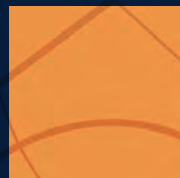
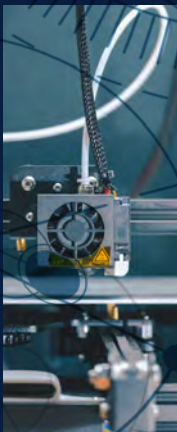
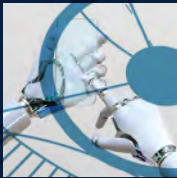
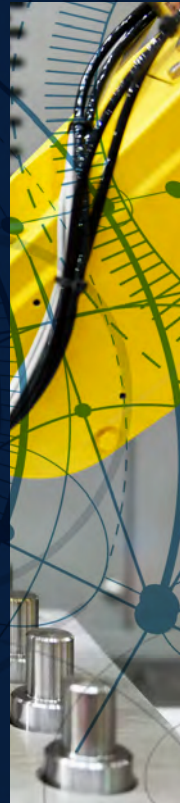
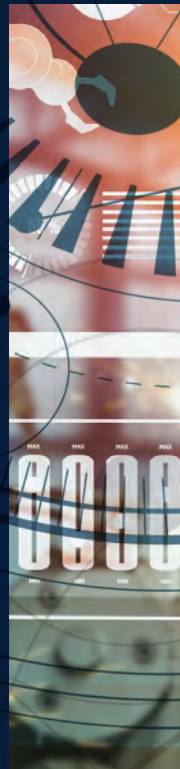




הפקולטה  
להנדסת  
מכונות  
הטכניון  
מכון טכנולוגי  
לישראל

# חברת תקצירים פרוייקטי גמר



תקן מוצר חדש



מחקריים

הנדסיים

2023





חברת תקצירים  
פרוייקטי גמר מחקריים, הנדסיים ותכן מוצר חדש

## תוכן העניינים

### פרוייקטי גמר תכן מוצר חדש

|         |   |
|---------|---|
| 6.....  | רובוט לקציר ביצי תנין   |
| 7.....  | מארז סוללות פורמולה טכניון 2023                                       |
| 8.....  | מחקר איכותי של התנהגות חולפת של גלי הלם בצינור הלם עם צעד הפונה לאחור |
| 9.....  | תכן ה-Uprights ומודל דינמי לרכב הפורמולה 2023                         |
| 10..... | מערכת הפחתת גרירה   |
| 11..... | E-Straw - מכשיר חימום וקירור מבוסס TEC                                |
| 12..... | פיתוח וייצור שלדת מונוקוק לפרוייקט הפורמולה                           |
| 13..... | מערכת השלדה ברכב הפורמולה 2023  |
| 14..... | מערכת היגוי ידנית ואוטונומית ברכב הפורמולה 2023                       |
| 15..... | מתקן הרצה לבחינת אורך חיים של מפסק הזזה                               |
| 16..... | תכנון מכלול העברת כוח לרכב מירוץ מסוג פורמולה                         |
| 17..... | מתקן לפירוק עדשות מודבקות   |
| 18..... | תקציר עיני חתול   |
| 19..... | מערכת לביצוע ניסוי העמסה רדיאליים בדגמי מכלי צילינדרים מחומר מרוכב    |
| 20..... | מכונה לטיפול פסיבי בשרירים  |

### פרוייקטי גמר מחקריים

|         |  |
|---------|--|
| 22..... | שימוש באפקט ה-Fin Ray לאחיזת גופים רכים  |
| 23..... | מיפוי פרמטרי סטטיסטי חד-ממדי לניתוח ביומכני של הגפיים התחתונות: סקירה ממפה                     |
| 24..... | השפעת גיאומטרית פלטת רתיחה על ביצועי מערכת קירור טבולה דו-פאזית                                |
| 25..... | ניתוח מחזור חיים השוואתי של טכנולוגיית הנעה אלקטרו תרמו כימית בהשוואה להנעה חשמלית             |
| 26..... | חקירת ההתפרקות של סילון נוזל בתהליך אטומיזציה גז מצומדת  |
| 27..... | מסך תנודות מתכוון המבוסס על אפקט אלקטרו-ראולוגי  |
| 28..... | מידת עיבורים על עור הפנים בזמן דיבור   |
| 29..... | אפיון תרמו-מכני של סגסוגת זוכרות צורה בשיטת ייצור תוספתי במצב מוצק                             |
| 30..... | Force-Closure Grasps with Four Non-coplanar Contact Points                                     |
| 31..... | תופעות גלים לא לינאריים בשרשרת דיסקרטית מולטי - סטבילית  |
| 32..... | מערכת אוטומטית למדידת $M_2$ עבור אלומת לייזר רב-עוצמה (לר"ע)                                   |
| 33..... | ייצוב בעזרת גלגל אינרציה של גוף תמיר בעל עירור עצמי בזרימה אחידה                               |
| 34..... | השפעת הרעש על אימון מערכות מופרעות   |
| 35..... | Analyzing the motion of a magnetic nano-swimmer  |
| 36..... | יצירת טיפות נוזלים לייצור מושעה  |
| 37..... | פיתוח טכנולוגיה להדפסה תלת-מימדית של בועות בחומרים רכים  |
| 38..... | ג'ירוסקופ מאופנן תדירות בהפעלת "auto-resonance"  |
| 39..... | Pressure Sensitive Paint (PSP)   |
| 40..... | דינמיקה לא לינארית של מהודים ויסקואלסטיים בשדה מגנטי   |
| 41..... | מעבר אנרגיה מכוון בין אופני תנודה במודל תלת ממדי   |
| 42..... | חקירה תרמומכנית של שבר דינמי במוד 2  |
| 43..... | אפיון אוויר-דינמי של טורבינת רוח אנכית המונעת על ידי הזדקרות דינמית                            |
| 44..... | סינכרון מודלי במערכת של מתנדים מצומדים בי-סטביליים ובעלי עירור עצמי                            |
| 45..... | ספיחה ומעבר מסה בתוך נקבובי של חומרים נדיפים   |
| 46..... | אפיון מידול ואופטימיזציה מערכת ניסוי של אקטואטור אלקטרו-מגנטי עבור רכיבים מולטי-סטבילים גמישים |
| 47..... | מידת נפחי עדשות נוזליות על-בסיס עיבוד תמונה  |
| 48..... | המשמעות הביומכנית של האנטומיה הייחודית של הלסת בניאנדרטל: אנליזת אלמנטים סופיים השוואתית       |
| 49..... | שיפור מעבר חום באמצעות סילון קואקסיאלי (פועם) הפוגע במשטח                                      |
| 50..... | בריחה מבור פוטנציאל תחת אילוצים סוב/סופר-הרמונים   |
| 51..... | אגירת אנרגיית רוח לטווחים ארוכים וקצרים  |

|    |  |
|----|--|
| 52 | השפעות אוירודינמיות של מרעדי פלזמה מסוג DBD על כנף דו-גפיים עבור מל"טים קטנים                              |
| 53 | השפעות אוירודינמיות של מרעדי פלזמה מסוג DBD על כנף דו איברי בסביבת מאדים                                   |
| 54 | מדחף ננו-רחפן מתקדם  |
| 55 | חקירת מנגנון ספיגת ההלם של ההידרוג'ל מתיל צלולוז   |
| 56 | בקרה מונעת מנתונים: אנליזה של אלגוריתם DeePC   |
| 57 | מכניקת היווצרות דנדריטים בסוללות זרימה   |
| 58 | שיטה לדירוג פונקציונלי של תכן להדפסה תלת ממדית   |
| 60 | פיתוח מערך ניסוי מעבדתי לחקירה של מחזור היברידי המשלב תא דלק, מנוע בעירה פנימית ושימוש בחום שיורי          |
| 61 | בדיקת היתכנות של הנעת כטב"מ בעזרת מערכת הנעה אלקטרו-תרמו-כימית משולבת                                      |
| 62 | "גלשן עורקים" התקן מסייע לבידוד וטיפול במפרצות   |
| 63 | מידול וניתוח תנועות של אתלטים באמצעות חיישנים לבישים   |
| 64 | סקירת מאגרי אנרגיה מכאניים   |
| 65 | לקראת נקודות ייחודיות ממשיות במערכות אלסטודינמיות משמרות   |
| 66 | עיצוב וייצור של תפס תלת אצבעות לחפצים בצורת צילינדר  |
| 67 | חקירת השינויים המתרחשים בשכבת הפסיביציה בטיטניום עקב חשיפה לתנאים המדמים את פה האדם - מחקר <b>In vitro</b> |
| 68 | התקנים פייזולקטריים במיקרומערכות   |
| 69 | השפעתו של מכשיר לביש חדשני עם זיהוי הליכה וגירוי על נקעים לטרלים בקרסול                                    |
| 70 | מערכת היגוי עבור רובוט חופר תת-קרקעי בעזרת רובוט מקבילי  |
| 71 | לייזר משאיבת קרני X - הוכחת היתכנות  |
| 72 | לשלוט בשבר: גישת רשת עצבית לבקרת ניסויי גידול סדק  |
| 73 | פיתוח מקרר קריוגני זעיר מסוג Pulse - Tube (PT)   |
| 74 | אפיון תלות זוויתית בדיספרסיה של יברו-פולריטונים  |
| 75 | חקירת אפקט מיסוך המאמץ בהתקנים ביורפואיים  |
| 76 | התפלת מים בעזרת תא דלק   |
| 77 | יצירת פאזה אחידה בטלסקופ נפרש  |

## פרוייקטי גמר הנדסי

|     |   |
|-----|---|
| 80  | מודל Twistcar עם מפרק הגה פסיבי ורוכב בעל אינרציה מסתובבת מחזורית               |
| 81  | מיכל דיאפרגמה חללי למחמצן נוזלי   |
| 82  | תפסן רובוטי להרמת ושינוע דג   |
| 83  | מערכת אופטית למדידות רימה תלת-פאזית במגביל זרימה מסוג cavitating venturi        |
| 84  | תשתיות חדר-נקי  |
| 85  | פיתוח מתקן ייעודי מבוסס Flexures למדידה ישירה של כוח הדחף בעת ירי מנועים רקטיים |
| 86  | חקר ניסויי של תהליך בעירה פנימית במנוע רוטורי בעזרת הדמיה אופטית                |
| 87  | פיתוח מנגנון מכני להנעת זרוע רובוטית מולטיסטבילית גמישה                         |
| 88  | בקרת רובוט MinSeg: תכנון בקר של רובוט המאזן את עצמו                             |
| 89  | מערכת להערכת מודל CAD לייצור באמצעות הדפסה תלת ממדית                            |
| 90  | תכן בקרה לחד אופן עם גלגל תנופה   |
| 92  | מידול האידיוי של תערובת דלק-שמן במנועי בעירה פנימית                             |
| 93  | פיתוח שסתום-מזרק מסוג pintle למנועים רקטיים                                     |
| 94  | הסבה של תחנת כוח פוסילית קונבנציונלית למחזור רנקין עם מאגר אנרגיה תרמית         |
| 95  | מתקן הדגמה לשנאי חד פאזי, השראות הדדית, ומפעיל אלקטרומגנטי                      |
| 96  | פורמולה טכניון-מערכת הבלימה הפנאומטית, בקרת מנוע ההיגוי ומערכות החיישנים ברכב   |
| 97  | כיול סימולציית שוק של מתאם רשת בתקן OCP 3.0                                     |
| 98  | ניווט רכב במרחב מרובה מכשולים באמצעות נקודות ציון ידועות                        |
| 99  | בניית מתקן ליפוף סלילים   |
| 100 | זרוע רובוטית הולכת  |
| 101 | ניתוח אלסטיות של הידרופויל עבור הנבחרת האולימפית בגלישת רוח                     |
| 103 | מערכת הזרקת אוטומטית לייצור עדשות בטכנולוגיית                                   |
| 104 | פיתוח מתקן ייעודי מבוסס Flexures למדידה ישירה של כוח הדחף בעת ירי מנועים רקטיים |
| 105 | תכנון כלי שייט מיירט  |
| 106 | אופן מאוזן: איזון חד אופן בשני צירים בעזרת בקרת חוג סגור                        |
| 107 | חקירת דינמיקה לא ליניארית של רובוט תת ממונע ובניית מודל הפרעות                  |
| 108 | זרוע רובוטית חכמה עם 6 דרגות חופש   |

# פרוייקטי גמר תכן מוצר חדש



## רובוט לקציר ביצי תנין

### Alligator Egg Harvesting Robot (AEHR)

ג'ורדן פונג, ג'איניק מהטה | מנחה: רובי צוק

The AEHR is a remote-controlled robot deployed to alligator farms and in nature where alligators lay eggs in nests. The robot is capable of entering high-risk zones and harvest the eggs. Existing solutions pose a danger to the human harvester and the process is costly due to the use of helicopters or other suspension mechanisms. The AEHR aims to replace such solutions.

The AEHR is built on a ground platform driven by four wheel-belts units. Other functional assemblies are mounted on the platform: two DOF servo-driven robot arm with gripper to capture the egg in both vertical and horizontal positions; front and ground-tilted video cameras; control system for enabling remote control via a web-based GUI to drive and operate the robot. The platform includes a power system using 12 VDC lithium-ion rechargeable batteries. Computer vision annotated camera feeds and cognitive navigation capabilities were also examined.

AEHR הינו רובוט נשלט מרחוק וישמש בחוות תנינים, גן חיות או בטבע באתרים בהם מקננים תנינים על ביצי הרבייה. הרובוט יחדור לאתרים מסוכנים לבני אדם ויבצע קטיף הביצים. כיום הביצים בסכנת הכחדה ע"י בעלי חיים והאדם והקטיף שלהם יקר ומסוכן ומבוצע באמצעות צוות אנשים ומסוק. AEHR יחליף פתרונות קיימים.

AEHR הינה פלטפורמה יבשתית מונעת ע"י ארבעה מתלי רצועה. על הפלטפורמה נמצאים שאר המכלולים: זרוע רובוטית שתי דרגות חופש מונעת במנועי סרוו ומכילה מנגנון לכידת הביצה באופן אפקי או אנכי. מצלמת וידאו קדמית וממשק WiFi משמשים לניהוג ותפעול הרובוט. הפלטפורמה מכילה קופסת כוח ובה שתי יחידות סוללה נטענת 12VDC Lithium ויחידת שליטה. כמו כן נבדקו הזנות מצלמות עם הערות לראייה ממוחשבת ויכולות ניווט קוגניטיביות



## מארז סוללות פורמולה טכניון 2023

### Accumulator, Formula Technion 2023

אלסיו מוסקטי | מנחה: יוסי סבו

The "Formula Students" project is a long-term initiative spanning over 24 years, facilitating participation from universities worldwide in the construction and subsequent competition of vehicles. Previously, the vehicles utilized internal combustion engines, but since two years ago, the project has transitioned to electric engines. Teams involved in the project leverage the accumulated knowledge, insights, and assets from previous years to continually enhance the vehicle assemblies.

The design requirements for the project stem from two primary sources: the regulations established by the international competition and the specific project requirements outlined by the system engineering team. Within the project, the team assumes responsibility for developing the battery pack, a critical component of the vehicle.

The shift from internal combustion engines to electric power systems presented significant challenges in the design of the battery case. However, the team remains committed to learning from past mistakes and striving for continuous improvement in the battery case design. As the primary power source for the vehicle, the battery pack comprises multiple battery blocks that collectively supply electricity to all essential systems.

פרוייקט "פורמולה סטודנטס" הינו פרויקט בן 24 שנים אשר מאפשר לאוניברסיטאות מכל העולם לבנות רכב ולהתחרות איתו. עד לפני שנתיים, לרכבים היו מנועי שריפה פנימית, ומלפני שנתיים - מנוע חשמלי.

הצוותים השונים נהנים מהידע, התובנות והנכסים שנצברו במהלך שנים האחרונות ומשפרים את מכלולי הרכב כתוצאה מכך. דרישות התכן באות משני מקורות: תקנון התחרות הבינלאומי ודרישות הפרוייקט המוגדרות ע"י צוות הנדסת המערכת. הצוות אחראי על מארז הסוללות ברכב.

המעבר החד ממנוע בעירה פנימית לחשמלי, גרם לקשיים לא קטנים בתכנון המארז, אך אנו שואפים ללמוד מטעויות העבר ולשפר במקסימום את מארז הסוללות.

מארז הסוללות הינו מקור החשמל של הרכב, ומורכב מבלוקים של סוללות אשר אחראים על הספקת חשמל לכל המערכות.

## מחקר איכותי של התנהגות חולפת של גלי הלם בצינור הלם עם צעד הפונה לאחור

### Qualitative study of transient behaviour of shock waves in a shock tube with a backward facing step

Omri Ram, Assistant Professor: מנחה: | Shubhankar Jadhav, Yoav Gichon, Hemanth Chandravamsi

- The current work investigates the transient behaviour of shock waves in a shock tube with a backward-facing step. Shock tubes are widely used in various fields, including aerospace and automotive engineering, to study high-speed fluid dynamics and the interaction of shock waves with solid obstacles. The presence of a backward-facing step introduces additional complexities to the shock wave dynamics, such as reflection, refraction, and interaction with the boundary layer.

- The objective of this study is to analyse the transient behaviour of shock waves in the presence of a backward-facing step using experimental and numerical techniques. Experimental measurements are conducted using high-speed

Schlieren imaging and pressure sensors to capture the shock wave dynamics and its long term interaction with the step. Additionally, computational fluid dynamics (CFD) simulations were performed to gain further insights into the underlying flow physics.

- In particular the effect of step height and incident shock wave strength on the transient shock patterns are studied. The transient response of shock waves, including the reflection and interaction of the shock wave and vortices, is analysed and compared with theoretical models and existing literature. The research aims to provide a better understanding of the shock wave behaviour in the presence of a backward-facing step and its implications for practical applications.

- The findings of this research have implications for the design and optimization of shock tube experiments and the development of computational models for shock wave simulations. The insights gained from this study contribute to the broader understanding of high-speed flow phenomena and can potentially impact fields such as confined blast wave propagation and Industrial fuel transmission through pipes.

העבודה הנוכחית חוקרת את ההתנהגות החולפת של גלי הלם בצינור הלם עם backward-facing step. צינורות הלם נמצאים בשימוש נרחב בתחומים שונים, כולל הנדסת תעופה וחלל, ללימוד דינמיקת נוזלים במהירות גבוהה ואינטראקציה של גלי הלם עם מכשולים מוצקים. הנוכחות של backward-facing step מציגה מורכבות נוספת לדינמיקת גלי ההלם, כגון החזרה, שבירה ואינטראקציה עם שכבת הגבול. מטרת מחקר זה היא לנתח את ההתנהגות הארעית של גלי הלם בנוכחות backward-facing step באמצעות טכניקות ניסיוניות ונומיריות. מדידות ניסיוניות מתבצעות באמצעות הדמיה וחישובי לחץ של Schlieren במהירות גבוהה בכדי לראות אתהדינמיקה של גלי ההלם והאינטראקציה ארוכת הטווח שלו עם ה-backward-facing step. בנוסף, בוצעו סימולציות של דינמיקת נוזלים חישובית (CFD) כדי לקבל תובנות נוספות על פיזיקת הזרימה הבסיסית. בפרט נחקרה ההשפעה של גובה ה backward-facing step ועוצמת גלי ההלם על דפוסי ההלם הארעיים. התגובה הארעית של גלי הלם, לרבות החזרה ואינטראקציה של גל ההלם עם המערבולות, מנתחת ועוברת השוואה אל מול מודלים תיאורטיים וספרות קיימת. מטרת המחקר היא לספק הבנה טובה יותר של התנהגות גלי ההלם בנוכחות backward-facing step והשלכותיו על יישומים מעשיים. לממצאי מחקר זה יש השלכות על תכנון ואופטימיזציה של ניסויים בצינור הלם ופיתוח מודלים חישוביים להדמיות גלי הלם. התובנות שהושגו ממחקר זה תורמות להבנה רחבה יותר של תופעות זרימה במהירויות גבוהות ועשויות להשפיע על תחומים נוספים כמו התפשטות גלי פיצוץ מוגבלים והעברת דלק תעשייתי דרך צינורות.





## תכן ה-Uprights ומודל דינמי לרכב הפורמולה 2023

### Design of the uprights and the dynamic model for the Formula's car 2023

מנחה: ד"ר עיסאם תותרי | צ'רלי שרם, בנימין נבט

The aim of the project is to design and manufacture the uprights of the Formula Technion 2023 race car. The upright is the static part of a wheel assembly, which links the wheel assembly to the suspension and steering. The main function of the upright is to transfer all the forces and torques between the wheels and the suspension. This part of the vehicle must withstand loads and vibrations while maintaining optimal dynamic performance of the vehicle. In order to test the strength, the rigidity, the safety factor and the compliance with the system engineering requirements, a simulation was performed for three situations: a sharp left turn with weak braking, a slight left turn with strong braking, and maximum acceleration while a slight left turn.

In addition, we wrote a Matlab code for the dynamic model whose goal is to get as good an assessment as possible of the vehicle's performance for a given track. From this dynamic model, for example, the required battery capacity, the lap time, the speed of the vehicle at each point on the track, requirements on the performance of the cooling system, and more are obtained.

מטרת הפרוייקט היא לתכנן ולייצר את ה-Uprights של מכונית המרוץ של פורמולה טכניון 2023.

ה-Upright הוא חלק החלק הסטטי ממכלול גלגלים, אשר מקשר בין מכלול הגלגל לבין המתלים וההיגוי. תפקידו העיקרי של ה-Upright הוא להעביר את כל הכוחות והמומנטים בין הגלגלים למתלים. חלק זה של הרכב צריך לעמוד בעומסים ורעידות תוך שמירה על ביצועים דינמיים מיטביים של הרכב. על מנת לבדוק חוזק, קשיחות, מקדם הבטחון ועמידה בדרישות הנדסת המערכת, בוצעה סימולציה עבור שלושה מצבים: פניה שמאלה חזקה תוך כדי בלימה קלה, פניה קלה שמאלה תוך כדי בלימה חזקה, ותאוצה מקסימלית תוך כדי פניה שמאלה קלה.

בנוסף, כתבנו קוד מטלב למודל דינמי שמטרתו לקבל הערכה כמה שיותר טובה לביצועים של הרכב עבור מסלול נתון. מהמודל הדינמי הזה מתקבלים למשל קיבולת הסוללות הנדרשת, זמן הקפה, מהירות הרכב בכל נקודה במסלול, דרישות על ביצועי מערכת הקירור ועוד.

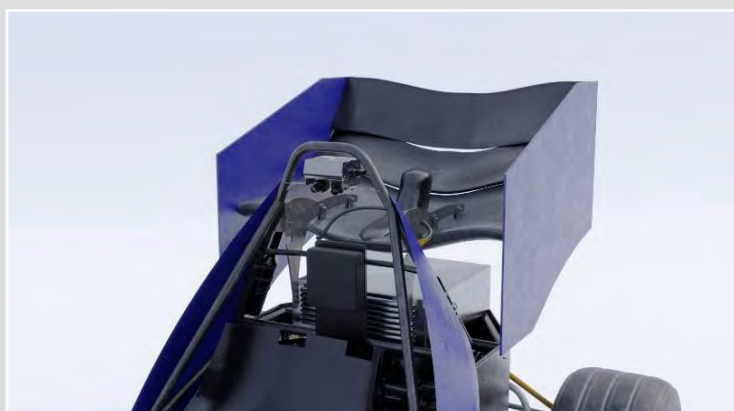
## מערכת הפחתת גרירה

### Drag Reduction System

מנחה: גיורא גוראלי | איוון אסקיני

The drag reduction system (DRS) has become a key technology in the world of Formula car racing, aimed at enhancing overtaking opportunities and optimizing straight-line speed while maintaining safety. The DRS is a deployable aerodynamic device that alters the car's rear wing configuration to minimize aerodynamic drag and maximize top speed. In the Formula Technion Team It utilizes a mechanism actuated by a servo motor, activated by the driver manually. When activated, the rear wing's angle of attack decreases, reducing the drag generated by the car. This allows for higher speeds and improves the cars acceleration, particularly on long straights. The effectiveness of the DRS is influenced by several factors, including the aerodynamic characteristics of the car, track conditions, and regulations imposed by motorsport governing bodies.

מערכת הפחתת הגרר (DRS) הפכה לטכנולוגיית מפתח בעולם מרוצי מכוניות הפורמולה, שמטרתה לשפר את הזדמנויות העקיפה ולייעל קו ישר מהירות קו ישר תוך שמירה על בטיחות. ה-DRS הוא מכשיר אווירודינמי הניתן לפריסה המשנה את תצורת הכנף האחורית של המכונית כדי למזער את הגרר האווירודינמי ולמקסם את המהירות המרבית. בצוות הפורמולה טכניון הוא מופעל בעזרת מנגנון המופעל על ידי מנוע סרוו, המופעל על ידי הנהג באופן ידני. כאשר מופעלת, זווית ההתקפה של הכנף האחורית פוחתת, ומפחיתה את הגרר שנוצר ליד המכונית. זה מאפשר מהירויות גבוהות יותר ושיפור תאוצת המכוניות, במיוחד בישרים ארוכים. יעילות ה-DRS מושפעת ממספר גורמים, כולל המאפיינים האווירודינמיים של המכונית, תנאי המסלול והתקנות שהוטלו על ידי גופי הספורט המוטורי.



## E-Straw - מכשיר חימום וקירור מבוסס TEC

### E-Straw - cooling and heating device based on Thermoelectric-Coolers

סער גיאר, מטיקו זגיה, נועם לנדסברג | מנחה: דימה דוחנו

Craving a hot beverage on a chilly winter day or a refreshing cold drink on a summer day? We all know that feeling. Introducing our revolutionary product that will fulfill your beverage desires like never before! Our goal is to provide you with the ultimate drinking experience by heating and cooling your favorite drinks to the perfect temperature. With just a touch of a button on our sleek device, you can enjoy your beverage exactly the way you want it. The secret lies in our use of an advanced technology, Thermoelectric-Coolers, which allows you to heat or cool your drink up to 40 degrees Celsius. No more waiting around for your drink to heat up or cool down – our device works its magic in no time! What sets our product apart from the competitors is its short waiting time and portability. Whether you're at home, the office, or on the go, you can enjoy your perfectly heated or cooled beverage wherever you are. Don't compromise on your drink's temperature. Experience optimal drinking pleasure with our innovative device.

חושק במשקה קריר ומרענן ביום קיץ או במשקה חם ביום חורף קר? המוצר שלנו יעניק לך את חוויית השתייה האולטימטיבית על ידי חימום וקירור המשקאות האהובים עליך לטמפרטורה המושלמת. בלחיצת כפתור יחידה במכשיר המסוגן שלנו, תוכל ליהנות מהמשקה שלך בדיוק כפי שתרצה. אנו משתמשים בטכנולוגיה מתקדמת הכוללת תאים תרמואלקטריים המאפשרים לחמם את המשקה ב- 40° או לקרר אותו ב- 15 מעלות צלזיוס. מה שמייחד בעיקר את המוצר שלנו מהמתחרים הוא זמן ההמתנה הקצר והניידות שלו. בין אם אתה בבית, במשרד או בחוץ, תוכל ליהנות מהמשקה שלך בטמפרטורה מושלמת בכל מקום.



## פיתוח וייצור שלדת מונוקוק לפרוייקט הפורמולה

### Developing and Manufacturing the Monocoque Chassis - Formula SAE

ליאב לוי, ליאב נאווי | מנחה: נפתלי סלע

In the framework of the Formula Student competition, an international competition among various universities worldwide, we researched, developed, and manufactured for the first time a Monocoque chassis demonstrator (a chassis made of composite materials) that will enhance the project's capabilities in the competition. In general, composite materials have a high strength-to-weight ratio but lack a routine characteristic. There are numerous options, each of which affects the final product. Due to the demanding competition rules that require high capabilities, there is a need to investigate the behavior of the final material based on its raw components, specialize in chassis production, and demonstrate the chassis' durability according to regulations. In the future, the Technion Formula team is planning to transition from a steel rod chassis to a Monocoque chassis, thus consistently reaching the highest levels.

במסגרת תחרות הפורמולה סטודנטים, תחרות בינלאומית בין מגוון אוניברסיטאות בעולם, חקרנו, פיתחנו וייצרנו לראשונה מדגים לשלדת מונוקוק (שלדה מחומרים מרוכבים) אשר תשפר את יכולות הפרוייקט בתחרות. ככלל, חומרים מרוכבים הינם בעלי יחס חוזק-משקל גבוה אך ללא אופיין שגרתי, ישנם אפשרויות רבות אשר כל אחת משפיעה על התוצר הסופי, מכיוון שחוקי התחרות נוקשים ודורשים יכולות גבוהות ישנו צורך לחקור את התנהגות החומר הסופי כתלות במרכיביו הגולמיים, להתמחות בייצור השלדה ולהראות את עמידות השלדה בחוקים. בעתיד, קבוצת הפורמולה בטכניון עתידה לעבור משלדת מוטות פלדה לשלדת המונוקוק וכך להגיע לרמות הגבוהות ביותר כבדרך קבע.





## מערכת השלדה ברכב הפורמולה 2023

### Chassis system-Technion Formula car 2023

ראש הצוות: **טל סולומונוויץ** חברי הצוות: **יובל בר רצון, סלאח בשארה** | מנחה: נמרוד מלר

As part of the student formula team of 2023, whose goal is to develop and produce an autonomous electric formula vehicle for competitions across Europe against universities from all over the world, we developed the chassis system for the vehicle from the planning stage to production. The purpose of the chassis is to integrate all the vehicle systems into one piece - one vehicle. The chassis is made of a truss of bars made of hardened steel, which were welded by the team members in the formula workshop at the Technion. The competition regulations of the formula define the space of solutions within which the chassis lives and according to which it should be designed. The chassis is designed in such a way that it will comply with all the articles of the competition regulations and will provide a response of high rigidity to twisting, which is important for the vehicle's behavior and a response to all the vehicle's systems, while mainly looking at weight and safety factors. This year we gave a main answer to the rigidity of the chassis to gain a good behavior of the vehicle. In addition, as part of the chassis team, a new kind of jack is being developed that for the first time will be able to lift the entire vehicle in one shot.

במסגרת קבוצת הפורמולה הסטודנטית של שנת 2023, אשר מטרתה לפתח ולייצר רכב פורמולה חשמלי אוטונומי לתחרויות ברחבי אירופה מול אוניברסיטאות מכל העולם, פתחנו משלב התכנון ועד הייצור את מערכת השלדה לרכב. מטרת השלדה היא לאגד באינטגרציה את כלל מערכות הרכב למקשה אחת-לרכב אחד. השלדה עשויה ממשבך מוטות אשר עשויות מפלדה מחוסמת, אשר רותכו על ידי חברי הקבוצה בסדנת הפורמולה בטכניון. תקנון התחרות של הפורמולה מגדיר את מרחב הפתרונות שבתוכו השלדה חיה ובהתאם אליו אמורה להיות מתוכננת. השלדה מתוכננת בצורה שתעמוד על כלל סעיפי תקנון התחרות ותיתן מענה של קשיחות גבוהה לפיתול דבר אשר חשוב להתנהגות הרכב ומענה לכלל מערכות הרכב, תוך הסתכלות עיקרית על משקל ומקדמי ביטחון. השנה נתנו מענה עיקרי לקשיחות השלדה כדי להרוויח התנהגות טובה של הרכב.

בנוסף במסגרת צוות השלדה פותח מגבה ייעודי שלראשונה יוכל להרים את כל הרכב במכה אחת.

## מערכת היגוי ידנית ואוטונומית ברכב הפורמולה 2023

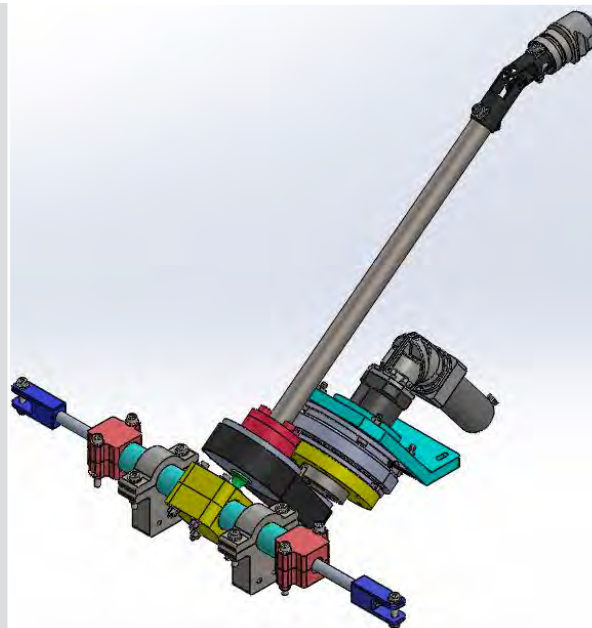
### Manual and autonomous steering system of the 2023 formula car

מנחה: גיורא גורלי | יניב לגזיאל, דניאל אגמון

The Formula student race competition of 2023 includes an autonomous event in addition to the manual steering event. In order to compete in the autonomous event a mechanism has been designed. The mechanism base on drive transmission using electric motor an clutch towards timing belt transmission connected to the steering rod. The manual steering mechanism connect between the front wheels to the steering wheel via the steering rod and the rack and pinion. This is the first time at the formula student race Technion group that there is no need in disconnecting the autonomous mechanism between event and there is no self-locking and jam.

בתחרות הפורמולה סטודנטים של שנת 2023, קיים מקצה אוטונומי נוסף למקצה הידני, הרגיל. על מנת להתחרות במקצה האוטונומי בוצע תכן של מערכות העברת הינע העומדות בדרישות התקון.

המערכת האוטונומית מבוססת על העברת הינע ממנוע חשמלי באמצעות קלאץ' חשמלי ותמסורת רצועת תזמון המתחברת למוט ההיגוי. מערכת ההיגוי הידנית מקשרת בין גלגל ההגה למסרק באמצעות מוט ההיגוי ובכך מאפשרת את הזזת גלגלי הרכב הקדמיים. לראשונה בקבוצת הפורמולה של הטכניון המערכת נותנת מענה לבעיות הכליבה והנעילה העצמית ומאפשרת ניהוג אוטונומי וידני ללא צורך בניתוק המערכת האוטונומית בין המקצים.





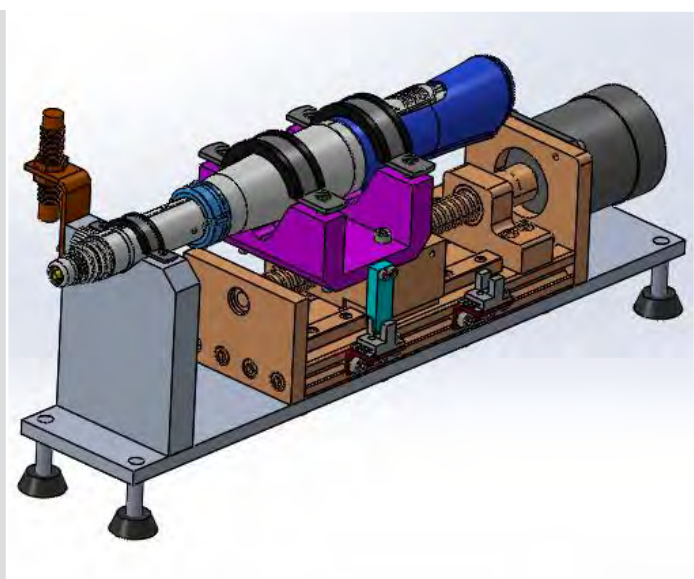
## מתקן הרצה לבחינת אורך חיים של מפסק הזזה

### Running device for testing the life of a sliding circuit breaker

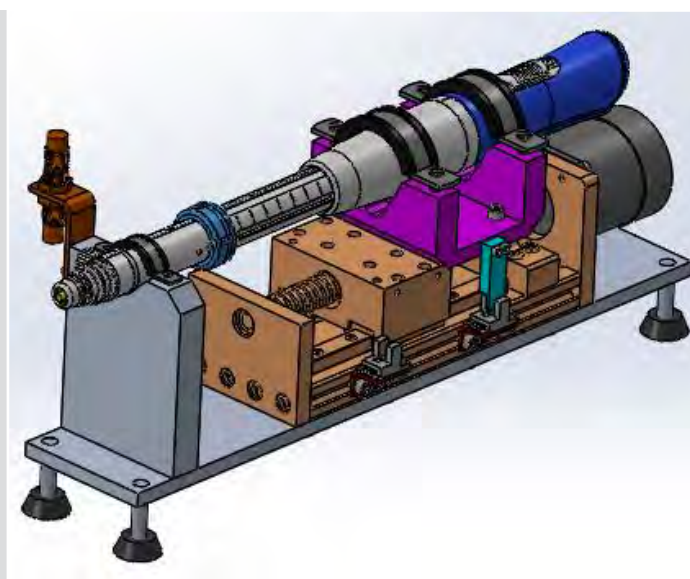
דור קפון, איתי כפרי ומטר חדי | מנחה: כפיר כהן

project goal is to develop and produce a device that will be able to cyclically drive a product which is being developed by the medical company, ONEPASS, and to examine whether the product experiences failures during a specified number of cycles. The main challenges we faced were matching the device to the product's geometry while preventing excessive constraints on the system, and reaching a high level of reliability. The device itself is based on a drive screw and has two points of contact with the product: front contact point where we fixed the static part, and back enable its coordinated movement with the rail. The device contains production parts, a drive system, controls, and safety mechanisms.

מטרת הפרוייקט - הינה פיתוח וייצור מתקן אשר יוכל להניע באופן מחזורי מוצר אשר נמצא בשלבי פיתוח של החברה הרפואית - ONEPASS ולבחון האם המוצר חווה כשלים במהלך מספר מחזורים מוגדר. האתגרים המרכזיים עימם התמודדנו היו התאמה של המתקן אל גיאומטריית המוצר תוך מניעת אילוצי יתר במערכת ולהגיע לרמת אמינות גבוהה. המתקן עצמו מבוסס על בורג הנעה ו-2 נקודות מגע עם המוצר, בנקודת המגע הקדמית אנו מקבעים את חלקו הסטטי ובנקודה האחורית אנו מקבעים את החלק הדינמי על מנת להניעו בצורה מתואמת עם המסילה. המתקן מכיל חלקי ייצור, מערכת הנעה, בקרה ומנגנון בטיחות.



סוף מהלך



תחילת מהלך

## תכנון מכלול העברת כוח לרכב מירוץ מסוג פורמולה

### Design power transmission system for formula car

עלי חזבון | מנחה: יוסי סבו

The power transmission system is a system that transfers torque from the motor to the wheels, the electric motor produces a maximum torque of about 240 [Nm] and transmits it to the differential through two gears in a 1:4 ratio (the torque received by the differential is 4 times that produced by the motor), i.e. the output torque is 960 [Nm]

In order to meet the requirement, the link between the engine and the differential is carried out through a chain transmission.

The differential is limited-slip, meaning that when one of the wheels slips, the differential still splits the power between the wheels – unlike the regular differential that transfers all the power to the sliding wheel – in order to remove the vehicle from the sliding area.

The axles are connected on one side to the differential through bearings, cups, and to the wheels on the other through a bearing of a similar type. The hinges are made of solid steel to withstand torque moments.

מערכת העברת הכוח הינה מערכת שמעבירה מומנט מהמנוע לגלגלים, המנוע החשמלי מייצר מומנט מקסימלי בערך 240 ומעביר אותו לדיפרנציאל דרך שני גלגלי שיניים ביחס 1:4 (המומנט שמקבל הדיפרנציאל גבוה פי 4 של [Nm] 960 של [Nm] מזה המיוצר ע"י המנוע), כלומר מומנט היציאה הוא ע"מ לעמוד בדרישה, הקישור בין המנוע לדיפרנציאל מתבצע באמצעות תמסורת שרשרת.

ז"א, כאשר אחד הגלגלים מחליק הדיפרנציאל עדיין מפצל את הכוח בין הגלגלים - (limited-slip) הדיפרנציאל הוא בניגוד לדיפרנציאל הרגיל שמעביר את כל הכוח לגלגל המחליק - ע"מ להוציא הרכב מאזור החלקה.

הציריות מחוברות בצד אחד לדיפרנציאל דרך מיסבים, כוסיות, ולגלגלים מצד השני דרך מיסב מסוג דומה. הציריות עשויות מפלדה מלאה כדי לעמוד במומנטי פיתול.

המיסב מקנה דרגת חופש (סיבוב סביב הציר המקביל לכיוון התנועה), קיום הדרגה הינו קריטי לפעולת המתלים. [2mm] החלקים המסתובבים מוגנים באמצעות מגן פלדה בעובי הדיפרנציאל מחובר לשלדה באמצעות תושבות טיטניום שמחוברות לשלדה בצד התחתון עם בורג ובצד העליון עם ציר בורגי (הציר מחובר לשני מיסבים כדוריים בקצותיו) שמתארך. המנגנון הפשוט נותן אפשרות למתוח השרשרת ללא שימוש בחלקים נוספים שמעלים את סיבוכיות המערכת.





## מתקן לפירוק עדשות מודבקות

### Lens Extractor

אור אוזן, מיכל פייבלוביץ, ברית רוטנברג | מנחה: עומרי שחם

In Rafael, optical components are used for observation equipment, photography, etc. As part of the production of the means, the optical components are glued using adhesives inside mounts designed to hold the optical component. Sometimes it is necessary to extract the optical components from the adhesion in the lens housings.

Today, the disassembly is done manually, which takes a long time, and may cause damage to the optical component.

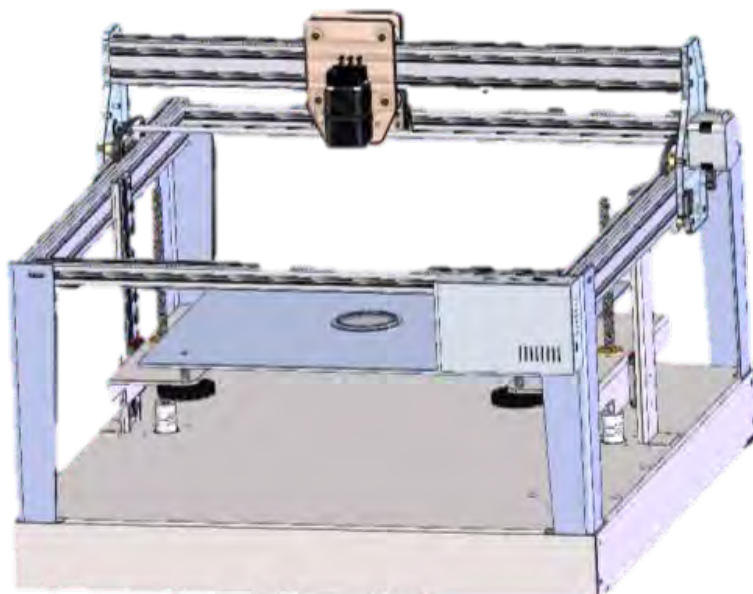
The goal of the project is to design a device that will automatically extract the lenses, while preserving them. the project is required to answer the challenges of a variety of lens structures and lens geometries, high precision, simplicity, and safety for the operator. The system will include a laser cutting machine, because of the high level of precision of the device and the modularity of the planar movement. In addition, the vertical movement of the lens in space is performed using the help of two motors integrated with drive screws and two rails. This method is like a 3D printer and enables the modularity of the system.

ברפאל נעשה שימוש רב ברכיבים אופטיים לצורך ייצור אמצעי תצפית, צילום וכ דומה. כחלק מייצור האמצעים הרכיבים האופטיים מודבקים באמצעות דבקים בתוך תושבות שנועדו להחזיק את הרכיב האופטי. לעיתים עולה הצורך לחלץ את הרכיבים האופטיים מתוך ההדבקה בבתי העדשה. כיום הפירוק נעשה בצורה ידנית, לוקח זמן רב ועלול לגרום לפגיעה ברכיב האופטי.

מטרת הפרוייקט הינה לתכנן מתקן שיחלץ את העדשות, תוך שמירה עליהן, בצורה אוטומטית.

הפרוייקט נדרש לענות על אתגרים של מגוון גיאומטריות של בתי עדשה ועדשות, דיוקים גבוהים, פשטות ובטיחות למפעיל.

המערכת תהיה מורכבת ממערכת חיתוך בעזרת לייזר, משום רמת הדיוק הגבוהה של המכשיר והמודולריות בתנועה המישורית. בנוסף, התנועה האנכית של העדשה במרחב היא בעזרת שני מנועים משולבים ברגי הנעה ושתי מסילות. שיטה זו דומה למדפסת D3 ומאפשרת את המודולריות של המערכת.



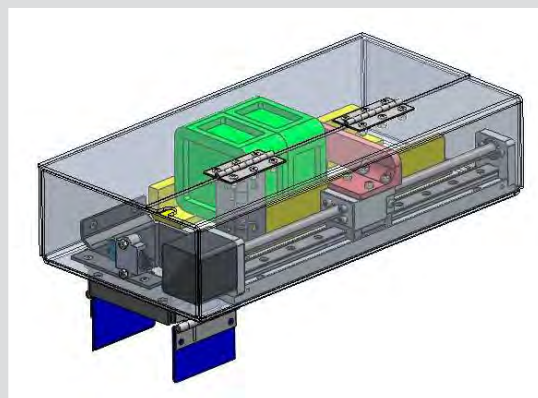
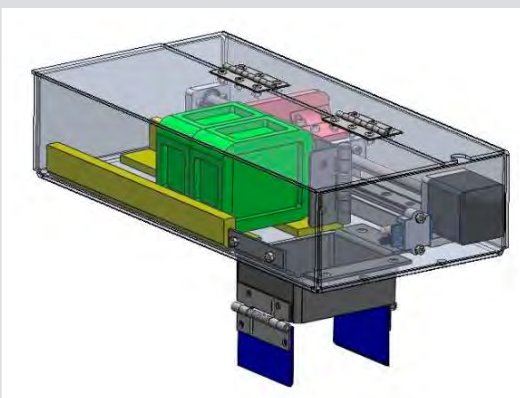
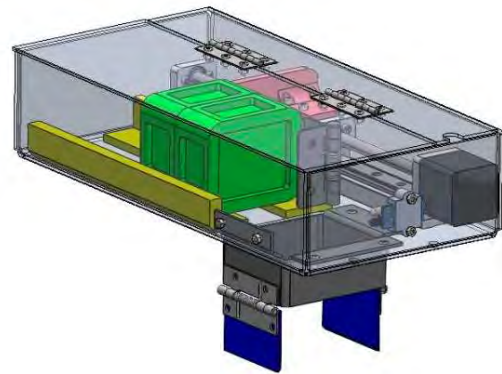
## Cat's Eye

סדי קרבץ, ענבר ברייטמן ואופיר חדר | מנחה: מר יוסף סבו

The Purpose of our project is to design and manufacture a device capable of dropping up to five units of "Cat's eyes" to the ground from a moving vehicle. "Cat's eyes" units are light reflecting boxes that are placed on roads. The planned device is in fact a box connected to the bottom of the vehicle and contains the units.

Using a linear actuator, each unit is moved from its place to the drop tunnel on top of a sliding surface, where the unit changes its orientation so that the unit falls to the ground keeping its base parallel to the ground. The system is monitored with an infra-red sensor that informs the operator that each unit was dropped. The operation of the system is controlled by an Arduino controller.

מטרת הפרוייקט היא לבנות התקן המסוגל להטיל עד חמש יחידות עיני חתול מרכב נוסע. יעני חתול הן תיבות מחזירות אור המונחות על הכביש. ההתקן המתוכנן הוא למעשה מבנה תיבתי קל משקל שמחובר לתחתית הרכב ומכיל את חמש היחידות, ובאמצעות אקטואטור ליניארי היחידות מועתקות על גבי משטח החלקה אל עבר מנהרת הטלה, בה הם משנים מנח ומוטלים אל הקרקע כאשר בסיס היחידה מקביל לקרקע. אל המערכת מחובר חיישן אינפרה-אדום שמטרתו לידע את המפעיל לגבי ההתקן נשלטת תקינות ההטלה. כל פעילות באמצעות בקר ארדואינו.





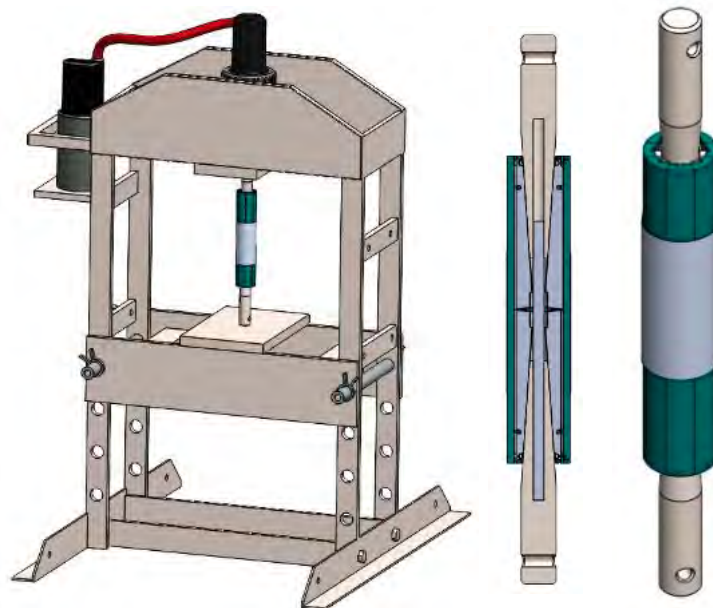
## מערכת לביצוע ניסויי העמסה רדיאליים בדגמי מכלי צילינדרים מחומר מרוכב

### A system for performing radial loading experiments on composite cylinder tank models

מנחה: שלמה נזר | לירן שרעבי, אריאל הופמן, עידו רותם

Pressure vessels made of composite materials require strict tests (loading up to explosion) to validate the design and production. Testing the pressure vessels entails a high financial cost cause from a complex experimental set-up. Instead of testing an entire tank, it is possible to perform an endurance test for a partial (cylindrical) section of it. The experimental system that is being built allows the test to be performed in a simpler, more convenient and cheaper way. Based on a pressing machine, a pair of inverted cones are attached to the arms of the machine, one up and one down, the purpose of these cones is to increase the force and change its direction from longitudinal to transverse – radial, while deforming the specimen. By pressing the cones 8 radial arms are sliding and activate the force to the cylindrical specimen. The pressure measurement system is based on force meters located in one of the arms and provides an indication throughout the operation of the pressure exerted on the model at any given moment. It is possible to mount additional spacers on the basic device to perform the experiment on containers of different diameters.

מכלי לחץ מחומרים מרוכבים דורשים בדיקות מחמירות (העמסה עד כדי פיצוץ) לתיקוף ואימות התכן והייצור. בדיקת מכלי הלחץ גורר עלות כלכלית גבוהה ודורש מערך ניסוי מורכב. במקום בדיקה של מיכל שלם, ניתן לבצע בדיקת עמידות למקטע חלקי (גלילי) שלו. מערכת הניסוי שנבנית מאפשרת את ביצוע הבדיקה בדרך פשוטה, נוחה וזולה יותר. המערכת מבוססת על מכונת לחיצה, אל זרועות המכונה מתחברים זוג קונוסים הפוכים אחד למעלה ואחד למטה, מטרת קונוסים אלו היא הגברת הכוח והפיכת כיוונו מאורכי לרוחבי - רדיאלי תוך הרחבת המקטע הנבדק. על גבי קונוסים אלו מחליקות 8 זרועות ומפעילות את הכוח על גבי הדגם הגלילי. מערכת מדידת הלחץ מבוססת על מדי כוח הממוקמים באחת הזרועות ונותנים חיזוי לכלל אורך ההפעלה על הלחץ המופעל על הדגם בכל רגע נתון. ניתן להרכיב על ההתקן הבסיסי תוספת רוחנים כדי לבצע את הניסוי על מיכלים בקטרים שונים.



## מכונה לטיפול פסיבי בשרירים

### Machine for passive treatment for the muscles

מנחה: שלמה נזר | **שיראל שטרית, דניס איווניצקי מנלה, נועם דגן**

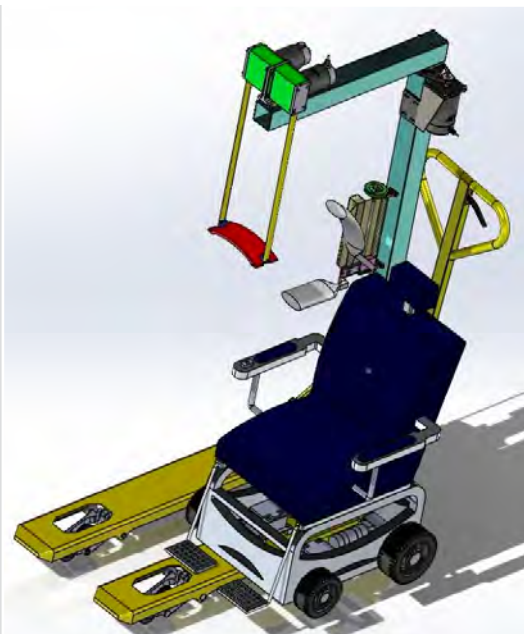
Beit Miriam is a rehabilitation center for individuals with disabilities, and we were asked to carry out a rehabilitation project for them. In order to prevent muscle deterioration in individuals with motor disabilities (resulting from lack of muscle activity due to accidents or genetic/acquired diseases), the therapist performs passive occupational therapy on the upper extremity forearm of the patient. This therapy includes lifting, lowering, rotating, folding, and aligning the hand to maintain muscle function and prevent a decrease in their range of motion .

The planned machine replaces the work of the therapist in occupational therapy. It provides a certain level of control to the patient and performs the required actions on each hand. The machine utilizes motors that cyclically drive a series of horizontal and vertical movements through pulleys connected to the patient's forearm. Space constraints and budget limitations led us to develop unique solutions to implement the required movements and adapt them to a variety of patients.

בית מרים הינו מוסד שיקומי לבעלי מוגבלויות נתבקשנו לבצע פרויקט שיקומי עבורו.

על מנת למנוע תופעה של למנוע הידרדרות של השרירים אצל אנשים בעלי מוגבלויות מוטוריות (הנובעות מחוסר פעילות השריר עקב תאונה, מחלה תורשתית\נרכשת), מבצע המטפל בעיסוק טיפול פסיבי בחלק של הזרוע (upper extremity forearm therapy) במטופל הכולל הרמה, הורדה, סיבוב, קיפול ויישור של היד על מנת לשמור על תפקוד השרירים ולמנוע את הקטנת הטווח התנועה שלהם.

המכונה המתוכננת מחליפה את עבודת המרפא בעיסוק (בהשגחתו ולידו) ולמעשה נותנת את השליטה במובן מסוים למטופל ועושה את פעולות הנדרשות בכל יד. המכונה עושה זאת בעזרת מנועים המניעים בצורה מחזורית סדרה של תנועות אופקיות ואנכיות דרך מתלים הקשורים לפרק האמה של המטופל. אילוצי מקום וכן מגבלות תקציב הביאו או תנו לפתרונות ייחודיים למימוש התנועות הנדרשות והתאמתן למגוון מטופלים.



# פרוייקטי גמר מחקריים



## שימוש באפקט ה-Fin Ray® לאחיזת גופים רכים

## Utilization of the Fin Ray® Effect to Grip Soft Objects

ארי -עמית ברמן, בר יוחאי הכהן | מנחה: פרופ' פרופסור אילון רימון

We developed a specialized gripper for a robotic arm, specifically designed to handle soft and fragile objects, with a particular emphasis on gripping fish fillets. Our innovative approach utilizes a scooping motion to minimize stress and preserve the structural integrity of the fish, departing from conventional squeezing or suction mechanisms. To accommodate varying fish sizes and mitigate potential damage, we implemented a parallel gripping system. Drawing inspiration from the Fin Ray® Effect, we incorporated compliant fingers which exhibit a caging behavior in response to applied forces against them, effectively conforming around the object. The results of this project provide a practical and effective solution for manipulating soft and fragile objects, demonstrating the potential of a scooping-based gripper to advance robotic arm applications

בפרוייקט זה, יצרנו אוחד לזרוע רובוטי, המותאם במיוחד לאחיזת חפצים רכים ועדינים, ובפרט בעל יכולת תפיסה ואחזקת נתח של דג. להבדיל מאוחזים רגילים, המשתמשים במכניזמים כמו לחיצה או שאיבה, האוחד שלנו משתמש בצורת הרמה שדומה לפעולה שעושים עם מטאטא ויעה, על מנת להוריד את העומס על נתח הדג וכן למניעת נזקים על הנתח. בשביל לאפשר אחיזה של גדלי נתח שונים ולמניעת נזקים עליהם, תכננו את האוחד שלנו לנוע בצורה לינארית ומקבילה © לקרקע. בהשראת אפקט ה-Fin Ray , השתמשנו באצבעות האוחזות ומתכופפות בצורה מיוחדת תחת כוח מכופף, בזכות הגיאומטריה שלהם. תוצאות הפרוייקט מהוות פתרון פרקטי ואפקטיבי העובד בהצלחה באחיזת גופים רכים ועדינים. כך, יהווה הפרוייקט דוגמה לאוחזים דומים עבור אפליקציות של זרועות רובוטיים עתידיים.

## מיפוי פרמטרי סטטיסטי חד-ממדי לניתוח ביומכני של הגפיים התחתונות: סקירה ממפה

### One-Dimension Statistical Parametric Mapping for Lower Limb Biomechanical Analysis : A Scoping Review

ענבר עובדיה | מנחים: ד"ר אריאל פישר, דוקטורנט תומר יונה

Sports biomechanics applies engineering principles, such as kinematics (joint angles and movement patterns) and kinetics (forces analysis), to analyze sports movements, optimize performance, prevent injuries, and develop biomechanical models. Traditional biomechanics analysis methods often focus on isolated peak values, potentially missing important information in the continuous movement range. In contrast, One-dimensional Statistical Parametric Mapping (SPM1D) assesses entire movement curves, revealing subtle patterns and variations not captured by discrete point analysis. This project entails conducting a scoping review on SPM1D applications in sports biomechanics, specifically focusing on the lower limbs. The review aims to enhance understanding, identify knowledge gaps, and explore a wide range of research in the field. Unlike systematic reviews, it comprehensively examines the field without synthesizing specific results for a specific question. The review identified diverse applications of SPM1D in sports biomechanics. However, significant gaps remain, such as the underrepresentation of less common sports and injuries, as well as a focus on laboratory measurements rather than real-world conditions. In addition, most studies focused on healthy adults. Implementing SPM1D in sports biomechanics can revolutionize sports injury treatment, optimize athletic performance, and enhance the analysis of subtle joint movement patterns.

ביומכניקה של ספורט מיישמת עקרונות הנדסיים, כמו קינמטיקה (זוויות מפרקים ודפוסי תנועה) וקינטיקה (ניתוח כוחות), כדי לנתח תנועות ספורט, לשפר ביצועים, להפחית פציעות ולפתח מודלים ביו-מכניים. שיטות מקובלות לניתוח נתונים בביומכניקה מתמקדות לעתים קרובות בנקודות מינימום-מקסימום, ועשויות להחמיץ מידע חשוב בטווח התנועה המתמשך. לעומת זאת, מיפוי פרמטרי סטטיסטי חד-ממדי (SPM1D) (מערך עקומות תנועה שלמות, וכך יכול לזהות דפוסים עדינים ווריאציות שעשויות להתפסס בעת ניתוח נקודות בדידות. פרויקט זה כלל ביצוע סקירת ספרות ממפה על יישומי SPM1D בביומכניקה של ספורט, הנוגעים ספציפית ל גפיים התחתונות. הסקירה הממפה נועדה לשפר את ההבנה, לזהות פערי מידע ולחקור מגוון רחב של מחקרים בתחום. בניגוד לסקירה שיטתית, סקירה ממפה בוחנת את התחום בצורה מקיפה מבלי לסנתז תוצאות ספציפיות לשאלה ספציפית. הסקירה זיהתה יישומים מגוונים של SPM1D בביומכניקה של ספורט. עם זאת, קיימים פערים משמעותיים, כמו תת-ייצוג של ענפי ספורט ופציעות פחות שכיחים, והתמקדות במדידות במעבדה ולא בתנאים אמיתיים. בנוסף, רוב המחקרים התמקדו במבוגרים בריאים. הטמעת SPM1D בביומכניקה של ספורט יכולה לחולל מהפכה בטיפול בפציעות ספורט, לייעל את הביצועים האתלטיים ולשפר את הניתוח של דפוסי תנועה עדינים של מפרקים.

## השפעת גיאומטריית פלטת רתיחה על ביצועי מערכת קירור טבולה דו-פאזית

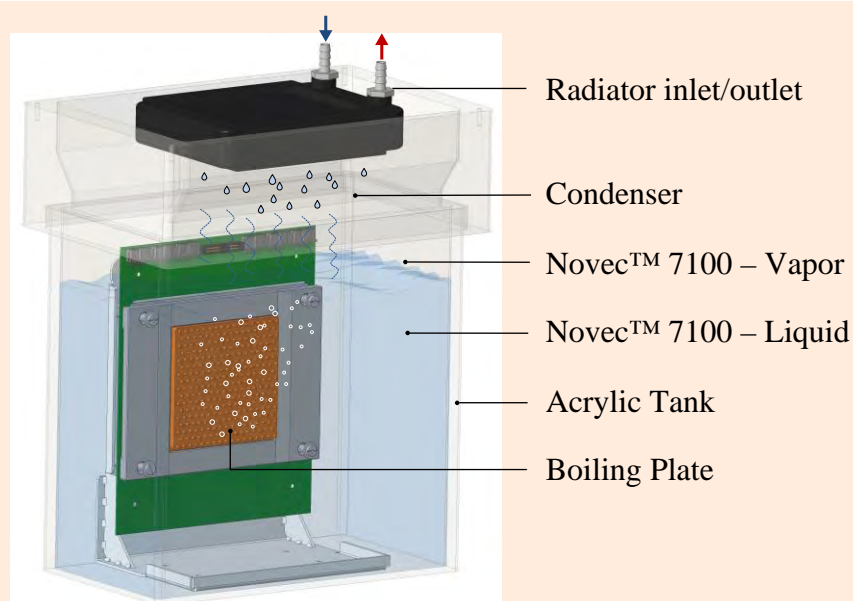
### Impact of Boiling Plates Geometry on Two-Phase Immersion Cooling

הלל סהר | המנחים: פרופ' ח' רנה ואן האוט, לנה נימיו - NVIDIA

As the power density of chips continues to rise, traditional air cooling methods are becoming inadequate. Immersion cooling has emerged as a promising alternative due to its ability to provide high heat transfer coefficients while consuming less energy.

This project focuses on the impact of different boiling plate geometries and porosity on the thermal performance of cooling high power chips using two-phase immersion cooling. The performance of wave, saw tooth and pins boiling plate geometry were compared to a flat plate geometry. In addition, two coated surfaces were tested: a sintered copper coating with a thickness of  $240\mu\text{m}$  and a grain size of  $60\mu\text{m}$ , and a sintered mesh copper with a wire diameter of  $100\mu\text{m}$  and a wire gap of  $500\mu\text{m}$ .

צפיפות ההספק של שבבים אלקטרוניים ממשיכה לעלות בקצב מהיר, בעוד שטכנולוגיות הקירור המסורתיות כגון קירור אוויר כבר אינן מצליחות לסלק את החום הנפלט בצורה יעילה. בתגובה מסתמנת כאחת האלטרנטיבות המבטיחות כיום, (Immersion cooling) לכך, קירור בטבילה הודות ליכולתה לסלק כמויות חום גדולות בצורה יעילה וחסכונית. פרויקט זה בא לבחון כיצד גיאומטריות שונות של פלטות רתיחה משפיעות על הביצועים התרמיים של המערכת. הביצועים של פלטות עם גיאומטריה של גלים, שיני-מסור ופינים נבחנו ביחס לביצועים של פלטה שטוחה. בנוסף נבחנו שני ציפויים פורוזיבים על גבי פלטה שטוחה: סינטור נחושת בעובי  $240\mu\text{m}$  וגודל גרגר של  $60\mu\text{m}$  וסינטור אריג נחושת בעל עובי חוט של  $100\mu\text{m}$  ומרוח של  $500\mu\text{m}$ .





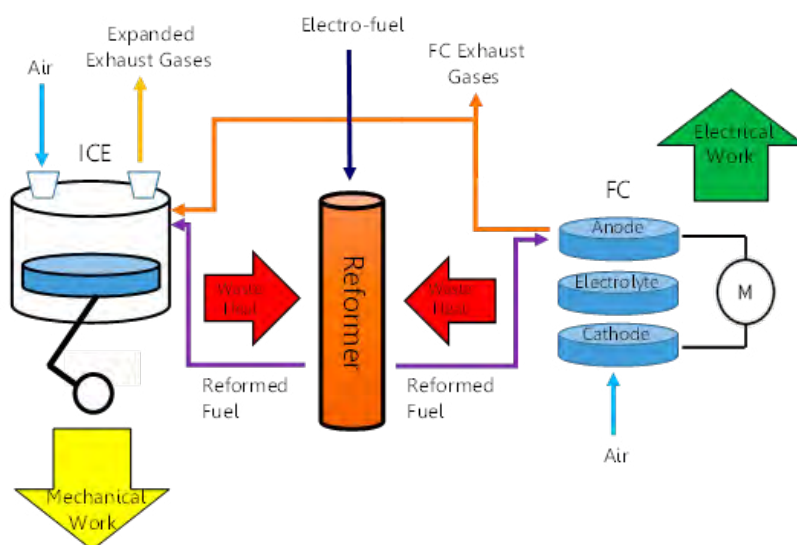
## ניתוח מחזור חיים השוואתי של טכנולוגיית הנעה אלקטרו תרמו כימית בהשוואה להנעה חשמלית

### Comparative Life Cycle Assessment of Combined Electro-Thermo-Chemical Technology and Battery-Electric Powertrains

עידו - יוחאי בן חמו | מנחה: פרופ"ח לאוניד טרטקובסקי

Electric vehicles (EVs) are being globally promoted as a means to mitigate greenhouse gas emissions and improve air quality in urban areas. However, it is crucial to explore alternative propulsion systems that can align with climate change and air quality policies without exacerbating other environmental impacts. This study presents a comprehensive comparative life-cycle assessment between a battery-electric vehicle (BEV) and a novel combined electro-thermo-chemical (CETC) propulsion technology, comprising a fuel cell, an internal-combustion engine, and thermochemical recuperation. The findings reveal that the CETC vehicle outperforms the BEV across various environmental impact categories.

כלי רכב חשמליים (EVs) מקודמים ברחבי העולם כאמצעי להפחתת פליטת גזי חממה ולשיפור איכות האוויר באזורים עירוניים. עם זאת, חיוני לחקור מערכות הנעה חלופיות שיכולות להתיישר עם מדיניות שינויי האקלים ואיכות האוויר מבלי להחמיר השפעות סביבתיות אחרות. מחקר זה מציג הערכת מחזור חיים השוואתית מקיפה בין רכב סוללה חשמלי (BEV) לבין טכנולוגיית הנעה משולבת אלקטרו תרמו כימית -- (CETC), הכוללת תא דלק, מנוע בעירה פנימית וניצול חום שיורי באמצעות תהליך תרמוכימי. הממצאים חושפים כי רכב ה-CETC עולה על ה-BEV בקטגוריות שונות של השפעה סביבתית.



## חקירת ההתפרקות של סילון נוזל בתהליך אטומיזציה גז מצומדת

## Experiments on gas - assisted liquid jet atomization

רון לייבוביץ' | מנחה: פרופ"ח רנה ואן האוט

The term "atomization" refers to the breakup of a liquid body into smaller droplets. This process is widely used in combustion processes as well as for the production of powders for 3D printing. Gas assisted atomization involves a two-phase flow process whose complexity depends on several geometric parameters associated with the nozzle design such as the apex angle and the liquid delivery tube protrusion. Experiments using digital inline holography, will be conducted to understand the break-up of a liquid by gas-assisted atomization. The advantage of this technique is that there is no need for focusing which is done post-priori, while the illumination time is of the order of nanoseconds which allows to "freeze" the fast break-up process. The experimental facility has been setup and preliminary holography results have been obtained.

המונח אטומיזציה מתייחס לתהליך התפרקות של זורם לטיפות קטנות יותר. תהליך זה נמצא בשימוש נרחב בתהליכי בעירה וכן לייצור אבקות להדפסת תלת ממד. אטומיזציה בעזרת גז כרוכה בתהליך זרימה דו- פאזי שמורכבתו תלויה במספר פרמטרים גיאומטריים הקשורים לעיצוב הזרבובית כגון הזווית בה יוצא האוויר ביחס למים, והמרחק בין היציאה של הגז ליציאת המים. ניסויים באמצעות הולוגרפיה מוטבעת דיגיטלית (DIH) יערכו כדי להבין את פירוק נוזל על ידי אטומיזציה בעזרת גז. היתרון בשיטה זו הוא שאין צורך למיקוד של מה שנעשה מראש, היות וזמן ההארה הוא בסדר גודל של ננו- שניות, מת אפשר "להקפיא" את תהליך הפירוק המהיר. מתקן הניסוי הוקם והתקבלו תוצאות הולוגרפיות ראשוניות.

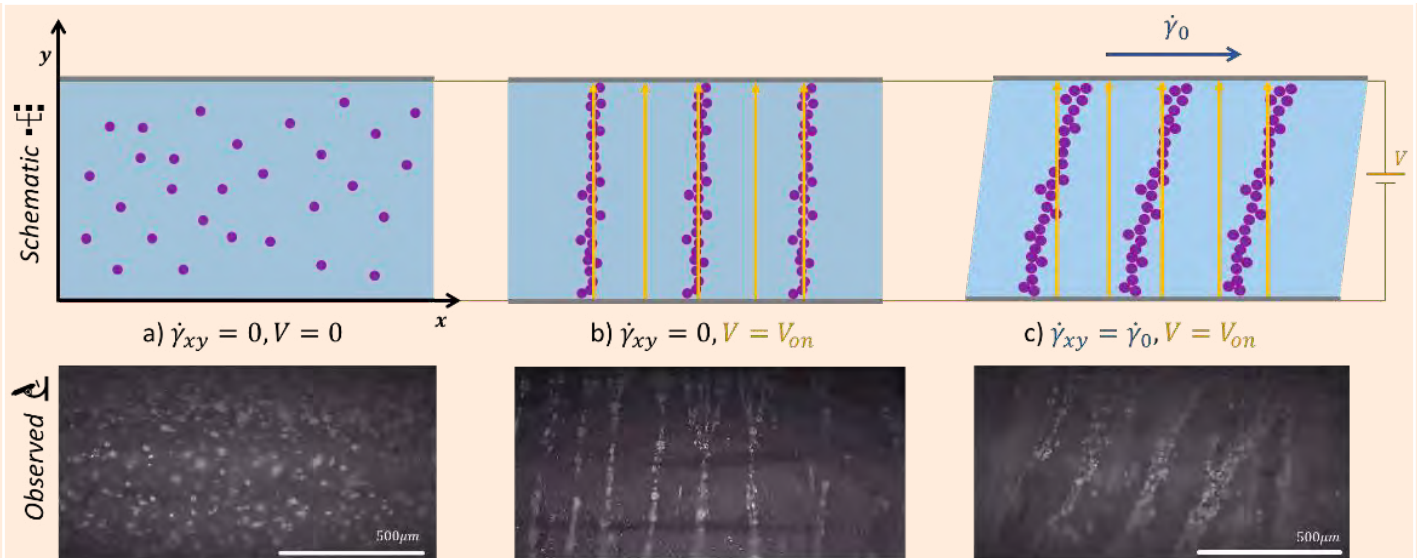
## מרסן תנודות מתכוונן המבוסס על אפקט אלקטרו-ראולוגי

### Tunable Vibration Damper Utilizing the Electro-Rheological Effect

שמעון גרף | מנחה: פרופ' איל זוסמן

This study examines the feasibility of a tunable vibration damper that uses the electro-rheological (ER) effect to optimize oscillating systems' dissipation profiles. The investigation delves into the ER effect through modeling approaches and experimental methods. A specific ER fluid is formulated by dispersing cellulose nanocrystals in castor oil. Observations of the effect are made using polarized microscopy and a custom electrode setup, enabling visible shearing of the ER fluid. Additional analysis is performed through rheology, determining response times under different field conditions and establishing a correlation between electric field strength and dynamic moduli. These findings highlight the promise of ER fluids as active elements in tuneable vibration dampers, effectively showcasing and characterizing their electrically induced changes in mechanical properties.

הפרוייקט עוסק בחקירת מרסן תנודות מתכוונן המבוסס על אפקט אלקטרו - ראולוגי (א"ר) במטרה לשלוט על פרופיל הדיסאפציה של מערכות וטרטוטות. בפרוייקט מודל האפקט הא"ר בנוזל המבוסס על חלקיקים הניתנים לקיטוב ונוזל מבודד. במערכת ניסוי שפותחה הנוזל הא"ר היה מבוסס על נו- קריסטלים של צלולוזה בתוך שמן קיק. ההתנהגות הא"ר נחקרה באמצעות מיקרוסקופיה מקוטבת עם מערכת אלקטרודות מותאמת, אשר אפשרה לעקוב אחרי גזירת הנוזל הא"ר. בנוסף נחקרה ההתנהגות הריאולוגית באמצעות ריאומטר, שאפשרה אפיון זמני תגובה תחת תנאי שדה חשמלי שונים וקורלציה בין גדלי השדה החשמלי למודולים דינמיים. ממצאים אלה מצביעים על הפוטנציאל של נוזלים א"ר כמרסני תנודות מתכווננים.



1.5wt% CNCs in Castor Oil, Under 1.5kV/mm Electric Field When Applied, Viewed with Polarized Microscopy

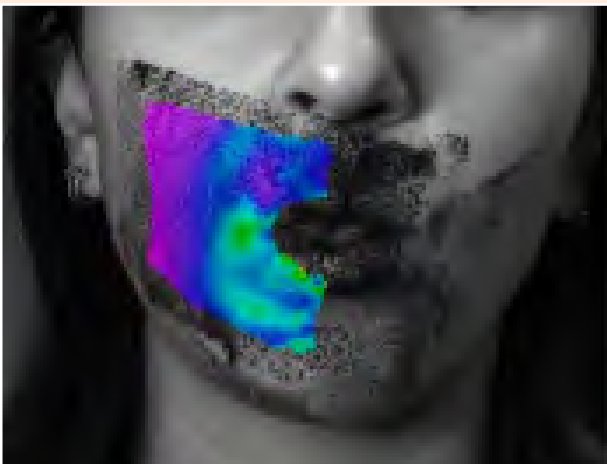
## מדידת עיבורים על עור הפנים בזמן דיבור

### Measuring Facial Strains while Speaking

קפוסין כהן ושירז יעקובובסקי | מנחה: ד"ר דנה סולב

A Silent Speech Interface (SSI) allows speaking without vocalization. This can be used in the case of physical voice impairments or in an environment where sound cannot be transferred securely or reliably. An SSI may use strain sensors placed on the facial skin to measure skin strains and synthesize speech from the measured signals. A main problem hindering the implementation of this method is that the sensors' positions and orientations are not known a priori. In this project, we built an experimental setup based on digital image correlation to obtain the full-field strain maps on the face from consecutive images captured using a 35 Hz stereo camera system. These measurements could be used to optimize the sensor placements, such that a minimal number of sensors could be used while maintaining a good level of speech synthesis.

ממשק דיבור שקט מאפשר דיבור ללא קול, אשר יכול לשמש במקרים של ליקויי קול פיזיים או בסביבה בה לא ניתן להעביר קול בצורה מאובטחת או מהימנה. אחת השיטות לעשות זאת היא להשתמש בחיישני עיבור המודבקים על עור הפנים, ולסנתז את הדיבור מתוך האותות המדודים בעיה מרכזית ביישום השיטה היא שלא ידוע מראש באיזה מיקומים ואוריינטציות כדאי למקם את החיישנים על מנת לקבל מידע אופטימלי עבור הסינתזה. בפרוייקט זה, בנינו מערכת ניסוי המבוססת על מנת למדוד את שדה העיבורים על הפנים מתמונות רצופות (DIC) על טכניקה אופטית-נומריה. הרץ. העיבורים על פני הפנים לאחר מכן שצולמו באמצעות מערכת סטריאו של מצלמות ב מחושבים מתוך התזוזות הנמדדות.



## אפיון תרמו-מכני של סגסוגת זוכרות צורה בשיטת ייצור תוספתי במצב מוצק

### Thermomechanical characterization of Additively Manufactured Ni-Ti SMA using solid-state process

אלון אדס | מנחים: פרופ' דורון שילה וד"ר אילון פארן

Shape memory alloys (SMA) are a group of smart materials with unique thermo-mechanical response to temperature and/or load. Traditionally, to obtain engineering applicable Ni-Ti SMA, one must use conventional metal forming techniques, such as wire drawing, rolling, and forging methods. As a result of recent developments in the field of Additive Manufacturing (AM) of metallic alloys, specifically solid-state methods, there has been a growing interest in using such techniques to manufacture SMA. The goal of this research project is to study the effects of different printing properties, sintering runs, and thermal treatments parameters, on the thermo-mechanical properties of such SMA. These properties include the transformation temperatures and corresponding energies, loading response at different temperatures, and measurement of reversible and irreversible strains.

סגסוגות זוכרות צורה הן קבוצה של חומרים "חכמים" בעלי תגובה תרמו-מכנית ייחודית בתגובה לשינוי בטמפרטורה ו/או עמיסה. אופן מסורתי, על מנת לייצר סגסוגת ניקל-טיטניום אשר מאופיינת באפקט זיכרון ה צורה, יש להשתמש בשיטות ייצור קונבנציונליות עבור מתכות, כגון משיכת חוטים, ערגול וחיסול. כתוצאה מהתפתחויות אחרונות בתחום של הדפסה תלת-ממדית עבור סגסוגות מתכתיות, ספציפית בשיטות אשר משאירות את חומר הגלם במצב מוצק, ישנה התעניינות גוברת בשימוש בשיטות אלו על מנת לייצר סגסוגות זוכרות צורה. מטרת פרויקט מחקר זה הינה לבדוק את ההשפעות של הגדרות הדפסה שונות, תנאי סינטור, וטיפולים תרמיים שונים על התכונות התרמו-מכניות של אותן סגסוגות זוכרות צורה. התכונות הרלוונטיות הינן טמפרטורות המעבר והאנרגיות התואמות, תגובה לעמיסה בטמפ' שונות, עיבור הפיך ועיבור שאינו הפיך.

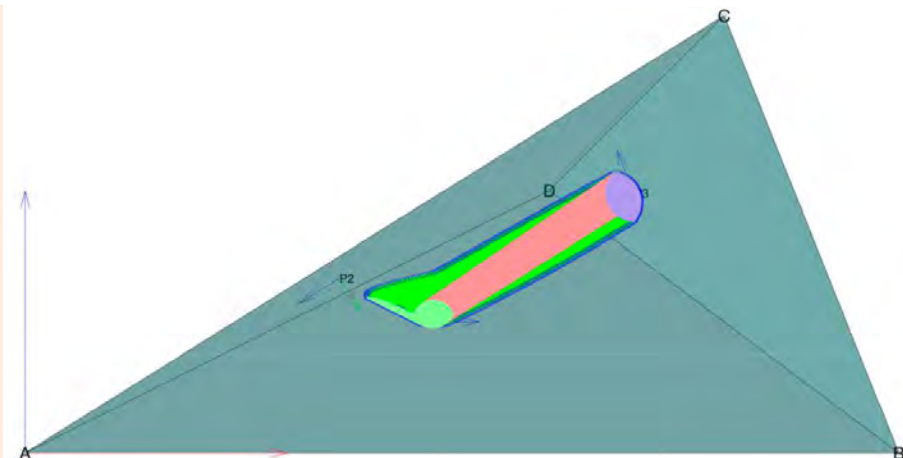
## Force-Closure Grasps with Four Non-coplanar Contact Points

Yicheng Wang | Instructor: Prof. Elon Rimon

This research tackles the challenge of computing force-closure grasps (FCGs) with four non-coplanar contact points. We develop a numerical algorithm for their computation. However, the use of nonlinear optimization in the numerical method for determining FCGs with three or four contacts proves to be highly inefficient and error-prone. To overcome this, we leverage graphical methods and successfully develop a MATLAB program to solve the three-contact FCG problem. While analytical solutions for four-contact FCG problem remain an open problem, we demonstrate that grasps with four contact points encompass a minimum of three FCGs of three contact points through a tetrahedron example (see the figure below).

מחקר זה מתמודד עם האתגר של מחשוב תפיסות כוח-סגירה (FCGs) עם ארבע נקודות מגע לא קו-מישוריות.

אנו מפתחים אלגוריתם מספרי לחישוב שלהם. עם זאת, השימוש באופטימיזציה לא ליניארית בשיטה המספרית לקביעת FCGs עם שלושה או ארבעה מגעים מתגלה כלא יעיל ביותר ונוטה לשגיאות. כדי להתגבר על כך, אנו ממנפים שיטות גרפיות ומפתחים בהצלחה תוכנית MATLAB לפתרון בעיית ה-FCG של שלושה אנשי קשר. בעוד שפתרונות אנליטיים לבעיית FCG של ארבעה מגע נשארים בעיה פתוחה, אנו מדגימים כי אחיזה עם ארבע נקודות מגע כוללת מינימום של שלוש FCG של שלוש נקודות מגע באמצעות דוגמה טטרהדרונית (ראה את האיור למטה).



FCG example on a tetrahedron. Four contacts are on the different facets and three of them are given and fixed in position.

## תופעות גלים לא לינאריים בשרשרת דיסקרטית מולטי - סטבילית

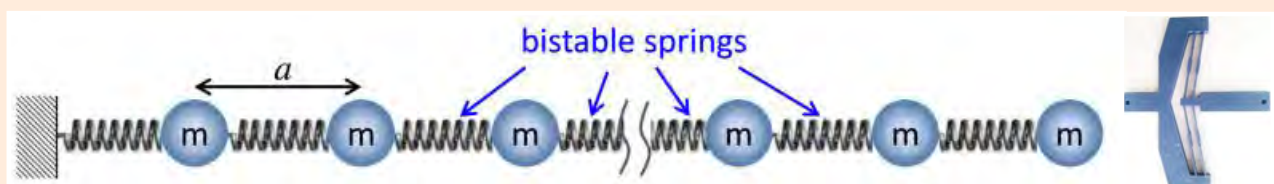
### Nonlinear wave phenomena in multi-stable discrete chain

מנחה: פרופ' ח ספי גבלי | **איתי אורלי**

Architected materials with bistable building blocks are a new class of metamaterials with unique physical and mechanical properties. Those extraordinary qualities are a consequence of micro-level structural instabilities. Despite those attributes, the study of the dynamic response of those structures is still in its infancy, and a lot of the phenomena are largely unexplored. The main goal of this project is to study these phenomena and perhaps reveal some new ones. As a preliminary step, we reproduced some relevant published results. In particular, we examined the dynamic response exhibited by 1D discrete chains with bistable interactions, and evaluated, analytically and numerically, the characteristics of the solitary waves that exist in such systems. Numerical simulations were also used for observing the intriguing phenomena of boomerons. Currently, we are studying a new nonlinear phenomenon, namely standing breathers. These are localized standing wave packets that oscillate in time. Currently, the focus is on bi-linear interactions, for which analytical approximations combined with numerical simulations have already provided evidence for the existence of such breathers, and their stability.

חומרים מהונדסים הבנויים מאבני בניין בי-סטביליות הינם סוג חדש של מטא-חומרים עם תכונות מכניות ופיזיקליות מרשימות. תכונות מדהימות אלה הינן תוצר של אי יציבות מבניות ברמת המיקרו של החומר. למרות יכולות אלה, המחקר של התגובה הדינמית של חומרים אלה עדיין בחיתוליו, והרבה תופעות עדיין לא נחקרו. המטרה המרכזית פרויקט זה היא ללמוד תופעות אלה, ואולי אף לגלות תופעות חדשות. כצעד ראשוני, אנו שחזרנו תוצאות רלוונטיות ממאמרים שפורסמו. בפרט, בחנו את אופי התגובה הדינמית המפגינה שרשרת דיסקרטית חד ממדית עם קשרים בי-סטביליים, ובחנו באופן אנליטי ונומרי את תכונות הגל הסוליטרי הנוצר במערכת כזו.

הסימולציה הנומרית גם שימשה אותנו כדי לחזות בתופעה המעניינת של בומרונים. עתה, אנחנו חוקרים תופעה לא לינארית חדשה, העונה לשם breather עומדים. תופעה זו הינה מעטפת גלים עומדים מקומית אשר תונדת בזמן. כרגע, אנו מתמקדים בקשרים בי-לינאריים, עבורם תוצאות אנליטיות מקורבות ביחד עם הדמיות נומריות הציגו הוכחה על התקיימות של breathers אלה, ועל יציבותם.



מערכת אוטומטית למדידת  $M^2$  עבור אלומת לייזר רב-עוצמה (לר"ע)Automatic  $M^2$  Measurement System For High-Power Lasers (HPL)

מנחה: פרופ"ח כרמל רוטשילד | גיא וימן

High-power lasers are devices that generate and emit high-power beams of coherent light, typically in the range of kilowatts [kW] to megawatts [MW]. The main challenges in measuring the  $M^2$  of an HPL is that no direct contact with the beam or a crew-member presence in the lab during experiment can take place, and characterization of the beam in the far-field can be difficult due to high Rayleigh ranges. Here we present a useful and simple method to characterize HPLs, using simple equipment. The attenuation of the high-power laser beam was done using two AR coated wedge windows oriented 90 degrees to each other to maintain polarization. By taking only the reflections, the attenuation factor achieved is  $\sim 10^{-6}$  (60 [dB]). The attenuated beam is then passed through an optical system composed of collimating lens and focusing lens to decrease the Rayleigh range of the beam and measure the beam's profile in the near and far-fields in several locations using the camera and motorized stage. From the data analysis we will get six parameters:  $M^2_{x,y}$ ;  $w_0^{x,y}$ ;  $z_0^{x,y}$  where  $w_0$  is the radius of the beam at the focal point of the lens and  $z_0$  This is the resulting focus position. The system is automatic and controlled via MATLAB code.

לייזר רב- עוצמה הוא מכשיר שמייצר ופולט אלומת אור קוהרנטית בעלת הספק גבוה בטווח של קילו- וואטים [kW] עד מגה- וואט [MW] האתגרים העיקריים במדידת ה-  $M^2$  של לר"ע הם שלא יכול להתקיים מגע ישיר עם האלומה או נוכחות של חבר צוות במעבדה במהלך הניסוי, ואפיון האלומה בשדה הרחוק יכול להיות קשה בגלל טווחי ריילי גבוהים. כאן אנו מציגים שיטה שימושית ופשוטה לאפיון לר"ע, באמצעות ציוד פשוט. הנחתה של קרן הלייזר נעשתה באמצעות שני חלונות טריז מצופים AR המונחים ב- 90 מעלות זה לזה על מנת לשמור על קיטוב האלומה. על ידי לקיחת החזרים בלבד, מקדם ההנחתה שהושג הוא  $\sim 10^{-6}$  (60 [dB]). לאחר מכן הקרן המו נחתת מועברת דרך מערכת אופטית המורכבת מעדשה מקלמת ועדשה ממקדת על מנת להקטין את טווח ריילי של הקרן ולמדוד את פרופיל הקרן בשדה הקרוב והרחוק במספר מיקומים באמצעות המצלמה והבמה הממונעת. מניתוח הנתונים נקבל שישה פרמטרים:  $M^2_{x,y}$ ;  $w_0^{x,y}$ ;  $z_0^{x,y}$  כאשר  $w_0$  זהו רדיוס האלומה במוקד העדשה ו-  $z_0$  זהו מיקום הפוקוס המתקבל. המערכת אוטומטית ונשלטת באמצעות קוד MATLAB.





## ייצוב בעזרת גלגל אינרציה של גוף תמיר בעל עירור עצמי בזרימה אחידה Inertia-Wheel Stabilization of a Self-Excited Slender Body in Uniform Flow

מנחה: פרופ' עודד גוטליב | אביתר ברוך

The aim of the project is to study the dynamics of a slender body restrained to yaw in a wind tunnel with uniform laminar flow. The body undergoes self-excited oscillations due to vortex shedding and is stabilized by a controlled inertia wheel. The system model is derived incorporating unknown parameters describing the effects of the flow and inertia wheel control. The equations are normalized culminating with a nondimensional state space representation. We consider three limiting cases of the system that enable parameter estimation from analysis of equilibrium stability. A range of model parameters is obtained by considering documented results obtained by computational fluid dynamics for a system without an inertia wheel. Validation of the resulting dynamical system will be done via numerical simulations of the nondimensional state space model.

מטרת הפרוייקט היא חקירת הדינמיקה של גוף תמיר המוגבל לתנועה אופקית במנהרת רוח בה זרימה אחידה למינארית, הגוף נתון לתנודות עצמיות עקב כוח צד הנובע מהינתקות ערבולים והוא מיוצב על ידי גלגל אינרציה מבוקר. מידול המערכת נעשה תוך הגדרת פרמטרים לא ידועים לתיאור השפעת הזרימה והבקרה. משוואות התנועה נורמלו לקבלת מרחב מצב חסר ממד. שלושה מקרי גבול של המערכת נחקרו במטרה לשערך את ערכי הפרמטרים בעזרת יציבות נקודות שיווי המשקל. התקבלו תחומי ערכי הפרמטרים עבורם המערכת יציבה תוך שימוש בתוצאות נומריות מניסויים קודמים ללא גלגל אינרציה. אימות המודל הדינמי שהתקבל יעשה בעזרת סימולציות נומריות של מרחב המצב חסר הממד.

## השפעת הרעש על אימון מערכות מופרעות

## The impact of noise on training disordered systems

Jiyang Liug | Instructors: Daniel Hexner, Marc Berneman

Engineered materials are often designed to have specific properties or functions. The design process typically involves numerous iterations of trial and error, during which the system is repeatedly tested, modified, and retested for the desired functionality. In general, we will design the material especially in order to achieve certain characteristics of the material. The conventional design approach is based on optimizing the microscopic parameters (e.g., structure) and then fabricating the design. The challenge in this approach is that it requires the manipulation of the many degrees of freedom.

Recently, a new approach has been proposed where a material learns its response independently through the autonomous evolution of each microscopic element. To achieve this effect, the material needs to be trained multiple times. The training method is based on equilibrium propagation, which allows for estimating the gradient of a cost function by measuring responses.

In this project, we consider the effect of noise during training. Noise has been frequently studied in the context

of machine learning. It enables escape from local minima of the loss function, increases robustness, and is thought to provide better generalization. Noise can arise from imprecise knowledge of parameters and finite precision of measurements.

Our research questions are:

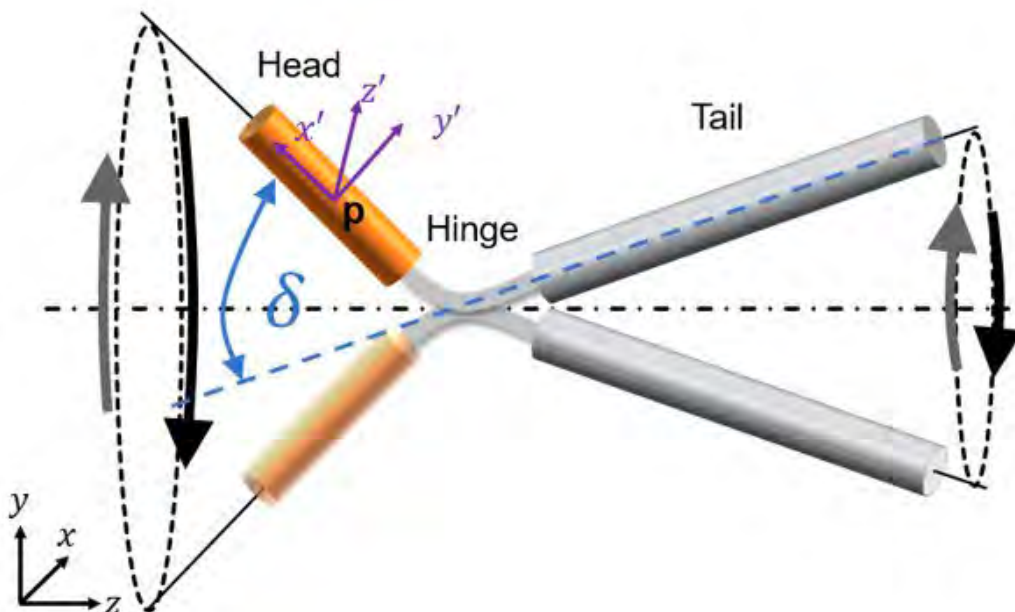
1. How does noise affect the system as it learns? How different are the "solutions" of a noisy training rule from the solution found from the usual gradient descent?
2. How robust is the system to small random changes to the network?

We study the effect of noise by training with a Langevin term. We characterized the system by the distribution of the conductances, the eigenvalues of the response matrix, and the training error. We investigate whether noise makes the system more robust in the presence of external disturbances.

## Analyzing the motion of a magnetic nano-swimmer

**Shuan Cheng** | Instructor: Assoc. Prof. Yizhar Oran

The main focus of this research project is on a two-link nano-swimmer, with one link being magnetized, and is placed in a certain kind of fluids. The goal is to find various constant parameters (related to the swimmer and the environment) that are used in the previous recorded experiments. By using image processing techniques in MATLAB, we are able to extract the average velocity and trajectory of the swimmer from the movies of the experiments. Meanwhile, by deriving the analytical equations of motion of the swimmer and do simulations in MATLAB, we are able to extract the theoretical velocity of the nano-swimmer. Finally, by tuning the constant parameters used in the equations of motion and comparing the results of the theoretical velocity and real velocity using an optimization function to minimize the error, we are able to get the most possible parameters used in the experiment with least error. Currently, we have analyzed both 2D and 3D model of the swimmer with circular-rotation magnetic field in the 3D case. The future steps can be extended to the analysis of motion if we magnetize another link, or the magnetic field is changed to elliptic rotation.



## Generating Liquid Droplets for Suspended Manufacturing

**Tobias Weinberg** | Instructor: Prof. Thijs Roumen

Additive manufacturing processes organize material in 3D space, however, manufacturing processes typically involve large forces causing hard-to-predict interaction between elements of the material. This leads to hard-to-manage tolerances, and in the case of bio-materials, to undesirable contamination risk. Acoustic levitation provides a means to achieve contact-free control of materials such as liquid droplets, and UV curing resins allow contact-free solidification of those droplets. The aim of this project is to create such liquid droplets from an accurate extrusion system to then manipulate them in 3D space, this requires careful instrumentation and control algorithms. We achieve that through an extrusion system that uses a power screw to compress the syringe with fluid, alongside a coil to push the barrel with an impulse electromagnetic force that enables the creation of droplets of fluidic material with control and precision in conjunction with a computer vision algorithm that closes the loop for accurate control. This is one fundamental step towards the broader idea of contact-free fabrication processes.

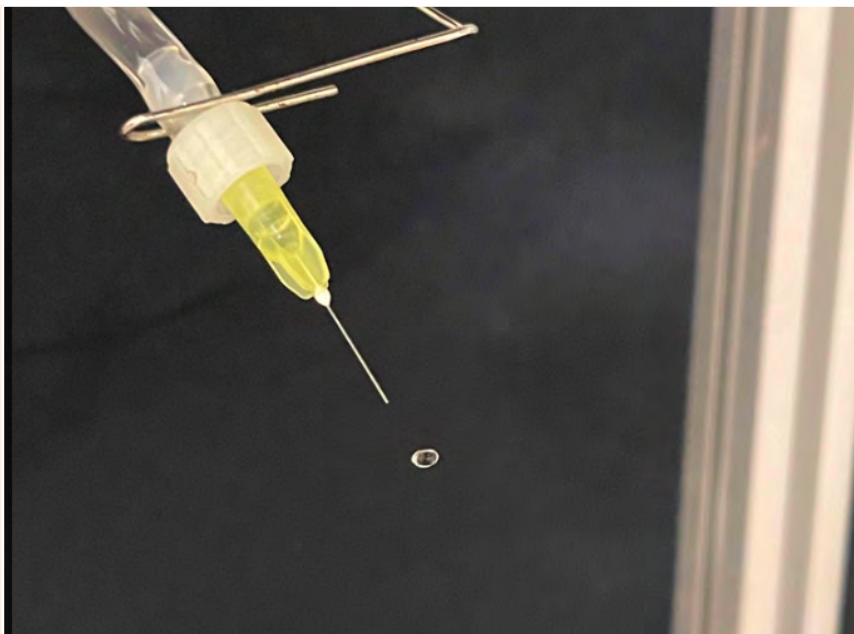


Figure. Droplet creation and levitation (proof of concept)



## פיתוח טכנולוגיה להדפסה תלת-מימדית של בועות בחומרים רכים

### BubblePrint: developing a technology for 3D printing closed cells in soft materials

פולינה ויטביצקי | מנחים: ד"ר דנה סולב ויואב שטרמן

In the scope of this project, we attempt to create a 3D printing technique that allows the printing of closed cells, "Bubbles", within soft materials. Currently, there's no 3D printing technology on the market capable of printing hollow closed cells, since they either fill the cells with supports or require drainage of the printing liquid or powder.

The prospect of such technology is the creation of continuous solid bodies with varying characteristics throughout, stemming from their inner physical structure rather than due to their chemical structure or overall outside geometry only.

Thus, such technology would allow control over the hardness, flexibility and insulation properties throughout the product. For instance, implementation in the orthopedic field would allow fabricating custom supports, which can adjust the pressure distribution on the tissues, such as in custom insoles for shoes.

So far, we examined different methods for injecting air bubbles into a variety of resins in different stages of curing, built experimental hand-held prototypes for one of the examined methods, and inspected the results.

במסגרת הפרוייקט אנו שואפים לפתח שיטת הדפסה תלת מימדית של בועות, חללים סגורים, בגדלים ובמיקומים נשלטים בתוך חומרים רכים. טכנולוגיות ההדפסה הקיימות בשוק כרגע אינן מאפשרות יצירת חללים ריקים סגורים בתוך חומר. טכנולוגיה שכזו עשויה לאפשר ליצור גופים רציפים בעלי תכונות משתנות באיזורים שונים כתוצאה מהמבנה הפנימי של הגוף ולא מתכונות כימיות של החומר או שינוי הגיאומטריה החיצונית של הצורה. כך למשל ניתן לשלוט במידת הגמישות, קשיות ויכולת הבידוד של מוצר. בנוסף, הדפסה שכזו תאפשר יצירת מוצר מותאם אישית ללקוח. בין השימושים האפשריים הוא בציוד אורתופדי, בעזרתו ניתן לשלוט על פיזור הלחצים בהתאם לצרכי המטופל, למשל במדרס לכף הרגל. עד כה בחנו שיטות שונות להחדרת בועות אוויר לתוך רזינים שונים בשלבי הקשייתם השונים, בנינו אבי-טיפוס ידניים ניסיוניים עבור אחת מהאפשרויות שבחנו וניתחנו את הממצאים.

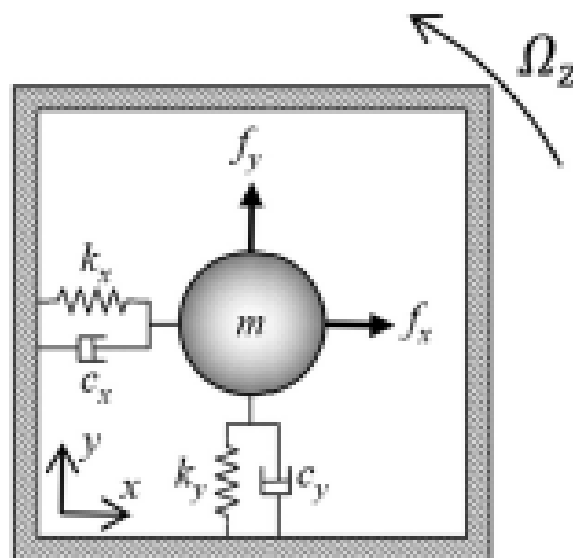
## “auto-resonance” תדירות מאופנן בהפעלת

### FM gyroscope driven by “auto-resonance”

מנחה: פרופ' דוד אילתה | מלאכי מיכלין

MEMS gyroscopes sense rates of rotation in every smartphone and many other devices. The simplest gyro is a mass that vibrates in two uncoupled degrees-of-freedom (DOFs). When the frame that holds the mass is rotated, Coriolis forces couple the responses of the two DOFs. There are two types of MEMS gyros: amplitude-modulation (AM) and frequency-modulation (FM). In an FM gyro, both DOFs are vibrated in their respective resonances, and rate of rotation is identified by measuring these resonance frequencies. In a common FM gyro, the two DOFs are set in resonance by using phase-locked loop (PLL) circuits. In this work we propose to replace the PLL's with a simple auto-resonance driving scheme by implementing it on an FM gyroscope.

גירוסקופים מיקרו-מכניים מודדים קצבי סיבוב בכל טלפון סלולרי ונמצאים בשימוש במכשירים רבים נוספים. המודל הפשוט ביותר ל גירוסקופ הוא מסה נקודתית הרוטטת בשתי דרגות חופש לא מצומדות. כאשר המסגרת שאליה המסה קשורה סובבת, כוחות קוריוליס הפועלים על כל דרגת חופש מצמדים את תגובותיהן. ישנם שני סוגים של גירוסקופים: גירוסקופ מאופנן אמפליטודה וגירוסקופ מאופנן תדירות. בגירוסקופ מאופנן תדירות, שתי דרגות החופש רוטטות, בתדירות הרזוננס שלהן וקצב הסיבוב ניתן למדידה ע"י מדידת תדירות התנודות. באופן כללי, בגירוסקופ מאופנן תדירות נעשה שימוש בסכמת בקרה נפוצה הנקראת PLL. בפרוייקט זה אנו מציעים כתחלופה שימוש בסכמה הנקראת “auto-resonance” (אוטורזוננס) ע"י מימושה על גירוסקופ מאופנן תדירות.





## Pressure Sensitive Paint (PSP)

**Ilan Ancelseritcioglu** | Instructor: Assoc. Prof. Beni Cukurel

The study introduces a new approach to calibrating pressure sensitive paints, which allows for the simultaneous monitoring of temperature and partial pressure of oxygen under atmospheric conditions. This innovative calibration setup and methodology reduce the time required for calibration and minimize potential errors associated with fitting calibration points. The primary objective of the PSP calibration is to determine how the intensity emitted by the paint varies with temperature and oxygen concentration. The results reveal valuable insights into the relationships between intensity, temperature, and oxygen concentrations. Furthermore, the calibration data undergo rigorous validation against the manufacturers' data. The experiments were performed at regular intervals of 2 to 3 months, and any variations in the results were carefully monitored and recorded. These findings provided valuable insights into the degradation of the paint over time as a result of exposure to unavoidable and uncontrollable light sources.

המחקר מציג גישה חדשה לכיול PSP, אשר מאפשרת ניטור במקביל של טמפרטורה ושל לחץ חלקי של חמצן בתנאי אטמוספירה. מערך הכיול והמתודולוגיה החדשניים מפחיתים את הזמן הנדרש לביצוע הכיול וממזערים שגיאות אפשריות אשר נובעות מהתאמת עקומה לנקודות הכיול. המטרה הראשית של כיול ה-PSP היא לקבוע איך עוצמת הפליטה מהצבע משתנה כתלות בטמפרטורה ובריכוז החמצן. התוצאות חושפות תובנות חשובות לגבי הקשר בין העוצמה, הטמפרטורה וריכוז החמצן.

יתר על כן, נתוני הכיול עוברים אימות קפדני אל מול נתוני היצרן. הניסויים בוצעו במרווחים קבועים של 2 עד 3 חודשים, ועבור כל שינוי בתוצאות בוצע מעקב ותיעוד קפדני. ממצאים אלו סיפקו תובנות חשובות לגבי הפחתה לאורך זמן ביכולות הפליטה של הצבע בעקבות חשיפה בלתי נמנעת ובלתי נשלטת למקורות אור.

## דינמיקה לא לינארית של מהודים ויסקואלסטיים בשדה מגנטי

## Nonlinear Dynamics of Magnetomotive Viscoelastic Resonators

חן שמולמן | מנחה: פרופ' עודד גוטליב

The aim of this project is to investigate nonlinear out-of-plane vibrations of magnetomotive viscoelastic resonators. The first part includes motivation and examination of nonlinear viscoelastic models. An initial-boundary-value problem is formulated and reduced in order to obtain a non-dimensional state space representation. In the third part we employ a model-based procedure for parameter estimation based on different experiments documented in literature. Several aspects were considered for selection of the parameters for the numerical simulations, such as hysteresis, bistable amplitudes and decay time. In the final part of the project numerical solutions are investigated demonstrating out-of-plane vibrations of the viscoelastic resonator as a function of varying magnetic field magnitudes.

מטרת הפרוייקט הינה חקירת רעידות של מהודים ויסקואלסטיים לא ליניאריים הנתונים להשפעת שדה מגנטי. החלק הראשון של הפרוייקט כולל מוטיבציה ובחינת מודלים לריסון לא ליניארי ויסקואלסטי. החלק השני כולל ניסוח בעיית תנאי-שפה- התחלה למודל הניבחר והורדת סדר כדי לקבל ייצוג במרחב מצב חסר ממד. בחלק השלישי מתבצע שערוך מבוסס מודל של פרמטרים על סמך ניסויים שונים המתועדים בספרות. מספר היבטים נבחנו בבחירת הפרמטרים במחקר, כגון היסטריזיס, אמפליטוד ות במצבים מרובי פתרונות, וזמן דעיכה. בחלק האחרון של הפרוייקט מתבצעת חקירה נומרית הכוללת ניתוח רעידות מרחביות לא לינאריות של המהוד הויסקואלסטי הנתון לעוצמות שדה מגנטי שונות.



## מעבר אנרגיה מכוון בין אופני תנודה במודל תלת ממדי

### Intermodal Targeted Energy Transfer in three-dimensional setting

אורי אביטן | מנחה: פרופ' אולג גנדלמן

This project explores the implementation of the intermodal targeted energy transfer (IMTET) mechanism for passive mitigation of a three-dimensional asymmetric linear oscillator subjected to blast excitation. We consider a mechanism for redistribution of the excitation energy among the oscillatory modes. The modal discussed is a three-dimensional oscillator, with three independent directions of translation, and three rotational directions. To achieve the IMTET phenomenon, an ellipsoidal cavity, with its origin slightly shifted from the center of mass, is introduced. In addition, the vibro-impacts are achieved by placing an internal fixed rigid core at the center of the mass. At rest, the center of mass coincides with the rigid core, but not with the center of the ellipsoidal cavity.

פרוייקט זה עוסק באפשרות ליישם מכניזם מעבר אנרגיה מכוון בין אופני תנודה (IMTET) עבור שיכוך פסיבי במודל תלת ממדי א-סימטרי של אוסילטור ליניארי בעירור הלם. מטרת המכניזם היא לפזר את אנרגיית העירור בין אופני התנודה השונים של האוסילטור. המודל הינו אוסילטור תלת ממדי בעל שלושה כיווני טרנסלציה בלתי תלויים, ושלוש דרגות חופש סיבוביות. כדי להביא לידי ביטוי את מכניזם ה-IMTET, במסה יש חלל בצורת אליפסואיד שמרכזו מוזז מעט ממרכז המסה.

כמו כן, בתוך החלל נמצאת ליבה קשיחה וקבועה במרחב שתגרום להתנגשויות. במנוחה, מרכז המסה מתלכד עם הליבה הקשיחה, אך לא עם מרכז חלל האליפסואיד.

## חקירה תרמומכנית של שבר דינמי במוד 2

## Thermomechanical investigation of dynamic fracture in Mode II

תמיר אלביק | מנחה: פרופ' דניאל ריטל

This research aims to explore the thermomechanical behavior of dynamic fracture in Mode II of titanium alloy, Ti-6Al-4V. The preliminary experiment involved growing a small fatigue crack in a pre-notched Ti-6Al-4V plate subjected to cyclic loading. The loading required for this fatigue crack was determined through the utilization of theoretical formulas and finite element analysis (FEA) using Abaqus software. The subsequent experiment planned involves conducting a "One-point impact" type experiment to explore the dynamic fracture behavior of Ti-6Al-4V under specific thermomechanical conditions. The experiment requires subjecting the Ti-6Al-4V specimen to a controlled impact at a single point using a split Hopkinson pressure bar. The experiment will consist observing and analyzing various aspects of the material's response to the applied impact load in the fracture area. This includes studying phenomena such as crack initiation and growth, energy absorption capabilities, adiabatic shear band eventuality, fracture patterns, and thermal effects, using synchronized high-speed camera, strain gauges, and a thermal camera. The findings will provide valuable information on fracture behavior and mechanisms under dynamic loading, enabling the development of more accurate fracture models.

פרוייקט מחקר זה יעסוק בחקירה תרמומכנית של שבר דינמי במוד 2 של סגסוגת טיטניום, Ti-6Al-4V. הניסוי הראשוני שעשינו כלל גידול סדק התעייפות קטן, בדגם מחורץ מראש של טיטניום שנתון לעומס מחזורי. העומס הנדרש לסדק ההתעייפות נקבע באמצעות שימוש בנוסחאות תיאורטיות ובאמצעות אנליזה באלמנטים סופיים, בתוכנת Abaqus. ניסוי ההמשך המתכונן מסוג "One-point impact" יחקור את התנהגות השבר הדינמי של הטיטניום בתנאים תרמומכניים ספציפיים. הניסוי כולל חשיפת הטיטניום לפגיעה מבוקרת, בנקודת מגע בודדת, באמצעות שימוש במוט הופקינסון (מוט לחץ). הניסוי ינתח את תגובת החומר לפגיעה באזור הסדק, הכוללת חקר תופעות כגון גדילת הסדק, יכולת ספיגת אנרגיה, אפשרות לחקר ASB, דפוס שבר והשפעות תרמיות. הניתוח יתבצע באמצעות שימוש במצלמה מהירה, מדי עיבור ומצלמה תרמית, המסונכרנים עם הניסוי. הממצאים מניסוי זה יספקו מידע חשוב על התנהגות הסדק בטיטניום תחת עמיסה דינמית ויכולים להוביל לפיתוח מודל שבר מדויק יותר.

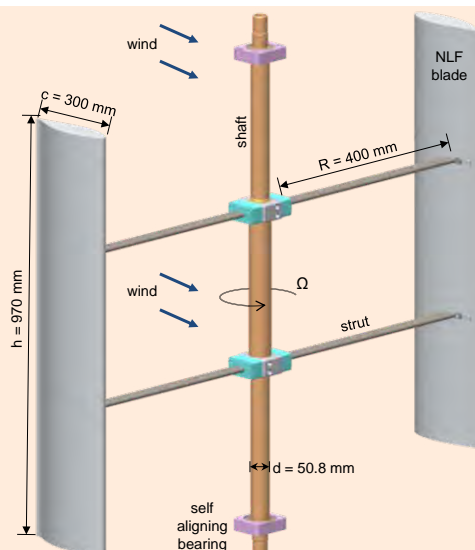
# אפיון אוויר-דינמי של טורבינת רוח אנכית המונעת על ידי הזדקרות דינמית

## Characterization of Dynamic-Stall-Driven Vertical Axis Wind Turbine Aerodynamics

מנחה: פרופ' דוד גרינבלט | יאיר ריינגוריץ

Vertical axis wind turbines (VAWT) are wind turbines that revolve around a vertical axis and are used to transform wind energy to rotational movement. In this project, we investigate the performance of a VAWT that is driven by the phenomenon of dynamic stall. This is done by pressure measurements on the turbine blade surfaces, flow visualization and flowfield measurements. Surface pressure measurements have never been performed on dynamic-stall-driven VAWTs and the data will grant us a deeper understanding of the flowfield and forces acting on the blades. These measurements will also provide accurate unsteady loads that will be used for the design of a field machine. In addition, dielectric barrier discharge plasma actuators will be mounted on the blades' leading-edges in order to maximize net turbine efficiency.

טורבינות רוח אנכיות הן טורבינות רוח שסובבות סביב ציר אנכי ומשמשות להמרת אנרגיית רוח לתנועה סיבובית. בפרוייקט זה אנו חוקרים ביצועים של טורבינה שמונעת על ידי תופעה של הזדקרות דינמית. החקר ייתבצע על ידי מדידות לחץ על פני להבי הטורבינה, הדמיית זרימה ומדידות בשדה הזרימה. מעולם לא נעשו מדידות לחץ על פני להבי טורבינות רוח אנכיות ותוצאות המחקר יספקו לנו הבנה טובה יותר של הזרימה והכוחות הפועלים על טורבינת רוח אנכית. מדידות אלו יספקו לנו עומסים תונדים מדוייקים יותר בהם נשתמש לעיצוב דגם לשימוש בשטח. בנוסף נשתמש במרעדים מבוססי פריקת חסם דיאלקטרי שימוקמו על שפת ההתקפה כדי לשפר את נצילות הטורבינה.



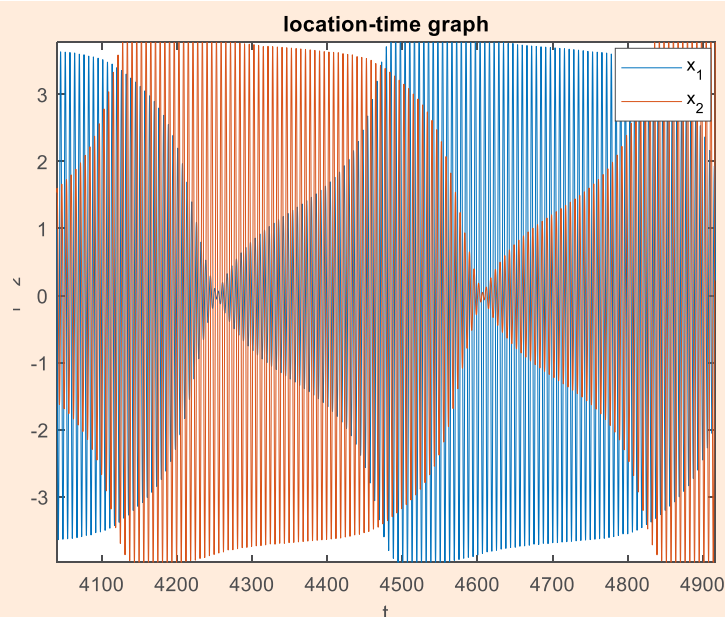
## סינכרון מודלי במערכת של מתנדים מצומדים בי-סטביליים ובעלי עירור עצמי

## Modal synchronization in a system of coupled bi-stable self-excited oscillators

יובל וולפוביץ' | מנחה: פרופ' אולג גנדלמן

The project discusses the phenomenon of modal synchronization in coupled modified Van der Pol oscillators and models with similar topology. The Van der Pol equation and its derivatives have multiple applications, such as in nonlinear optics, seismology, and radio electronics. The basic system that we will study consists of two Van der Pol oscillators that include higher orders of nonlinear damping, coupled linearly. In this project we will try to map the oscillations regimes in of the system and determine its stability using numerical and analytical methods.

בפרוייקט זה נדון בתופעת הסנכרון המודלי במתנדי ואן דר פול העברו שינוי קל, אך בעלי טופולוגיה דומה. למשוואת ואן דר פול היא משוואה ונגזרותיה יש שימושים רבים, למשל באופטיקה לא לינארית, סיסמולוגיה ואף באלקטרוניקת רדיו. המערכת אותה נחקור מורכבת משני מתנדי ואן דר פול בעלי ריסון לא לינארי מסדרים גבוהים, המצומדים באמצעות קפיץ לינארי. במסגרת הפרוייקט ננסה למפות את משטרי התנודות של המערכת, וננסה לקבוע את יציבותה באמצעות שימוש בשיטות נומריות ואנליטיות.



## ספיחה ומעבר מסה בתווך נקבובי של חומרים נדיפים

### The adsorption and mass transfer of volatile materials in porous media

יהונתן מרום | מנחים: פרופ' איל זוסמן, טל כרם

Due to the rise of asymmetric warfare and urban warfare, concealed IEDs (improvised explosive devices) have become a significant threat. As of today, detection equipment for IEDs is inadequate and their ability to be detected is uncertain. This project aims to study the mass transfer and adsorption in time and space of volatile IEDs through porous media such as walls. First, we studied the chemical composition, microstructure, and permeability of different configurations of walls with packages. Next, we found the Adsorption and Desorption constants and the permeability of a variety of volatile materials through a series of tests. We confirmed the mass transfer using finite element analysis. The results of this project will be a scientific infrastructure that will enable the creation of sensors and the training of sniffer dogs that can reliably detect volatile materials such as IEDs and even narcotics through a variety of porous media.

קירות ממולכדים במטעני נפץ מאולתרים הפכו לאיום משמעותי בשנים האחרונות עם התגברות הלוחמה האסימטרית והלוחמה בשטח בנוי. אמצעי הגילוי הקיימים היום של המטענים המוסלקים אינם נותנים מענה מלא וקיימות אי וודאויות לגבי יכולת הזיהוי שלהם. מטרת פרויקט זה היא ללמוד את מעבר המסה והספיחה בזמן ובמרחב של חומרי הנפץ הנדיפים בתווך נקבובי כדוגמת קירות. בשלב ראשון חקרנו את ההרכבים הכימיים, המיקרו מבנה והחדירות במתארים שונים של קירות עם מעטפות. בהמשך נמצאו קבועי הספיחה/שחרור והחדירות של החומרים הנדיפים בסדרה של ניסויים. מעבר המסה אומת באמצעות סימולציות אלמנטים סופיים. תוצאות פרויקט זה מהוות תשתית מדעית לפיתוח חיישנים ולאילוף כלבי הרחה שיוכלו לשמש לגילוי אמין של חומרים נדיפים מוסלקים כדוגמת חומרי נפץ ואף סמים במתארים נקבובים שונים.

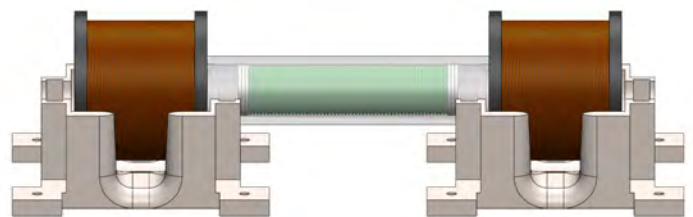
## אפיון מידול ואופטימיזציית מערכת ניסוי של אקטואטור אלקטרו-מגנטי עבור רכיבים מולטי-סטבילים גמישים

### Characterize, modeling and optimization of experimental system for electromagnetic actuation of multi-stable elastic elements

עומרי ברקוביץ | מנחה: פרופ"ח אמיר גת, סופי קופרמן

In the modern world there is a growing need to increase the amount of clean sources for energy production. In recent years, there have been growing efforts focused on the need to harvest energy from various processes and store it for future use. Previous studies have proven that energy can be stored using sealed multi-stable elastic elements [1]. In this study, these elements were used with the addition of magnetic discs on both sides of the element in order to activate them with a magnetic force. A running a current through a coil which is located near the element allowed us to produce an electromagnetic force which acts on the magnet attached to the element, resulting in an elastic deformation on the element. In order to characterize the relationship between the electromagnetic actuation and the behavior of the capsule, we performed experiments in a one-sided open capsule. The experimental system was built according to a few considerations: the geometric measurements of the capsule, the force that is required to move a single sub-element between stable states and the desired range of the volume change inside the capsule before and after applying the magnetic force. In the experiments, a relationship was found between the current running through the coil and the change in the volume of the element. This relationship is new knowledge in the field of multi-stable body research and could be the base for continued research of sealed elements. In addition, results of preliminary experiments for a sealed capsule show that while the capsule is under contraction using two coils, several sub-elements move between different stable states. This means that the volume of the capsule can be changed and the energy stored inside it can be released on demand.

בעולם המודרני ישנו צורך גובר בהגדלת כמות המקורות הנקיים להפקת אנרגיה. בשנים האחרונות ישנה מגמה אשר שמה במרכז את הצורך לקצור אנרגיה מתהליכים שונים ולאגור אותה לשימוש עתידי. דרך מחקרים קודמים, הוכח כי ניתן לאגור אנרגיה באמצעות אלמנטים אלסטיים מולטי-סטביליים אטומים [1]. במחקר זה, נעשה שימוש באותם אלמנטים בתוספת דיסקאות מגנטיות משני צידיהם על מנת לשפעל אותם ע"י כח מגנטי. העברת זרם בסליל שנמצא בסמוך לאלמנט איפשרה לנו לייצר כח אלקטרומגנטי הפועל על המגנט המוצמד לאלמנט וכתוצאה מכך העברנו את האלמנט שינוי אלסטי. על מנת לאפיין את הקשר בין השפועל האלקטרומגנטי לבין תגובת הקפסולה ביצענו ניסויים בקפסולה שאינה אטומה. מערכת הניסוי נבנתה תוך כדי התחשבות בגדלים הגאומטריים של הקפסולה, הכח הנדרש לשינוי תת-אלמנט יחיד בין מצבים יציבים וטווח שינוי הנפח הרצוי של הקפסולה טרם ולאחר הפעלת הכח. מתוך הניסויים נמצא קשר בין הזרם המופעל בסליל לבין השינוי בנפח האלמנט באופן עקיף. קשר זה הינו מודל חדש בתחום חקר הגופים המולטי-סטביליים ומהווה בסיס להמשך המחקר עבור אלמנטים אטומים. בנוסף, תוצאות ניסויים ראשוניות עבור קפסולה אטומה מציגות שבעת כיווץ קפסולה בין שני סלילים מספר תתי-אלמנטים עוברים בין מצבי יציבות שונים, כך שניתן לשנות את נפח הקפסולה ולשחרר את האנרגיה האגורה בתוכה על פי דרישה.



[1] Peretz, O., Ben Abu, E., Zigelman, A., Givli, S., & Gat, A. D. (2022). A metafluid with multistable density and internal energy states. Nature Communications, 13(1), 1810.

## מדידת נפחי עדשות נוזליות על-בסיס עיבוד תמונה

### Flipo - Fluidic Lenses Image Processing & Optimization

רותם בן אליעזר | מנחים: מר דניאל וידקר, פרופ' מורן ברקוביץ'

Fluidic Shaping uses surface tension to shape liquid polymers into useful optical shapes, which are then polymerized to yield solid optical components. Currently, the quality of the resulting optics is limited primarily by material shrinkage during polymerization. The FLIPO project aims to enable precise measurement of shrinkage in-situ and support the design and testing of new low-shrinkage materials. The product of the research is a fast, reliable, and convenient tool for quantifying the volume shrinkage in the process. The project focused on two main vectors: designing and building a mechanical setup for capturing high quality photographs of the lenses throughout the polymerization and implementing an image processing algorithm based on a simple modular code.

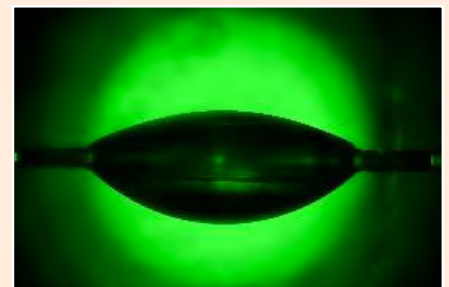
FLIPO's implementation includes both hardware and software aspect. The hardware is an imaging system where the liquid lens under investigation is accurately aligned and is back-illuminated to refract the light away, resulting in a sharp outline of the volume on the sensor. The software is implemented in MATLAB and uses the Canny edge detector algorithm to calculate the volume of the lens of each image during polymerization.

טכנולוגיית Fluidic-Shaping מתבססת על עקרון מתח הפנים על מנת לעצב פולימרים נוזליים לצורות אופטיות שימושיות, אשר לאחר תהליך הפלמור מניבות רכיבים אופטיים מוצקים. אולם, האיכות האופטית של הרכיבים המיוצרים בטכנולוגיה זו מוגבלת בעיקר בשל התכווצות החומרים במהלך הפלמור.

פרוייקט FLIPO נועד לאפשר מדידה מדויקת של ההתכווצות בזמן אמת ולתמוך בתהליך התכן והניסויים של חומרים חדשים בעלי התכווצות מעטה. תוצר הפרוייקט הינו כלי מהיר, אמין ונוח לכימות בזמן אמת של ההתכווצות המתרחשת בתהליך.

הפרוייקט התמקד בשני וקטורים עיקריים: תכן ובניית מערכת מכנית לצילום איכותי של העדשות לאורך תהליך הפלמור, וכתיבת אלגוריתם עיבוד תמונה המבוסס קוד פשוט ומודולרי.

המימוש של FLIPO מכיל הן היבט חומרתי והן היבט תכנותי. ההיבט החומרתי מתבטא במערכת צילום ייעודית בה העדשה הנוזלית הנמדדת מיושרת, ובאמצעות הארה אחורית - המובילה לשבירה של האור העובר בעדשה עצמה מחוץ לטווח החיישן - מתקבל קו מתאר חד של הנפח הנמדד בחיישן. ההיבט התכנותי ממומש בסביבת מטלב וליבתו היא שימוש באלגוריתם Canny לזיהוי שפות על מנת לחשב את נפח העדשה בכל תמונה במהלך הפלמור.



BERCOVICI FLUIDIC  
TECHNOLOGIES LAB

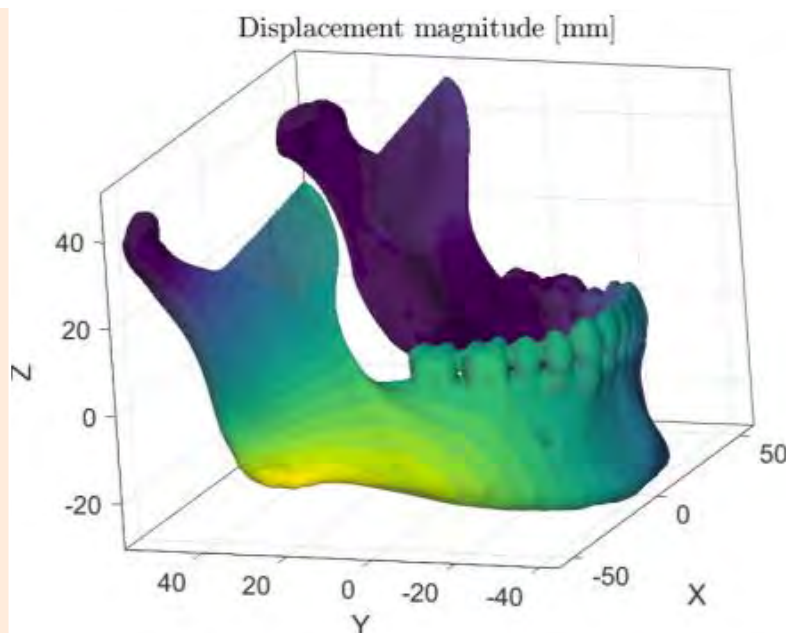
## המשמעות הביומכנית של האנטומיה הייחודית של הלסת בניאנדרטל: אנליזת אלמנטים סופיים השוואתית

### Biomechanical Implications of the Unique Neandertal Mandible: A Comparative FE Study

בן צרפתי | מנחים: ד"ר דנה סולב, ד"ר אסף מרום, ד"ר נולוון פוג'רון

The Neandertal mandible has unique anatomical elements, compared with the generalized hominin. While there is extensive literature on the biomechanical implications of the unique anatomy of the skull, less research has focused on the functional implication of the mandible. Part of the unique anatomy stems from the widening of the base of the coronoid process, which is at the heart of the present study. According to the anterior dental hypothesis, this configuration provides a biomechanical advantage over its generalized hominin homolog when anterior teeth are loaded. To test this hypothesis, we conducted finite element analyses of a generalized hominin and its neandertal modification, based on anatomical data segmented from human head CT scans, including regions of trabecular and cortical bone and tendinous attachment to mastication muscles. Using muscle forces data from the literature, we simulate mastication on different bite points along the dental arcade. Finally, by modifying the human mandible morphology at the sigmoid notch to mimic that of a Neandertal, we seek to isolate the adaptive significance of this unique morphology.

בלסת הניאנדרטל יש מבנים אנטומיים ייחודיים בהשוואה לצורת הלסת הכללית של הומינינים. בעוד שקיים מחקר נרחב בנושא המשמעות הביומכנית של הגולגולת, המחקר התמקד פחות במשמעות התפקודית של מבנים אלה בלסת הניאנדרטל. חלק מן האנטומיה הייחודית של הלסת נובע מהתרחבות בסיסו של זיז הקורונואיד, שהוא מוקד עבודה זו. לפי השערת העמיסה הדנטלית הקדמית, אלמנט זה מספק יתרון ביומכני בהשוואה לקונפיגורציה האנושית כאשר השיניים קדמיות מועמסות. כדי לבדוק זאת, ביצענו אנליזת אלמנטים סופיים של לסת אנושית ושל המודיפיקציות של הלסת הניאנדרטלית, המבוססים על סריקות CT של ראש אדם מודרני, מהן חילצנו את גיאומטריות העצם הקורטיקלית, העצם הטרבקולרית, ומיקומי שרירי הלעיסה. באמצעות נתונים מן הספרות על כוחות השרירים, יצרנו סימולציה על לעיסה על נקודות שונות לאורך קשת השיניים. לבסוף, על ידי שינוי מורפולוגיה הזיז הקורונואיד לזו של הניאנדרטל, בדקנו את המשמעות הביומכנית של אדפטציה זו והשוונו בין תפקודו הביומכני של הזיז הקורונואיד בלסת של הומינינים כלליים לבין הלסת של ניאנדרטל.





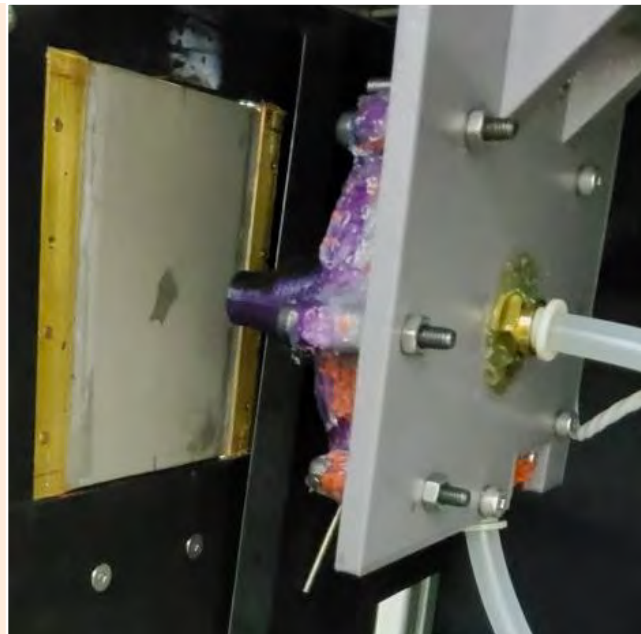
## שיפור מעבר חום באמצעות סילון קואקסיאלי (פועם) הפוגע במשטח

### Heat Transfer Enhancement by a (Pulsating) Co-axial Impinging Jet

טל מנדלסון | מנחה: פרופ"ח רנה ואן האוט

Impinging jets are widely used as a cooling technique in many different industrial applications due to their high heat transfer coefficients. In contrast to a single round jet, a coaxial jet is comprised of an inner round jet and a surrounding annular jet. For a given mass flow rate, this provides the opportunity to control the generated vortex patterns and strengths in the near-field of the coaxial jet. This is expected to further improve the heat transfer beyond that of a single jet. The aim of this research is to study the spatio-temporal convective heat transfer coefficient distribution of a coaxial impinging jet. The measurements are performed using high-speed infrared thermography imaging the temperatures of a thin flat 600nm thick, Joule-heated metal layer on top of a ceramic substrate. The test surface was specially designed with a low heat capacity, such that the fluctuating temperatures of the foil can be measured.

סילון הפוגע במשטח הוא טכניקת קירור הנמצאת בשימוש נרחב ביישומים תעשייתיים שונים, הודות למקדמי מעבר החום הגבוהים שלהם. בניגוד לסילון מעגלי יחיד, הסילון הקואקסיאלי מורכב מסילון מעגלי פנימי וסילון טבעתי חיצוני. עבור ספיקה מסית נתונה, הדבר מאפשר את היכולת לשלוט בתצורת וגודל הערבולים שנוצרים באזור שדה הזרימה הקרוב של הסילון הקואקסיאלי. יכולת זו צפויה לשפר עוד יותר את מעבר החום מעבר לזה של הסילון היחיד. מטרת המחקר היא לבחון את ההתפלגות בזמן ובמרחב של מקדם מעבר החום בהסעה של סילון קואקסיאלי הפוגע במשטח. המדידות מתבצעות באמצעות תרמוגרפיה אינפרא-אדומה במהירות גבוהה המציגה את הטמפרטורות של ציפוי מתכת דק בעובי 600 ננו-מטר, המחומם באמצעות זרם חשמלי המונח על מצע קרמי. משטח הניסוי תוכנן במיוחד עם קיבול חום נמוך, כך שהתנודות בטמפרטור ות של הרדיד יוכלו להימדד.



## בריחה מבור פוטנציאל תחת אילוצים סוב/סופר-הרמוניים

## Escape From Potential Well Under Conditions of Sub/Super-Harmonic Excitation

יובל קן צפור | מנחה: פרופ' אולג גנדלמן

This project deals with numerical investigation of the escape of a particle from one-dimensional potential well under conditions of sub/super-harmonic excitation. While investigating a potential well, the problem is governed by four parameters which dictate whether escape will occur – the initial location and velocity of the particle, the excitation amplitude and the excitation frequency. Thus, the majority of this numerical investigation is done in two avenues: Firstly, locating the escape boundary (The excitation amplitude for a various excitation frequencies) under initial conditions where the particle starts from rest at the centre of the well. Secondly, finding the safe-basin – the domain of initial conditions where the particle does not escape from the well for specific excitation amplitude and specific excitation frequency in the sub/super-harmonic domain.

פרוייקט זה עוסק בחקר נומרי של בריחת חלקיק מבור פוטנציאל חד-מימדי תחת אילוץ חיצוני סוב/סופר-הרמוני. במהלך חקירת בור פוטנציאל, הבעיה מכילה ארבעה פרמטרים עיקריים שקובעים האם תהיה בריחה מן הבור - מיקום התחלתי, מהירות התחלתית, גודל האילוץ החיצוני ותדר האילוץ החיצוני. לכן, עיקר המחקר הנומרי מתבצע בשני רבדים: הראשון, מציאת גבול הבריחה (גודל האילוץ עבור תדירויות אילוץ שונות) במצב בו החלקיק מתחיל במנוחה במרכז הבור.

השני, מציאת "האגן הבטוח" - תחום תנאי ההתחלה אשר אינם מגיעים לבריחה עבור גודל אילוץ קבוע ותדירות אילוץ קבועה בתחום הסוב/סופר-הרמוני.

## אגירת אנרגיית רוח לטווחים ארוכים וקצרים

### Short-Term and Long-Term Wind Energy Storage

אביב רוזנבלט | מנחה: פרופ' דוד גרינבלט

One of the main problems associated with wind energy is its intermittency and variability. This makes it difficult to predict and manage wind power generation efficiently and may pose a significant challenge for the integration of wind power systems. To address this problem, several energy storage methods have been proposed, namely, battery storage, compressed air storage, hydrogen fuel cells, or pumped storage. In this research, we study both short-term and long-term wind energy storage using novel approaches. Both approaches make use of a vertical axis wind turbine (VAWT) that is interface directly with a high-pressure positive displacement water pump. For short-term energy storage, rotational energy is stored by using the high-pressure water to drive an impulse turbine (Pelton Wheel) that incorporates a flywheel. For long term energy storage, the pumped water is sprayed into a pressure vessel. The combination of spraying and slow compression causes the air in the tank to be compressed isothermally and therefore very efficiently.

אחת הבעיות המרכזיות שקשורות באנרגיית הרוח היא התנדודות והחוסר הרציפות. דבר זה מקשה עלינו לחזות ולנהל את יצור אנרגיית הרוח בצורה יעילה מה שעלול להוות אתגר משמעותי באינטגרציה של מערכות לייצור אנרגיית רוח. בשביל לפתור בעיה זו, הוצעו מספר שיטות לאגירת אנרגיית הרוח, לדוגמה, אגירה באמצעות בטריות, אגירה בעזרת אוויר דחוס, תאי דלק מימן או אגירה שאובה. במחקר זה, נבחר אגירת אנרגיית רוח לטווח הארוך ולטווח הקצר בגישות חדשניות. בשתי השיטות נשתמש בטורבינת ציר אנכי שתתממשק באופן ישיר עם משאבת מים בלחץ גבוה. עבור אגירה לטווח הקצר, נשתמש במים בלחץ הגבוה על מנת להפעיל טורבינת דחף (גלגל פלטון) שמשלבת גלגל תנופה. עבור האגירה לטווח הארוך, המים ירוססו לתוך תא לחץ.

השילוב בין הריסוס לדחיסה האיטית גורמת לאוויר במיכל להידחס בצורה איזותרמית ולכן דחיסה מסוג זה יעילה ביותר.

## השפעות אווירודינמיות של מרעדי פלזמה מסוג DBD על כנף דו-גפיים עבור מל"טים קטנים Aerodynamic Effects of Plasma Dielectric Barrier Discharge Actuators on a Two-Element Airfoil for application on small UAV's

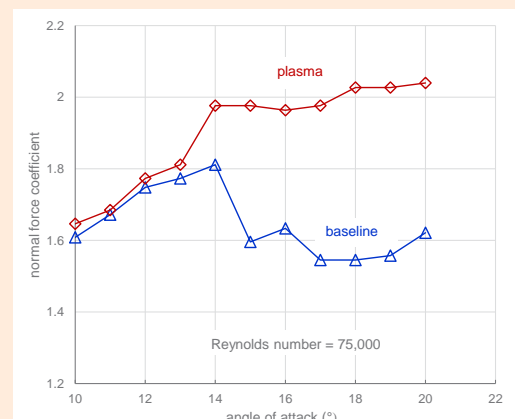
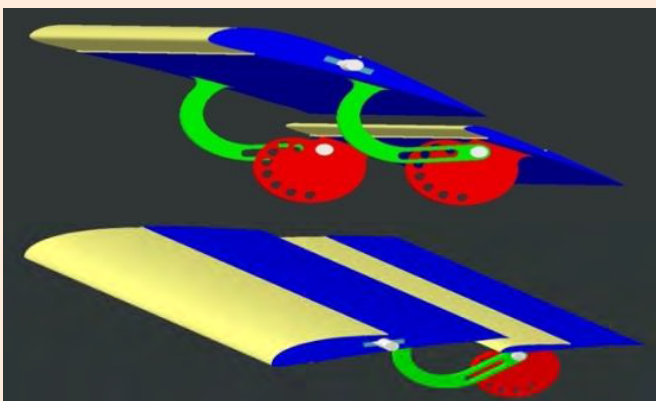
ירון קפלן | מנחה: פרופ' דוד גרינבלט

In this study, we explore the potential of a cutting-edge flow control technology called plasma dielectric barrier discharge (DBD) actuation in improving the performance of a twoelement airfoil under low Reynolds flows for application in small UAVs. The plasma actuators interact with the fluid instabilities and effectively reattach separated flow, and provide enhancements to the lift forces on the airfoil, especially in the post stall regime.

To conduct our research, we perform wind tunnel experiments using the MTD-120 airfoil profile ( $c = 80mm$ ), which is known for its high-lift capabilities. The initial experiments are carried out at Reynolds numbers of 75,000 and 120,000. The results of our experiments reveal significant improvements in both the maximum lift coefficient and post-stall lift coefficients, with increases of 0.2 and 0.5, respectively.

Thus far our experiments have demonstrated the successful ability of plasma actuators to enhance lift forces by up to in low Reynolds number flows (). Our future work will include varying the flap angle to determine the optimal configuration of the two element airfoil which yields the best performance enhancement in terms of lift and drag forces. Following that, the measured aerodynamic coefficients will be used as part of a system study, whose objective is to maximize fixed-wing UAV endurance.

במחקר זה, אנו בוחנים את הפוטנציאל של טכנולוגיית בקרת זרימה מתקדמת - מרעדים מבוססי פריקת חסם דיאלקטרי (DBD) על מנת לשפר את הביצועים של פויל בעל שני אלמנטים תחת זרימות ריינולדס נמוכות. ליישום במל"טים קטנים מפעילי הפלזמה פועלים באינטראקציה עם חוסר היציבות של הנוזל ומחברים מחדש זרימה מופרדת, ומספקים שיפורים לכוחות ההרמה על ציר האוויר, במיוחד במשטר שלאחר הגרר כחלק מהמחקר, אנו מבצעים ניסויים במנהרת רוח באמצעות פויל MTD-120, הידוע ביכולות ההרמה הגבוהות שלו. הניסויים הראשוניים מבוצעים במספרי ריינולדס של 75,000 ו-120,000 תוצאות הניסויים שלנו חושפות שיפורים משמעותיים הן במקדם העילוי המקסימלי והן במקדם ההתרוממות לאחר הגרר. עם עליות של 0.2 ו-0.5, בהתאמה עד כה הניסויים שלנו הוכיחו את היכולת המוצלחת של מפעילי פלזמה להגביר את כוחות העילוי בזרימות של מספר ריינולדס נמוך. העבודה העתידית שלנו תכלול שינוי זווית הדש כדי לקבוע את התצורה האופטימלית של הפויל בעל שני האלמנטים, אשר מניב את הביצועים הטובים ביותר, בפרט של כוחות העילוי והגרר. לאחר מכן המקדמים האווירודינמיים הנמדדים ישמשו כחלק ממחקר מערכת, שמטרתו למקסם את סיבולת המל"טים בעל כנפיים קבועות.

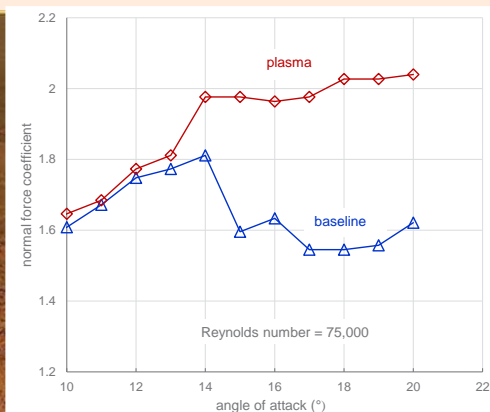
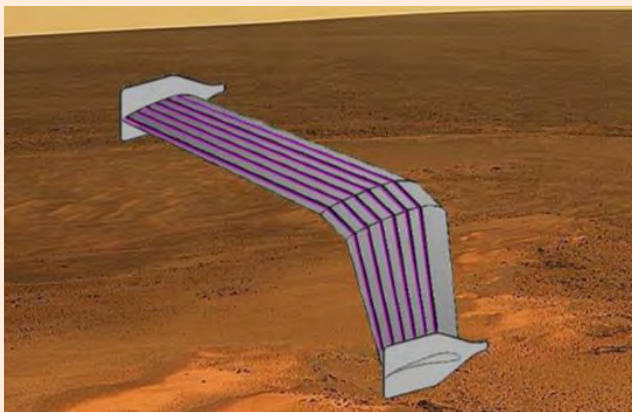


## השפעות אווירודינמיות של מרעדי פלזמה מסוג DBD על כנף דו איברי בסביבת מאדים Aerodynamic Effects of Plasma Dielectric Barrier Discharge Actuators on a Two-Element Airfoil in the Martian Environment

מנחה: פרופ' דוד גרינבלט | יותם גרנוב

In this study, we investigate the application of a burgeoning flow control technology known as plasma dielectric barrier discharge (DBD) actuation on a two-element airfoil encountering low Reynolds flows, in conditions similar to those in the Martian atmosphere. The plasma actuators excite fluid instabilities to reattach separated flow (stalled wings), thereby increasing lift forces and decreasing drag forces. Our wind tunnel experiments, with the high-lift MTD-120 airfoil profile (chord-length 80mm), are performed at Reynolds numbers near 75000, which is typical for large fixed-wing Mars flyers. Our experiments show significant increases in the maximum lift coefficient and post-stall lift coefficients, with values of 0.2 and 0.5 respectively. In future work we intend to emulate the Martian atmosphere more accurately in order to establish this technology as a viable solution for future Mars flight vehicles.

במחקר זה אנו חוקרים את היישום של טכנולוגיית בקרת זרימה מתפתחת הנקראת רעידת פלזמה מבוססת פריקת חסם דיאלקטרי (DBD) על כנף דו איברי שנתקל בזרימות עם מספר - ריינולדס נמוכות, בתנאים דומים לאלו באטמוספירת מאדים. מרעדי הפלזמה מעוררים אי יציבות - של זורמים כדי לחבר מחדש זרימה מופרדת (בכנפיים תקועים), ובכך להגביר את כוח העילוי ולהקטין את כוח הגרר. הניסויים שלנו במנהרת הרוח, עם פרופיל עילוי גבוה - MTD-120 (אורך מיתר 80 מ"מ), מבוצעים במספרי ריינולדס בסביבות 75000, מה שאופייני למטוסי מאדים גדולים בעלי כנפיים קבועות. הניסויים שלנו מראים עליות משמעותיות במקדם העילוי המקסימלי ובמקדם העילוי לאחר הזדקרות, עם ערכים של 0.2 ו-0.5 בהתאמה. בעבודה עתידית אנו מתכוונים לחקות את אטמוספירת מאדים בצורה מדויקת יותר על מנת להוכיח שטכנולוגיה זו היא פתרון בר קיימא עבור כלי טייס עתידיים במאדים.



## Upscaling Nano-drone propeller

**Uliana Fedoreeva** | Instructor: Prof. David Greenblatt

Nano-drones have garnered significant attention for their potential applications in various fields such as surveillance, rescue missions and environmental monitoring. The nano-propellers used on nano-drones operate at Reynolds numbers in the range of several hundred to several thousand, and therefore standard high Reynolds number rotor design techniques are not applicable. At these Reynolds numbers, where viscous effects are important, aerodynamic efficiency is low. In addition, manufacturing and assembling small-scale components is expensive and requires high precision techniques, and measuring small thrust and torque is limited by existing sensors capacity and accuracy. There is therefore a need to develop new, inexpensive, experimental techniques for the optimization of nano-propellers. This project is aimed at developing nano-propellers using a combination of dimensional analysis and rapid prototyping (3D printing). Dimensional analysis is employed by upscaling the rotor, submerging it in a water-glycerin solution, and reducing the rotational speed by a factor of approximately 1,000. This allows us

to achieve dynamic similarity, i.e., to identically match the Reynolds number of the nano-rotor. Furthermore, the relevant loads, namely rotor thrust and torque are easily measurable and hence the rotor disk-loading and Figure-of-Merit can easily be quantified. Finally, the upscaling also facilitates convenient use of 3D printing for the manufacture of the different rotor configurations.



## חקירת מנגנון ספיגת ההלם של ההידרוג'ל מתיל צלולוז

### Investigation of shock attenuation property of methylcellulose

מנחה: פרופ' דניאל ריטל | איתי דניאלי

Methylcellulose is an organic, common, and cheap hydrogel that is used in various industries. In recent research, it was found to have a superior shock attenuation property which is the ability to mitigate kinetic energy resulting from a non-penetrating impact. Since the gel has significant shock attenuation properties, we believe that it will be useful for body protection applications. The goal of the research is to understand the shock attenuation properties of methylcellulose and to get a deeper understanding of its thermomechanical properties and dissipation mechanisms. By doing so, more efficient and better use of methylcellulose in shock attenuation applications can be achieved.

מתיל צלולוז הוא הידרוג'ל אורגני, נפוץ בשימוש בשלל תעשיות וזול. במחקרים שנערכו לאחרונה גילו לו גם תכונות ספיגת הלם מכני- שהיא היכולת של חומר לספוג אנרגיה קינטית ולפזר אותה לסביבה או לאגור אותה. משום שלג'ל יכולת ספיגת הלמים משמעותית, אנו צופים לו שימושים במוצרי מיגון גוף. מטרת המחקר היא לאפיין את מנגנון ספיגת ההלם של מתיל צלולוז ובכך לקבל הבנה מעמיקה יותר על תכונותיו התרמו-מכניות. בכך, נוכל לאפשר שימוש יעיל ונכון יותר במתיל צלולוז למטרות ספיגת הלם.

## בקרה מונעת מנתונים: אנליזה של אלגוריתם DeePC

## Data-Driven Control: Analysis of DeePC Algorithm

נתנאל גנט | מנחה: ד"ר כריסטיאן גרוסלר

Research and implementation of a Data-Driven, closed-loop Control algorithm. The DeePC algorithm uses the inputs and outputs from a physical process to approximate its behavior and applies a Predictive Control algorithm to manipulate the system. The project's motivation: understanding Data-Driven Control methods and comparing them to more classical methods. Our goals are to understand the theory of the DeePC algorithm, to implement the algorithm in a SISO system, to modify the algorithm to include a regularization technique, and finally to implement the modified algorithm in a MIMO system. At each stage of the development, we will compare our results to those from PID and MPC controllers. In the future, we hope to test this algorithm on industrial robots.

מחקר ויישום של אלגוריתם בקרה מונעת מנתונים בחוג סגור. האלגוריתם DeePC משתמש בכניסות ויציאות של תהליך פיזיקלי להעריך את התנהגותו ומבצע אלגוריתם של Predictive Control כדי לתפעל את המערכת.

המוטיבציה של הפרוייקט: להבין שיטות בקרה מונעות מנתונים ולהשוות אותן לשיטות יותר קלאסיות.

המטרות שלנו הן להבין את התיאוריה של האלגוריתם DeePC, ליישם את האלגוריתם במערכת SISO, לשנות את האלגוריתם כדי שיכלול טכניקה של רגולריזציה, ולבסוף ליישם את האלגוריתם המותאם במערכת MIMO.

בכל שלב של הפיתוח נשווה את התוצאות שלנו לאלו מבקרי PID ו-MPC. בעתיד אנו מקווים לבחון את האלגוריתם על רובוטים תעשייתיים.



## מכניקת היווצרות דנדריטים בסוללות זרימה

### Dendritic growth mechanism in redox flow batteries

רועי בן שמעון | מנחה: פרופ"ח מתי סאס

The project's goal was to research the mechanism of dendritic growth in redox flow batteries during the charging and discharging phases. The dendrites phenomenon is a critical problem because it may create a short circuit inside the battery and lead to its failure, therefore knowing the factors which encourage dendritic growth is crucial. For the purpose of the study, a zinc bromine redox flow battery was built and examined during charging under certain conditions allowing accelerated dendritic growth. The research was composed of series of experiments examining the impact of flow rate and active area of the battery on the dendritic growth. During the charging phase the maximum voltage and the time it took to reach it, which feature the beginning of the dendritic growth, were documented. After the charging procedure the anode active area was scanned for its dendritic growth using profilometer analysis that showed the dendritic distribution and average height. The results were processed and then compared between different active areas and flow rates in order to characterize the dependance between the variables of the experiment and the mechanism of the dendritic growth.

מטרת הפרוייקט הינה חקר מכניקת היווצרות דנדריטים, הלא הם גידולי אבץ, בסוללות זרימה במהלך תהליך טעינה ופריקה. תופעת הדנדריטים מהווה בעיה חמורה העלולה להוביל להיווצרות קצר בסוללה ולהשבתתה ומכאן נובעת חשיבות הבנת הגורמים המעודדים את היווצרותם. לצורך המחקר נבנתה מערכת תא זרימה המדמה טעינה של סוללת אבץ ברום ומאפשרת גידול מזורז של דנדריטים כך שיהיה ניתן לאפיין את הגורמים להיווצרותם. המחקר הורכב מסדרת ניסויים שבחנה את השפעת מהירות הזרימה וגודל השטח הפעיל בסוללה על תהליך התפתחות הדנדריטים. במהלך טעינת התא תועד מתח התא המקסימלי והזמן עד לנקודה זו, המאפיינים את הנקודה בה הדנדריטים מתחילים להיווצר. לאחר הטעינה בוצעה סריקה על האנודה עליה נוצרו הדנדריטים באמצעות פרופילומטר לטובת מדידת התפלגות הדנדריטים בשטח הפעיל וכן את גובהם הממוצע.

התוצאות עובדו ובוצעה השוואה בין שטחי הפעולה השונים וכן בין מהירויות הזרימה השונות על מנת לאפיין את הקשר בין משתני הניסוי לבין מכניקת היווצרות הדנדריטים.

## שיטה לדירוג פונקציונלי של תכן להדפסה תלת ממדית

## A Functional Rating Method for Additive Manufacturing Design

רומן יוחננוב | מנחה: פרופ' ענת פישר, רונית שניאור

As of today, there are several AM technologies that have become accessible in the design domain (relatively small, easy to use, cheap and interfaced with CAD). Yet, printing settings and material features directly affect various properties of the object (mechanical, chemical, or other properties) and the process (i.e. production time and cost). Therefore, the mechanical design for 3D printing production is integrated and coupled with the production process parameters. Due to the coupling, finding the right formula for specific needs is often challenging – AM parts are heterogeneous and thus hard to analyze. On the other hand, quantified and digitized design features (i.e. morphology of a solid, material used) and manufacturing protocols (i.e. shell thickness, infill density) can be harvested and interpreted. Once the data entries are aligned together with the object's desired function (for example carabiner's function is to bear load), it is possible to make predictions regarding other designs for a similar function and test the prediction in a lab environment. To be able to generate such predictions, it is required to be able to access previous tests and interpret them in relation to the new design. In this project, a method is proposed for rating the quality of the design in conjunction with the production parameters in AM for a certain function. The test case is a carabiner and the function examined is the breaking force. The method is based on a neural network that is trained on the results of tensile tests of parts with characteristics created by a genetic algorithm. Those characteristics include print settings, material, printer as well as the binary morphology representation of the part.

נכון להיום, קיימות מספר טכנולוגיות לייצור בהדפסה תלת ממדית (AM) אשר הפכו נגישות בסביבת התכן (קלות לשימוש, זולות ומתממשקות עם מערכת ה-CAD). עם זאת, הגדרות ההדפסה ותכונות החומר משפיעות ישירות על תכונות שונות של התוצר (תכונות מכניות, כימיות או אחרות) ועל תהליך הייצור (כגון זמן ייצור ועלות). לפיכך, התכן המכני לייצור בהדפסה תלת ממדית משולב ומצומד עם פרמטרי תהליך הייצור. לעתים קרובות, נוכח הצימוד קשה למצוא את הנוסחה המתאימה לצרכים ספציפיים - חלקי AM הינם הטרוגניים, ולכן קשים לניתוח. מצד שני, תכונות תכן מכומתות (כגון מורפולוגיה של מוצק, חומר) ופרוטוקולי ייצור (כגון עובי מעטפת, צפיפות מילוי) ניתנות לאיסוף ולניתוח. לאחר שהנתונים מיושרים יחד עם הפונקציה הרצויה של האובייקט לדוגמה, פונקציה של קרבינר היא לשאת עומס), ניתן לבצע תחזיות לגבי תכנים מכניים אחרים עבור פונקציה דומה (או זהה) ולבדוק את החיזוי בסביבת מעבדה. כדי לייצר תחזיות כאלה, נדרש להתבסס על ניסויים קודמים עבור פונקציה דומה (או זהה) בעזרת כלי שידוע לפרש אותם לטובת התכן המכני המוצע. בפרוייקט זה מוצעת שיטה לדירוג של איכות התכן בצימוד עם פרמטרי הייצור ב AM עבור פונקציה מסוימת. מקרה הבוחן הינו קרבינר והפונקציה הנבחנת הינה כוח השבירה. השיטה מתבססת על רשת עצבית אשר מאומנת על תוצאות ניסויי מתיחה של חלקים בעלי מאפיינים שנוצרו על ידי אלגוריתם גנטי. מאפיינים אלו כוללים הגדרות הדפסה, חומר, מדפסת וכן את ייצוג מורפולוגיה בינארית של החלק.



## Turbulence Control and Characteristic in an Ignition Tunnel

אייל גראור | מנחה: פרופ' ג'וזף לפקוביץ'

The objective of the project is to control the turbulence in the ignition tunnel through characterizing the flow using Particle image velocimetry (PIV). PIV is a widely used optical method of flow visualization utilize a laser, fine particles, and a high-speed camera. It can measure the velocity field of the entire field of interest simultaneously. The project requires to apply PIV to characterize turbulence inside the ignition tunnel. Based on the velocity field information, we modify the tunnel inlet to control the tunnel's flow field and simulated target turbulence for ignition experiments.

מטרת הפרוייקט היא לשלוט במערבולות בתוך מנהרת רוח בעזרת אפיון הזרימה עם שיטת PIV.

שיטה אופטית זו נפוצה לאפיון משטרי זרימה. היא מורכבת מלייזר עוצמתי, עדשות היוצרות את שטיח הלייזר ומצלמות הלוך מהיר. בנוסף, נדרש להשתמש במכשיר המפזר חלקיקים בתוך הזורם על מנת שקרן הלייזר תוחזר מהם ונוכל לזהותם במצלמה. בעזרת שיטה זו ניתן למדוד את כל פרופיל הזרימה המבוקש. לצורך הפרוייקט יש להטמיע מערכת PIV במנהרה, ובהתאם לתוצאות הניסוי נשנה את תנאי הכניסה למנהרה כדי לשלוט בפרופיל הזרימה ובמערבולות בה בניסוי הצתה.

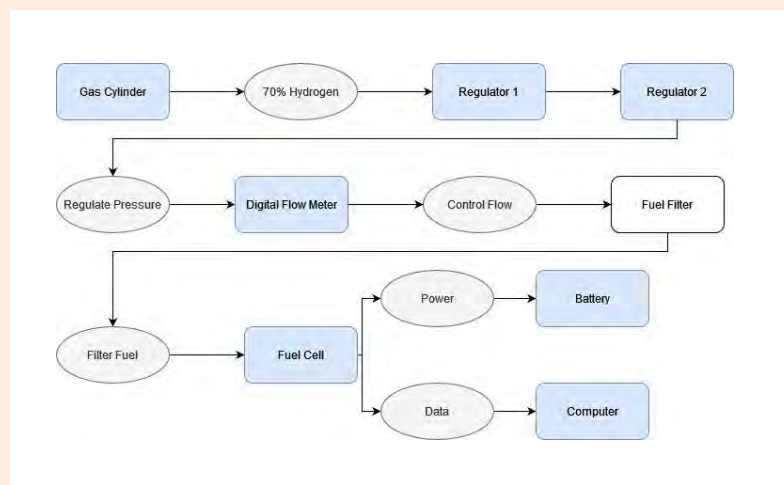
## פיתוח מערך ניסוי מעבדתי לחקירה של מחזור היברידי המשלב תא דלק, מנוע בעירה פנימית ושימוש בחום שיורי

### Development Of A Laboratory Experimental Setup For Investigation Of A Hybrid Cycle Combining Solid-Oxide Fuel Cell, Internal Combustion Engine And Thermochemical Recuperation Of Waste Heat

עומר וינטר | מנחה: פרופ"ח לאוניד טרטקובסקי

This project focused on the development of a research setup for a hybrid propulsion system that combines a fuel cell (SOFC), an internal combustion engine and the use of residual heat to reform Methanol as the main fuel source. Our goal is to collect empirical data on the efficiency of the fuel cell and its lifespan - the current-voltage curve of the cell depends on the incoming fuel flow, the temperature distribution of the cell throughout its operation, the temperature distribution of the exhaust gases and the composition of the emitted gases. The research included building the research setup, performing it with a purchased SOFC and performing tests under varying parameters. Theoretical calculations show a potential to improve the integrated system and in addition the Button fuel cell experiment also showed promising results by using the reformed fuel as a sustainable energy solution.

פרויקט זה התמקד בפיתוח מערך מחקר עבור מערכת הנעה היברידית המשלבת תא דלק (SOFC), מנוע בעירה פנימית ושימוש בחום שיורי לייצור רפורמט ממתנול כמקור הדלק העיקרי. מטרתנו הינה לאסוף נתונים אמפיריים על יעילות תא הדלק ואורך חייו - עקומת זרם-מתח של התא התלויה בספיקת הדלק הנכנסת, פילוג הטמפרטורה של התא לאורך פעילותו, פילוג טמפרטורת גזי הפליטה והרכב הגזים הנפלטים. המחקר כלל בניית מערך המחקר, ביצוע עם SOFC שנרכש וביצוע בדיקות תחת פרמטרים משתנים. חישובים תיאורטיים מראים פוטנציאל לשיפור המערכת המשולבת ובנוסף ניסוי Button fuel cell הראה גם הוא תוצאות מבטיחות ע"י שימוש ברפורמט כפתרון לאנרגיה בר קיימא.



## בדיקת היתכנות של הנעת כטב"מ בעזרת מערכת הנעה אלקטרו-תרמו-כימית משולבת

### Feasibility Analysis of Combined Electro- Thermo - Chemical Powertrain for U.A.V Propulsion

תומר ברוידא | מנחה: פרופ"ח לאוניד טרטקובסקי

The goal of this project is to conduct a feasibility analysis of a combined hybrid cycle of I.C.E and F.C for U.A.V propulsion. The analysis aims to determine whether the benefits of utilizing a Combined Electro Thermo Chemical Powertrain (C.E.T.C) would offer a worthwhile an improvement over existing propulsion systems (such as ICE) in energy conversion efficiency, and as a result an improved fuel consumption without sacrificing the required power density, and total propulsion system mass to complete the design objectives. To achieve said objectives, the cycle consists of a SOFC (Solid Oxide Fuel Cell), that enables us to use reformed fuel, which is reformed via a thermochemical reformer (TCR) that uses waste heat from the combustion to initiate the chemical reaction. The reformed fuel will be used to power both the internal combustion engine (ICE) and the fuel cell. The feasibility assessment will be conducted via using research conducted at the Technion Internal Combustion Engines Lab (TICEL). It will use a numeric FST- FTT model, which will be supplemented by previous work that examines the impact of increased altitude on the performance of an internal combustion engine (ICE).

מטרת הפרוייקט הינה לבצע בדיקת היתכנות להנעת כטב"מ בעזרת מערכת הנעה המשלבת מנוע בעירה פנימית, תא דלק ורפורמר תרמוכימי. מטרת הבדיקה הינה להעריך האם היתרונות של שימוש אלקטרו- תרמו כימי תאפשר שיפור משמעותי בנצילות מערכת ההנעה כולה, וכתוצאה מכך לשפר את צריכת הדלק הכוללת של הכטב"מ, ועדיין לעמוד בדרישות המערכת הקשורות לצפיפות הספק ומסה כוללת ע"מ לעמוד במטרו תהתכן. על מנת להשיג מטרות זו נשתמש בתא דלק מסוג SOFC, משום שזה מאפשר לנו להשתמש בסוג דלק אחד עבור המערכת כולה, שצריך לעבור פירוק ברפורמר תרמו כימי (TCR), שישתמש בחום הנפלט ממנוע הבעירה ותא הדלק גם יחד. נבצע את הערכת הסבירות בעזרת מודל נומרי FST -FTT ובעבודה קודמת שנעשתה במעבדה למנועי בעירה פנימית (TICEL) שבדקה את השפעת השינויים בגובה על ביצועיו של מנוע בעירה פנימית. בעזרת שילוב של עבודות קיימות אלו עם אנליזה שנבצע בעצמנו נרצה להשיג הבנה עמוקה יותר להיתכנות ולפוטנציאל ולכדאיות של שימוש במערכת הנעה כזו עבור כטב"מים.

## “גלשן עורקים” התקן מסייע לבידוד וטיפול במפרצות

### “VasoSurfer” - intra-arterial device to isolate and treat aneurysms

דמיטרי קורנייב | מנחים: יבגני קריינין, פרופ' ח נתנאל קורין

The main risk associated with brain aneurysms is their rupture, which results in bleeding in the brain and is the leading cause of hemorrhagic stroke. There are currently two main methods for aneurysm treatments: surgical clipping and endovascular coiling. The first method is invasive, and the latter has low effectiveness over time and may require additional future treatment. Our aim is to perform a proof-of-principle study on a novel localized intravascular treatment strategy by developing a device that allows, through a mechanism of surface tension, to “surf” to the disease site where treatment is required, to isolate it, and enable targeted drug delivery while maintaining blood flow through the device during the treatment.

הסיכון העיקרי כתוצאה מהתפתחות מפרצת במוח הוא התפוצצותה וגרימת דימום במוח שהינו הגורם המוביל לגרימת שבץ מוחי. כיום, שתי שיטות עיקריות לטיפול במפרצות. האחת, חסימת המפרצת בעזרת מהדק יי עודי והשניי ה מילוי המפרצת ע"י סליל אשר מובל למפרצת באמצעות צנתר. השיטה הראשונה פולשנית מאוד, והאחרונה בעלת יעילות נמוכה לאורך זמן ולרוב נדרש טיפול נוסף לאחר ביצועה. מטרתנו היא לבצע בדיקת התכנות ראשונית, לגישה חדשנית של טיפול מקומי. זאת ע"י פיתוח התקן ייעודי המאפשר ע"י מנגנון של מתח פנים, "לגלוש" למיקום בו נדרש הטיפול, לבודד אותו, ולאפשר מתן טיפול תרופתי באופן ממוקד תוך שמירה על זרימת הדם דרך ההתקן.

## מידול וניתוח תנועות של אתלטים באמצעות חיישנים לבישים

### Modeling and Analyzing Athlete Movements Using Wearable Sensors

אריאנה פדרסן | מנחה: פרופ' מ' אריאל פישר

Biomechanical kinematics analysis can provide valuable insights for athletes to enhance their performance, allowing coaches to measure the effectiveness of training methods and techniques. It can also provide valuable information regarding injury risk and rehabilitation. IMU sensors play a crucial role in collecting real-time motion data, enabling athletes and coaches to receive immediate feedback and conduct retrospective analysis. Unlike the past, where such measurements were limited to laboratory settings, advancements in small wearable sensors now allow for data collection outside of the lab without disrupting an athlete's normal training conditions. ... Our objective is to provide elite athletes with this data collection and analysis capability. By utilizing commercially available wearable sensors that record the data on smartphones, we can gather motion data during training sessions. Through ng sensor fusion and biomechanical models, this data is transformed into a comprehensive motion study, facilitating the identification of correlations between motion and performance. This enables coaches and athletes to evaluate their results based on evidence-based practices, ultimately promoting performance enhancement and injury prevention.

באמצעות ניתוח ביומכני, ניתן לספק לאתלטים מידע שיאפשר להם לשפר את הביצועים האישיים שלהם ויאפשר למאמנים למדוד את היעילות של שיטות אימון. בנוסף ניתן לספק מידע חיוני למניעת פציעה ושיקום. חיישני IMU ממלאים תפקיד מפתח במדידת נתוני תנועה בזמן אמת, ומהן ניתן לבנות תמונה של תנועת הגוף במהלך האימון. בעבר מדידות כאלה הצריכו תנאי מעבדה, אך בשנים האחרונות, פיתוחים בתחום החיישנים הלבישים מאפשרים איסוף נתונים מחוץ למעבדה, מבלי לפגוע בתנאי האימון השגרתיים של האתלט. מטרת המחקר הזה היא להנגיש את האיסוף, העיבוד והניתוח של הנתונים לאתלטים תחרותיים. ע"י שימוש בחיישני תנועה לבישים ועמידים למים שזמינים לרכישה כמוצר מדף (Movesense), וניתנים לשליטה מטלפון חכם, אנו מקליטים את המידע מהאימון. באמצעות שיטות Sensor Fusion, ומודלים ביומכניים המותאמים לאתלט, מתקבל תיעוד מקיף של תנועת הגוף במהלך האימון. מכאן ניתן לזהות קורלציות בין אופני תנועה שונים לביצועים. כך מתאפשר מהם אתלטים, מאמנים וחוקרים יכולים להסיק מסקנות מבוססות-נתונים לשיפור הביצועים האישיים ומניעת פציעות.

## סקירת מאגרי אנרגיה מכאניים

## Review of mechanical energy storage systems

מנחה: פרופ' ערן שר | חנה סמואלס

In this project, extensive research was done on mechanical ESS with an emphasis on compressed air energy storage system (ESS). It provides an explanation on each system, its advantages and disadvantages, graphs that show the increase in research over the years and major ESS projects influenced by the increase in research. Furthermore, extensive mathematical developments were done to obtain a mathematical model to describe the theoretical energy per unit mass of the system, through which the limiting factors of the system can be understood. The mechanical energy storage systems reviewed were compressed air, flywheels, pumped hydro and elastic energy. For compressed air ESS, graphs were made from which the effect of the initial pressure of the system, of the material of the systems tank and of the systems volume, on the required wall thickness of the systems tank. An additional graph was presented showing the effect of the initial pressure on the theoretical energy per unit of mass of the system. Finally, a comparison of the amount of theoretical energy per unit mass between the various systems was made.

בפרוייקט זה התבצע סקר נרחב של מאגרי אנרגיה מכאניים בדגש על מאגרי אוויר דחוס. בסקר הובא הסבר על כל מאגר, יתרונותיו וחסרונותיו, גרפים המתארים את עליית המחקר בו לאורך השנים ומאגרים מרכזיים שנבנו בהתאמה לעלייה במחקר. כמו כן, הובאו פיתוחים מתמטיים נרחבים לקבלת מודל מתמטי המתאר את האנרגיה התיאורטית ליחידת מסה של המערכת, באמצעותה ניתן להבין את הגורמים המגבילים של צורת האגירה. מאגרי האנרגיה המכאנית שנסקרו הינם מאגרים של אוויר דחוס, גלגל תנופה, אנרגיה שאובה ואנרגיה אלסטית. עבור מאגרי האנרגיה של האוויר הדחוס, הובאו גרפים מהם ניתן לראות את ההשפעה של הלחץ ההתחלתי של המערכת, החומר ממנו המאגר בנוי ונפח המאגר על עובי הדופן הנדרש של המאגר. כמו כן, הובא גרף המתאר את השפעת הלחץ ההתחלתי של המערכת על האנרגיה התיאורטית ליחידת מסה.

לבסוף, התבצעה השוואה בין מאגרי האנרגיה השונים עבור כמות האנרגיה התיאורטית ליחידת מסה במאגר.





## לקראת נקודות ייחודיות ממשיות במערכות אלסטודינמיות משמרות

### Towards real exceptional points in conservative elastodynamics

מנחה: פרופ"ח גל שמואל | גיא ארבר

The normal modes of non-Hermitian systems coalesce at the so-called exceptional points (EPs) of their spectrum. These degeneracy points are the source of unusual phenomena, such as super-sensitivity, negative refraction and wave stopping. In this work we are looking for degeneracies of that kind in a periodic laminate comprised of conservative elastic layers. The modes of such systems are called Bloch modes. Our goal is to find degeneracies of propagating modes, namely propagating waves, characterized by a real Bloch number. To do so, we formulated the normal modes problem of a unit cell with three anisotropic layers, a problem that produced complex degeneracies. Afterwards we were able to trace a sequence of isolated EPs with decaying imaginary part of the Bloch wavenumber using logical gradual change of the laminate parameters. This work is a milestone on the way towards finding real degeneracies identified with propagating waves.

אופני התנודה העצמיים של מערכות לא הרמיטיות מתלכדים תחת תנאים מסוימים בנקודות הנקראות נקודות ייחודיות. נקודות התנוונות אלו הן המקור לתופעות ייחודיות, כמו חישת על, שבירה שלילית ועצי רת גלים. בעבודה זאת אנו מחפשים נונים מסוג זה בחומר מחזורי העשוי משכבות אלסטיות משמרות. אופני התנודה של מערכות אלו נקראים אופני בלוך. מטרתנו למצוא נונים של אופנים מתקדמים, קרי גלים מתקדמים, המאופיינים במספר בלוך ממשי. למטרה זו, ניסחנו את בעיית האופנים העצמיים של תא יחידה בעל שלוש שכבות אנאיזוטרופיות, בעיה שהולידה נונים קומפלקסים. לאחר מכן הצלחנו להתחקות אחר רצף של נקודות ייחודיות מבודדות המציגות דעיכה של הרכיב המדומה של מספר בלוך על ידי שינוי הדרגתי מושכל של פרמטרי החומר המרובד. עבודה זו מהווה אבן דרך לקראת מציאת נונים ממשיים המזוהים עם גלים מתקדמים.

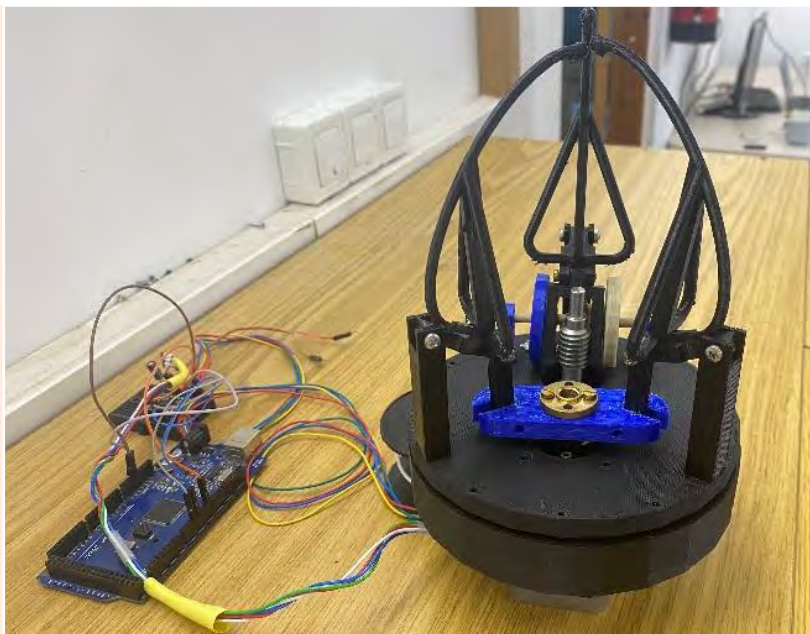
## עיצוב וייצור של תפס תלת אצבעות לחפצים בצורת צילינדר

## Design and Production of a Tri-Finger Gripper for Cylinder-Shaped Objects

Yousef Darwish, Zhiyuan Li | Instructors: Prof. Elon Rimon, Alon Shirizly

The purpose of this project is to design and build a tri-finger gripper which is capable of grasping cylinder-shaped objects with no-friction contacts and against gravity in the experiment. As part of the project, multiple designs were proposed and kept being selected and modified until an appropriate prototype was determined. Then, the gripper was manufactured and assembled, and its feasibility was proven by the on-hand preliminary testing. In the next stage, our group integrated the Arduino-powered gripper with ROS and created an interface between the gripper and the robotic arm. Last, the grasping test was performed by controlling both the arm and gripper through ROS.

מטרת פרויקט זה היא לתכנן ולבנות תפסן תלת אצבעות שמשוגל לאחוז באובייקטים בצורת גליל עם מגעים ללא חיכוך ונגד כוח הכבידה בניסוי במסגרת הפרוייקט הוצעו מספר עיצובים והמשיכו להיבחר ושוננו עד שנקבע אב טיפוס מתאים לאחר מכן התפסן יוצר והורכב והיתכנותו הוכחה בבדיקה מקדימה ויצרה ממשק בין התפסן ROS בשלב הבא, הקבוצה שלנו שילבה את הגריפר המופעל על ידי ארדואינו עם ROS לזרוע הרובוטית לבסוף בדיקת האחיזה בוצעה על ידי שליטה הן בזרוע והן בתפסן באמצעות ROS.



## חקירת השינויים המתרחשים בשכבת הפסיבציה בטיטניום עקב חשיפה לתנאים המדמים את פה האדם - מחקר In vitro Studying the changes in titanium oxide layer due to exposure to intraoral simulating conditions - in vitro study

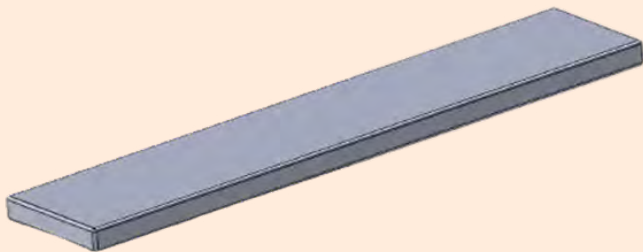
יהונתן מיארה | מנחים: פרופ' דניאל ריטל, ד"ר קרן שם-טוב יונה

Titanium is considered a highly biocompatible metal, and it has been vastly used in the dental industry to fabricate dental implants. This metal's biocompatibility derives from its passive oxide layer which promotes the osseointegration process. SBF (simulated body fluids are solutions) used in vitro to simulate fluids in the human body, and here the oral cavity. Peri-implantitis is a common disease believed to be caused by bacterial biofilm which affects the implant by loss of anchorage on the bone and eventually rejection.

In this study, we would like to characterize the contrast between samples subjected to different mechanical loads in different environments, and identify how each environment altered the sample and its characteristics. This study will concentrate on the evolution of the protective oxide layer after exposure, as characterized by electron microscopy and microanalysis.

טיטניום הי נה מתכת ביו-קומפטבילית מאוד, והיא משומשת רבות בתעשיית השיניים לייצור שתלים דנטליים. ביו-קומפטביליות של מתכת זו נובעת משכבת הפסיבציה שלה המקדמת את תהליך ההשתלבות בגוף האדם. SBF הן תמיסות שמשתמשים בהם במעבדה כדי לדמות נוזלים המיוצרים ומשומשים על ידי גוף האדם, וכאן בסביבת הפה. פרי-אימפלנטטיס היא מחלה שכיחה אשר מאמינים שהיא נגרמת על ידי חיידקי ביופילם, משפיעה על טיב ההתמקמות של השתל בלסת ובסופו של דבר גורמת לדחייה.

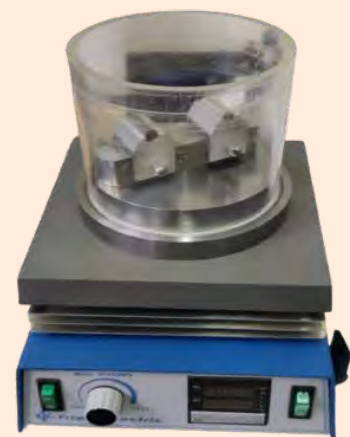
במחקר זה ברצוננו להבין ולבחון את הניגודיות בין דגמים שעברו עומסים מכניים שונים בסביבות שונות, וגם כיצד כל סביבה ועומס שינו והשפיעו על מאפייני כל דגם לחוד. מחקר זה יתמקד באבולוציה של שכבת הפסיבציה לאחר חשיפה לסביבה עוינת והיא תאופיין על ידי מיקרוסקופ אלקטרוניים ומיקרו-אנליזה.



*Titanium Sample*



*Dental Implant*



*3-point bend device*

## התקנים פייזואלקטריים במיקרומערכות

## Piezoelectric devices in microsystems

מנחה: פרופ' דוד אילתה | אליה סלמן

Piezoelectric materials are widely used in MEMS devices. These materials are very effective in converting mechanical energy to electrostatic energy, and vice versa. This energy conversion is enabled due to the spontaneous polarization that is inherent to piezoelectric materials. In general, piezoelectric materials can be categorized into two types: The first is ferroelectric materials in which the piezoelectric polarization may be reoriented, and the second is non-ferroelectric materials in which polarization is fixed and cannot be altered.

The aim of this research project is twofold: first we will revisit various theoretical aspects of the electromechanical properties of piezoelectric materials. Specifically, we would like to provide simple and insightful explanations, that would make it easier to comprehend this complex electromechanical response. The second aim, which has more practical value, is to examine possible schemes for producing passive force sensors. One issue with ferroelectric piezoelectric materials, is that as result of extensive use and loading, the poling may diminish over time. The force sensor that we aim to develop will enable simple re-programming of poling using the same electrodes that will be used for sensing.

חומרים פייזואלקטריים נמצאים בשימוש רחב בהתקני MEMS. הודות ליכולתם להמיר אנרגיה מכנית לאנרגיה חשמלית, ולהפך. המרת האנרגיה מתאפשרת בזכות פולאריזציה ספונטנית המופיעה בחומרים אלו. באופן כללי, חומרים פייזואלקטריים מחולקים לשתי קטגוריות: הראשונה היא חומרים פרואלקטריים בהם כיוון הפולאריזציה ניתן לשינוי, השנייה היא חומרים שאינם פרואלקטריים בהם הפולאריזציה קבועה ואינה ניתנת לשינוי.

מטרת המחקר מחולקת לשני חלקים: הראשון הוא לבחון אספקטים תיאורטיים של תכונות אלקטרומכניות בחומרים בפייזואלקטריים. באופן ספציפי, נרצה לספק הסבר פשוט ומלא תובנה, אשר יסייע להבין את התגובה האלקטרומכנית המורכבת בחומרים אלו באופן יותר קל. החלק השני, אשר יותר פרקטי הוא לבחון סכמות לייצור חיישני כוח פאסיביים. בעיה מהותית בחומרים פרואלקטריים פייזואלקטריים היא שכתוצאה משימוש נרחב והעמסה, הפולאריזציה בחומר יכולה להתפוגג לאורך זמן.

חיישן הכוח שאנחנו רוצים לפתח יאפשר תכנות מחדש של הפולאריזציה בעזרת שימוש באותן אלקטרודות שישמשו לחישה.

## השפעתו של מכשיר לביש חדשני עם זיהוי הליכה וגירוי על נקעים לטרלים בקרסול

### Effects of an Innovative Wearable Device with Gait Detection and Stimulation on Lateral Ankle Sprains

יגל בליקוף | מנחים: ד"ר אריאל פישר ומר' ניצן ברייטמן

In this study, we examined the effect of an innovative wearable device designed to alleviate pain and improve movement patterns, for lateral ankle sprain patients. Our primary objective is to assess the effect of intermittent vibration on ankle kinetics and kinematics subacute lateral ankle sprain patients .

The wearable device that was developed in a previous study activates the somatosensory system of the lower leg by applying intermittent mechanical vibration and passive contact pressure. To capture and detect participants' walking patterns, a gyroscope sensor was placed on the shank. Additionally, we used an opto-electronic motion capture camera system and two force plates to collect kinematic and kinetic measurements. By processing and analyzing the collected data, we aimed to evaluate the effects of the wearable device on the participants' motion patterns. The utilization of this wearable device shows promising potential in optimizing the rehabilitation process for patients with ankle sprains. Its capabilities extend to addressing muscle weakness, providing pain relief, and enhancing movement patterns.

במחקר זה, בדקנו את השפעתו של מכשיר לביש חדשני, שמטרתו להקל על כאב ולשפר את דפוסי התנועה עבור חולי נקע לטרלי בקרסול. מטרתו העיקרית של המחקר, להעריך את ההשפעה של רטט לסירוגין על קינטיקה וקינטיקה של חולי קרסול לטרלי תת-אקוטיים.

המכשיר הליביש שפותח במחקר קודם, מפעיל את המערכת הסומטו-סנסורית של הרגל התחתונה על ידי הפעלת רטט מכני לסירוגין ולחץ מגע פסיבי. כדי ללכוד ולנתח את דפוסי ההליכה של המשתתפים, השתמשנו בג'ירוסקופ, שהונח על השוק. בנוסף, השתמשנו במערכת מצלמות ללכידת תנועה אופטו-אלקטרונית ושתי לוחות כוח כדי לאסוף מדידות קינטיקה וקינטיקה. על ידי עיבוד וניתוח הנתונים שנאספו מטרתנו הייתה להעריך את ההשפעות של המכשיר הליביש על דפוסי התנועה של המשתתפים. שימוש במכשיר לביש זה, מראה פוטנציאל מבטיח באופטימיזציה של תהליך השיקום עבור חולים עם נקע לטרלי בקרסול. כמו כן, יכולתו של המכשיר מתרחבת לטיפול בשרירים חלשים, מתן הקלה בכאב ושיפור דפוסי תנועה.

## מערכת היגוי עבור רובוט חופר תת-קרקעי בעזרת רובוט מקבילי

## Parallel Robot Steering System for a subterranean burrowing robot

אור ברנר | מנחים: פרופ"ח אמיר דגני ומר ניצן מקמל

This project focuses on the design and implementation of a steering system for a subterranean burrowing robot using a 3RPS parallel robot configuration. A parallel robot of this configuration consists of 3 arms constructed with revolute joints, an active prismatic joint, and a spherical joint, with a fixed platform and a movable platform. The objective is to create an efficient and flexible system capable of precise movement, mimicking the locomotion of a worm in complex environments. The project includes mechanical design and stimulation of the forces acting on the steering mechanism. The project demonstrates the potential for achieving precise and flexible locomotion in constrained spaces, explores different options within the parallel robot family, considers the workspace and singularities of the robot, and examines its load-bearing capacity.

פרוייקט זה מתמקד בתכנון וביישום מערכת היגוי עבור רובוט חופר תת-קרקעי באמצעות רובוט מקבילי בתצורת 3RPS. תצורה של רובוט מקבילי זה בעלת 3 זרועות הבנויות ממפרק סיבובי, מפרק לינארי אקטיבי ומפרק ספרי, מפלטה נייחת ופלטה ניידת. מטרת הפרוייקט היא ליצור מערכת יעילה וגמישה המסוגלת לבצע תנועה מדויקת שמדמה את תנועת התולעת בסביבות מגוונות.

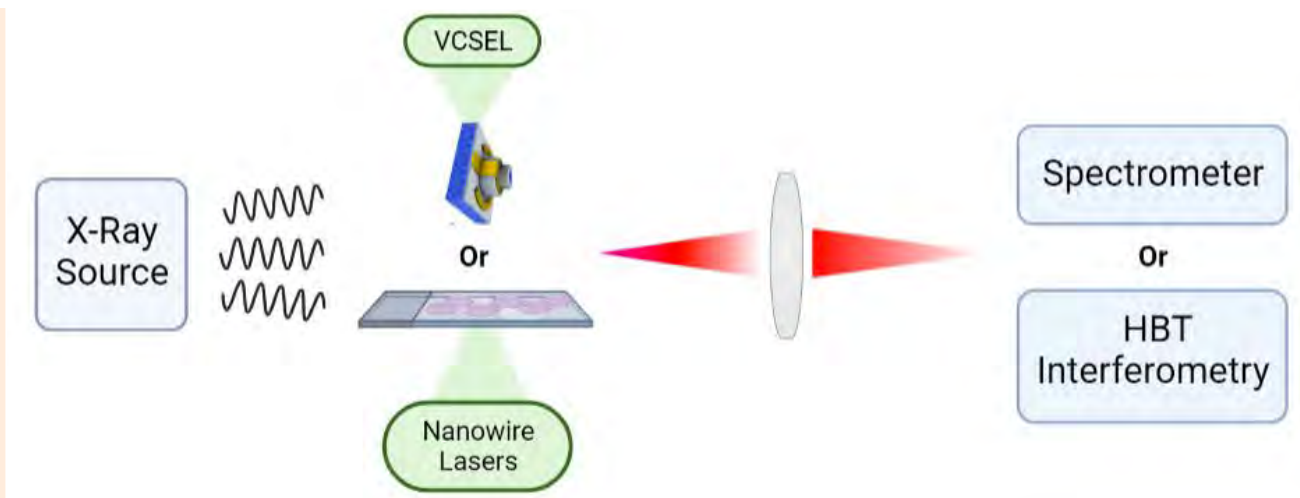
הפרוייקט כולל תכנון מכאני וסימולציות של המאמצים הפועלים על מנגנון ההיגוי. הפרוייקט מדגים את הפוטנציאל להשגת תנועה מדויקת וגמישה במרחבים מוגבלים, בוחן את החלופות השונות הקיימות במשפחת הרובוטים המקביליים, את מרחב העבודה והסינגולריות של הרובוט ואת העמידה בעומסים רבים.

## X-Ray Pumped Laser – Proof of Concept

יניב אגוזי | מנחים: פרופ' עדו קמינר, מר שאול כצלסון

The goal of this research is to show proof of concept of a laser, pumped by highly energetic photons in the X-ray regime, employed by one of two approaches. Either pumping by x-ray to induce lasing, or electronic near threshold bias that will tip to lasing under x-ray excitation. The first approach's experiments consist of an X-ray source emitting on a laser's gain medium, whereas the latter approach's experiments include an added current source for a current bias. Throughout the project, several setups and lasers are being experimented on, including several InGaAs VCSEL (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser) and lab grown CsPbBr<sub>3</sub> Perovskite crystal nanowire lasers. The laser output is then collected by a lens and detected by a spectrometer or an HBT interferometry setup with the capability to measure  $g^{(2)}(\tau)$ , the time dependent statistics of arriving photons.

מטרת מחקר זה הינה להראות הוכחת היתכנות של לייזר השאוב על ידי פוטונים אנרגטיים בתחום קרני ה-X, הפרוייקט יתבצע באחת משתי גישות. הראשונה הינה שאיבת לייזר על ידי קרני X ליצירת לזירה, או לחילופין בעזרת הוספת זרם חשמלי קבוע בקרבת סף הלזירה כאשר תחת עירור קרני X תיווצר לזירה. הניסויים של הגישה הראשונה כוללים מקור קרני X הקורן על תווך ההגברה של הלייזר, כאשר הגישה השנייה מכילה מקור זרם עבור הוספת זרם חשמלי קבוע. לאורך הפרוייקט מספר מערכות ניסוי הורכבו וכן כמה סוגי לייזר נבדקו, ביניהם דיודות לייזר מסוג InGaAs VCSEL, וכן לייזרי ננו-חוטים מקריסטל פרובסקיט CsPbBr<sub>3</sub> אשר גודלו במעבדה. פלט הלייזר נאסף על ידי עדשה ולאחר מכן נקלט על ידי ספקטרומטר או לחילופין על ידי מערך אינטרפרומטריית HBT עם היכולת למדידת  $g^{(2)}(\tau)$ , הסטטיסטיקה תלוית הזמן של פוטונים.



## לשלוט בשבר: גישת רשת עצבית לבקרת ניסויי גידול סדק

## Controlling the Crack: A Convolutional Neural Network Approach for Closed-Loop Crack Growth Experiments

מנחה: פרופ"ח שמואל אוסובסקי | דניאל רייטר

Fracture toughness (KIC, JIC ) is an essential parameter for design of mission-critical, load bearing structures. The estimation of JIC from experimental data is mostly restricted to standardized closed form solutions, presenting several limitations to practitioners.

Over the past two decades, computer vision was shown to be a viable approach for capturing and analyzing mechanical fields. However, in the context of fracture toughness, it necessitates solving a non-linear optimization problem that is highly sensitive to the crack tip location due to the existence of diverging and singular terms. These limitations inhibit the design of crack growth experiments where fracture parameters are the control variable.

In this work, I present a proof of concept regarding the ability of CNN to offer a continuous and reliable method for inferring both toughness and crack tip location from displacement fields. Once trained, the network can extract the fracture parameters from digital image correlation (DIC) data within milliseconds, indicating its potential for integration into a closed loop crack growth control system.

חסינות השבר הינה גודל קריטי המשמש לתכנון מבנים הנדסיים נושאי עומס. מדידת פרמטר זה באמצעות ניסויים מתבסס ברובו על שימוש בנוסחאות סגורות שהוטמעו בתקינה וסובל ממגבלות רבות. בעשורים האחרונים, ניתוח ניסויים אלו באמצעות אנליזת תמונה תופס תאוצה ומאפשר ניתוח מקרים אשר לא היו נגישים בעבר. אולם, תהליך ניתוח הניסויי מחייב התאמת משטח תיאורטי אל שדה התזוזות הנמדד בניסוי. תהליך ההתאמה לרוב מנוסח כבעיית אופטימיזציה לא לינארית ודורש זמן ורגישות רבים עקב קיומם של איברים סינגולריים בשדה, ולכן איננו מתאים לשמש חלק ממערכת בקרה לניסויי גידול סדק.

בעבודה זו אציג תוצאות ראשוניות לגבי היכולת להשתמש ברשתות עצביות לשם ניתוח שדות תזוזה וחילוץ מיקום קצה הסדק ועוצמת מקדם ריכוז המאמץ בצורה רציפה בזמן העמסת בדגם.

לאחר אימון הרשת, ניתוח שדה התזוזות וחילוץ הפרמטרים המבוקשים ניתן לביצוע בקצב של מילישניות לצעד עמיסה ובכך חושף את הפוטנציאל לביצוע ניסויי שבר בחוג סגור ובקרתם תוך שליטה על קצב הגדלת עוצמת ריכוז המאמצים או לחילופין קצב גידול הסדק.



## פיתוח מקרר קריוגני זעיר מסוג (PT) Pulse - Tube

### Development of a Miniature Pulse Tube (PT) Cryocooler

כפיר שוורץ | מנחה: פרופ' גרשון גרוסמן

The field of cryogenics deals with the behavior of materials at very low temperatures, known as cryogenic temperatures. The cryogenic temperatures are temperatures lower than 120 [°K]. The Pulse-Tube (PT) Cryocoolers technology was developed starting in the 80's, when their main innovation was the removal of the moving parts, which existed in the cold section of the refrigerator.

The main goal of the project is to build a miniature cryogenic refrigerator, on a millimeter scale, so that in the cold heat exchanger we will get maximum cooling power and the lowest cryogenic temperature.

The project includes running some optimizations of PT parts in SAGE ® software, modeling and manufacturing parts in 3D. In addition, it includes special soldering as part of the creation of the PT parts.

תחום הקריוגניקה עוסק בהתנהגות של חומרים בטמפרטורות נמוכות מאוד, הנקראות טמפרטורות קריוגניות, כאשר טמפרטור ות קריוגניו ת הן טמפרטור ות שנמוכות מ- 120 [K°]. מקררי ה- Cryocooler - Pulse - Tube (PT) הם פיתוח טכנולוגי שנחקר החל משנות ה-80, כאשר החידוש העיקרי של המקרר ה וא הסרת החלקים הנעים, הנמצאים בחלק הקר של המקרר. מטרת הפרוייקט היא לבנות מקרר קריוגני זעיר, בסקאלות מילימטריות, כך שנקבל במחליף החום הקר הספק קירור מקסימלי וטמפרטורה קריוגנית נמוכה ככל האפשר.

הפרוייקט כולל הרצת אופטימיזציה ות של חלקים בתוכנת ה- SAGE ®, מידול וייצור חלקים בתלת-ממד. בנוסף, הוא כולל הלחמות מיוחדות כחלק מיצירת חלקי ה- PT.

## אפיון תלות זוויתית בדיספרסיה של ויברו-פולריטונים

### Characterization of Angle Dependency of Vibro-Polaritons Dispersion

מעיין מוהר | מנחים: פרופ' לב צ'נטונוב, מר שמואל סופרין

The goal of this project is to measure the dynamics of vibrational polaritons created in an open cavity system. The spectrum of these polaritons will be measured by third order nonlinear two dimensional infrared spectroscopy, while utilizing motorized mirrors and stages to scan the time delays and relative direction between the pump and probe laser pulses, yielding the full dynamical picture of polaritonic relaxation in time, energy and momentum.

מטרת פרויקט זה היא לאפיין את הדינמיקה של ויברו-פולריטונים הנוצרים במערכת מהוד פתוחה.

הספקטרום של הפולריטונים הללו יימדד על ידי ספקטרוסקופיה דו-ממדית אינפרא-אדומה לא - לינארית מסדר שלישי, תוך שימוש במראות ממונעות כדי לסרוק את עיכובי הזמן והכיוון היחסי בין פעימות הלייזר המשאבה והבדיקה, מה שיניב את התמונה הדינמית המלאה של הרפיה פולאריטונית בזמן, אנרגיה ומומנטום.

## חקירת אפקט מיסוך המאמץ בהתקנים ביורפואיים

### Investigating the Effect of Stress Shielding in Biomechanical Devices

מנחה: פרופ' דניאל ריטל | איתן מהל

The project is carried at The Materials Mechanics Centre in the Faculty of Mechanical Engineering in the Technion. The goal of the project is to investigate the effect of stress shielding in bones fitted with biomechanical devices. This study aims to understand what stresses we see and when they occur throughout the bone that is put under different kinds of loads while fitted with a biomechanical device. To do so, an analytical analysis was performed, in addition to a numerical one using a FEA program in order to map out these stresses across the bone.

הפרוייקט בוצע במרכז למכניקת חומרים בפקולטה להנדסת מכונות של הטכניון. מטרת הפרוייקט היא חקר אפקט מיסוך המאמץ אשר מתרחש בעצמות אשר עליהן מורכבים התקנים ביורפואיים, זאת על מנת להבין מתי מקבלים ומה הם המאמצים המתפשטים בעצם תחת עומסים מסוגים שונים כאשר התקן ביורפואי מורכב עליה. לצורך כך, בוצע ניתוח אנליטי, וזאת בנוסף לניתוח נומרי באמצעות תוכנת FEA על מנת למפות את המאמצים הללו ברחבי העצם.



## התפלת מים בעזרת תא דלק

### Water desalination using a fuel cell

יעקב לונצור | מנחים: פרופ"ח מתי סאס, מר סלמאן עבדאללה

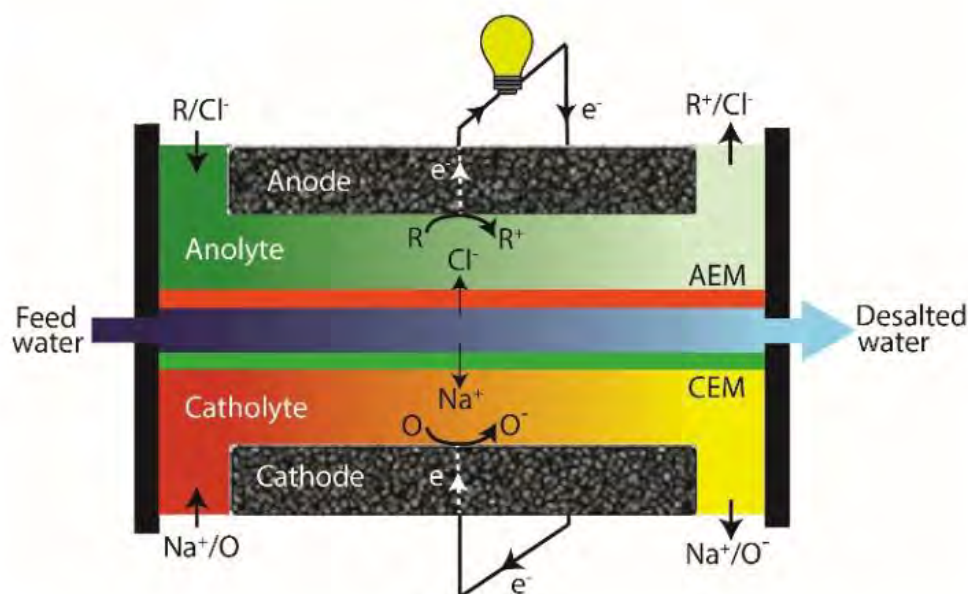
Seawater contains a high amount of salt ( $\text{NaCl}$ ) and is therefore not suitable for drinking. There are many methods for desalinating water by removing the salt from that water and making it potable. These methods often require expensive facilities and consume a lot of energy. In this project, a fuel cell was used to desalinate the water.

A fuel cell is a device in which hydrogen is inserted on one side and oxygen on the other, and with the help of the addition of various catalysts, a chemical reaction is created that creates electricity and an electrical potential difference (voltage) between the two sides of the fuel cell. We use the potential difference to desalinate the water by transferring seawater between the two sides of the fuel cell in such a way that the potential difference removes the two components of salt ( $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ ) and takes them out of the water into separate channels so that when leaving the fuel cell, water is obtained that is free of salt and suitable for drinking.

מיים מכילים כמויות גבוהות של מלח ( $\text{NaCl}$ ) ולכן אינם ראויים לשתיה. קיימות שיטות רבות להתפלת המים ע"י הוצאת המלח מאותם מיים והפיכת ראויים לשתיה. שיטות אלו לרוב דורשות מתקנים יקרים וצורכים אנרגיה רבה. בפרוייקט זה נעשה שימוש בתא דלק בשביל להתפיל את המים.

תא דלק הינו מתקן שלצד אחד שלו מוכנס מימן ולצד השני חמצן ובעזרת הוספת של זרמים שונים נוצרת תגובה כימית היוצרת חשמל והפרש פוטנציאלים חשמליים (מתח) בין שני צידי תא הדלק.

את הפרש הפוטנציאלים אנו מנצלים לצורך התפלת המים בעזרת העברת מי הים בין שני צידי תא הדלק בצורה כזו הפרש הפוטנציאלים מוציא את שני מרכיבי המלח ( $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ ) ומוציא אותם מתוך המים לתעלות נפרדות כך שביציאה מתא הדלק מתקבלים מיים נקיים ממלח וראויים לשתיה.



## Phasing a Segmented Space Telescope

חן ביתן | מנחים: ד"ר ארז ריבק | ד"ר מרטיין לוין

Telescopes in space and on Earth usually are very large in proportion with their coverage and field of view. In order to resolve the issue of size and weight, the idea suggested is to create a telescope made of thin mirror segments with degrees of freedom, allowing control of their angle and position. Consequently, making it possible to create the essential large span (primary aperture), as well as achieving control of the level of resolution of the image. Thus, resulting in minimum aberrations needed by mechanical or human intervention.

In order to test and improve the performance of the system built and designed in the laboratory of Dr Erez Ribak, I first modeled the optical system using Zemax software for the purpose of presenting the ideal possible performance.

Subsequently, I performed an analysis and comparison between the system performance achieved via Zemax and compared them to the performance actually obtained in the laboratory.

טלסקופים בחלל ובכדור הארץ נדרשים להיות קלים וקומפקטיים בממדיהם לצורך שיגורם, אך בכדי שיוכלו לכסות שדה ראייה רחב דרושות עדשות גדולות במשקלן ובקוטרן. על מנת לפתור את סוגיית הגודל והמשקל, הרעיון המוצע הוא ליצור טלסקופ העשוי מקטעי מראה דקים עם דרגות חופש, המאפשר שליטה על הזווית והמיקום שלהם.

כתוצאה מכך, אפשר ליצור שדה ראייה גדול כרצוננו (צמצם ראשוני), כמו גם השגת שליטה ברמת הרזולוציה וטיב התמונה ע"י שליטה בכוונון המראות לצורך השגת מינימום סטיות ללא התערבות מכנית או אנושית.

על מנת לבדוק ולשפר את ביצועי המערכת הקיימת במעבדתו של דייר ארז ריבק, מידלתי את המערכת האופטית באמצעות תוכנת Zemax בכדי לבדוק מה הם הביצועים המיטביים האפשריים תאורטית.

לאחר מכן, ביצעתי ניתוח והשוואה בין הביצועים הללו לבין הביצועים שהושגו בפועל במעבדה ובדקתי עד כמה ביצועי המערכת הקיימת אופטימליים.





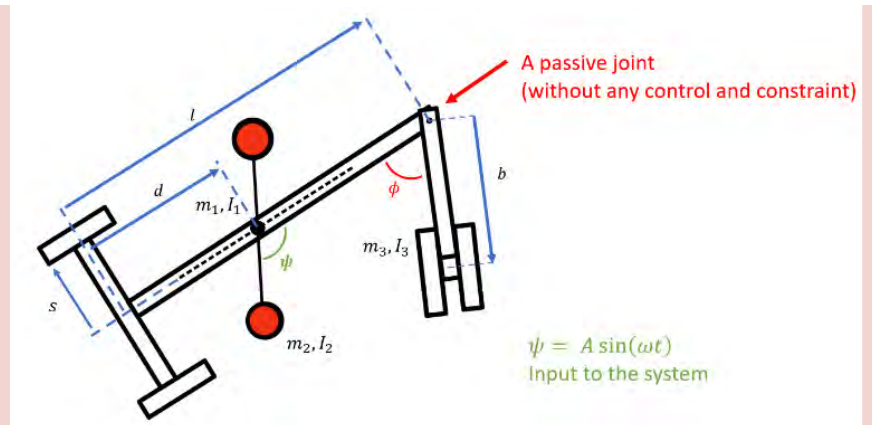
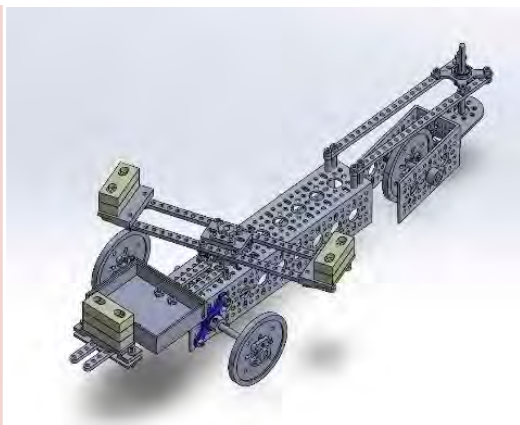
## מודל Twistcar עם מפרק הגה פסיבי ורוכב בעל אינרציה מסתובבת מחזורית

### Steer-Free Rotor-Actuated Twistcar Model

עומר גליקסמן וניר ציפריס | מנחה: פרופ"ח יזהר אור

This study aims to develop a robot that replicates the physical characteristics of an under-actuated system, the twistcar toy variant illustrated in Figure 1, and to analyze its movements. The robot under investigation possesses a passive joint and relies solely on a rotor with substantial inertia for actuation. Our analysis focuses on examining the behavior of this system by constructing a bifurcation map for the front wheel angle, denoted as  $\phi$ . The parameters we manipulate in this study are the physical property  $b/d$ , representing the ratio between the length of the front link and the center of mass location, and the actuation frequency of  $\psi(t)$ , which denotes the rotor angle relative to the robot's body.

במסגרת פרויקט זה פיתחנו רובוט המדמה את המאפיינים הפיזיים של מערכת תנועה תת ממונעת מודל ה-Twistcar המוצג באיור 1, ועסקנו בנייתוח התנועות שלו. הרובוט הנחקר הוא בעל מפרק פסיבי ומסתמך אך ורק על רוטור עם אינרציה משמעותית כמפעיל. הניתוח שלנו התמקד בבחינת ההתנהגות של מערכת זו על ידי בניית מפת ביפורקציה עבור זווית הגלגל הקדמי, המסומנת כ- $\phi$ . הפרמטרים שעליהם אנו שולטים הם היחס  $b/d$  המייצג את היחס בין אורך החוליה הקדמית לבין מיקום מרכז המסה, ותדירות ההפעלה של  $\psi(t)$  המציינת את זווית הרוטור ביחס לרכב.





## מיכל דיאפרגמה חללי למחמצן נוזלי

### Diaphragm Tank for Space Propulsion Oxidizer

בן שילר ואיילון ארז | מנחה: דב חזן

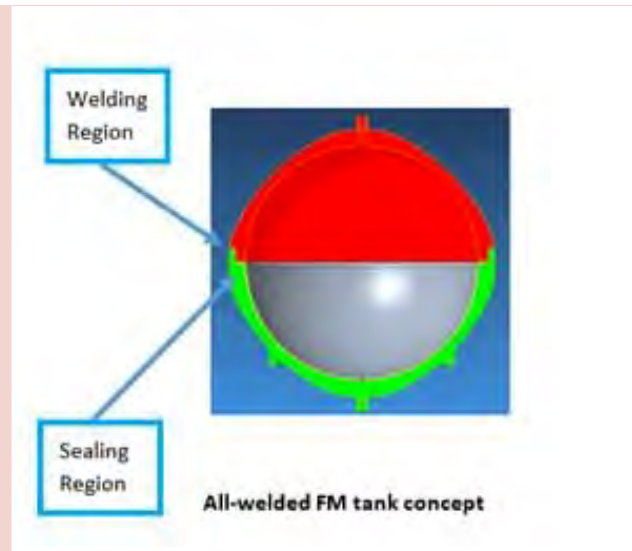
This project includes the re-design, analysis, and optimization of diaphragm type tank weight-improved engineering model (EM) to ensure the tank's performance under extreme conditions throughout its life cycle. The results of the experiments on the early engineering model tank have been applied for improved external leak-tightness. All-welded design principles are set for development of the flight model (FM) tank. The development process incorporated aerospace standards and specifications. The tank design, based on FEP diaphragm, makes it compatible with concentrated hydrogen-peroxide (HTP) use.

הפרוייקט עוסק בתכן מעודכן, ניתוח ואופטימיזציה של מודל הנדסי משופר משקל של מיכל מסוג דיאפרגמה.

כדי להבטיח את ביצועי המיכל בתנאים הקיצוניים במהלך מחזור חייו בוצעו סימולציות ויבוצעו ניסויים אשר יוכיחו את עמידות המיכל. תוצאות הניסויים שהיו במיכל ההנדסי (EM) שימשו לשיפור יכולת העמידה כנגד דליפות חיצוניות. העיקרון המנחה בתכן מיכל בתצורה מוטסת (FM), שהוא יהיה מרותך כולו. בתהליך הפיתוח היה שימוש בתקנים ומפרטים של תעשיית התעופה וחלל. תכן מיכל זה, מבוסס דיאפרגמה עשויה מ-FEP, מאפשר מיכל תואם מי-חמצן מרוכזים (HTP).



Improved EM tank design



## תפסן רובוטי להרמת ושינוע דג

### Robotic gripper for lifting and transporting fish

ענבל פורטנוי | מנחה: פרופ' אילון רימון

The goal of the project is to create a gripper for a robotic arm capable of picking up and transporting pieces of meat, fish, etc. The prototype we built is intended to perform these operations with a fish fillet. The project included designing and 3D printing of the gripper and connecting it to an existing robotic arm. During the project we faced several problems involving the grabbing and caging of the fish fillet, and its placement in a controlled manner .

The idea behind the gripper we created is the concept of a broom and a dustpan. We used one body to provide support - the "broom" and another body to collect the fish - the "dustpan". After placing the fish on top of the collection surface (the "dustpan"), we used a rod with an end that simulates the pattern of a "Schnitzel Hammer" to fix the position of the fish. Placement of the fish is done by applying pressure and friction with the rod, while quickly moving the collection surface .

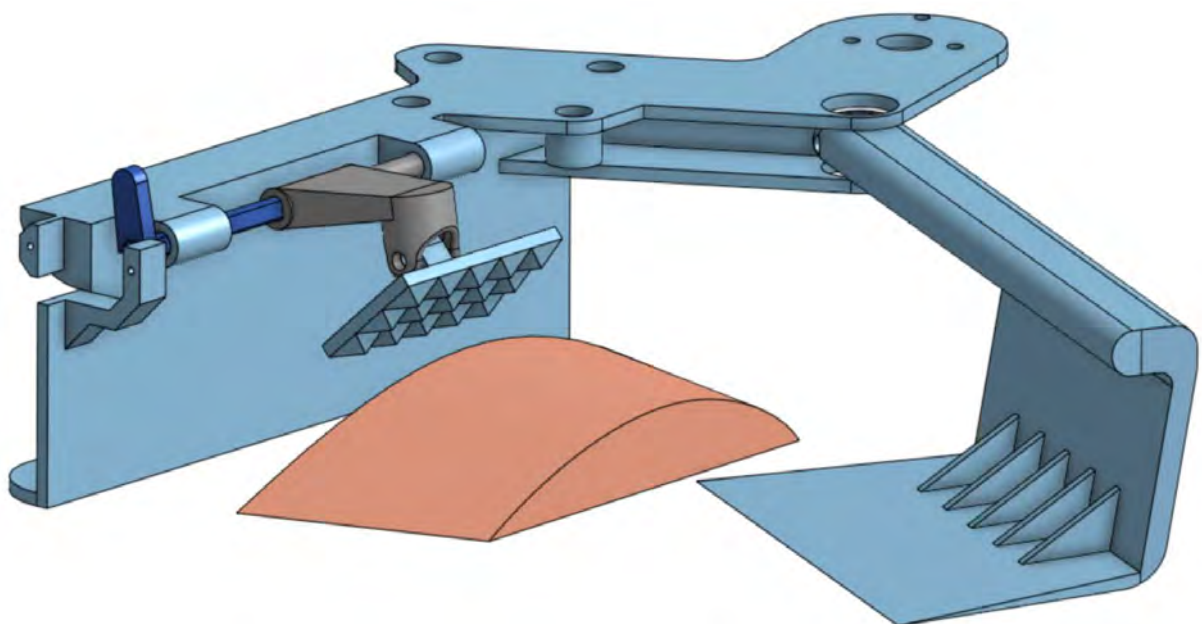
We used an Arduino controller, a servo motor, and a DC motor to drive the gripper.

מטרת הפרוייקט הינה יצירת תפסן לזרוע רובוטית המסוגל להרים ולשנע נתחי בשר, דג וכדומה.

האב טיפוס שבנינו מיועד לבצע פעולות אלו עם פילה דג. הפרוייקט כלל תיכון והדפסה בתלת-ממד של התפסן, וחיבורו לזרוע רובוטית קיימת. במהלך הפרוייקט התמודדנו עם מספר בעיות הכוללות תפיסה וכליאה של פילה הדג, והנחתו באופן מבוקר.

הרעיון מאחורי התפסן שיצרנו הינו קונספט של מטאטא ויעה. כאשר השתמשנו בגוף אחד למתן תמיכה - היימטאטאי וגוף נוסף לאיסוף הדג - הייעה". לאחר העלאת הדג על גבי משטח האיסוף ("היעה"), השתמשנו במוט בעל קצה המדמה תבנית של פטיש שניצלים על מנת לקבע את מיקומו של הדג. הנחת הדג במקומו מתבצעת על ידי הפעלת לחץ וחיכוך עם המוט, תוך הוצאה בתנועה מהירה של משטח האיסוף.

השתמשנו בבקר ארדואינו, מנוע סרוו ומנוע DC על מנת להניע את התפסן.



## מערכת אופטית למדידות רימה תלת-פאזית במגביל זרימה מסוג cavitating venturi

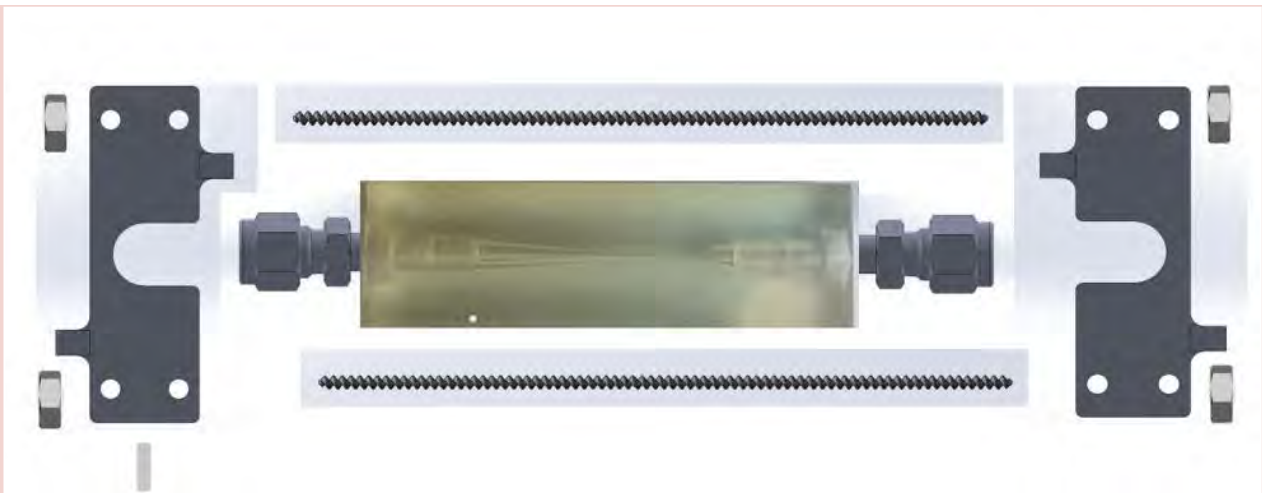
### Optical system for 3-phase flow measurements in a cavitating venturi

פאטמה אבו רביעה ורהף חאמד | מנחה: דב חזן

The project presents an optical system designed for 3-phase flow measurements in a cavitating venturi. The measurement of cavitating flows is challenging due to the complex nature of the phenomenon and the presence of multiple phases, including the liquid, solid particles, and cavitation bubbles (vapour). Accurate and reliable measurement techniques are crucial for understanding and optimizing the performance of cavitating venturi systems. The optical system combines high-speed imaging and image processing techniques to capture and analyze the three phases within the venturi. The experimental setup consists of a transparent venturi tube, a high-speed camera, and appropriate lighting arrangements. The measurements include phase distribution of the solid particles and of bubble sizes within the bulk liquid, and velocity profiles. Additionally, the system is designed to provide insights into the behaviour and dynamics of the cavitation bubbles.

הפרוייקט מציג מערכת אופטית המיועדת למדידת זרימות תלת-פאזיות במגביל זרימה מסוג cavitating venturi. מדידת זרימות קוויטציה מאתגרת בשל האופי המורכב של התופעה ונוכחותם של מופעים (פאזות) מרובים, כולל גוף עיקר הנוזל, הבועות של אדי הקוויטציה וגרגרים מוצקים. טכניקות מדידה מדויקות ואמינות הן חיוניות להבנה ואופטימיזציה של הביצועים של מערכות עם cavitating venturi. המערכת האופטית משלבת טכניקות הדמיה ועיבוד תמונה במהירות גבוהה כדי ללכוד ולנתח את שלושת המופעים בתוך מגביל הזרימה.

מערך הניסוי מורכב מצינור ונטורי שקוף, מצלמה במהירות גבוהה וסידורי תאורה מתאימים. המדידות כוללות פיזור המופעים (הפאזות), גודל בועות, צורה ופרופילים של מהירות. בנוסף, המערכת מיועדת לספק תובנות לגבי ההתנהגות ודינמיקה של בועות הקוויטציה



## Cleanroom infrastructure

מנחה: דב חזן | רביע חורי

Cleanrooms are specifically designed rooms that maintain a continuous circulation of air through HEPA filters and positive pressure to ensure that critical processes remain free from particles and contaminants. Cleanrooms are necessary in a wide range of industries to maintain a controlled and contamination-free environment, ensuring product quality, reliability, and safety. These include, inter alia, electronics, aerospace, and medical industries. Typical activities include testing, parts' assembly and the assurance of dryness and cleanliness. In the Cleanroom infrastructure project, I made activities of planning and development of a cleanroom, while adhering to the global standards of ISO 14644. The project's design and development encompassed several documents summarizing the state-of-the art survey, work and operating instructions for the cleanroom, requirements' specification, and theoretical design of the cleanroom. The cleanroom was designed and developed to have areas that meet three main cleanliness levels: Class 4, Class 7, and Class 8.

חדרי עבודה נקיים (חדנ"ק) מתוכנים לאוויר בסחרור, תוך שימוש במסנני אוויר מסוג HEPA, וכן לחץ גבוה מזה של הסביבה. כל זה נועד להבטיח תהליכי עבודה קריטיים באופן נקי מחלקיקים ומזיהומים. חדנ"ק דרושים למגוון תעשיות, כגון אלקטרוניקה, אוויר וחלל, ותעשייה רפואית.

פעילויות טיפוסיות כוללות בדיקות, הכללת חלקים והבטחת יובש וניקיון. בפרוייקט תשתיות חדרים נקיים ביצעתי פעילויות תכנון ופיתוח של חדנ"ק, לפי הנחיות התקנים הבינלאומיים ISO 14644. פעילויות התכן והפיתוח בפרוייקט הקיפו מסמכים שמסכמים את מצב המידע, הוראות תפעול ועבודה בחדנ"ק, מפרט דרישות, ותכן רעיוני של חדנ"ק. התכן והפיתוח כללו שטחי עבודה בשלוש רמות של התקן: Class 7, Class 8, Class 4.



## פיתוח מתקן ייעודי מבוסס Flexures למדידה ישירה של כוח הדחף בעת ירי מנועים רקטיים

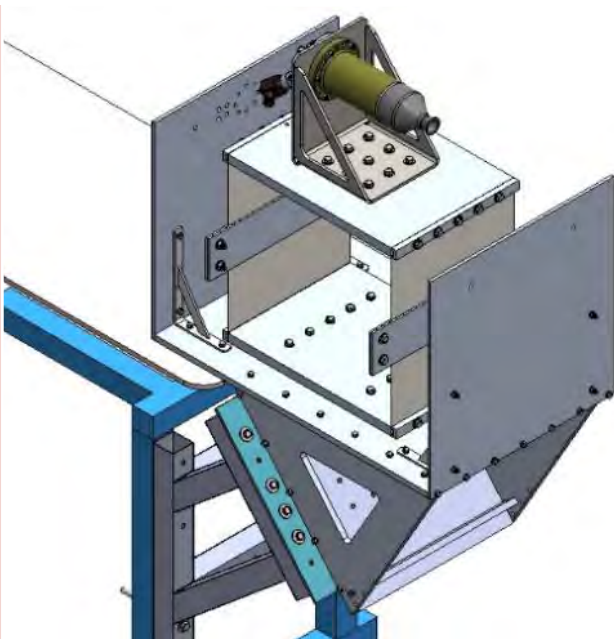
### Development of a Space Rocket Motor's Thrust Measurement Stand Based on Flexures

גילי גניש, יובל סטון | מנחה: דב חזן

The project deals with the design and development of a frictionless table used for measuring thrust in rocket motors for space systems. To minimize the effects of friction during measurement, the proposed solution involves a table where its legs are leaf springs set up as flexures, and the rocket motor will be placed on that table. The operation of the flexures is such that their stiffness decreases practically to zero in the desired horizontal motion direction, when they are under a vertical load that brings them close to the critical buckling load. In this state, the flexures can be used as frictionless horizontal hinges for small horizontal displacements, enabling precise thrust measurement. During the project, the thrust-table components' design was updated to fit the available materials at the workshop and the constraints of the machining equipment. Additionally, two interfaces with different connection methods were developed between the thrust-table and two load cells to minimize external inaccuracies of the measurement.

הפרוייקט עוסק בתכנון ובפיתוח של שולחן חסר חיכוך למדידת כוח הדחף במנועים רקטיים למערכות חלל. על מנת למזער את השפעת כוחות חיכוך בעת המדידה, הפתרון המוצע הינו שולחן שרגליו עשויות מקפיצי עלה במערך מסוג flexures ועל השולחן יונח המנוע הרקטי. אופן פעולת ה-flexures הוא כך שקשיחותם יורדת למעשה לאפס בכיוון התנועה האופקי הרצוי, כאשר הם נמצאים תחת עומס אנכי המביא אותם לסף קריסה. במצב זה ה-flexures יכולים לשמש כצירים אופקיים חסרי חיכוך, לתזוזות קטנות בלבד, ובכך לאפשר מדידת דחף מדויקת בכיוון האופקי.

במסגרת הפרוייקט עודכן ה תכנון של חלקי שולחן הדחף בהתאם למלאי החומרים בבית המלאכה ותחת מגבלות מכונות העיבוד השבבי. בנוסף פותחו שני ממשקים בעלי אופן חיבור שונה בין שולחן הדחף למדי- כוח שונים, כך שימוזערו ההשפעות החיצוניות על המדידה. בהמשך יבוצעו ניסויי מדידת הדחף בממשקים השונים ויבחר מד הדחף האופטימלי לשולחן הדחף.



## חקר ניסויי של תהליך בעירה פנימית במנוע רוטורי בעזרת הדמיה אופטית

## Experimental study of combustion in a rotary engine using optical imaging

אלון רון | מנחה: פרופ"ח ליאוניד טרטקובסקי

A rotary engine is an engine that directly produces rotary motion, which gives it many advantages, the most notable of which are a small number of parts, high specific power and low weight. In this engine there are several problems among them in the combustion process, those problems arise mainly due to the following reasons:

1. Its unique geometry when the surface area - volume ratio of the engine is high, which affects efficiency as a result of heat losses and the quenching phenomenon - fuel burning can occur at a certain distance from a solid area.
2. The squish flow phenomenon that is created due to the rotational movement of the combustion chamber and causes a partial combustion of the fuel injected into the engine.

In the experiment I intend to investigate the pressure in the combustion chamber and the manner of combustion in the chamber with the intention of improving and understanding the combustion in the chamber. We will receive the results of the experiment with the using of optical tools and a pressure gauge which will be placed in the work chamber. In addition, I will examine the use of methanol reforming products as fuel in rotary engines.

מנוע רוטורי הינו מנוע המפיק בצורה ישירה תנועה סיבובית דבר המקנה לו יתרונות רבים הבולטים שבהם מיעוט חלקים, high specific power ומשקל נמוך. במנוע זה קיימות מספר בעיות שביניהן בעיות של בעירה איטית ולא שלמה בתא השריפה הנוצרות בעיקר עקב הסיבות הבאות:

1. נפח של המנוע גבוה דבר הפוגע הגיאומטריה הייחודית שלו כאשר יחס שטח פנים בנצילות כתוצאה מאיבודי חום ובעקבות תופעת ה quenching - שריפת דלק יכולה להתרחש במרחק מסוים מאזור מוצק.

2. תופעת squish flow הנוצרת עקב התנועה הסיבובית של תא השריפה וגורמת לשריפה חלקית של הדלק המוזרק למנוע.

בכוונתי לחקור בניסוי את הלחץ בתא הבעירה ואת אופן הבעירה בתא תוך כוונה לשפר ולהבין את הבעירה בתא. תוצאות הניסוי תתקבלנה באמצעות כלים אופטיים ומדיד לחץ אשר ימוקם בתא העבודה. בנוסף אבחן שימוש בתוצרי רפורמינג של מתנול כדלק במנוע רוטורי.



## פיתוח מנגנון מכני להנעת זרוע רובוטית מולטיסטבילית גמישה

### Development of a Mechanical Mechanism for the Movement of a Multi-Stable Soft Robotic Arm

גדעון ספקטרמן, אייל קלדור | מנחה: ד"ר ליאור סאלם

Hyper-redundant soft robotic arms are promising candidates to operate in search and rescue missions due to their navigation capabilities in narrow passages. A recent approach is a multi-stable robot that can switch between equilibrium states to deform using a single pneumatic actuator. This project aims to develop an alternative to the actuation mechanism in order to improve the accuracy and repeatability of the actuated links. The proposed mechanism offers three modes of link actuation; extension, bending, and contraction, which is unavailable in the former pneumatic actuator.

The design of the mechanism makes it simple and cheap to build using a standard 3D printer, and it is controlled with micro-DC motors. Finally, we were able to integrate the actuator within the robotic system and demonstrate a controlled actuation of the robot.

רובוטים גמישים בעלי מספר רב של דרגות חופש הם מועמדים מבטיחים לביצוע משימות חיפוש והצלה, וזאת בעקבות יכולתם לנווט במעברים צרים. אחת הגישות ליישום הינו רובוט מולטיסטבילי שיכול לנוע בין מצבי שווי משקל וליצור דפורמציות שונות באמצעות מפעיל פנאומטי יחיד. מטרת פרויקט זה הוא לפתח אלטרנטיבה למנגנון ההפעלה בכדי לשפר את הדיוק וחזרתיות של החוליות המופעלות ברובוט. המנגנון המוצע כולל שלושה מצבי הפעלה של החוליות; התארכות, כפיפה, והתכווצות, כאשר המצב האחרון אינו אפשרי במפעיל הפנאומטי הקיים.

התכן של המנגנון הינו פשוט וזול לייצור באמצעות מדפסת תלת ממד סטנדרטית, והוא מונע באמצעות מנועי מיקרו-DC. לבסוף, שילבנו את המנגנון החדש במערכת של הרובוט הגמיש והדגמנו הפעלה מבוקרת של הרובוט.

## בקרת רובוט MinSeg: תכנון בקר של רובוט המאזן את עצמו

## MinSeg Robot Control: Controller Design for a Self-Balancing Robot

מנחים: מר' רומן גודין ומר' איליה שמיס | דורון רפאילוב, אביב אוהבה

The goal of the project is to stabilize MinSeg robot, a small self-balancing device inspired by the Segway, using sensors (IMU/incremental encoders), actuators (DC motors) and BeagleBone Blue board to implement and run the resulting real-time control law. There are two project milestones. The first one is to build the system model in the MATLAB environment to derive open loop transfer function and then compare it to experiment data to verify. The second milestone is to design the stabilizing controller and then implement it in the MATLAB real-time onboard environment to check it experimentally and then compare measured signals to the simulation results. The result of this work is a robust control system that stabilizes the laboratory unstable electro-mechanical system.

מטרת הפרוייקט היא לעצב מערכת רובוט MinSeg, מכשיר קטן המאזן את עצמו באופן אוטומטי אשר שואב השראה מהסג וויי (רכינע), באמצעות חיישנים (יחידת מדידה אינרציאלית IMU ומקודד אינקרמנטלי), מפעילים (אקטואטורים מנועי - DC) ובאמצעות מיקרו מחשב מסוג - BeagleBone Blue, על מנת ליישם ולהריץ בזמן אמת את חוק הבקרה המתקבל. ישנן שתי אבני דרך בפרוייקט. הראשונה הינה לבנות את מודל המערכת בסביבת עבודה ב-MATLAB, למצוא את פונקציית התמסורת בחוג פתוח ולהשוות אותה לתוצאות ניסוייות לאימות. אבן הדרך השנייה היא לעצב בקר מייצב וליישם אותו בסביבת זמן אמת של MATLAB לבדיקה ניסויית והשוואת האותות לתוצאות הסימולציה. תוצאת העבודה הינה מערכת בקרה רובסטית אשר מייצבת את מערכת המעבדה האלקטרו מכנית הלא יציבה.







## מערכת להערכת מודל CAD לייצור באמצעות הדפסה תלת ממדית

### CAD model evaluation system for additive manufacturing

עומר עינבר | מנחות: רונית שניאור ופרופ' ענת פישר

The purpose of this project is to develop a tool for assessing the design of a product produced by Additive Manufacturing (AM). It has a potential to bridge the gap between the design process and AM. The project's aims are to define design principles for AM which are accessible in the early stages of development. It can be achieved by using feature-based analysis that involves interaction with the designer and is embedded in the CAD environment. Real-time feedback allows designers to identify and correct problematic geometries, minimizing errors, shortening production times, and saving costs.

The collected design principles relate to costs, quality, and production times. Moreover, they differentiate between materials and various printing technologies. The algorithms that were developed and implemented, are generic to CAD systems. However, in this project, they were built by using the API interface of Solidworks.

The new user interface enables input that clarify the designer intentions and provides feedback with respect to different metrics such as accuracy, material saving, and reduction in printing time.

מטרת הפרוייקט הינה פיתוח כלי לאומדן תכן מוצר המיוצר בהדפסה תלת ממדית (AM), על מנת לגשר על הפער בין תהליך התכנון לתהליך הייצור באמצעות AM. הפרוייקט שואף להנגיש את עקרונות התכנון ל-AM בשלבים המוקדמים של הפיתוח על ידי שימוש באנליזה מבוססת תכונות (features) המשלבת אינטרקציה עם המתכנן ומוטמעת בסביבת ה-CAD.

משוב בזמן אמת מאפשר למתכנן לזהות ולתקן גיאומטריות בעייתיות, למזער טעויות, לקצר זמני ייצור ולחסוך בעלויות. עקרונות התכנון שנאספו מקושרים לעלויות, איכות וזמני ייצור וסווגו על פי חומר הגלם וטכנולוגיות ההדפסה השונות.

האלגוריתמים שנבנו על מנת לממש את הקריטריונים הינם גנריים למערכת ה-CAD. פרוייקט זה מומש באמצעות ממשק ה-API של מערכת Solidworks.

לצורך שימוש בכלי, נבנה ממשק משתמש המאפשר למתכנן לציין דגשים המבהירים את כוונות התכנון, וכן לקבל הערכה של ההתאמה לייצור במדדים שונים כגון דיוק, חיסכון בחומר גלם וקיצור זמני הדפסה.

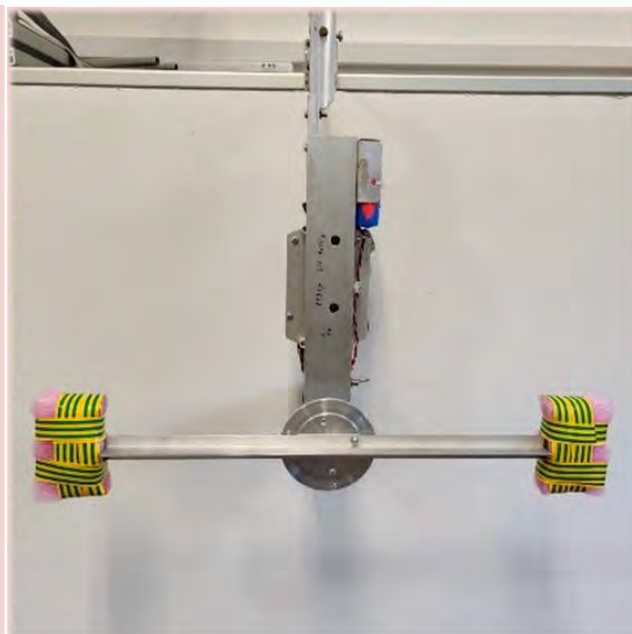
## תכן בקרה לחד אופן עם גלגל תנופה

### Design a control system for a unidirectional pendulum with an inertia wheel

בן נבון | מנחה: רומן גודין

This project deals with a unicycle robot. The goal of the project is to stabilize the unicycle in the lateral plane. This problem is an inverted pendulum with a reaction wheel system. There are two major milestones in this project. The first one is to build the system model in the MATLAB environment (including experimental estimation of some model parameters) to derive open loop transfer function and then compare it to experiment data to verify. The second one is to design the stabilizing controller and then implement it in the MATLAB real-time onboard environment to check it experimentally and then compare measured signals to the simulation results. The objective of this work is to design a robust control system (by combining control theory and mechanical engineering knowledge in other fields) to stabilize the real unstable electro-mechanical system.

פרוייקט גמר זה מתמקד בייצוב חד אופן באמצעות גלגל תנופה. הפרוייקט כולל מספר שלבים: מידול פיזיקלי של דינמיקת המערכת, סימולציות לינאריות ולא-לינאריות של המערכת, תיקוף פרמטרי תכן המנוע והמערכת על-ידי ניסויים. מרכיב משמעותי בפרוייקט הוא עיצוב בקר, אשר עובר תהליך ייעול דרך סימולציות וניסויים. הפרוייקט מבוסס על דינמיקת מטוטלת ההפוכה, עקרונות מתחום הבקרה, משוב מ חיישנים כדוגמת IMU ואנקודר, ו יישום באמצעות Arduino, Matlab ו Simulink. נקודות ציון מרכזיות כוללות אימות המערכת, בדיקה איטרטיבית של פרמטרים אופטימליים ואימות ביצועים של מערכת המשוב. על-ידי שילוב בין תורת בקרה ודינמיקה, פרויקט זה מציע דוגמה לפיתוח יישום עתידי של מערכת בקרה עבור רובוט נייד כדוגמת חד אופן.



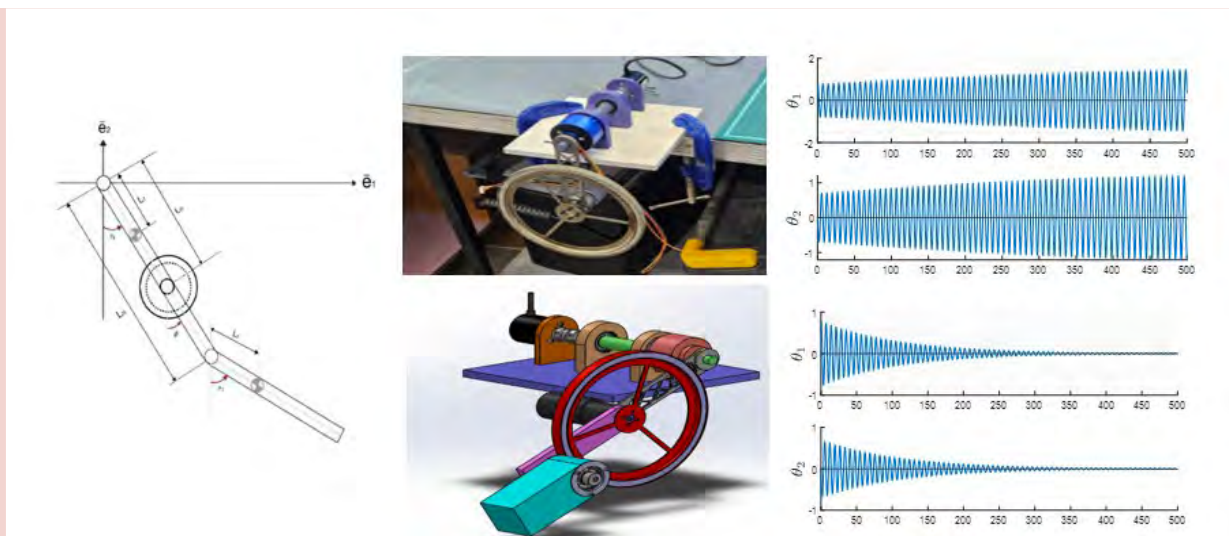
## Investigation of the self-excited dynamics of an inertia wheel double pendulum

עידן יגרו מיכל פייר | מנחים: פרופ' עודד גוטליב ופרופ' אלון וולף

The goal of this project is to investigate the nonlinear behavior of a system comprised of a double pendulum and an inertia wheel mounted on the first pendulum. An analytical model of the system enabled the derivation of the non-dimensional equation of motion to further analyze the system. A stability map is obtained from the linearization of the bottom equilibrium enabling the identification of a stability threshold for self-excited oscillations, which is the main focus of our project.

An experimental system was designed, produced, and assembled which will enable testing and measurements for model-based estimation of the theoretical system parameters. Validation of results obtained from the theoretical model and investigation of the influence of the inertia wheel will be based on a combined approach of numerical simulations and controlled lab experiments.

מטרת הפרוייקט היא חקירת התנהגות לא ליניארית של מערכת דינמית בעלת מטוטלת כפולה וגלגל א ינרציה אשר מורכב על המטוטלת הראשונה. מידול אנליטי של המערכת אפשר קבלת משוואות תנועה חסרות ה מימד להמשך האנליזה. מפת יציבות למערכת התקבלה מליניאריזציה של נקודת שווי המשקל התחתונה אשר אפשרה זהו ס ף יציבות לקיום תנודות עצמיות אשר מהווה את נקודת העניין העיקרית של הפרוייקט שלנו. תוכננה ונבנתה מערכת במעבדה בה יבוצעו ניסויים ומדידות אשר בעזרתם תתאפשר התאמה בין תוצאות סימולציה נומרית של מרחב המצב חסר הממד ובין תוצאות ה מודל במעבדה. שיערוך הפרמטרים החסרי מימד במודל התיאורטי יעשה בעזרת ניסויים מבוקרים במעבדה. אימות תוצאות המודל התאורטי וחקירת השפעת גלגל האינרציה תעשה באופן המשלב סימולציות נומריות עם ניסוי מעבדה.



## מידול האידוי של תערובת דלק-שמן במנועי בעירה פנימית

### Modeling of Fuel-Oil Mixture Vaporization in Internal Combustion Engines

יהונתן ביטרן ואיתמר יפה | מנחה: פרופסור אמריטוס בר יוסף פנחס

In internal combustion engines, part of the fuel injected into the combustion chamber reaches the cylinder wall, creating a thin layer above the existing oil layer. Heat and mass transfer processes within the fuel-oil layer lead to vaporization of organic molecules into the combustion chamber, increasing the engine's pollutant emissions and its contribution to global warming. The objective of the project is to characterize the parameters that influence this evaporation process in order to minimize the impact on environmental quality. Heat and mass transfer equations of the fuel-oil layer on the grooved cylinder wall were developed, reduced-order finite element analyses (1D and 2D) were performed, and parameters study was conducted.

במנועי בעירה פנימית חלק מהדלק שמוזרק לתא הבעירה מגיע לדופן הצילינדר ויוצר שכבה דקה מעל שכבת השמן הקיימת. תהליכי מעבר חום ומסה בשכבת הדלק-שמן על דופן הצילינדר גורמים לאידוי של מולקולות אורגניות אל תא השריפה, תופעה זו מגדילה את פליטת המזהמים של המנוע ואת תרומתו להתחממות הגלובלית. מטרת הפרוייקט הינה לאפיין את הפרמטרים המשפיעים על תהליך האידוי זאת בכדי לצמצם את הפגיעה באיכות הסביבה.

לשם כך פותחו משוואות מעבר החום והמסה של שכבת הדלק-שמן שעל דופן צילינדר מחורץ, בוצעה אנליזת אלמנטים סופרים מופחתת סדר (חד מימד ודו מימד) לפתרון המשוואות ונעשה חקר של הפרמטרים המאפיינים.

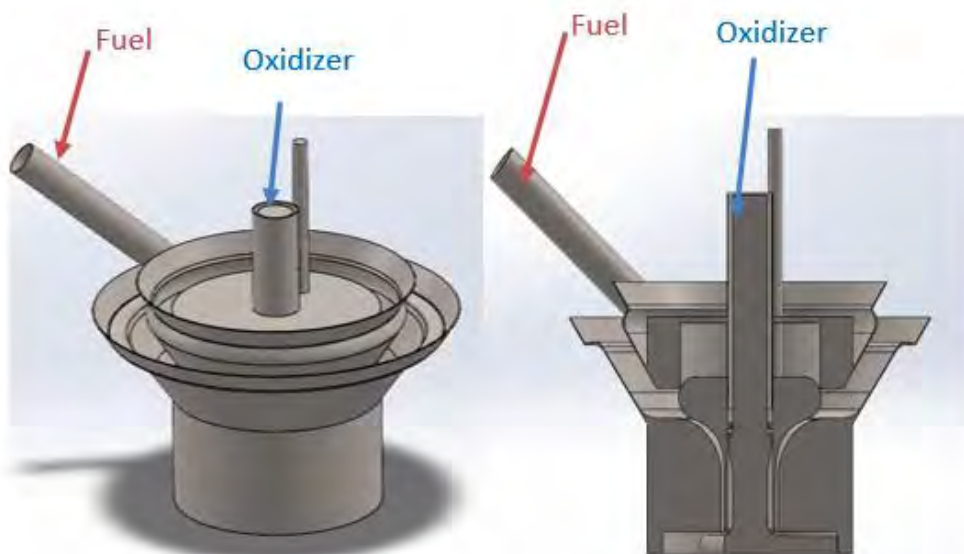
## פיתוח שסתום-מזרק מסוג pintle למנועים רקטיים

### Face Shut-off Rocket-Engine Injector-Valve Development

אוראל סולנג' איטח | מנחה: דב חזן

This project focused on the design and advantages of the pintle-injector-valve in rocket engines. A pintle injector forms a fan shaped spray of the propellants. The pintle-injector-valve's main function is to regulate propellant flow and distribution within the combustion chamber, and its mode of operation is to move the sleeve along the pintle. Studies have shown that the pintle injector achieves high combustion efficiencies of 96% to 99%. Its simplicity, with minimal parts enables cost-effective manufacturing. The adaptable design allows for deep throttling, rapid pulsing, spray cooling of the combustion chamber walls, and the use of gelled propellants. According to the propellants data (hydrogen peroxide and kerosene-based gel) and the flow data, I performed an iterative process to find the dimensions of the injector. Simulations in Solidworks were used to find the temperature distribution in the injector, to check flow turbulence and the effect on the flow of the pintle angle, which determines the spray angle of the fuel and oxidizer into the combustion chamber.

הפרוייקט התמקד בתכן וביתרונות של שסתום-מזרק מסוג pintle במנועים רקטיים. מזרק כזה יוצר תרסיס הודפים בצורת מניפה. תפקידו העיקרי של שסתום מזרק מסוג pintle הוא לווסת את זרימת ההודפים וחלוקתם בתוך תא הבעירה, ואופן פעולתו הוא ע"י הזזת השרוול לאורך ה-pintle. מחקרים הראו כי מזרק ה-pintle יכול להשיג יעילות בעירה גבוהה של 96% עד 99%. הפשטות שלו, עם מינימום חלקים, מאפשרת ייצור חסכוני. עיצובו שניתן להתאמה בקלות מאפשר השנקה בתחום רחב; פולסים מהירים; שימוש בהודפים במצב גל; שימוש במזרק לקירור דפנות תא הבעירה. בהתאם לנתוני חומרי ההנעה (מי חמצן ודלק במצב גל על בסיס קרוסין) והספיקות שלהם, ביצעתי תהליך איטרטיבי למציאת מידות המזרק. סימולציות Solidworks שימשו למציאת התפלגות הטמפרטורה במזרק, בדיקת טורבולנטיות הזרימה וההשפעה על הזרימה של זווית ה-pintle, שקובעת את זווית הריסוס של הדלק והמחמצן לתא השריפה.



## הסבה של תחנת כוח פוסילית קונבנציונלית למחזור רנקין עם מאגר אנרגיה תרמית

### Conversion of a conventional fossil power plant to a Rankine cycle with thermal energy storage

נסע גולדבר | מנחה: בוריס לאש

The percentage of electricity production from renewable energies is increasing and will continue to increase according to development plans in the electricity generation network. In this context, there is a need for the establishment of new energy storage power plants. Currently there are plans in the Ministry of Energy to build an electric energy storage power plant at the site of the Hadera power plant, in the scope of 4000 [MWh], which may replace energy production by two coal units with a capacity of 575 MW each. As an alternative to this plan, the national system management company is ready to examine another option that contributes to frequency stability in the network. This option is a thermal storage that uses thermal fluid, molten salt, and supplies steam to the existing turbine. The purpose of the project is to design a thermal storage and compare it in terms of economic feasibility to the option of electric batteries.

אחוז ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות עולה וימשיך לעלות בהתאם לתוכניות פיתוח ברשת ייצור החשמל. בהקשר זה עולה הצורך בהקמה של מאגרי אנרגיה חדשים. כרגע יש תכניות במשרד האנרגיה לבנות מאגר אנרגיה חשמלית באתר של תחנת כוח חדרה, בהיקף 4000 MWh, אשר עלול להחליף את שתי היחידות הפחמיות בעלות הספק 575 MW כל אחת. כתחליף לתוכנית זו, חברת ניהול המערכת הארצית מוכנה לבדוק אפשרות נוספת שתורמת ליציבות התדר ברשת. אופציה זו היא מאגר תרמי שמשמש בנוזל תרמי, מלח מותך, ומספק קיטור לטורבינה הקיימת. מטרת הפרוייקט היא לתכנן מאגר תרמי ולהשוות אותו מבחינת כדאיות כלכלית לאופציה של סוללות חשמליות.



## מתקן הדגמה לשנאי חד פאזי, השראות הדדית, ומפעיל אלקטרומגנטי

### Single phase Transformer, mutual inductance, and Electromagnet actuator

בר מנדל, רותם סטחי | מנחה: ד"ר יהב מורג

This engineering-learning project will be used as a demonstration in the course "Electric Drive". The demonstrator will illustrate basic principles in electromechanics: magnetic circuits, mutual inductance, induced voltage and magnetic forces. The device has three modes of operation: a single-phase transformer that demonstrates alternating voltage variation, a magnetic circuit with two coils that illustrates the principle of mutual inductance, and an electromagnet. The transformer is realized by a closed rectangular magnetic circuit made of glued steel sheets. On the circuit are placed two coils with a different number of windings. The ratio of coils turns expresses the transformer inductance ratio. The electromagnet is realized on the same magnetic circuit, this time with a single coil, where one rib of the rectangle is located in a predetermined air gap controlled by a screw and measured by a height gauge. The magnetic force acting on the rib is measured by a load cell. This force will be compared to the analytical force calculated. The principle of mutual inductance will be realized by using both coils, where the magnetic coupling between them will be controlled by the size of the air gap .

Alongside a classroom demonstration, the students in the laboratory will be able to operate the device and measure the relevant physical values.

פרוייקט זה משמש כפרוייקט הנדסי-לימודי, העתיד לשמש כמדגים בקורס "הינע חשמלי", המדגים ימחיש עקרונות יסוד באלקטרומכניקה: מעגלים מגנטיים, השראות הדדית, מתח מושרה וכוחות מגנטיים. המתקן בעל 3 אופני פעולה: שנאי חד-פאזי המדגים השנאת מתח חילופין, מעגל מגנטי בעל שני סלילים הממחיש את עקרון השראות ההדדית, ואלקטרומגנט. השנאי ממומש ע"י מעגל מגנטי מלבני סגור העשוי מיריעות פלדה מודבקות. על המעגל ממוקמים שני סלילים בעלי מס' ליפופים שונה. יחס הליפופים מבטא את יחס ההשנאה. האלקטרומגנט ממומש על אותו מעגל, הפעם עם סליל יחיד, כאשר צלע אחת של המלבן ממוקמת במרווח אוויר (air gap) שגודלו נשלט ע"י בורג ומדד ע"י מד גובה. הכוח המגנטי הפועל על הצלע נמדד ע"י מד עומס (Load cell). כוח זה ישווה לכוח המחושב ע"פ הניתוח האנליטי. עקרון השראות ההדדית ימומש ע"י שימוש בשני הסלילים, כאשר הצימוד המגנטי ביניהם יישלט ע"י גודל מרווח האוויר. לצד הדגמה בכיתה, יוכלו הסטודנטים במעבדה לתפעל את המתקן, ולמדוד את הערכים הפיזיקליים הרלוונטיים.

## פורמולה טכניון-מערכת הבלימה הפנאומטית, בקרת מנוע ההיגוי ומערכות החיישנים ברכב Formula Student – pneumatic braking system & steering motor & sensors

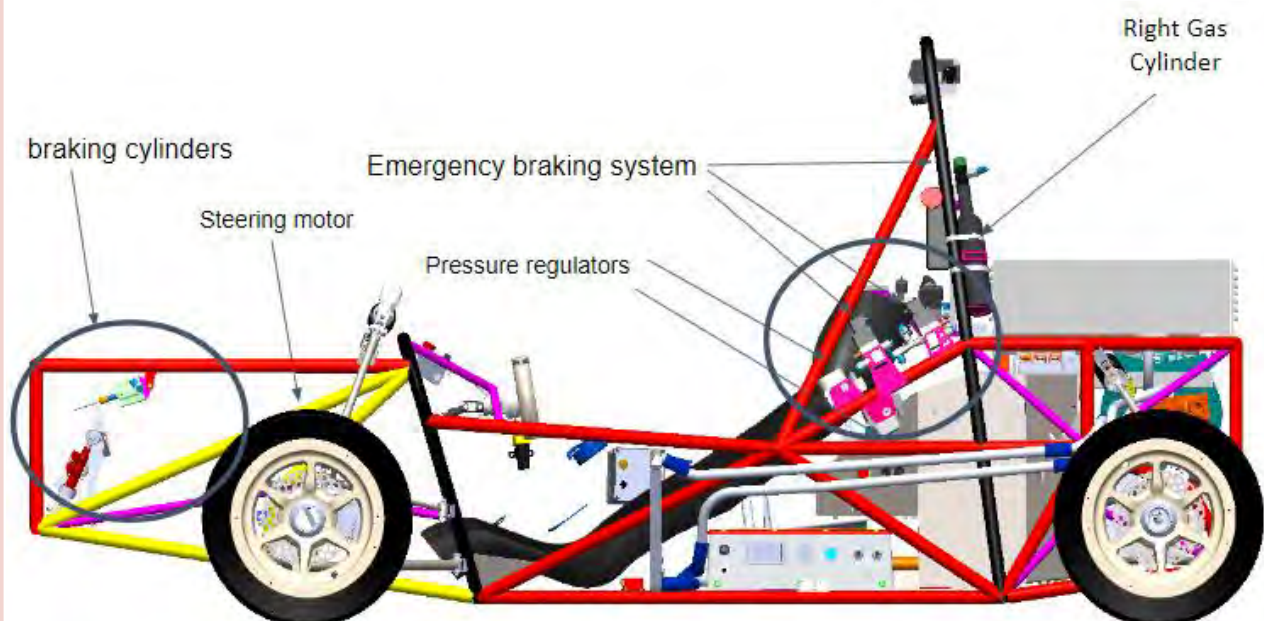
מנחה: : מר' רומן שמסוטיניוב | **דניאל אבדגאוז**

The project is part of the Technion's 2023 Formula student competition, the vehicle will represent the Technion at the FS competition in Spain and Portugal.

As part of the project, we implemented the pneumatic braking system so that it complies with the regulations of FSG 23.

We developed and combined the emergency braking system with the braking actuator, the braking actuator is based on a pressure regulator and a pneumatic piston that connects to the pedal. As part of the development of the steering mechanism, we chose the electric motor so that it would interface with the electrical system and meet the mechanical power requirements of the competition. Both the braking and steering system will follow and act on a signal received from the autonomous computer, furthermore the team is responsible for reading, wiring, and controlling the vehicle's sensor systems.

הפרוייקט הינו חלק מפרוייקט הפורמולה החשמלי והאוטונומי בטכניון 2023, הרכב ייצג את הטכניון בתחרות FS בספרד ופורטוגל. כחלק מהפרוייקט מימשנו את מערכת הבלימה הפנאומטית כך שתעמוד בחוקי התקנון של FSG 23. פיתחנו ושילבנו את מערכת בלימת החירום ביחד עם האקטואטור הבלימה, אקטואטור הבלימה מבוסס על ווסת לחץ ובוכנה פנאומטית המתחברים לדוושא. כחלק מפיתוח מנגנון ההיגוי בחרנו את המנוע החשמלי כך שיתממשק למערכת החשמל ויעמוד בדרישות ההספק המכני. שתי המערכות (הבלימה וההיגוי) יעקבו ויפעלו אחר את המתקבל מהמחשב האוטונומי ובנוסף הצוות אחראי על קריאת, חיווט ובקרת מערכות החיישנים ברכב.







## כיול סימולציית שוק של מתאם רשת בתקן OCP 3.0

### Experimental Calibration of Shock Simulation for OCP 3.0 Compliance Network Adapters

אלי זטולובסקי | מנחה: ד"ר פיטר ברייטמן

In today's digital age, high-performance network systems are required in various fields, including data centers, cloud computing, financial analysis, scientific research etc. One of the main components of these systems is the network adapter, which enables communication between numerous computing nodes. These systems require to be compliant with global standards and experimental validations.

In this project a mechanical simulation of a network adapter compliant with OCP3.0 global standard will be modeled. The purpose of the project is to calibrate the simulation to the real experiment data to verify the standard compliance, through modifying the model to ease on the computational requirements, understanding the physical behavior and changing parameters such as numerical damping factors and material stiffness. The project will provide insights of how the parameters affect the behavior of the adapters under shock conditions and finally create tools for future planning and testing strategies to predict the behavior of the network adapter in the real experiment in preliminary stages and verify the standard compliance.

בעידן הדיגיטלי של היום, נדרשות מערכות רשת מהירות בתחומים שונים, כגון מרכזי נתונים - דאטה סנטרים, מחשובי ענן, ניתוחים פיננסיים, מחקרים מדעיים, איחסון מידע ועוד. אחד המרכיבים העיקריים של מערכות אלו הוא מתאם הרשת, המאפשר תקשורת בין מספר צמתי מחשוב. מערכות אלו נדרשות לעמוד בתקנים עולמיים ובבדיקות ניסיוניות.

בפרוייקט זה נבנתה סימולציה מכאנית של מתאם רשת הנועד לעמוד בתקן העולמי OCP3.0, תקן המכתיב עמידות במספר דרישות. מטרת הפרוייקט הינה לכייל את הסימולציה לתוצאות הניסוי בכדי לבחון את תכן המוצר לעמידה בתקן זה, באמצעות ביצוע שינויים קלים ב מודל בכדי להקל על הכוח החישובי, הבנת התנהגותו הפיזי קלית ובחינת מספר פרמטרים, כגון מ קדמי דעיכה וקשיחויות החומרים.

פרוייקט זה נועד לספק תובנות לגבי הגורמים המשפיעים על טיב התאמת הסימולציה לביצועים של מתאמי רשת בתנאי הלם, ולבסוף ליצור כלי עזר אשר יספקו אסטראטגיות תכנון ובדיקה עתידיות בשלבי תכן ראשוניים. זאת בכדי לנבא את התנהגות המתאם בניסויים בשלב מוקדם וכן לעמידה בדרישות התקן העולמי.

## ניווט רכב במרחב מרובה מכשולים באמצעות נקודות ציון ידועות

# Vehicle Navigation in an Obstacle-Filled Environment with Known Landmarks

שי ברוך וסיגלית יוסיפוב | מנחים: פרופ' ח' אמיר דגני ומר אלון ספינר

The project's goal is vehicle navigation in an obstacle-filled 2D space. To fulfill this task, pose estimation, planning, and motion control are necessary.

To estimate the pose, we assume the existence of known landmarks in space and utilize an Extended Kalman Filter (EKF). The EKF provides an estimation of the robot's pose in a two-step process. First the pose is predicted using a dynamic model, and then it is refined by incorporating bearing and range measurements of the known landmarks.

For motion control, we examined methods with increasing levels of complexity, Proportional Integral Differential (PID), Linear Quadratic Regulator (LQR), and Model Predictive Control (MPC).

We are implementing a simulation for a Jackal vehicle, with a mounted Lidar sensor, in a ROS environment. The simulated world map consists of obstacles and cylindrical landmarks with different diameters. The cylinders are detected in the Lidar reading, and these measurements are then inserted into the EKF pose estimator.

In the future, we aim to examine Factor Graph based methods for a complete navigation solution.

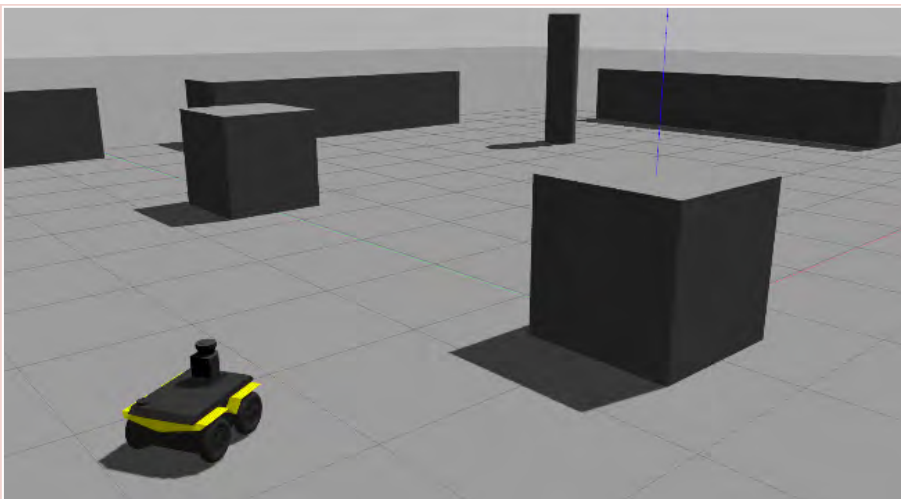
מטרת הפרוייקט הינה ניווט רכב בסביבה דו- ממדית מרובת מכשולים. לצורך מילוי המשימה, נדרש לבצע שיערוך של המיקום והאוריינטציה, תכנון מסלול ובקרה של התנועה.

לצורך שיערוך המיקום והאוריינטציה, אנו מניחים כי ישנן נקודות ציון ידועות במרחב, ומשתמשים ב-Extended Kalman Filter (EKF). אלגוריתם זה פועל בשני שלבים. ראשית, מתבצע חיזוי של מצב המערכת על פי המודל הדינמי. לאחר מכן, חיזוי זה מעודכן באמצעות מדידות המרחק והזווית של נקודות הציון ביחס לרכב.

לצורך בקרת התנועה, בחנו שיטות ברמות מורכבות שונות. בקרת Proportional Integral Differential (PID), Linear Quadratic Regulator (LQR), וגם Model Predictive Control (MPC).

אנו בונים סימולציה של רכב מסוג Jackal עליו מורכב חיישן Lidar בסביבת ROS. מרחב הסימולציה מכיל מכשולים ונקודות ציון גליליות בקטרים שונים. הגלילים מזוהים בקריאות ה- Lidar, ו המיקום היחסי של נקודות הציון מוזן לחישובי השיערוך ב- EKF.

בעתיד, נבחן שיטות מבוססות Factor Graph לצורך פתרון מלא של בעיית ניווט הרכב.



איור 1 -

תמונת סימולציית הרובוט ב- Gazebo



## בניית מתקן ליפוף סלילים

### Building a coil winding device

גל סאיאס, אוהד גאון | מנחה: יהב מורג

The course Electric Actuators contains a project which requires students to build an electro-mechanical device such as DC brushed motors, generators, solenoid motors, coil guns, etc. The building process usually requires using a wire and winding it around some core. The manual winding process is long, exhausting, and inaccurate. The goal of this project is to make this aspect of the building process simpler, faster and more user-friendly. students will be able to print a bobbin and use the machine to wind the wire around it, in a fast and accurate way. Then, they would be able to put these in their projects.

במסגרת הקורס הנע חשמלי סטודנטים נדרשים לבנות התקנים אלקטרומכניים במסגרת פרויקט סוף הקורס, כדוגמת מנועי זרם ישר עם מברשות, גנרטורים, מנועי סולנואיד, coil gun, ועוד.

במהלך הבנייה של אותם התקנים, נדרש שימוש בסליל מלופף סביב ליבה מסוימת. תהליך הליפוף הידני הינו ארוך, מתיש, ולא מדויק. מטרת הפרוייקט היא להפוך את האספקט הזה בבניית המנוע לפשוט, מהיר וידידותי למשתמש - הסטודנטים יוכלו להדפיס בובינות, להשתמש במכונה כדי ללפף סביבן בצורה מהירה ומדויקת, ולשלב בקלות את הבובינות בפרוייקט שלהם.

## זרוע רובוטית הולכת

### Walking Manipulator

ניצן משעל, אסף אהרונוסון | מנחה: רומן שמסוטינוב

Taking inspiration from leeches, our biomimetic hybrid robotic platform is specifically designed to meet the demands of the emerging field of house service robots. This versatile platform possesses the essential capabilities of walking, climbing stairs, and manipulating objects, making it well-suited for various household tasks. By utilizing a 6-degree-of-freedom arm's end effector for locomotion, we achieve a cheaper and simpler mobile robot. In terms of mechanical design, we employed an optimization algorithm to ensure maximum speed and efficient stair climbing ability. Additionally, equipped with a multi-sensor system and CV algorithm, the platform incorporates autonomous algorithms for grasping and path planning.

בהשראת עלוקות, תכננו פלטפורמה רובוטית היברידיית, במטרה לענות על הצרכים של תחום הרובוטים הביתיים שצפוי לצבור תאוצה בשנים הקרובות. על ידי שינוי קונפיגורציית המפרקים של זרוע רובוטית בעלת 6 דרגות חופש ושימוש בתפסנית ככף רגל, השגנו רובוט נייד, זול ופשוט, המסוגל לבצע הליכה, טיפוס מדרגות ותפיסה של חפצים. מבחינת תכנון מכני, השתמשנו באלגוריתם אופטימיזציה על מנת להבטיח שממדי הרובוט אופטימליים מבחינת מהירות תנועה ויכולת טיפוס מדרגות בגובה מקסימאלי. בנוסף, הפלטפורמה מצוידת בחיישנים ויכולות עיבוד תמונה, המאפשרים לה להשתמש באלגוריתמים לאחיזה ותכנון מסלול באופן אוטונומי.





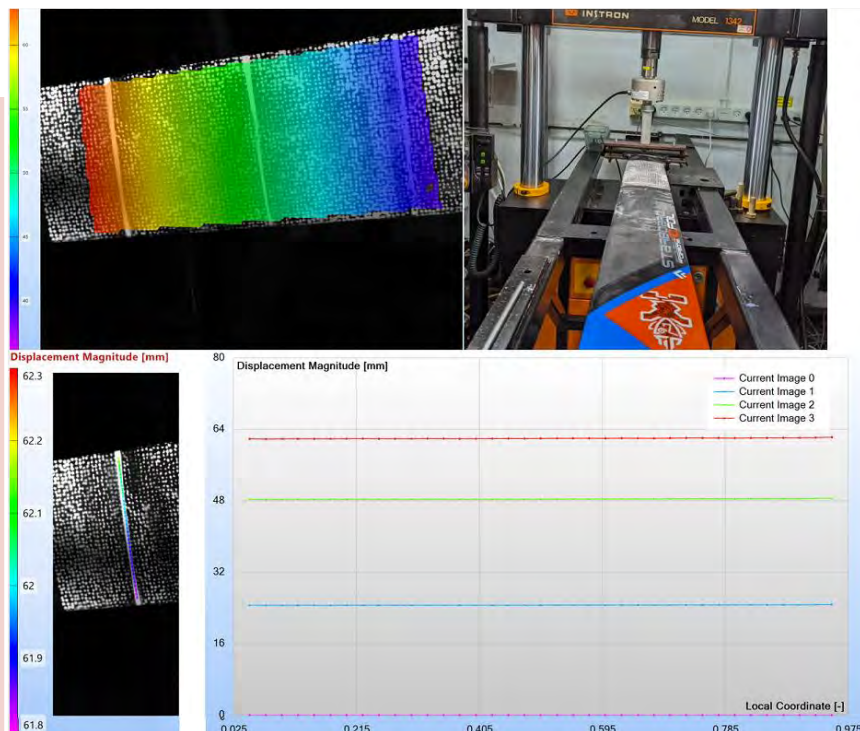
## ניתוח אלסטיות של הידרופויל עבור הנבחרת האולימפית בגלישת רוח

### Analysis of Hydrofoil Elasticity for the Olympic Windsurf Team

מנחה: דר' דנה סולב | דוד גולדבלט איילת אלבז

In this project we used the Digital Image Correlation (DIC) method to analyze the characteristics of hydrofoil components (wings and masts) in different loads, using an Instron machine. At all stages of loading the items were imaged by a set of high-resolution cameras for analysis in the MatchID software. Three types of loading were performed: bending without twist, and with front and back twist. Particular areas of interest were selected, where we focused on the analysis of the displacement during loading. The analysis included exporting the displacement data and processing the data to obtain two main results the magnitude of twist and the magnitude of deflection.

בפרוייקט זה השתמשנו בשיטת (DIC) Digital Image Correlation לניתוח תכונות מכאניות של חלקי הידרופויל (כנפיים ותרנים), בעומסים שונים ע"י מכונת Instron. בכל שלבי העמיסה הפריטים צולמו ע"י מערך מצלמות ברזולוציה גבוהה לניתוח בתוכנת MatchID. בוצעו שלושה סוגי העמסות על הפריטים: כפיפה ללא פיתול, כפיפה עם פיתול קדמי ואחורי. נבחרו איזורים מסוימים בפריט בהם התמקדנו בניתוח התזוזה במהלך העומס, הניתוח כלל ייצוא של התזוזות בעזרת התוכנה, עיבוד המידע לשני מרכיבים עיקריים גודל הפיתול וגודל השקיעה.





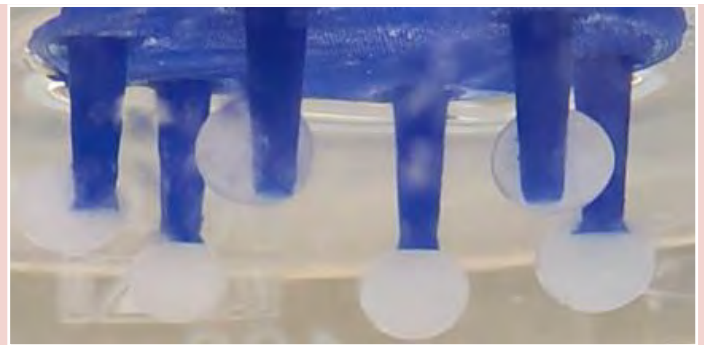
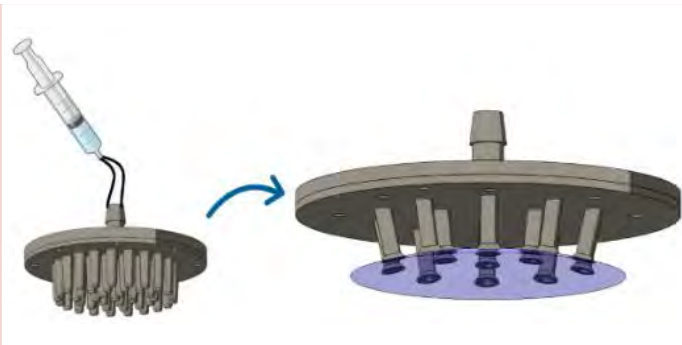
## מערכת הזרקת אוטומטית לייצור עדשות בטכנולוגיית

## Automated injection system for lens fabrication by Fluidic Shaping

עמית קדישביץ, גיא סוננזון | מנחה: מר עומר לוריה, מר מור אלגריסי, פרופ' מורן ברקוביץ

Fluidic-shaping is based on leveraging surface tension under a neutral buoyancy conditions in order to shape liquid polymers into useful optical shapes, which are then polymerized to yield solid components. For example, injecting polymer into a circular frame yields a lens with spherical surfaces whose curvature is determined according to the injected volume. To enable industrial fabrication, the injection process must be automated to allow precise control of the rate, volume and position, given the desired optical parameters of the lens. We implemented the project in two stages: (1) examination of different injection heads that allow the formation of a continuous liquid volume within frame, and (2) design and construction of the injection head to control the rate and volume of the injection, including a mechanical structure for accurate positioning. The selected injection head is in the form of a "shower head", which we optimized to select the optimal number of orifices that will result in a complete lens yet will minimize the contact area with the injected liquid. In addition, we designed the tip of the injection head to prevent capillary rise of the polymer away from the lens, thus reducing the dead volume and improving repeatability. We fitted a mechanical system to the injection head that allows controlled movement during the fabrication process and we also interfaced with an injection control system in order to control the rate and amount of injected material.

טכנולוגיית Fluidic-Shaping מתבססת על שימוש במתח פנים בסביבת ציפה ניטרלית על מנת לעצב פולימרים נוזליים לצורות אופטיות שימושיות, אשר לאחר תהליך פילמור מניבות רכיבים אופטיים מוצקים. למשל, כאשר הפולימר מוזרק לתוך מסגרת עגולה, מתקבלת עדשה בעלת משטחים כדוריים שעקמומיותם נקבעת עפ"י הנפח המוזרק. במטרה להשתמש בטכנולוגיה זו לייצור עדשות באופן תעשייתי, עולה הצורך לייעל את תהליך הזרקת הנוזל - אשר נעשה כיום באופן ידני - על ידי שימוש במערכת אוטומטית אשר תשלוט בקצב, נפח ומיקום ההזרקה בהינתן הפרמטרים האופטיים הרצויים. ביצענו את הפרוייקט בשני שלבים: (1) בחינת ראשי הזרקה שונים אשר מאפשרים היווצרות רצף של נוזל עדשה במסגרת הרצויה, ו-(2) תכן ובניית ראש ההזרקה לשליטת בקצב ובנפח ההזרקה, כולל מבנה מכני המאפשר שליטה במיקומו באזור העבודה. ראש ההזרקה הנבחר הינו בצורת "ראש מקלחת", אשר ביצענו לו אופטימיזציה לבחירת מספר החריצים האופטימלי להשלמת גוף העדשה, ויצירת שטח מגע מינימלי עם העדשה הנוזלית. בנוסף, תכננו את קצה ראש ההזרקה כך שיפחית את טיפוס נוזל העדשה על המזרק ובכך יאפשר ודאות גבוהה יותר בנוגע לכמות החומר המוזרק. לראש ההזרקה התאמנו מערכת מכנית ומערכת בקרת הזרקה המאפשרות תנועה מבוקרת השליטה בקצב ההזרקה בתהליך הייצור.



BERCOVICI FLUIDIC  
TECHNOLOGIES LAB

## פיתוח מתקן ייעודי מבוסס Flexures למדידה ישירה של כוח הדחף בעת ירי מנועים רקטיים

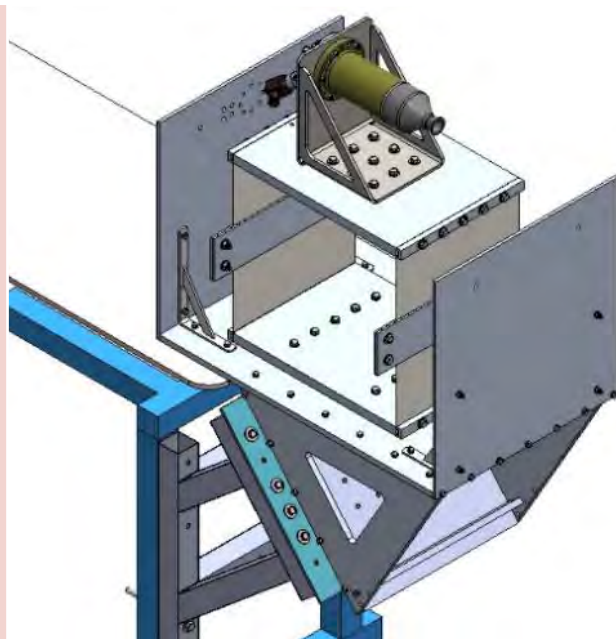
### Development of a Space Rocket Motor's Thrust Measurement Stand Based on Flexures

גילי גניש, יובל סטון | מנחה: דב חזן

The project deals with the design and development of a frictionless table used for measuring thrust in rocket motors for space systems. To minimize the effects of friction during measurement, the proposed solution involves a table where its legs are leaf springs set up as flexures, and the rocket motor will be placed on that table. The operation of the flexures is such that their stiffness decreases practically to zero in the desired horizontal motion direction, when they are under a vertical load that brings them close to the critical buckling load. In this state, the flexures can be used as frictionless horizontal hinges for small horizontal displacements, enabling precise thrust measurement. During the project, the thrust table components' design was updated to fit the available materials at the workshop and the constraints of the machining equipment. Additionally, two interfaces with different connection methods were developed between the thrust table and two load cells to minimize external inaccuracies of the measurement.

הפרוייקט עוסק בתכנון ובפיתוח של שולחן חסר חיכוך למדידת כוח הדחף במנועים רקטיים למערכות חלל. על מנת למזער את השפעת כוחות חיכוך וריסון בעת המדידה, הפתרון המוצע הינו שולחן שרגליו עשויות מקפיצי עלה במערך מסוג flexures ועל השולחן יונח המנוע הרקטי. אופן פעולת ה-flexures הוא כך שקשיחותם יורדת למעשה לאפס בכיוון התנועה האופקי הרצוי, כאשר הם נמצאים תחת עומס אנכי המביא אותם לסף קריסה. במצב זה ה-flexures יכולים לשמש כצירים אופקיים חסרי חיכוך, לתזוזות קטנות בלבד, ובכך לאפשר מדידת דחף מדויקת בכיוון האופקי.

במסגרת הפרוייקט עודכן תכנון של חלקי שולחן הדחף בהתאם למלאי החומרים בבית המלאכה ותחת מגבלות מכונות העיבוד השבבי. בנוסף פותחו שני ממשקים בעלי אופן חיבור שונה בין שולחן הדחף למדי-כוח שונים, כך שימוזערו ההשפעות החיצוניות על המדידה. בהמשך יבוצעו ניסויי מדידת הדחף בממשקים השונים ויבחר מד הדחף האופטימלי לשולחן הדחף.





## Design of an Interceptor vessel

צופיה טרופר ויובל קרמר | מנחה: מר שמואל שחק

In this project we designed an offshore patrol planning vessel intended for interception missions. The vessel is 16 [m] long, 3.86[m] wide and its displacement is approx. 22 [Ton]. The vessel is required to sail up to 50 [n-miles] from the coast for up to 24 hours and at a maximal speed of 40 [knots]. The boat has 2 separate drive lines that include an engine, a relay and a water-jet. The boat will be operated by a crew of 5 people, and contains a stabilized weapon system in the bow and 2 light machine guns on its sides.

The vessel was designed in an iterative synchronized process in accordance with the fundamentals of naval architecture and "Lloyds - SSC" registry classification.

בפרויקט זה תכננו כלי שיט גולש שנועד למשימות יירוט במשמר חופים. הכלי באורך כולל של 16 מטר, רוחב 3.86 מטר ובעל דחי של כ- 22 טון. הספינה נדרשת לשוט לטווח של עד 50 מייל ימי מהחוף למשך של עד 24 שעות ובמהירות מקסימלית של 40 קשר. לספינה 2 קווי הנעה נפרדים שכוללים מנוע, ממסרת ו-water-jet. הכלי נועד להיות מתופעל ע"י צוות של 5 אנשים ומכיל מערכת נשק מיוצבת בחרטום ו- 2 מקלעים קלים בצדיו. תכנון הספינה בוצע בתהליך איטרטיבי ומסונכרן של ספירלת תכן ע"פ עקרונות אדריכלות כלי שיט ובהתאם לתקן Lloyds - SSC.



## אופן מאוזן: איזון חד אופן בשני צירים בעזרת בקרת חוג סגור

### Balancycle: A Two-Axis Self-Balancing Unicycle Utilizing Closed-Loop Control

מנחה: רומן שמסוטינוב | דור כהן, תומר

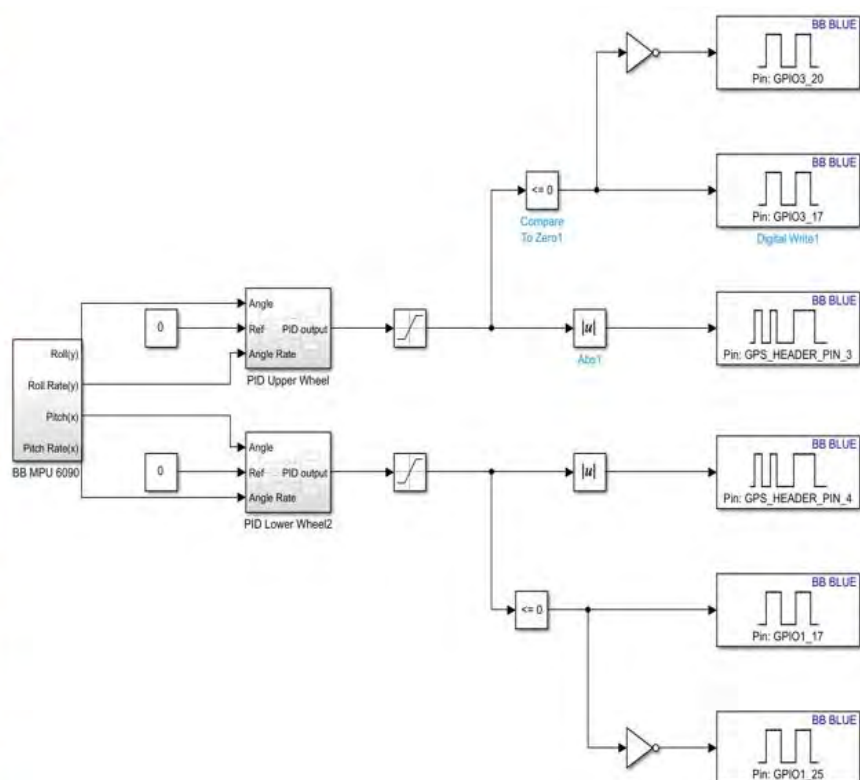
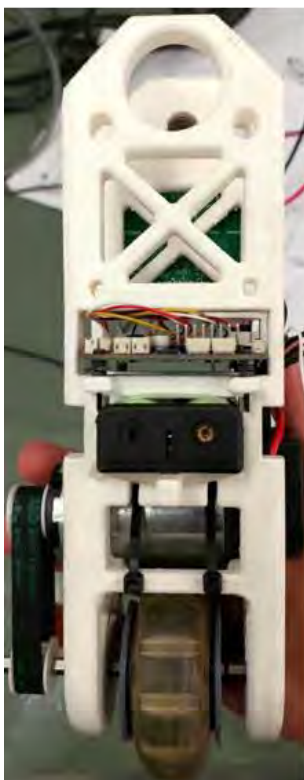
The project focuses on designing a self-balancing unicycle that achieves stability in two axes using a lower wheel and a reaction wheel. The control system integrates PID control, with the motors controlled by the BeagleBone Blue. The BeagleBone Blue also houses the gyro, which serves as the angular sensor. Encoders provide precise position feedback. The system is powered by batteries, enabling autonomous operation. The project emphasizes measuring and estimating model parameters to enhance the control algorithm within a closed-loop system.

הפרוייקט מתמקד בתכנון חד אופן היכול להתאזן בשני צירים בעזרת גלגל תחתון וגלגל תנע עליון. מערכת הבקרה משלבת בין בקרי PID שונים על המנועים, המופעלים על ידי BeagleBone Blue.

הבקר מכיל חיישן ג'ירו המשמש כחיישן לזווית ולמהירות הזוויתית במערכת הבקרה.

בנוסף, במנועים יש אינקודרים המאפשרים לנו לנו שליטה על המערכת בדיוק מירבי.

המערכת מונעת בעזרת סוללות, כך שמתאפשרת תנועה אוטונומית של המערכת. הפרוייקט גם שם דגש על מדידה ושערוך של פרמטרי המערכת כדי לצור חוג בקרה סגור אמין ואיתן.





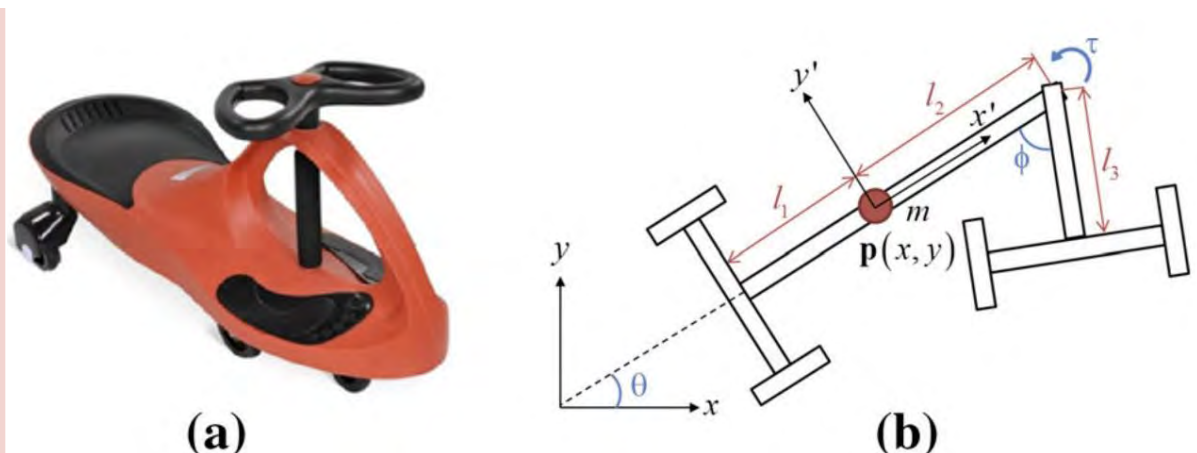
## חקירת דינמיקה לא ליניארית של רובוט תת ממונע ובניית מודל הפרעות

### Study of the non-linear dynamics of an under-actuated robot and building a disturbances model

מנחה: פרופ"ח יזהר אור | שניר כרמלי, דולב פרוינד

This project dealt with studying the non-linear dynamics of a 4 DOF twist-car robot, which is actuated with a single actuator. The robot is comprised of two links which are connected by an actuated joint whose angle follows a sinusoidal profile. In the project it was proven that changing the mass distribution of the robot reverses its direction of movement, under the influence of an oscillating input. This phenomena was predicted by theoretical models, and was proven in our project for the first time. In addition, we've studied the influence of the input's frequency and amplitude on the robot's velocity, and on the skid velocity of the wheels. For the purpose of validating the kinematic model with simulations, we've implemented design changes to the robot, recorded its motion with a VICON system, and analyzed the results.

פרוייקט זה עסק בחקירת הדינמיקה הלא ליניארית של רובוט בעל 4 דרגות חופש מסוג twist-car, הממונע באמצעות מפעיל בודד. הרובוט מורכב משתי חוליות המחוברות ביניהן על ידי מפרק ממונע המבצע תנועה סינוסואידלית. בפרוייקט הוכח כי שינוי פילוג המסה של הרובוט משנה את כיוון ההתקדמות שלו, תחת הפעלת כניסה תונדת במפרק הממונע. תופעה זו נחזתה על ידי מודלים תיאורטיים, והוכחה לראשונה במהלך הפרוייקט. בנוסף נבדקו השפעות תדירות ואמפליטודת הכניסה על מהירות התקדמות הרובוט, ועל מהירויות החלקת הגלגלים. לצורך תיקוף המודל אל מול סימולציות, ביצענו שינויי תכן לרובוט, ניטור תנועת הרובוט עם מערכת VICON וניתוח התוצאות.



## זרוע רובוטית חכמה עם 6 דרגות חופש

## 6DOF Smart Robotic Arm

ניר לוי | מנחה: פרופ' אילון רימון

The project revolves around the development of a versatile and intelligent robotic arm. First a 6 DOF (Degrees of Freedom) robotic arm is designed and built from scratch. The arm is equipped with advanced features such as forward and inverse kinematics, allowing for precise control and movement and velocity/Torque control. Additionally, a user-friendly graphical interface is developed for controlling the arm, and compatibility with a PS4 controller is integrated, offering an intuitive way to operate the robotic system. Next the project focuses on enhancing the capabilities of the robotic arm by incorporating vision-based motion planning. To achieve this, a neural network called YOLO V8 is utilized, along with the MoveIt library for motion planning, and OpenCV for image processing and analysis. These advanced tools enable the robotic arm to visually determine the optimal orientation for picking up various items, such as fish meat and other delicacies. Furthermore, the system is designed to work seamlessly with different grippers that students have developed, thus demonstrating its adaptability and potential for real-world applications.

הפרויקט סובב סביב פיתוח של זרוע רובוטית רב תכליתית וחכמה. ראשית זרוע רובוטית בעלת 6 דרגות חופש מתוכננת ונבנית. הזרוע מצוידת בתכונות מתקדמות כגון קינמטיקה ישירה והפוכה, המאפשרת שליטה מדויקת ובקרת תנועה ומהירות/מומנט. בנוסף, פותח ממשק גרפי ידידותי למשתמש לשליטה בזרוע, ומשולבת תאימות עם בקר PS4, המציע דרך אינטואיטיבית לתפעול המערכת הרובוטית. בשלב הבא הפרויקט מתמקד בשיפור היכולות של הזרוע הרובוטית על ידי שילוב תכנון תנועה מבוסס חזון. כדי להשיג זאת, נעשה שימוש ב-MoveIt ברשת עצבית בשם לתכנון תנועה, ו-YOLO V8, יחד עם ספריית אלו מאפשרים לזרוע OpenCV לעיבוד וניתוח תמונה. כלים מתקדמים הרובוטית לקבוע חזותית את הכיוון האופטימלי לאיסוף פריטים שונים, כגון בשר דגים וכד'. יתר על כן, המערכת תוכננה לעבוד בצורה חלקה עם תפסנים שונים שסטודנטים פיתחו, ובכך להדגים את יכולת ההסתגלות והפוטנציאל שלה ליישומים בעולם האמיתי.

