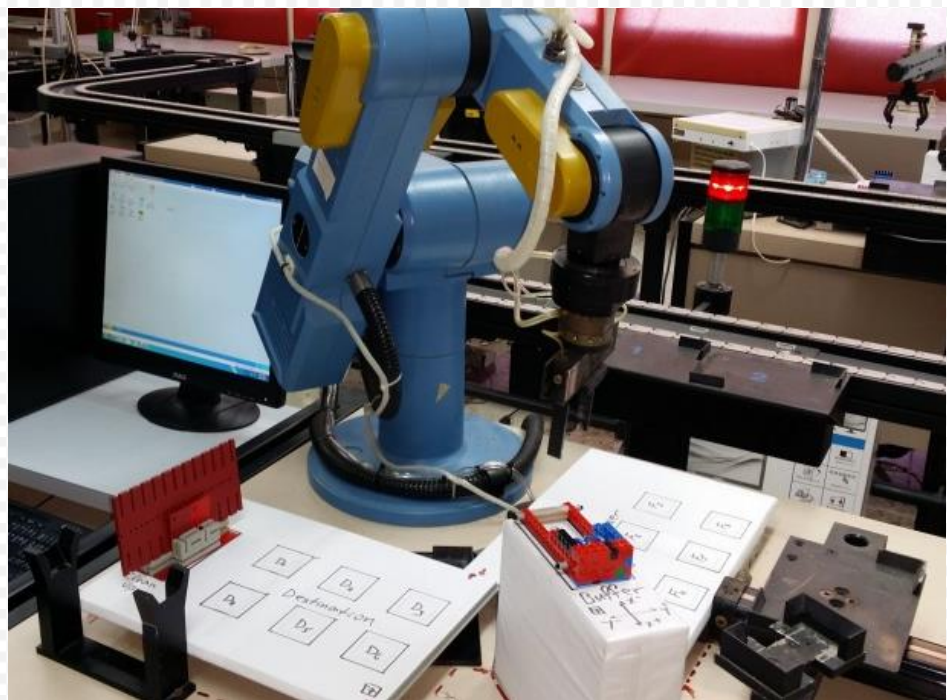
## הפקולטה להנדסת תעשייה וניהול



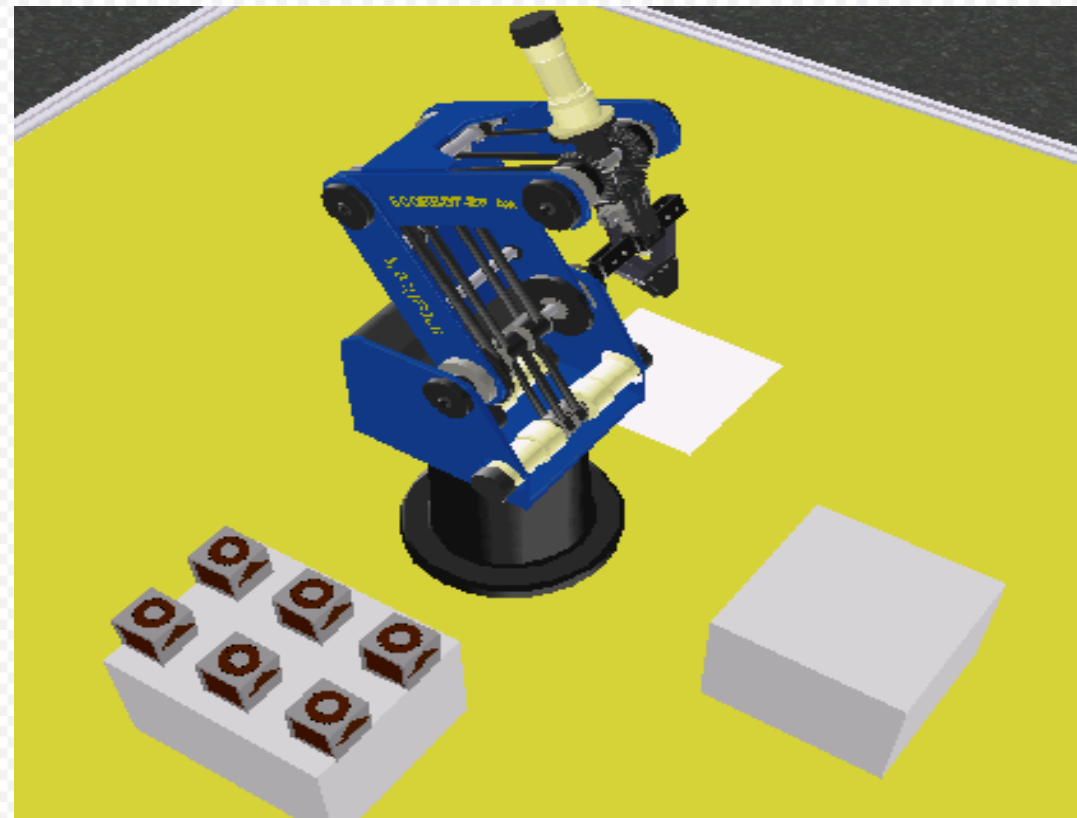
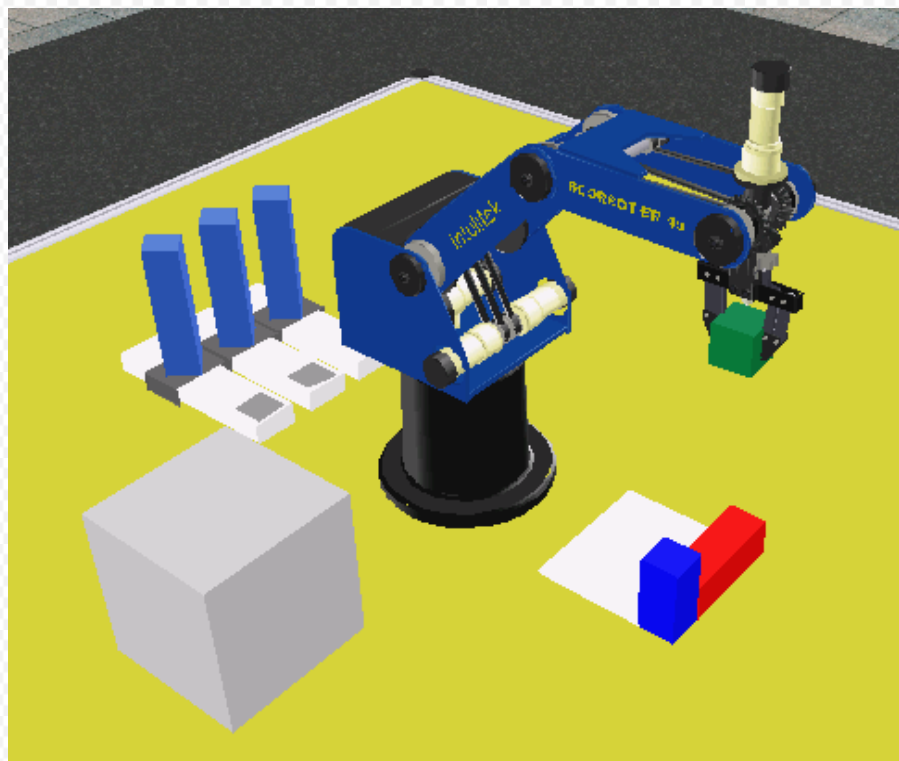
- לחשוף תלמידים לרובוטיקה תעשייתית.
- לתת התנסות ראשונית עם מערכות רובוטיות.
- לכוון את ההתנסות להבנת תנועה של רובוט ומיומנויות ראייה מרחבית.

9 רובוטים מסוגים שונים ובמרחבי עבודה שונים

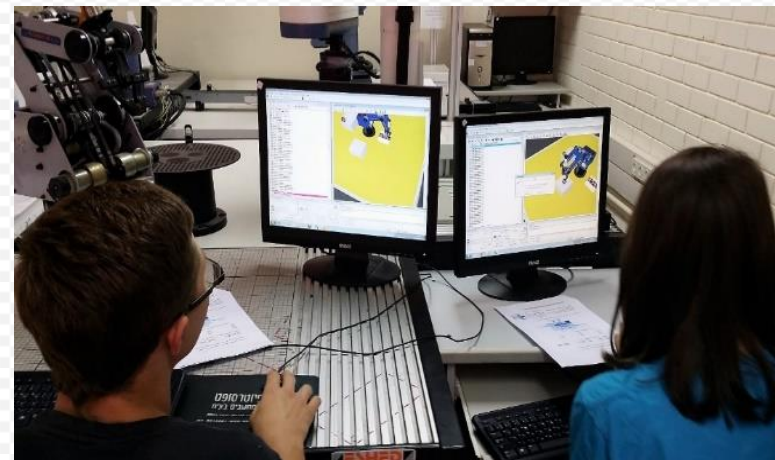
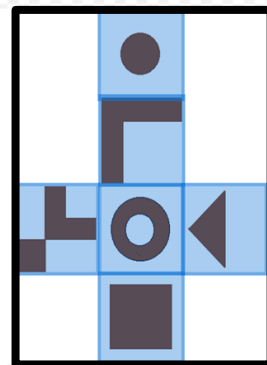
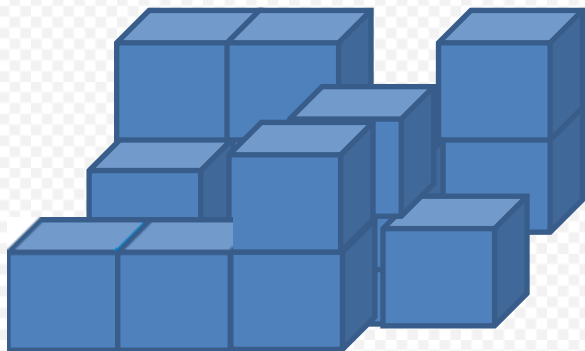
# תיאום מרחבי עבודה והתנסות עם רובוטים פיזיים



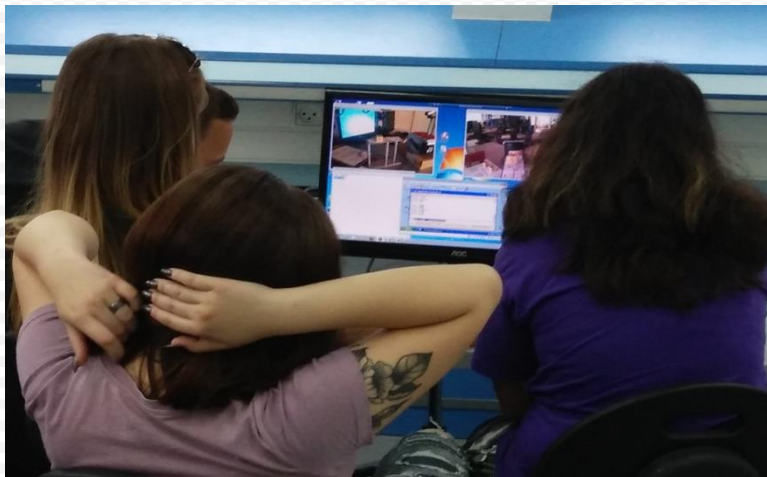
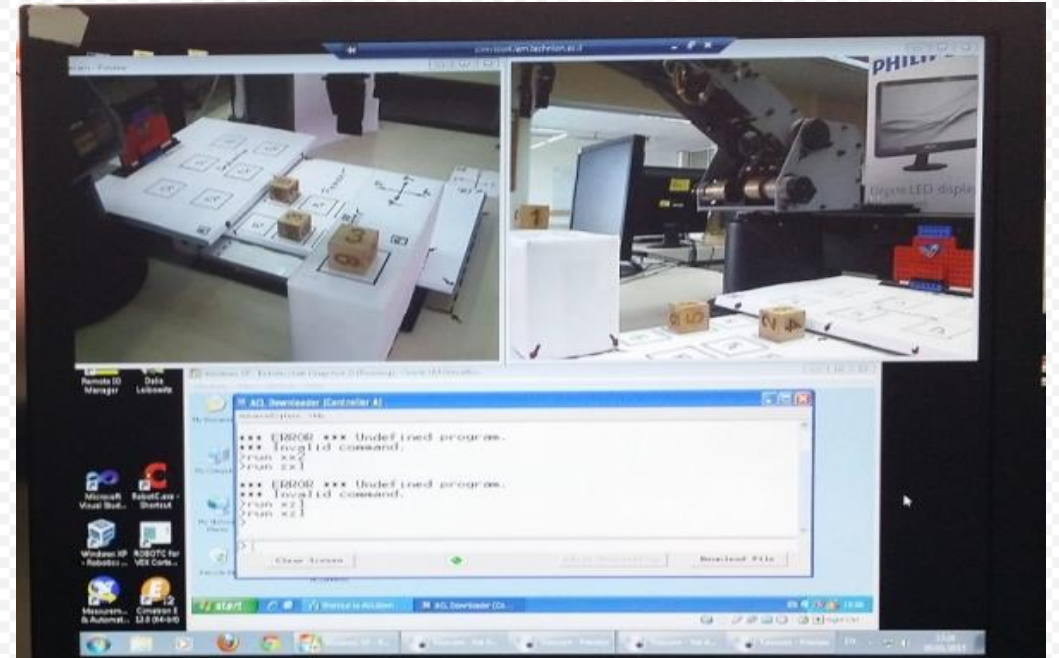
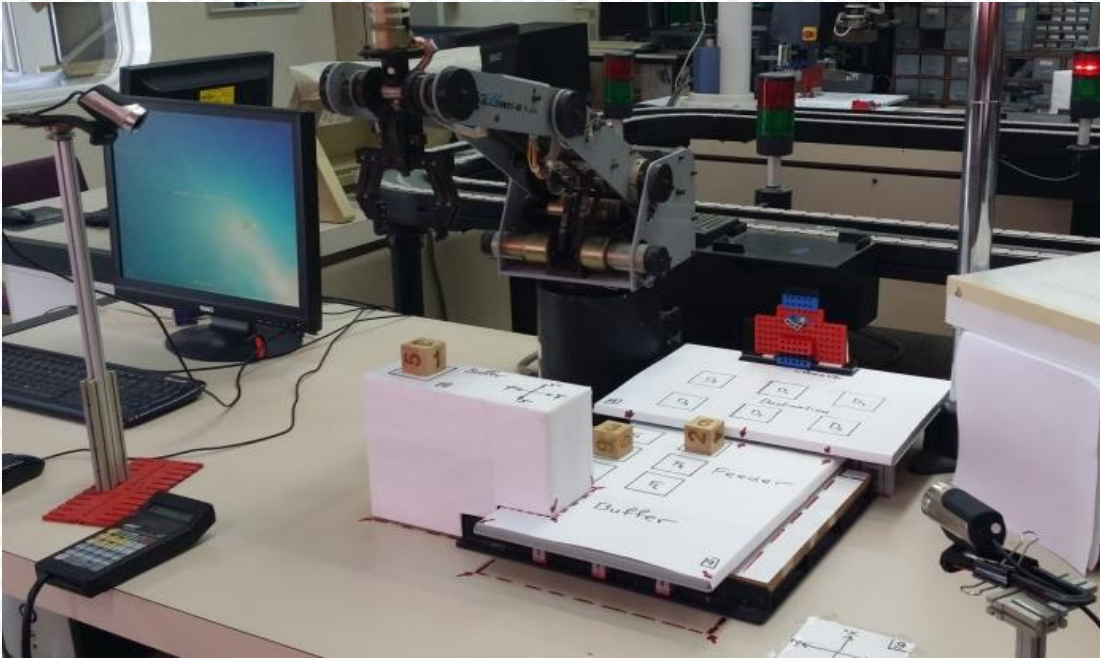
# התנסות בסביבה וירטואלית



2	2		2
1	1	1	
		2	1
1	1	2	



# התנסות בהפעלת רובוט מרחוק



# תכנית הקורס והערכת תוצאות הלימוד

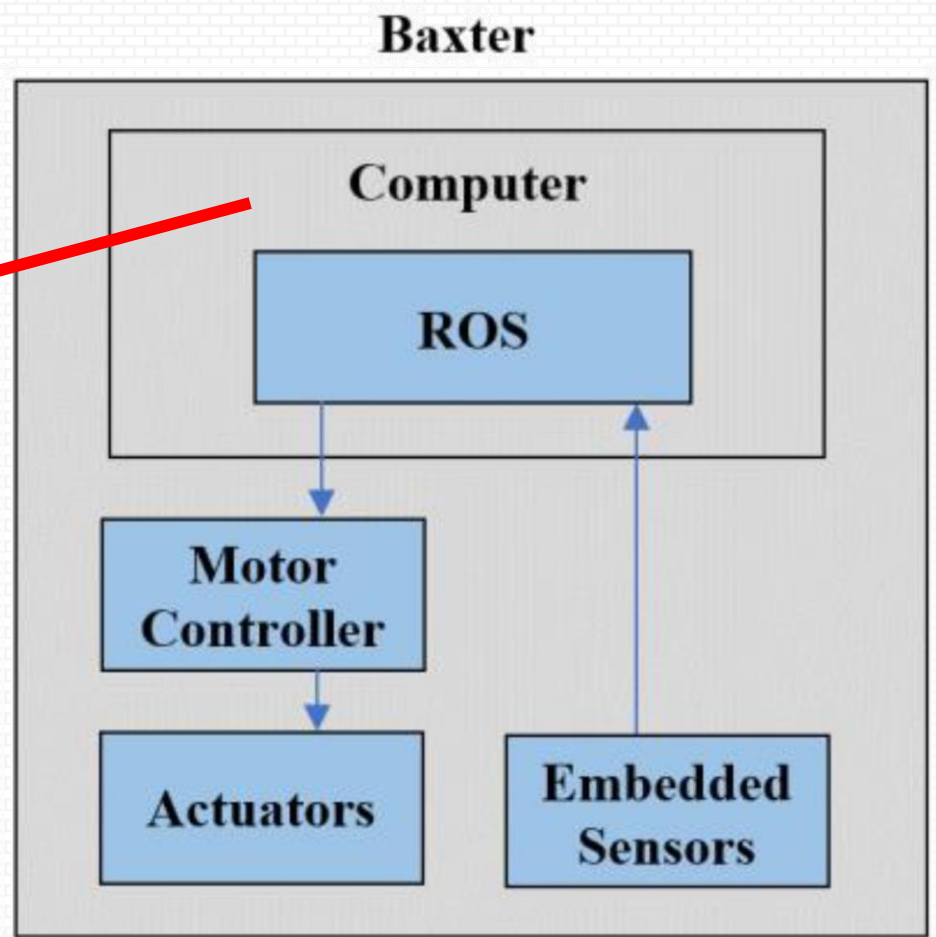
שעות	נושא	מיומנויות ראיה מרחבית
6	מבוא לרובוטיקה. התנסות עם רובוטים פיזיים	תפיסה מרחבית
6	סיבוב גופים. התנסות עם רובוט בסביבה וירטואלית	סיבוב מנטלי
4	התנסות בהרכבת פאזל בהפעלה מרחוק	ויזואליזציה



- הקורס ניתן בקבוצות קטנות, סה"כ השתתפו 45 תלמידים.
- בהתחלה ובסוף הקורס הועברו מבחני תפיסה, סיבוב וויזואליזציה (N=32).
- שיפור הישגים: מעל 20% במבחן התפיסה, מעל 100% בסיבוב, מעל 30% בויזואליזציה.

# מעבדה לרובוטיקה קוגניטיבית: רובוט Baxter

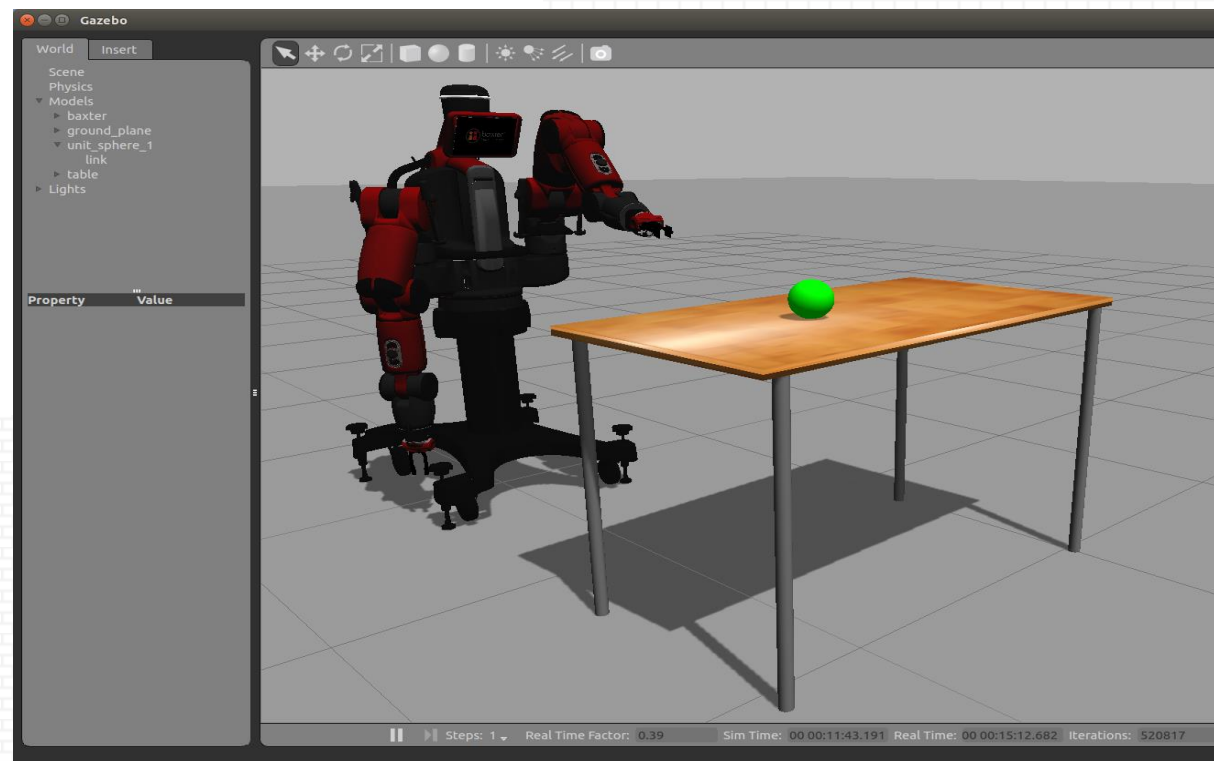
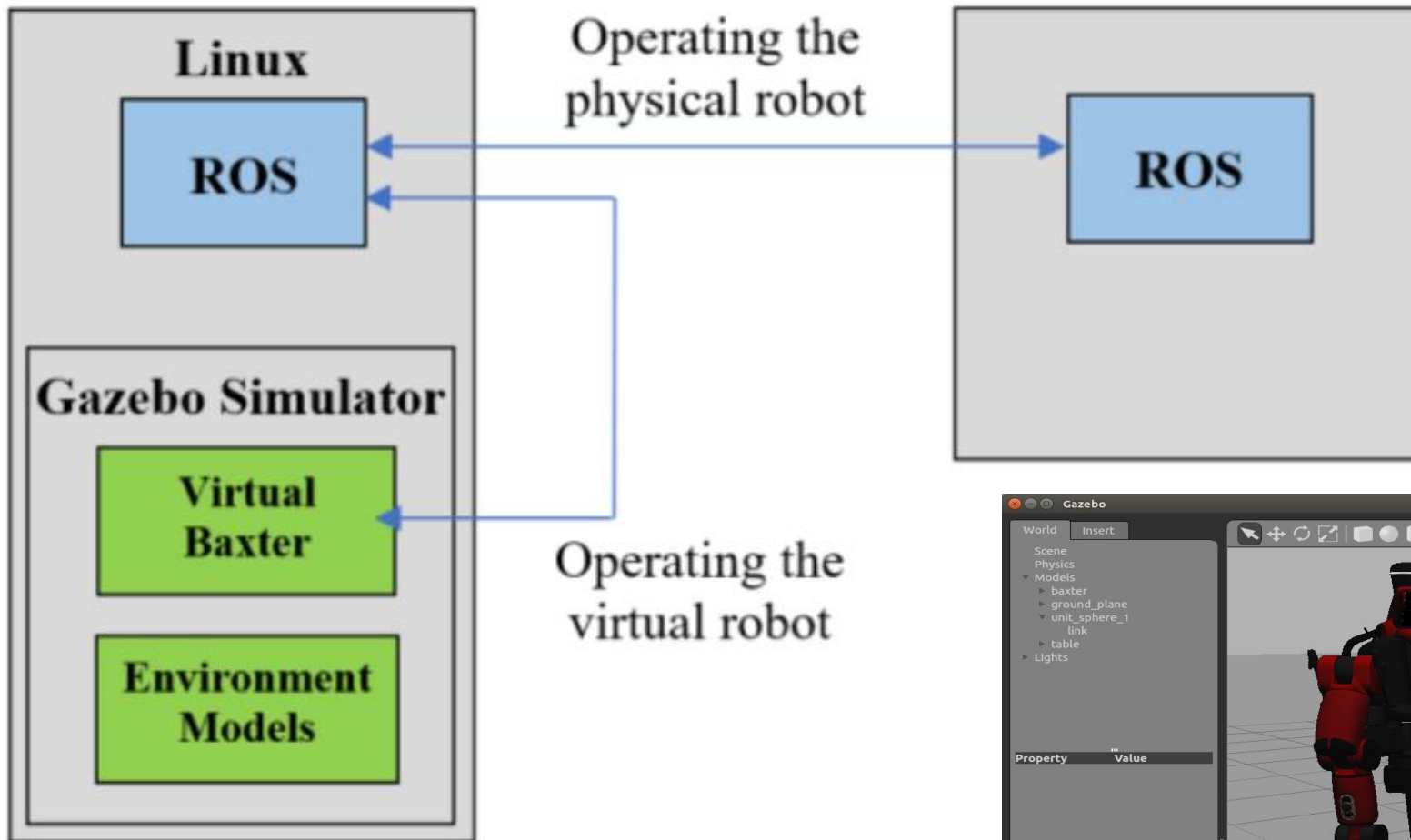
Linux Workstation



## Linux Workstation

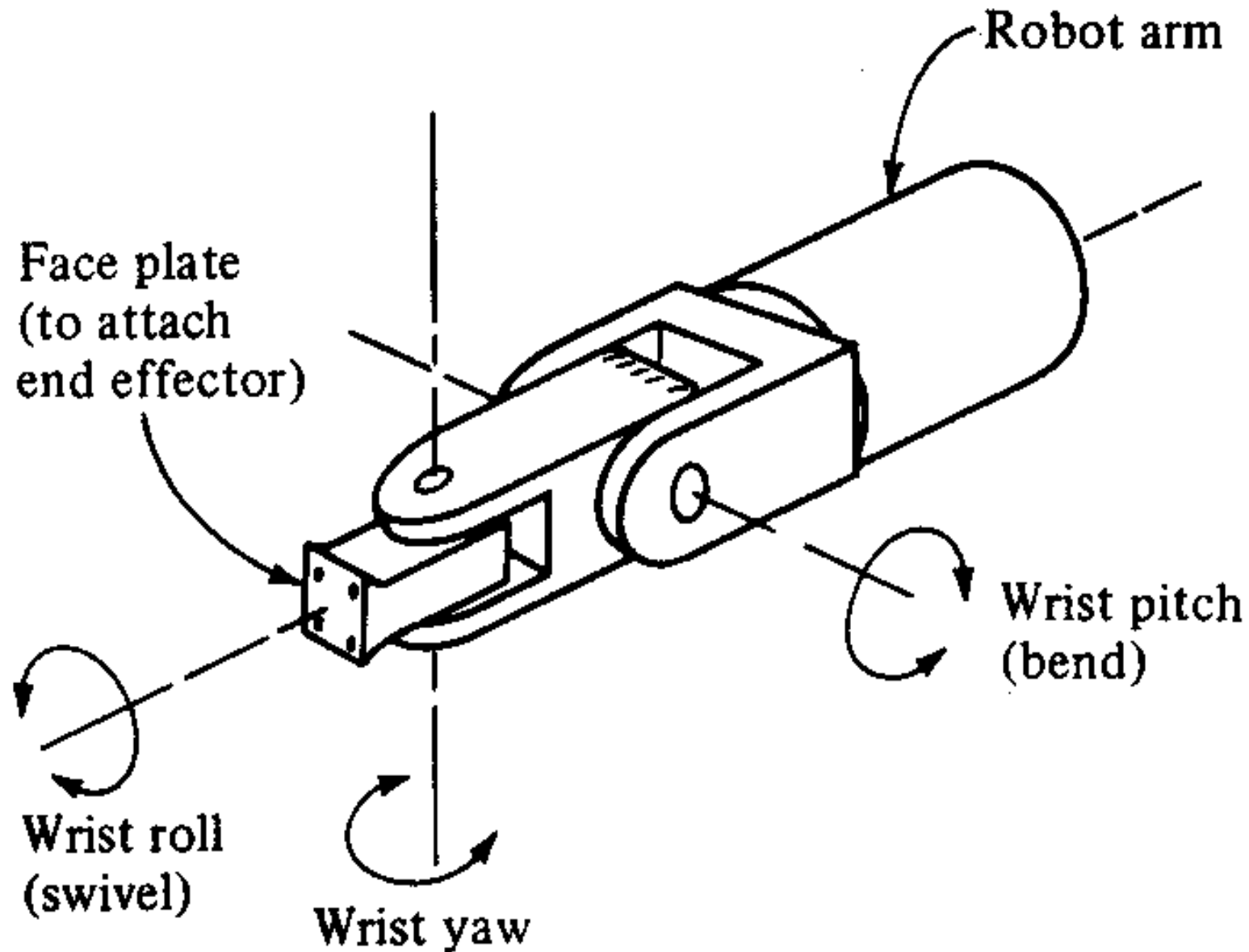
## Baxter (Physical robot)

# סביבה וירטואלית





# שלושה כיווני תנועה של תפסנית הרובוט



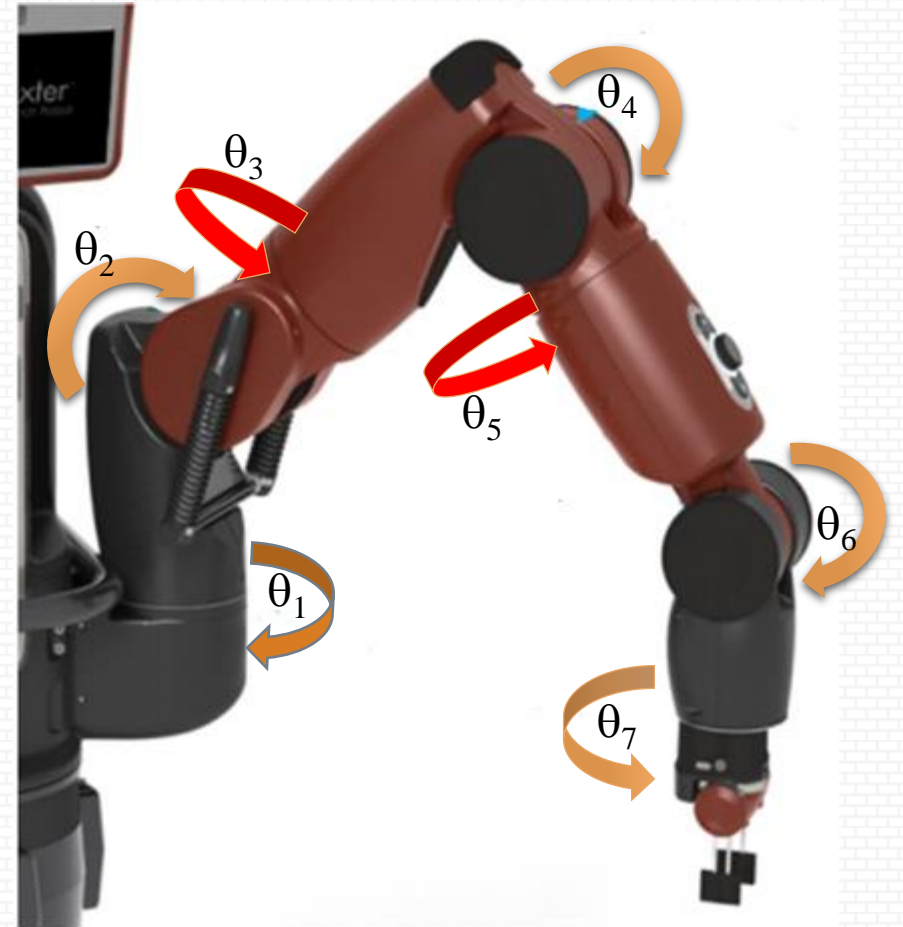
# דרגות חופש של זרוע מכנית מסוג Baxter

Angle coordinates:

- $\theta_1$  - Shoulder Roll
- $\theta_2$  - Shoulder Pitch
- $\theta_3$  - **Elbow Roll**
- $\theta_4$  - Elbow Pitch
- $\theta_5$  - **Wrist Roll**
- $\theta_6$  - Wrist Pitch
- $\theta_7$  - Wrist Roll

Cartesian coordinates:

X, Y, Z - Gripper end-point coordinates, P - Wrist Pitch, R - Wrist Roll, Y - Wrist Yaw



# קודים לסיבוב קוביה באמצעות הרובוט בזוויות כפולות של $90^\circ$

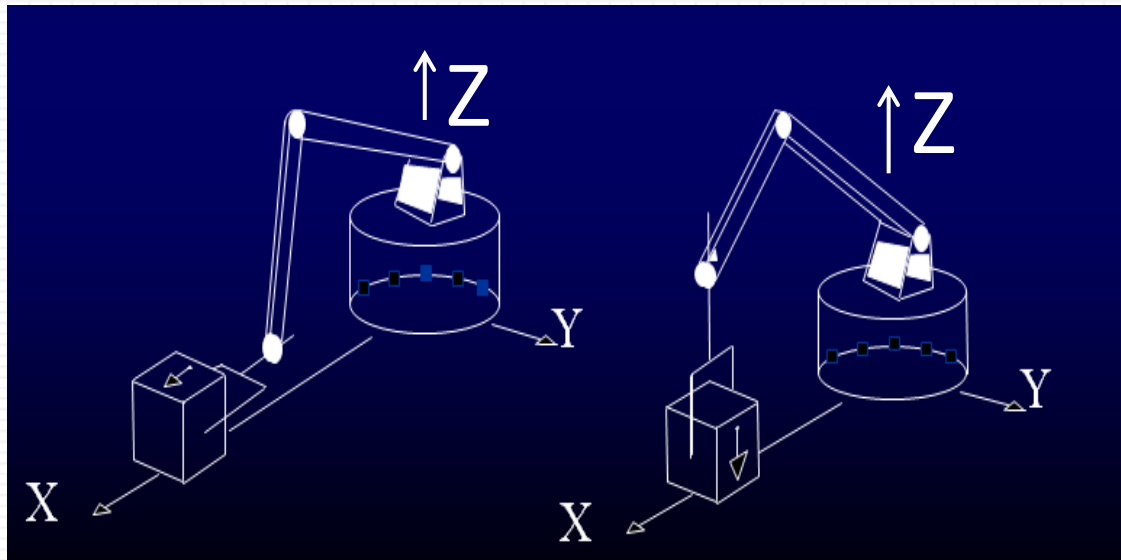
תו ראשון  
X/Y/Z

תו שני  
0/1/2/-

תו שלישי  
X/Y/Z

תו רביעי  
0/1/2/-

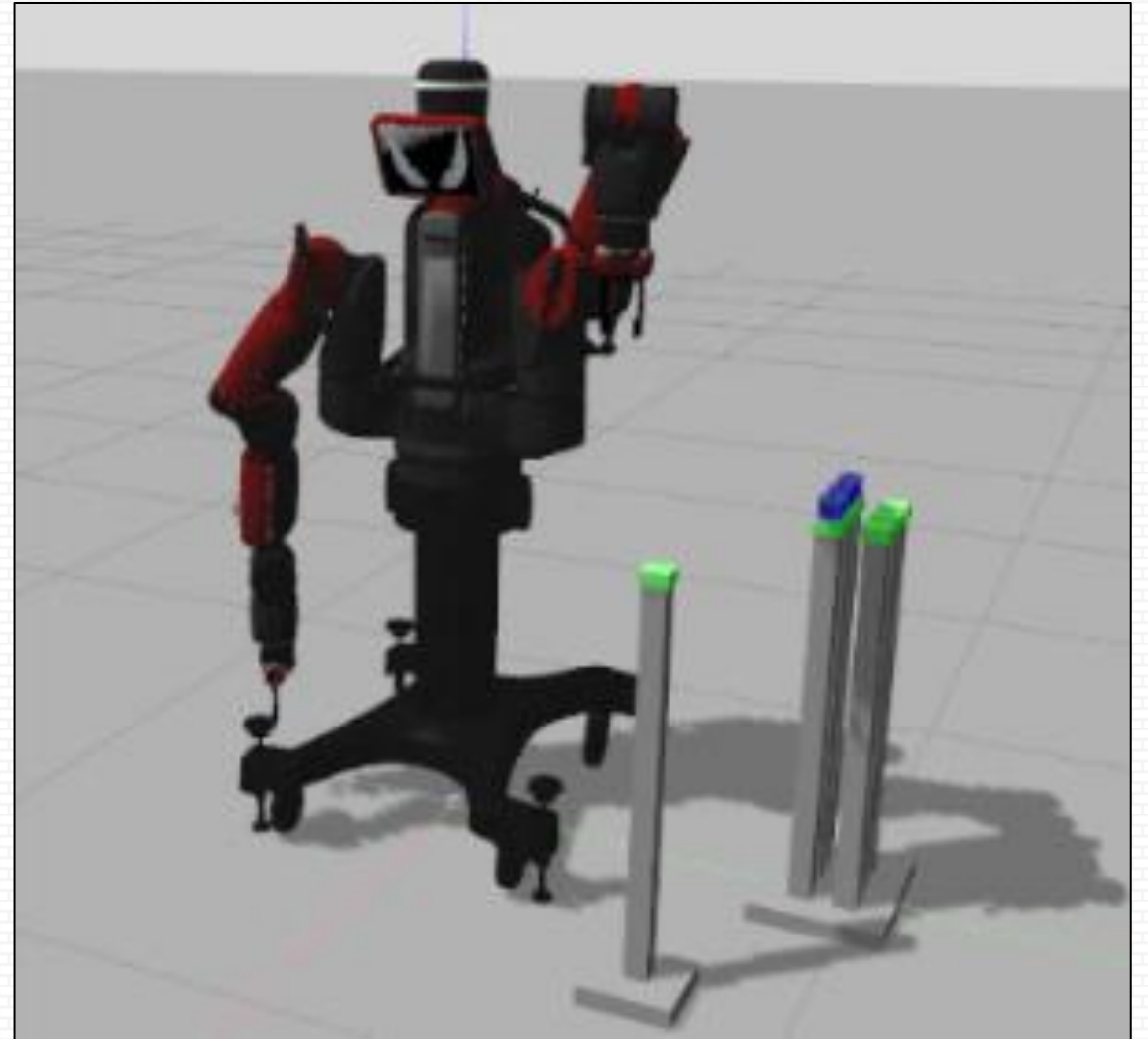
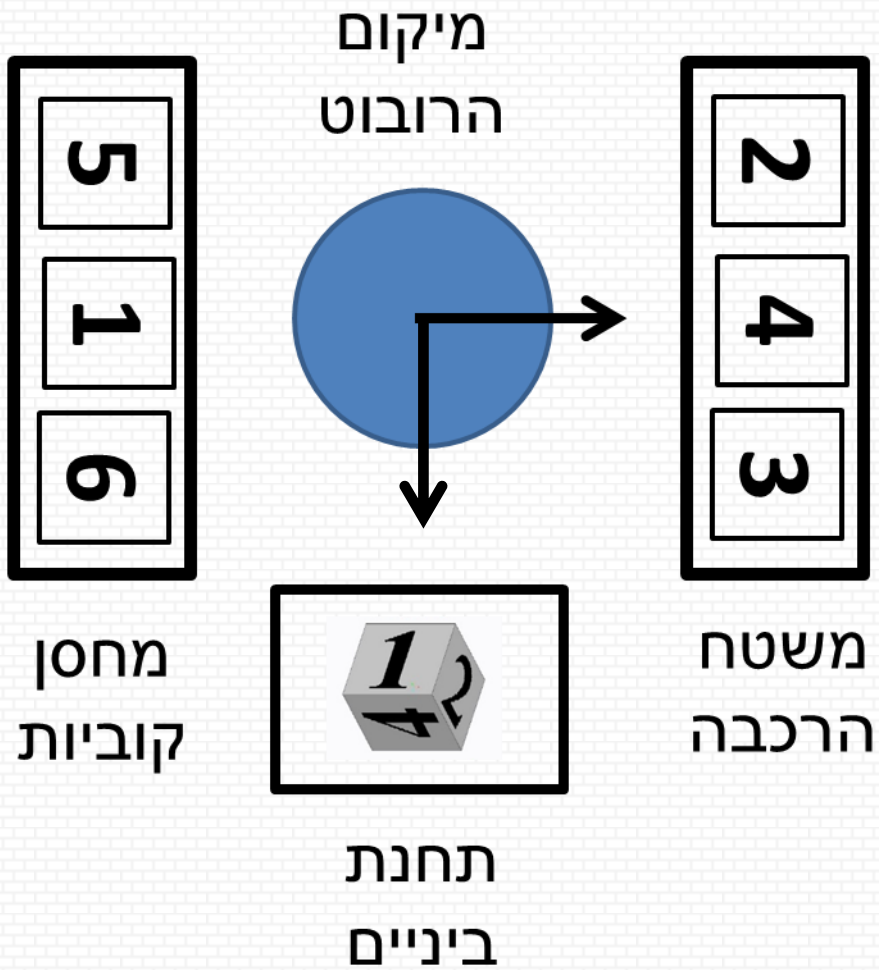
רובוט Scorbot, קוד הסיבוב X0Z1



רובוט Baxter, קוד הסיבוב X0X2



# תרגיל: סיבוב גופים בסביבת Gazebo



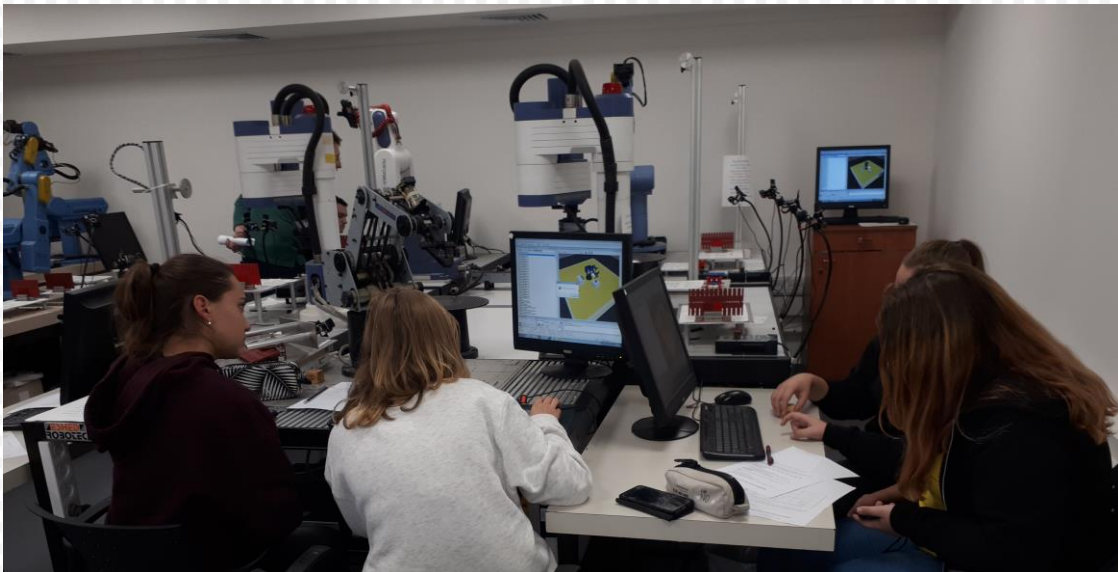
# קודים של פעולות סיבוב המומלצות לביצוע

N	קודים של Baxter ו- Scorbob
1	X0X2
2	X0Z0
3	X0Z1
4	X0Z2
5	X0Z-
6	Z0X0
7	Z0Z1
8	Z0Z2
9	Z0Z-
10	Z1X0
11	Z1X2

	קודים נוספים של Baxter
12	X0Y0
13	X0Y2
14	Y0X0
15	Y0Y2
16	Y0Z0
17	Y0Z1
18	Y0Z2
19	Y0Z-
20	Z0Y0
21	Z1Y0

# סדנה "הכרות עם רובוטים קונבנציונליים וחדשניים

שעות	נושא
1	מבוא לרובוטיקה בעידן המודרני
1	התנסות בסיבוב גופים עם Scorbob בסביבה וירטואלית
1	התנסות בסיבוב גופים עם Baxter בסביבה וירטואלית



השתתפו 36 תלמידים (21 בנים ו- 15 בנות):  
18 תלמידי י' ו- י"ב, מגמת מדעי המחשב.  
18 תלמידי י"א, מגמת הנדסת מכונות.

# סדנה "הכרות עם רובוטים קונבנציונליים וחדשניים



# סדנה "הכרות עם רובוטים קונבנציונליים וחדשניים





# תרומת סדנה

כל התלמידים הביעו הערכה גבוהה לסדנה.

83% דיווחו כי הסדנה חשפה אותם רבות לרובוטיקה תעשייתית.

78% ראו את הסדנה כרלוונטית מאוד למגמה טכנולוגית בה הם לומדים.

86% ציינו שהסדנה תרמה מאוד להכרת מושגי יסוד ברובוטיקה תעשייתית.

72% דיווחו כי התנסות עם הרובוטים בסביבה וירטואלית מאוד עזרה להבין מהן מיומנויות ראייה מרחבית הנדרשות להפעלת רובוטים מניפולטורים.

46% מהתלמידים חושבים שהתנסות עם רובוט Baxter תרמה יותר לתרגול מיומנויות ראייה מרחבית, 15% נתנו העדפה להתנסות עם Scorbobot. 39% של משתתפים העריכו את תרומת הרובוטים כשווה.

# קשיים מרחביים בהפעלת הרובוטים

81% מהתלמידים דיווחו על קשיים בשימוש בשפת הקודים.

91% נתקלו בקושי בתכנון של סיבוב גופים במספר מינימלי של מניפולציות.

75% ציינו שהצורך לתפוס את מרחב העבודה מנקודת ראייה של הרובוט גרמה להם קושי בתכנון מניפולציות.

86% דיווחו כי האפשרות לסובב קובייה בידיים עזרה להם להתגבר על הקשיים המרחביים ולבצע את המשימה בהצלחה.

89% נעזרו בכף היד והקובייה להדמיית תנועות של תפסנית הרובוט.

82% נעזרו בכלים של תוכנת הסימולציה לווזואליזציה של מרחב העבודה של הרובוט.

# קשיים מרחביים בקרב בנים ובנות

p <	df	t	מידת הקושי		קשיים מרחביים
			Means (S.D.)		
			בנות	בנים	
0.05	31	-2.2	3.2 (1.4)	2.3 (0.9)	שימוש בשפת הקודים
0.01		-3.5	3.7 (1.0)	2.5 (1.0)	ביצוע במספר סיבובים מינימלי
0.01		-2.9	3.0 (1.0)	2.0 (1.0)	תפיסה מנקודה ראיה של הרובוט
0.01		-3.5	4.4 (1.0)	2.8 (1.4)	שימוש בקובייה פיזית

# זמני ביצוע מניפולציות הסיבוב בקרב בניים ובנות

זמן ממוצע, דקות				קובייה
Baxter		Scorbot		
בנות	בנים	בנות	בנים	
5.8	2.1	4.7	3.0	1
5.6	2.4	4.2	1.0	2
3.1	2.2	6.4	0.9	3

