

פרויקט חקר החלל

בית – ספר תיכון רוגוזין קרית אתא

בשיתוף משרד המדע, הטכנולוגיה

תשע"ז – תש"ף

2020 - 2017

רוגוזין
בחלל



תכנ עניינים

נושא	עמוד
מבוא.....	2
חברי הצוות.....	3
תלמידי הפרויקט.....	4
תוכנית הלימודים	5
ריכוז שעות הפעילות בתוכנית	8
מהלך התוכנית.....	10
הקמת מעבדת החלל	12
הקמת מערך הניסוי	13
סיכום מערך הניסוי	14
מבנה מערך הלוויין עם המסב האוויר הכדורי.....	16
מבנה הלוויין	17
שלושת הניסויים המרכזיים.....	18
סיכום והסקת מסקנות	19
תוצאות – מה נעשה	20
סיכום.....	21

תיכון רוגוזין הינו תיכון עירוני בעיר קריית אתא. בבית הספר לומדים תלמידים ממגוון רחב של מסלולי לימוד כגון : מגמת הנדסת תוכנה, מגמת מדעים, מגמת אלקטרוניקה ומחשבים ועוד. תלמידי המגמות המדעיות שואפים להצלחה רבה בלימודיהם בבי"ס ובעלי הישגים לימודיים גבוהים.

במטרה להעשיר את תלמידי בי"ס, בעיקר תלמידי המגמות הטכנולוגיות, בית הספר הגיש בקשה למשרד המדע וטכנולוגיה וסוכנות החלל הישראלית לתמיכה בפרויקט חקר חלל בהנחיית מר משה שחר.

הודות לסוכנות החלל הישראלית הוקמה מעבדת חלל בכניסה לבית הספר. המעבדה משמשת כמעבדה לבניית דגמי ננו לוויין ובה בנינו מתקן היוצר שדה מגנטי.

היום, המעבדה מהווה "חלון ראווה" בכניסה לבית הספר בה כלל התלמידים בבי"ס רואים את הפעילות והתוצרים של תלמידי התוכנית בגאווה רבה.

תלמידי התוכנית מובילים את העשייה במעבדה יחד עם צוות ההדרכה, לומדים וחוקרים בשיטת חקר פרויקטים ורוכשים ידע רב בעולם ההנדסה ובפרט עולם החלל והלוויינים. בזכות המעבדה הם זוכים בידע בניהול וארגון פרויקטים, ניהול זמנים, ביצוע רכש מול ספקים ועוד.

בראייה לעתיד, נפתחה בבית הספר מגמת הנדסת חלל ומעבדת החלל מהווה תשתית ראויה ומכובדת לדור הבא של התלמידים הלומדים במגמה זו.

חברי הצוות

שם מלא	תפקיד
ענת נצר	מנהלת הפרויקט
דיאנה ששונוב יעקובי	רכזת הפרויקט
משה שחר	מנחה אקדמי
אלכס זילברקלנג	מדריך ראשי



תלמידי הפרויקט

תלמידי הפרויקט הינם תלמידי המגמות הנדסת תוכנה, מגמת אלקטרוניקה ומחשבים. תלמידים אלו תכננו ובנו יחד עם צוות המנחים מר משה שחר ומר אלכס זילברקלנג את מעבדת החלל. החל מהמבנה ההנדסי של המעבדה וכלה בציוד שנדרש למטרה הייעודית של המעבדה.



בגזרת התוכנה, התלמידים פיתחו את התוכנה ששולטת על ספקי כוח שמעבירים זרם מבוקר לסלילי הנחושת במתקן וע"י כך יצרו שדה מגנטי מבוקר. בנוסף, פיתחו תוכנה נוספת שמהווה התוכנה של הדגם של הננו לוויין. תוכנה זו נשלטת מרחוק ע"י רשת אלחוטית (Wifi).

בגזרת החומרה, התלמידים הדפיסו במדפסת תלת מימד את השלד של ננו הלוויין. את רכיבי הכינו והזמינו רכיבים אלקטרוניים מספקים שונים. לאחר מכן, הרכיבו את מרכב הלוויין באמצעות הרכיבים השונים כגון: מחשב, מצבר (סוללות ליתיום נטענות) ועוד.



התלמידים תכננו את מתקן השדה המגנטי, חישבו כמות סלילים נדרשים וכמות ליפופים וע"י כך בנו מתקן המייצר שדה מגנטי.

תלמידי הפרויקט מסורים לעבודתם ואף חלקם כבר נמצאים בשירותם הצבאי וממשיכים לבוא לבקר במעבדה ולשמש כמדריכים לתלמידים הן מרחוק והן מקרוב.

תוכנית הלימודים

היעדים המרכזיים של תוכנית הלימודים הם:

- הוראה בשילוב למידה מבוססת פרויקטים
- עבודת חקר מעשית
- הכרות מול עולם ההנדסה – שמיעת הרצאות ומפגש עם אנשי מפתח בעולם הלוויינים
- סיור בתעשיית הלוויינים ואירועים מיוחדים

בהיבט ההוראה

אופן ההוראה נעשה ע"י שילוב של מספר שיטות הוראה : הוראה פרונטלית, הוראת עמיתים ולמידה מבוססת פרויקטים (PBL). התלמידים היו מגיעים למפגשים דו שבועיים אחר הצהריים. לפיכך, ההוראה תוכננה כך שבמפגש שבתחילת השבוע ההוראה תעסוק ברכישת ידע תיאורטי ואילו במפגש השני יעשה "הלכה למעשה" המפגש יהיה מעשי. כלומר :

- א. חלק התיאורטי / עיוני - מפגש בתחילת שבוע
- ב. חלק מעשי - מפגש לקראת סוף שבוע

א. החלק העיוני

נעשה ע"י שילוב בין הוראה פרונטלית לבין הוראת עמיתים באופן הבא : על פי סדר מתוכנן מראש כל תלמיד בתוכנית קיבל פרק לימוד מספרו של חיים אשד. התלמיד התבקש ללמוד את הפרק ולהכין הרצאה ותרגילים לתלמיד הקבוצה. בכל מפגש הציג התלמיד בפני חבריו לקבוצה את הפרק והעביר להם תרגילים. הלמידה הייתה מאוד מהנה ומפרה עבור כלל תלמידי הקבוצה. הם נהנו להקשיב ולשאול אחד את השני שאלות. בתום כל הרצאה המנחים האקדמיים משה ואלכס נתנו הערות והעלו נקודות מתקדמות למחשבה.

מעבר לכך, כל תלמיד רכש כישורים רבים כגון: הכנת הרצאה, דיבור מול קהל, ביטחון עצמי ואחריות אישית. ברגע, שסיימו התלמידים ללמוד את ספרו של חיים אשד, המנחה האקדמי חילק נושאים נוספים להרצאות שהיוו תשתית חשובה לקראת בניית מערך הניסוי והלויין.

בשלבים המתקדמים, מפגשים אלו נעשו למפגשי תכנון והצבת יעדים בין הצוותים חומרה / תוכנה.

ב. החלק המעשי

בשלבים הראשונים של התוכנית קבלו התלמידים משימות חקר כגון איתור רכיבים שונים ובדיקת התאמתם למשימה. לאחר מכן, התבקשו ליצור קשר עם ספקים שונים בארץ או בחו"ל לרכישתם. התלמידים למדו לבחון רכיב אלקטרוני ולהחליט האם מתאים למשימה אותו נדרש.

בשלבים המתקדמים יותר, הגיעו הרכיבים הנדרשים. בשלב זה החלו התלמידים בעבודה המעשית במעבדה כגון בניית מתקן הסלילים, בניית הלויין לכל רכיביו לצד פיתוח תוכנה. התלמידים התחלקו לצוותי עבודה תוכנה / חומרה ומהם לתתי צוותים. למשל בצוות תוכנה, יש צוות מחשב – לוויין ויש צוות מחשב תחנת קרקע.

עבודת חקר מעשית

בחלק המעשי, עסקו התלמידים בחקר מעשי. היות ולא פעם חוו קשיים טכניים בבניית הלויין, בבניית מערך הניסוי, במציאת מקום התקלה, שגיאות תוכנה, ועוד. התלמידים היו מנסים להבין מה מקור הבעיה. לעיתים, התלמידים היו עובדים ימים כלילות במטרה לגלות כיצד לפתור את הבעיה. החקר האישי של כל תלמיד יחד עם הקבוצה הביא לכך שהתלמידים חוו למידה משמעותי ואף פיתחו כישורים רבים.

הכרות מול עולם ההנדסה – שמיעת הרצאות ומפגש עם אנשי מפתח בעולם

הלויינים

במפגשים המעשיים הגיעו מהנדסים אורחים מתעשיית הלויינים במדינה ופיזיקאים. התלמידים חוו הכרות עימם הציגו בפניהם את עבודתם ואף נהנו משמיעת הרצאה מפיהם. התלמידים שמעו הרצאה מטעם נציג מ – SpaceIL בנושא החללית בראשית.

סיור בתעשיית הלוויינים ואירועים מיוחדים

- ✓ סיור במבט - חלל
- ✓ סיור בחברת ISI
- ✓ אירוע השקת מעבדת החלל

סיור במפעל מבט – חלל

בסיור קבלו התלמידים הדרכה על הלוויינים השונים וסיירו במתחם החדר הנקי וצפו מרחוק במלאכת עבודת הלוויינים. התלמידים מאוד נהנו בסיור.



סיור בחברת ISI

חברה זו עוסקת בניתוח תצלומי לוויין, התלמידים התפלאו מיכולות הצילום של הלוויין והאבחנה בין התצלומים השונים.

אירוע השקת מעבדת החלל

אירוע השקת המעבדה היווה אירוע מכובד ועצום עבור התלמידים שהציגו את מעבדת החלל בפני ראש סוכנות החלל הישראלית מר אבי בלסברגר, ראש העיר קריית אתא מר יעקב פרץ ועוד מכובדים רבים. התלמידים יחסו לאירוע משמעות רבה, היו נרגשים בהצגת המעבדה ומערך הניסויים. האירוע היה מכוון הן ברמה הבית ספרית והן ברמה העירונית ומחוצה לה.



ריכוז שעות הפעילות בתוכנית

שנה: 2017		
שעות	נושאים	תקופה
כ - 40	לימוד התאוריה של הנדסת חלל	נובמבר - דצמבר
	תכנון מעבדת החלל	
	הקמת מעבדת החלל	
	תכנון דגם של ננו לוויין	
	איתור ספקים	

שנה: 2018		
שעות	נושאים	תקופה
כ - 50	המשך לימוד התיאוריה של הנדסת חלל ומיקוד בלויינים	ינואר – מרץ
	פיתוח מערך הניסוי- מתקן סלילים	
	פיתוח דגם של ננו – לוויין	
	תכנון תוכנת הלוויין ומערך הניסוי	
כ- 100 ואף יותר. התלמידים עבדו במעבדה ימים כלילות.	השלמת בניית מערך הניסוי	אפריל - אוגוסט
	השלמת בניית אבטיפוס לננו - לוויין	
	פיתוח תוכנת מערך הניסוי	
	פיתוח תוכנת מחשב הלוויין	
	ביצוע שלושת ניסויי המעבדה המרכזיים	
	אירוע השקת מעבדת החלל	
	חופשת הקיץ – ביצוע מחנה קיץ במעבדת החלל לתלמידי כיתה י' כהכשרה למעבדה	
כ - 90	תכנון ופיתוח דגמי ננו לוויין משופרים	ספטמבר – דצמבר
	שדרוג התוכנה של "תחנת הקרקע" – מערך הניסוי	
	שדרוג התוכנה של הלוויין	

שנה: 2019		
שעות	נושאים	תקופה
כ - 50	המשך עבודה מערך התוכנה של הלוויין	ינואר - מרץ
	פיתוח תוכנה להצגת הצגת שלושת הניסויים	
כ - 80	פיתוח מגנט-טורקר באופן עצמאי ע"י התלמידים	אפריל - אוגוסט
	פיתוח מצלמה על גבי הלוויין	
	תכנון טעינה סולרית ללוויין ע"י תאורה ייחודית	
כ - 40	המשך פיתוח התוכנה ואיתור תקלות	ספטמבר - דצמבר
	חודש נובמבר - מעבדת החלל נשרפה	
	הערכת נזקים ומתחילים לשחזר את המעבדה	

שנה: 2020		
שעות	נושאים	תקופה
כ - 40	איתור ספקים	ינואר - מרץ
	שיפוץ המעבדה	
	ביצוע רכש	
	גיבוי התוכנות	
כ - 90	מבנה המעבדה שוחזר	אפריל - יוני
	הרכבת מערך הניסוי - מתקן הסלילים	
	פיתוח דגם לננו - לוויין	

מהלך התוכנית

שלב א' - לימוד התאוריה של הנדסת חלל

1. הוראת נושאי החלל לפי ספרו של חיים אשד, "לוויינים והחלל הרחוק".
2. בכל מפגש ניתנה הרצאה ע"י כל תלמיד מתוך פרק הלימוד מספרו של חיים אשד. בתום ההרצאה דנים בנושא ופותרים שאלות.
3. תכנון מעבדת החלל : מתקן השדה המגנטי , מבנה ננו הלוויין
4. תכנון מגנט-טורקר, מחשוב והממשקים .
5. הכנה לקראת רכש ציוד – איתור ספקים וביצוע סקר שוק.

שלב ב' – בניית מערכת מחשב ננו לוויין

1. מערכת מחשב לא מוטסת. ע"י שימוש ב- Raspberry PI כולל WiFi
2. מערכת חשמל עצמאית של סוללות נטענות.
3. הרכבת במערכת על שלדת לוויין. (הדפסה 3D)
4. חיבור מגנטומטר וקריאה שלו.
5. קריאת IO באופן דיגיטלי ואנלוגי.
6. חיבור מרחוק VNC.
7. חיבור מרחוק טרמינל.
8. יישום האלגוריתמים לבקרת הכוון.

שלב ג' – בניית מערכת ניסויים

1. קניית מסב אוויר חד צירי, הפעלתו, בדיקתו ע"י הזמנה מחו"ל.
2. בניה או רכש של סלילים לדימוי שדה מגנטי.
3. תוכנה לבקרת הסלילים.
4. מערכת צילום על התקרה.
5. מצפן מכני על השלדה.
6. תוכנה שמשווה בין תכנון כיוון השדה למדידת כיוון.

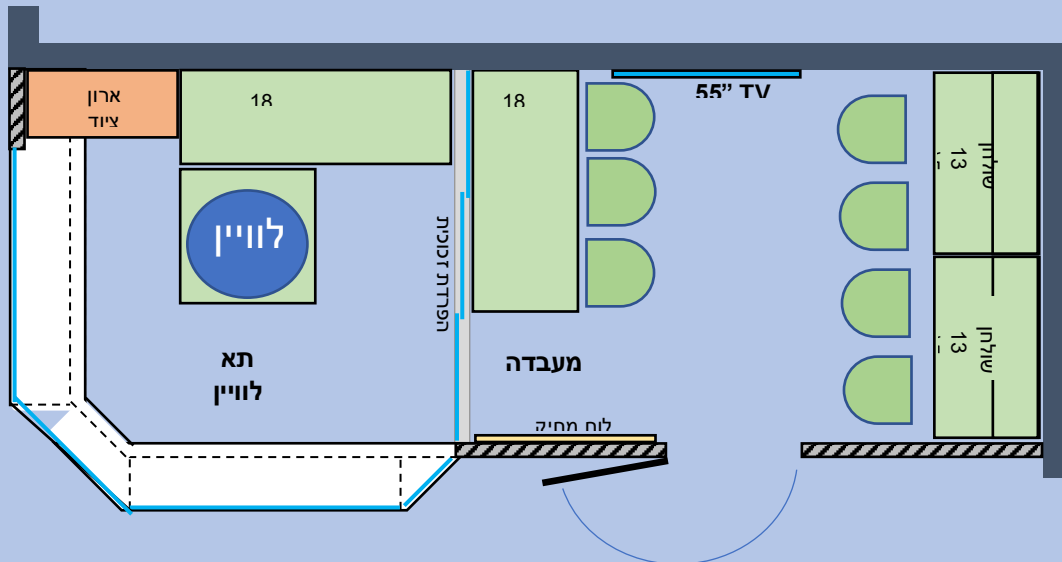
שלב ד' - פיתוח חומרה

1. ליפוף מגנטוטורקרים על גבי שלדת הלוויין.
2. מדידות ביצועי נמגנטוטורקר.
3. DRIVER למגנטוטורקר.
4. כרטיס מגנטומטר על בסיס רכיב קנוי.
5. תכנון ובניית מקור זרם מבוקר לסלילים.



הקמת מעבדת החלל

מעבדת החלל נבנה לפי הייעוד שלפיה הוגדרה, מעבדה לבחינת ננו לוויינים שבה מתקן ומערכת שליטה ובקרה. לפיכך, התכנון הנדסי של מעבדת החלל הנמצאת בכניסה לבי"ס:



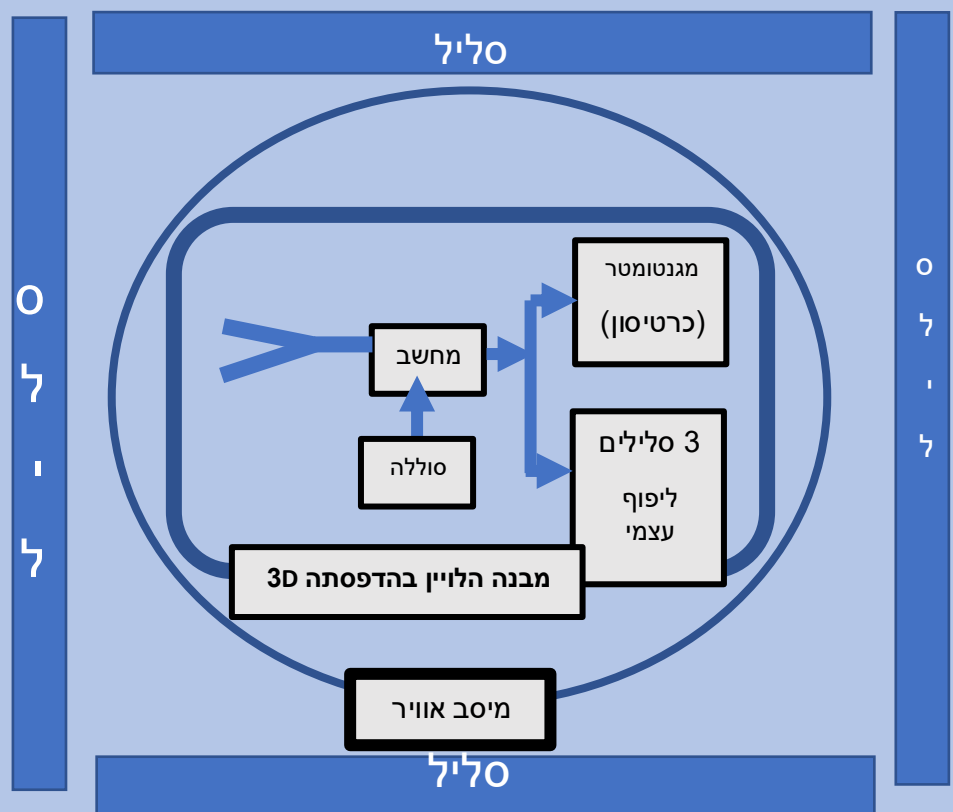
האמצעים המעבדתיים:

- מסב אוויר חד-צירי \ מחט
- סלילים לדימוי שדה מגנטי
- מצלמה על התקרה
- מצפן מכני על הלוויין
- מגנטומטר מכויל
- מרכז שליטה ובקרה

הקמת מערך הניסוי

מערך הניסוי הינו למעשה מתקן הסלילים שנבנה ע"י התלמידים בהנחיית המנחים האקדמיים. כאמור, המתקן נשלט ע"י מחשב שבאמצעות ספקי כוח מועבר מתח לסלילים המלופפים בחוטי נחושת ונוצר שדה מגנטי.

תכנון המתקן:



דוגמא למערך ניסוי:



סיכום מערך הניסוי

סלילי הלמהולץ

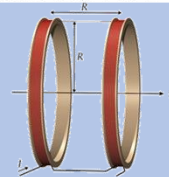
לדימוי השדה המגנטי של כדור הארץ במהלך מעוף הלוויין.



ספקי כוח ZUP



סליל אלקטרומגנטי



טלפון (גאוסמטר)



מצפן + מצלמה



מגנטומטר תלת צירי

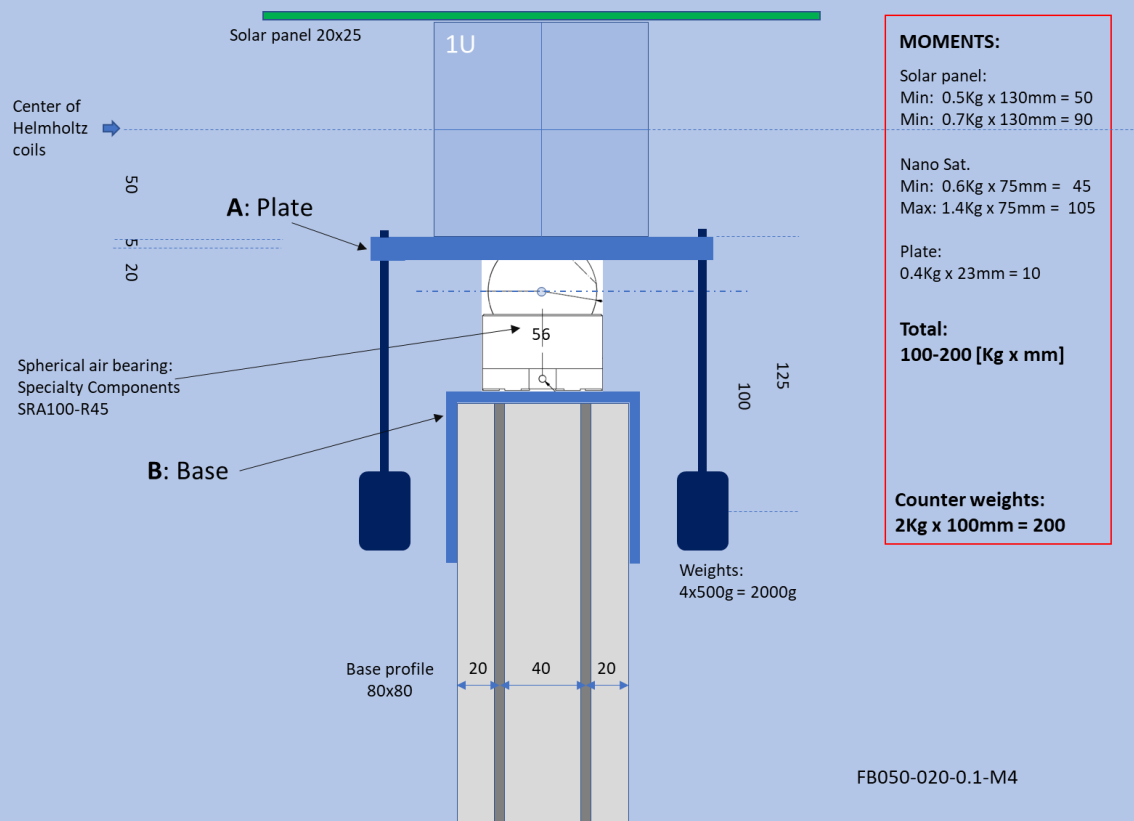


סרטון להדגמת לווין מסתובב ללא מסב האוויר , לציפייה בסרטון לחץ בקישור

[כאן](#)



מבנה מערך הסלילים עם מסב האוויר הכדורי

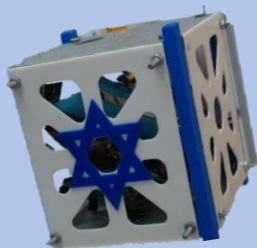


מבנה הלוויין

ננו הלוויין הינו לווין זעיר בגודל 1-cube , כלומר בגודל 10x10x10 ס"מ לערך.

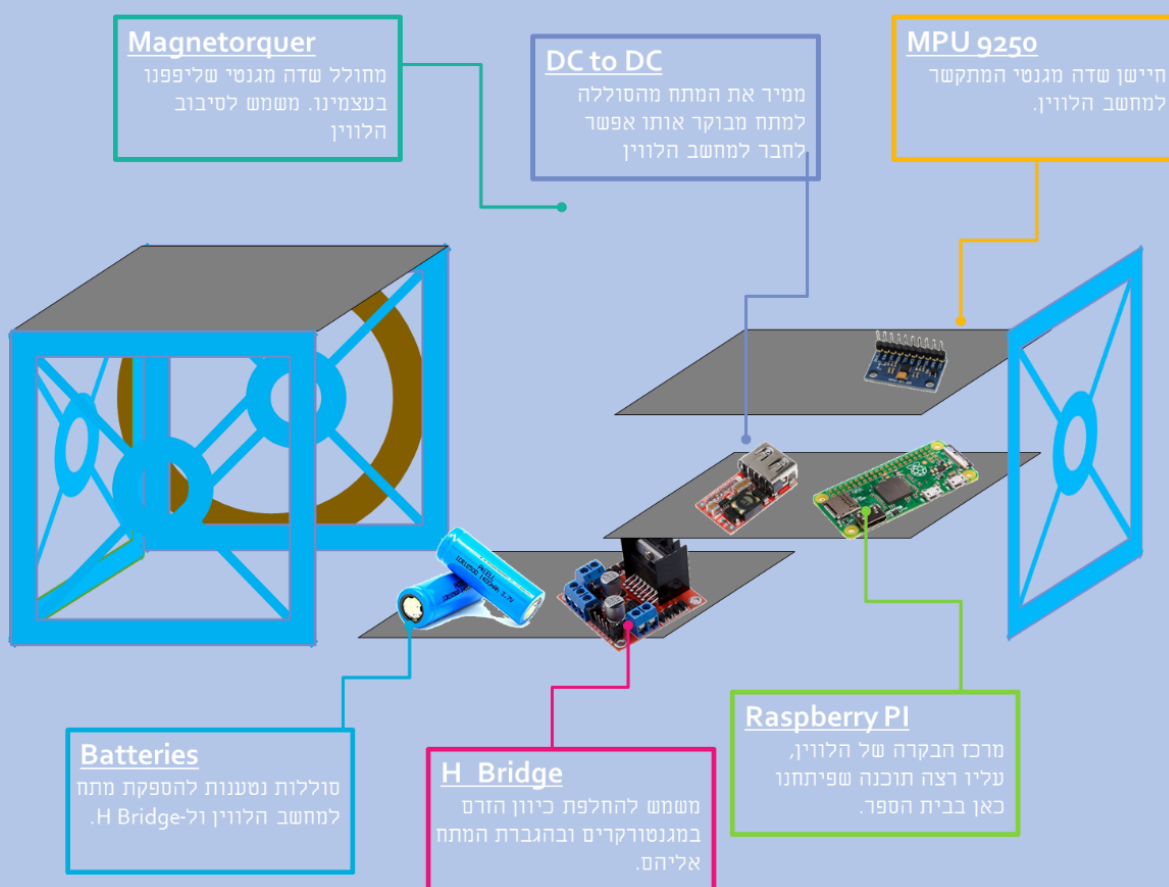
מרכב (שלד) הלוויין נוצר ע"י הדפסה במדפסת תלת מימד.

הלוויין מכיל:



- חיישן שדה מגנטי המקושר למחשב הלוויין
- ממיר מתח מן הסוללה למחשב לווין
- מחולל שדה מגנטי ללוויין שנוצר ע"י התלמידים
- מחשב לווין מדגם רסברי פיי זירו
- H-Bridge
- סוללות נטענות

להלן תרשים הממחיש את מבנה הלוויין:



שלושת הניסויים המרכזיים

1. הפעלת הלוויין ללא חשמל (מתח) – מצפן מראה צפון

בניסוי זה מערך הניסוי איננו פועל, כלומר לא זורם מתח חשמלי לסלילים ולפיכך לא נוצר שדה מגנטי. כתוצאה מכך, המצפן שנמצא על הלוויין מציג את כיוון הצפון כפי כנדרש.

2. חשמל לסלילים - מחט מצפן מסתובבת

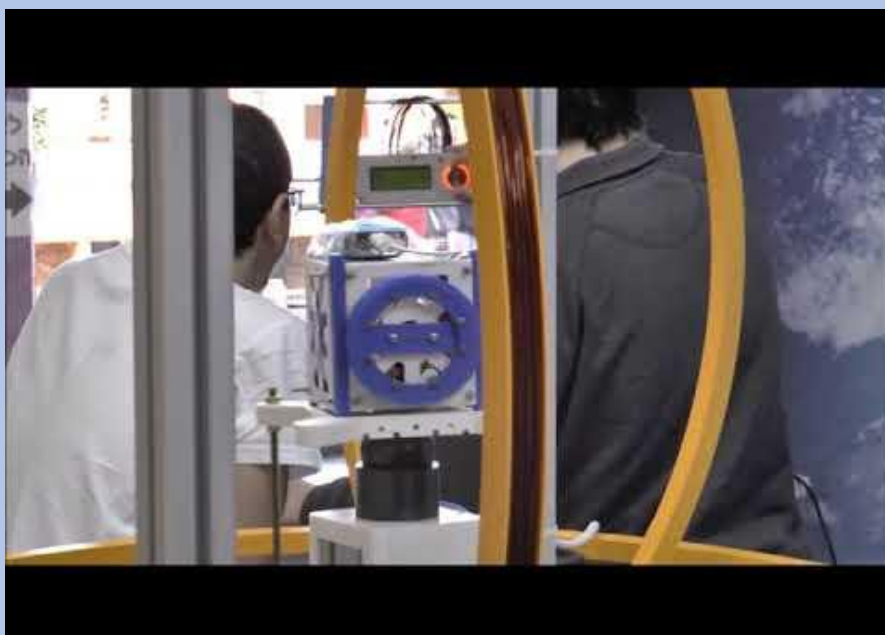
בניסוי זה מערך הניסוי פועל ומוזרם זרם חשמל (מתח) לסלילים וע"י כך נוצר שדה מגנטי. כתוצאה מכך, מחט המצפן מסתובבת. כלומר, היא מאבדת את "הצפון". ניסוי זה מעיד על כך שיש שדה מגנטי במתקן הניסוי.

3. חשמל גם ללוויין – מסתובב עם השדה המגנטי

בניסוי זה, מערך הניסוי פועל ובנוסף הלוויין מקבל גם כן זרם חשמל. מה שמביא את הלוויין לנוע ב"ריחוף" לפי הכוחות הפועלים עליו. בעזרת מיסב האוויר ניתן להבחין בכך בצורה ברורה יותר.

סרטון להדגמת הלוויין המסתובב על מסב האוויר, לציפייה בסרטון לחץ בקישור

כאן



סיכום והסקת מסקנות

תוצאות ותוצרים:

- ✓ השלמת מערך ניסוי – מתקן המדמה שדה מגנטי
- ✓ בניית תחנת שליטה ובקרה על מערך הניסוי
- ✓ פיתוח אב טיפוס לננו לוויין הנשלט ע"י מחשב
- ✓ פיתוח תוכנה

סיכום:

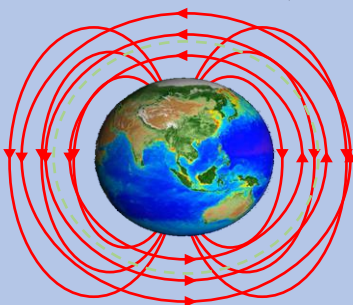
שלושת הניסויים המרכזיים:

- א. הפעלת הלוויין ללא חשמל – מצפן מראה צפון
- ב. חשמל לסלילים - מחט מצפן מסתובבת
- ג. חשמל גם ללוויין – מסתובב עם השדה המגנטי

המחישו בפני התלמידים את השליטה והבקרה על השדה המגנטי שחל על הלוויין. באמצעותו ידעו התלמידים לכוון את הלוויין ולמצוא ממדדים לכיוון עוצמת השדה ואף בנו זאת באמצעות תוכנה המציגה את הווקטור המתאים ללוויין.

הסקת מסקנות:

מכלול המערכת דומה לכוח המגנטי שחל על כדור הארץ. כלומר, הלוויין משול לכדור הארץ ואילו מערך הניסוי משול לחלל.

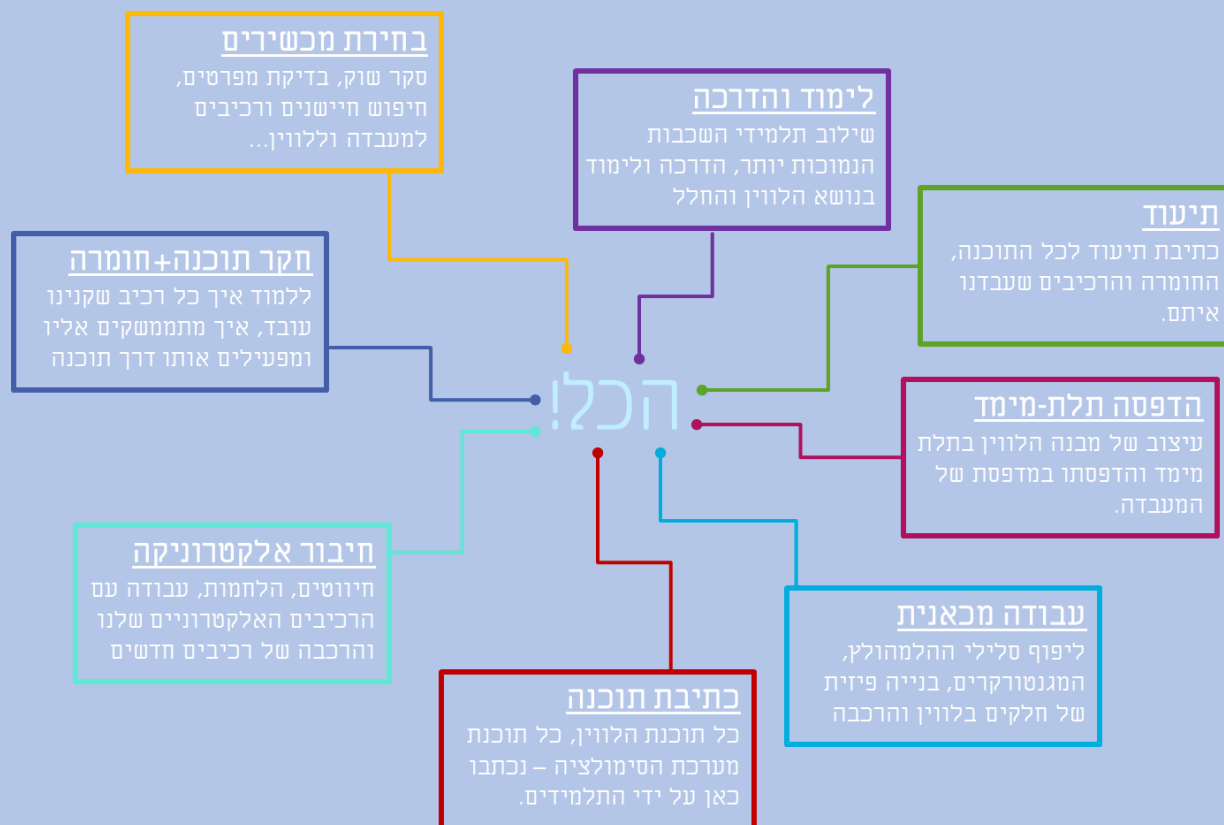


כאשר אנו מפעילים את מתח של הלוויין יש ביכולתנו לייצב אותו וליישם את בקרת ההכוון של הלוויין. מכאן נובע, ניתן לפתח וליישם אלגוריתם מתאים לבקרת הכוון. אלגוריתם שבאמצעותו נוכל לכוון את הלוויין עפ"י דרישה מוקדמת.

ובראייה לעתיד..

- ✚ השלמת פיתוח ויישום מערכת בקרת ההכוון של הלוויין.
- ✚ ייצור דגמי ננו לוויין נוספים עם רכיבים משופרים.

תוצאות - מה נעשה



תכנית חקר החלל מהווה אבן דרך ראשונה לבית הספר בתחום חלל. זוהי אבן דרך משמעותי ופורצת דרך שבאמצעותה ניתנה לתלמידים הזדמנות לחוות את עולם החלל והלוויינים. בזכות התוכנית רכשו התלמידים ידיעות וכישורים רבים הן בפן המקצועי והן בפן האישי כגון : אחריות אישית לקבוצה, ביטחון עצמי, ניהול זמן ועוד.



השנה בנוב' 2019 מעבדת החלל נשרפה. אירוע זה היה מטלטל מאוד עבור התלמידים וצוות ההדרכה. יחד עם זאת, רוחם של התלמידים לא נפלה. מה שהביא לכך, שהתלמידים וצוות ההדרכה שיחזרו ואף חשבו מחדש בשדרוג בניית המעבדה ומערך הניסוי. תלמידי התוכנית התגייסו עמלו והצליחו להשיג את המטרה והמעבדה יחד עם מערך הניסוי שוחזרו. על אף אילוצי ההזמנות בשל נגיף הקורונה ששינה את שיגרת הלימודים בבית, עמדנו במשימה. דבר זה מעיד על המסירות של התלמידים בפרויקט.

בראייה לעתיד, התשתית שנבנתה מעבדת החלל, מתקן מערך הניסויים, משמשת ותשמש בעתיד את דור ההמשך של תלמידי מגמת הנדסת חלל שהחלו את דרכם השנה.

לסיום, ברצוננו **להודות לסוכנות החלל הישראלית** שבאמצעות תמיכתה אפשרה לנו להגשים עשייה יוצאת דופן עבור תלמידי בית הספר.