



19/12/2017

יום שלישי א' טבת תשע"ח

אל חברי ועדת מכרזים

הנדון: התקשרות עם עיריית הרצליה לצורך הפעלת תכנית לימודים לתלמידי החטיבה העליונה שבמרכזה פיתוח ושיגור לווייני תלמידים

תמצית: סוכנות החלל הישראלית שבמשרד המדע והטכנולוגיה, אמונה בין יתר על עידוד, פיתוח והרחבת העתודה לתעשיית החלל האזרחית; כחלק ממשימותיה במסגרת פעילותה החינוכית. במהלך חמש השנים האחרונות הציגה מדינת ישראל הישגים מרשימים בתחום הפעילות החינוכית הכוללים פיתוח ושיגור של שני לווייני תלמידים אל החלל שמתפקדים היטב עד היום; (הישג שעד כה שותפה לו אך ורק קבוצת תלמידים נוספת אחת בארה"ב, אולם הלוויין האמריקאי הפסיק לתפקד בשל כשל טכני מיד לאחר השיגור). הישגים אלה הינם תוצר של שת"פ בין המרכז למדעים בהרצליה, סוכנות החלל הישראלית וגורמים מקצועיים רבים בתעשיית החלל בישראל. מעבר להישג החינוכי שבעצם מימושו של פרויקט כזה על ידי תלמידי החטיבה העליונה, הוא מהווה מקור השראה ועניין לצעירים רבים בישראל.

- פרויקט פיתוח הלוויין הראשון (דוכיפת 1") התקיים ביוזמת המרכז למדעים בהרצליה והוא שוגר בסיוע סוכנות החלל הישראלית. על בסיס פעילותו התקיימה פעילות חינוכית ארצית בשיתוף הסוכנות.
- פרויקט פיתוח הלוויין השני ("דוכיפת 2") התקיים במסגרת תכנית של האיחוד האירופי (50QB) לפיתוח ושיגור עשרות לוויינים לחקר החלל הקרוב; במסגרתו זכה המרכז למדעים בהרצליה להפעיל את הפרוייקט. בהתאם לכך, התקשרה הסוכנות עם המרכז למדעים על מנת **לצרף קבוצות תלמידים נוספות, שהיו שותפות למשימת הלוויין (אך לא בפיתוחו)**; זאת על מנת להרחיב את תשתית הידע והניסיון המקצועי במרכזי מדעובתי ספר נוספים.
- כיום סוכנות החלל, מבקשת לאפשר לקבוצות תלמידים חדשות להוביל פרויקט עצמאי לפיתוח לוויין. על מנת לממש משימה זו, נבחנו על ידי היחידה המקצועית אמצעים והאופנים שבהם ניתן ליישמה. בתום הליך הבחינה אשר ארך כ-10 חודשים, הערכתנו המבוססת היא כי על מנת להתקדם לעבר מימוש יעד כזה, יש להתקשר עם המרכז למדעים בהרצליה (באמצעות עיריית הרצליה), כספק אשר יוביל את הפרוייקט מול כלל הקבוצות שישתתפו; זאת לאור ניסיונו הייחודי והבלעדי במימוש פרויקט מסוג זה.



1. נושא ההתקשרות והצורך בה:

סוכנות החלל הישראלית, במשרד המדע והטכנולוגיה, במסגרת יעדיה לפיתוח עתודה צעירה בתחומי החלל, מעוניינת לפתח ולבסס תוכניות חינוכיות ופרויקטים טכנולוגיים (במסגרות לימוד בלתי פורמאליות) בתחומי החלל, שבאמצעותם יגדל מספר התלמידים שמעמיקים את לימודיהם בתחומים אלה. מבין קהלי היעד המרכזיים של הסוכנות - תלמידי החטיבה העליונה המשולבים במגמות מדעים וחלל או בפרוייקטים חינוכיים בתחומים אלה. **פיתוח פרויקטים טכנולוגיים יישומיים בתחומי החלל בקרב תלמידים כיום מהווה אתגר**; הן בשל התשתית הפיסית הנדרשת לפיתוח פרויקטים אלה; הן בשל התשתית המקצועית והפדגוגית המגוונת הדרושה בליווי תלמידים במשימות פיתוח פרויקטים טכנולוגיים בתחומי החלל; והן בשל העלויות היקרות הכרוכות בפיתוחם.

בשל חשיבותה של שכבת הגילאים בחטיבה העליונה לקידום ולטיפול העתודה המקצועית, במהלך השנים האחרונות מבססת סוכנות החלל הישראלית את פעילותה **בדגש על קידום פרויקטי מחקר ופיתוח וביסוס וקידום תכניות לימוד ייחודיות בתחומי החלל לתלמידות ותלמידים**. בימים אלה פועלת הסוכנות, בשיתוף משרד החינוך, לקידום מספר אפיקים בהם יוכלו תלמידים להתמחות בתחום זה ולבצע עבודות מחקר שיוכרו על ידי משרד החינוך כעבודות גמר/מחקר לבגרות. במקביל, היא מקדמת ומתקצבת זו השנה השנייה פרויקטי מחקר ופיתוח יישומיים, אשר להם ערך רב בלימוד מעשי של תחומי החלל, למידה והיכרות של פעילות תעשיית החלל המקצועית והאקדמית בישראל - הן באמצעות שילוב אנשי מחקר ופיתוח במסגרת תכנית הלימודים והן באמצעות ייזום פרויקטי מו"פ הקשורים בתחומי מו"פ בהם תכנית החלל הישראלית מתמקדת.

אולם, על מנת לאפשר יכולת פיתוח עצמאית של לויינים ולשגרם לחלל (על ידי מוסדות חינוכיים), שהינם מטבע הדברים מורכבים יותר לביצוע ודורשים בסיס ידע פדגוגי וטכנולוגי רחב ומולטי-דיסציפלינארי; רכישת היכולות הטכנולוגיות כמו גם התשתית הפיסית כולל יכולת לתפעל אותה, **נדרשת העברת הידע והניסיון שכבר נצבר על ידי המרכז למדעים בהרצליה**.

חלל הינו תחום מרתק ומלהיב שיכול לשמש כבסיס לבחירה בלימודי מדעים בהיותו מקיף תחומי ידע רבים ומגוונים: מתמטיקה, פיזיקה ואסטרונומיה, מדעי המחשב, הנדסת חשמל ואלקטרוניקה, הנדסה מכנית, תרמודינמיקה, בקרה, תקשורת ומדעי הסביבה. תכנית למו"פ חלל ופיתוח לויינים במערכת החינוך מעודדת את החתירה למצויינות מדעית וטכנולוגית ומאפשרת למידה רב-תחומית המותאמת לתלמידים מוכשרים ובעלי אוריינטציה מדעית.

לסיכום ניתן לומר כי תכנית לפיתוח ושיגור לויינים על ידי תלמידים הינו מיזם פורץ דרך שאין לו אחר ורע במערכות חינוך ברחבי העולם. המיזם הייחודי מייצר תהליך של למידה מעמיקה המשולבת במחקר ופיתוח הנדסי ובהתנסות משמעותית בתעשיית החלל הישראלית. בניגוד למיזמים מדעיים/פדגוגיים המקובלים במערכת החינוך הישראלית של ביצוע עבודות חקר או בניית "דגמים", בתוכנית המוצעת מתקיים תהליך מחקר ופיתוח מולטי-דיסציפלינארי של מוצר הנדסי אמיתי המיועד להיות משוגר לחלל, ולכן צריך לעמוד באמות המידה ההנדסיות הגבוהות ביותר הנדרשות מרכב חלל. תהליך כזה מייצר אצל התלמידים מצד אחד מוטיבציה אדירה להרחבת והעמקת הידע על מנת לעמוד באתגר ההנדסי המורכב, ומצד שני תחושת אחריות לביצוע מדוייק (workmanship) שלא ניתן לחקותם בדרך אחרת. בהיותו בעל



נראות גבוהה, פרויקט בניית לוויינים על ידי תלמידים מייצר השפעה לא רק על התלמידים המשתתפים באופן ישיר במיזם אלא גם על המערכת הבית ספרית והקהילה העוטפת אותו: תלמידים צעירים רואים בבוגרים מודל לחיקוי, ומתגברת אצלם המוטיבציה לבחור בלימודי מדעים, סגלי המורים למדעים והנהלות בתי הספר נדרשים גם הם לפתח אופקי ידע חדשים בתחום המדעים ולעמוד בסטנדרט גבוה של הוראת מדעים ושל ניהול פרויקטים, וגם בקרב ההורים והקהילה המלווה את התלמידים נוצרת תחושת הישג וגאווה קהילתית וישובית. התכנית בהיותה מדעית במהותה מקדמת גם את שיתוף הפעולה של סוכנות החלל ושל מערכת החינוך עם מדענים ומהנדסים ברחבי העולם. הלוויינים משמשים לא רק כפלטפורמה פדגוגית במהלך התכנון והבניה אלא גם כפלטפורמה חללית לאחר שיגורם לביצוע עבודות חקר בתיכונים ובאוניברסיטאות בנושאי חישה מרחוק, מערכות הפעלה של לוויינים, תקשורת לוויינית, שרידות מערכות חלליות ומחקרים מדעיים נוספים.

בשל היתרונות המפורטים למעלה, בחמש השנים האחרונות, פועלת הסוכנות לקידום פרויקטים חינוכיים של פיתוח ושיגור לוויינים על ידי תלמידים. בשלב ראשון, השתתפה הסוכנות במימון עלויות שיגור לוויין התלמידים הראשון בישראל; בהמשך יזמה פרויקט משותף עם המרכז למדעים בהרצליה, סביב פיתוח לוויין דוכיפת 2 שמטרתו הייתה שילוב קבוצות תלמידים ממוסדות חינוכיים ומערים שונות, לפרוייקט פיתוח הלוויין אותו הוביל המרכז למדעים בהרצליה. במסגרת פרויקט זה שולבו 4 קבוצות תלמידים (אולפנת עפרה, ביה"ס עהד - הפזורה הבדואית בנגב, תלמידי מבתי ספר שונים באופקים, מרכז המדעים בירוחם) במשימות מגוונות במסגרת פרויקט פיתוח הלוויין. בין היתר כללו משימות אלה: פיתוח מערכת תוכנה קרקעית לבקרת המשימה, פיתוח אלגוריתמים לבקרת הכוון, ביצוע אנליזה תרמית ותכנון הגנות תרמיות, תכנון מסלולי הלוויין ואף משימות הקשורות בהנדסת מערכת, אינטגרציה ובדיקות תנאי סביבה. **כל אלה התאפשרו כתוצאה מניהול, הנחייה וליווי פדגוגי ומקצועי של צוות המרכז למדעים בהרצליה (ראה פירוט הניסיון הרלוונטי בהמשך מסמך זה).** כיום, מעוניינת הסוכנות לפנות לשלב הבא בקידום ועידוד פרויקטי מו"פ בתחום הלוויינות אצל תלמידי החטיבה העליונה, כך שהיכולת להוביל ולנהל פרויקט עצמאי לפיתוח ושיגור לוויינים יתקיים גם במרכזים נוספים, מלבד מרכז המדעים בהרצליה.

מרכז המדעים הרצליה הינו גוף עירוני שהוקם לפני עשר שנים בהשקעה של כ-12 מיליון ש"ח על ידי עיריית הרצליה כדי לקדם את לימודי המדעים והטכנולוגיה מתוך אמונה כי חינוך מדעי וטכנולוגי מתקדם מהווה פלטפורמה לצמיחה כלכלית, מדעית וטכנולוגית, ומשמש כמכשיר לצמצום פערים בחברה. מרכז המדעים מתנהל בתקציב שנתי של כ-6 מיליון ש"ח, המתוקצבים ע"י עיריית הרצליה, ומועסקים בו היום 52 עובדים. המרכז מופקד על תכניות מדעים **פורמליות** בחטיבה העליונה אך גם על החינוך הבלתי פורמלי למצויינות ברחבי העיר, ובכלל זה תכניות המחוננים והמצטיינים של משרד החינוך בכל הגילאים, הפעלת 25 קבוצות רובוטיקה עירוניות, השתלמויות מורים ארציות בנושאים מדעיים וטכנולוגיים ואף עריכת תחרויות מדעים ארציות בנושאים מדעיים שונים. במרכז קיימות מעבדות מתקדמות המצוידות במכשור עדכני ומגוון לביצוע פרויקטים בתחומי פיסיקה, אלקטרוניקה, ביולוגיה, כימיה מחשבים ומעבדה לבניית רובוטים. גולת הכותרת של המרכז היא הניסיון הפדגוגי והמקצועי, והתשתית הקיימת בו לפיתוח פרויקטים טכנולוגיים של תלמידים בתחומי החלל. למרכז המדעים, מסורת ארוכה וייחודית בארץ של ביצוע פרויקטים בחקר החלל עם תלמידי תיכון. המרכז מפעיל מזה מספר שנים תוכניות מצויינות באסטרופיזיקה וחקר החלל בבתי הספר בהרצליה בכיתות ה'-י"ב. במרכז



מעבדת לוויינים וחלל ובה מכשור מתקדם לפיתוח לוויינים זעירים, חדר נקי, ותחנת קרקע לקליטת שידורי לוויינים ולתקשורת עם חובבי רדיו.

כיום, למרכז למדעים בהרצליה, ידע וניסיון מוכח כמרכז המוביל פרויקטים טכנולוגיים בתחומי החלל בקרב תלמידי בתי ספר. בחודש יוני 2014 שוגר הלוויין דוכיפת 1, לוויין התלמידים הראשון בישראל (ובאירופה); פרויקט שהובל על ידי מרכז המדעים במשך שלוש שנים; הפרוייקט נוהל על ידי מורי המרכז ובאמצעות התשתית הפיסית הקיימת בו. בפרוייקט השתתפו במשך השנים כ-200 תלמידים, **מחציתם תלמידים שאינם תושבי הרצליה**, שנרשמו ללימודים בבתי ספר על איזוריים בעיר על מנת שיוכלו להשתתף בפרוייקטי לוויינות וחלל המתקיימים במרכז למדעים. פרויקט הלוויין דוכיפת 1 הוכתר בהצלחה יתרה, נכון להיום הלוויין משייט בגובה של 620 ק"מ, מקיף את כדור הארץ בכל 90 דקות וכל מערכותיו מתפקדות היטב. תלמידי המרכז מאיישים את תחנת הקרקע בהרצליה בכל חליפה מעל ישראל, קולטים טלמטריה מן הלוויין ומשדרים אליו פקודות הפעלה. המידע הנאגר מדוכיפת 1 משמש כבסיס נתונים לפרוייקטי מחקר של תלמידי המעבדה. דיווחים רבים מתקבלים גם מחובבי רדיו מסביב לעולם המשתמשים בו כממסר להעברת אותות מיקום מבוססי GPS (אותות מצוקה בפוטנציה) אל התחנה בהרצליה. סוכנות החלל הישראלית הייתה שותפה לשיגור הלוויין ולפיתוח משותף של סדנא בנושא תקשורת לוויינים שתתקיים בשנת הלימודים הנוכחית בקרב תלמידי חטיבות הביניים, כחלק ממאמציה לקדם ולעודד את הסקרנות והעניין של תלמידים בפרוייקטים טכנולוגיים.

"דוכיפת 2" הוא לוויין כפול בגודלו ומתוחכם עוד יותר מאחיו הבכור ומטרתו חקר החלל הקרוב (מדידת צפיפות הפלזמה בתרמוספירה התחתונה). מרכז המדעים הרצליה השתתף במרכז האיחוד האירופי במסגרת תכנית QB50 ונבחר לקחת חלק בפרוייקט האירופי היוקרתי. הצלחתו של מרכז המדעים בהתמודדות על מקום בפרוייקט QB50, הניסיון המקצועי והפדגוגי של המרכז והישגיו הייחודיים ויוצאי הדופן בתחום פיתוח פרויקטים חינוכיים בתחומי חלל; ובכלל זה, בפיתוח ושיגור לוויין תלמידים ראשון איפשרו למרכז להיות גוף פדגוגי ומקצועי המשלב קבוצות תלמידים נוספות מרחבי הארץ. סוכנות החלל הישראלית נטלה חלק גם בהובלת פרויקט זה שבוצע בשיתוף בתי ספר מן הפריפריה: **באופקים, בירוחם, בעפרה, בשער הנגב ובחורה** (ביה"ס למצוינות במדעים של הפזורה הבדואית). סוכנות החלל האמריקאית והאיחוד האירופי שיגרו את **"דוכיפת 2"** אל **תחנת החלל הבינלאומית** ב-18 באפריל 2017 ובתאריך 18 במאי 2017 שולח הלוויין למסלולו בחלל באמצעות **זרוע רובוטית** המותקנת בתחנת החלל.

על פיתוח ובניית **"דוכיפת 2"** עבדו כ-100 תלמידי תיכון בכל חמשת המרכזים, מתוך שותפות הרמונית, תלמידים יהודים ותלמידים מוסלמים, ילדי החינוך הממלכתי ובנות אולפנה מן החינוך הממלכתי דתי (מרבית התלמידים הן למעשה תלמידות!); וזאת, בעקבות שיתוף הפעולה בין מרכז המדעים וסוכנות החלל.

הפרוייקט המדעי המורכב מלהיב ומצית את דמיונם של התלמידים, מגדיל את מספר התלמידים הבוחרים בלימודי מדעים ביישובי הפריפריה ותורם לתחושת המסוגלות והגאווה של התלמידים, מוריהם, הוריהם והישוב כולו.



לאור הניסיון המפורט, הסוכנות מעוניינת להתקשר עם מרכז המדעים הרצליה באמצעות עיריית הרצליה במסגרת התקשרות עם רשות מקומית, על מנת לשתף פעולה בהפעלת תכנית מחקר ופיתוח ארצית של לוחייני תלמידים ושיגורם.

2. מטרות התכנית

מטרתה המרכזית של התכנית היא למסד בסיסי ידע (כולל יכולת מוכחת מעשית) לפיתוח ושיגור של לוחיינים על ידי תלמידי החטיבה העליונה. ובין תוצריה, תכלול שיגור של לוחיינים שפותחו על ידי תלמידים לביצוע משימה שתוגדר בחלל; ובמקביל, פיתוח הון אנושי, תשתית פיזית, קשר רלוונטי עם אקדמיה/תעשייה במרכזים השונים; באופן כזה, שבתום שלוש שנים כל מוקד/מרכז שישתתף בפרוייקט יוכל לנהל בעצמו פרויקט לפיתוח ושיגור לוחיינים עם קבוצות תלמידים נוספות. תכנית הלימודים (שתוגש בכל שנה למשרד בטרם תחילת שנת הפעילות על פי המועדים שייקבעו בהסכם) תכלול פיתוח וביסוס הון אנושי ותשתית, גיוס קהל יעד רלוונטי להשתתף בתכנית והחלת תכנית לימודים אשר תכלול סילבוס לימודים מפורט (שיכלול לימודי רקע ואוריינטציה בתחומי החלל, ידע תיאורטי ומעשי הרלוונטי לפרוייקט המדעי-טכנולוגי וחשיפה מעשית לפעילות החלל בישראל).

תוצרים מרכזיים בפרוייקט:

- ✓ התשתית שתוקם בבתי הספר תכלול הקמת תשתית לחקר החלל שתאפשר פעילויות אינטגרציה ובדיקה של הלוחיינים ועקיבה אחריהם באמצעות תחנת תקשורת. התשתית תכלול:
 - א. חדר נקי לביצוע אינטגרציה.
 - ב. אמצעי הרכבה מכניים וחשמליים לשילוב לוחיינים (EGSE, MGSE).
 - ג. תחנה לקליטת מידע מלוויין (או תחנת קרקע לתקשורת לוחיינים מלאה, ראה הרחבה בהמשך) אשר תשמש את התלמידים לאורך שנים לתקשורת עם לוחיינים בחלל.

** כל התשתית המקצועית והאנושית תפותח ותוקם במרכז הפיתוח שיוצע על ידי הרשות המקומית או בית הספר

- ✓ הצוות המוביל במרכזי הפיתוח (ראה פירוט בהמשך) יוכשר לניהול בפועל של תכנית לפיתוח לוחיינים על ידי תלמידי תיכון.
- ✓ התחזית היא כי במהלך שלוש שנים ישוגרו 3 לוחיינים מסוג פיון אל החלל על ידי 3 קבוצות תלמידים

3. הפעלת התכנית

פעילות המרכז למדעים כגוף מנהל ומתכלל

מרכז המדעים בהרצליה ינהל ויוביל את תכנית הפיתוח בכל הקבוצות המשתתפות בפרוייקט, על כלל כריביו במשך שלוש השנים בהם יבוצע הפרוייקט. ניהול זה יכלול:



מרכז המדעים בהרצליה יהיה אחראי על ביצוע התכנית בפועל בכלל הקבוצות המשתתפות בפרוייקט; לרבות, החלת תכניות הלימוד במסגרת התכנית (למשך שלוש שנים); ובכלל זה, תכנית הלימודים המתקיימת בכל קבוצה בנפרד וכן זו המתקיימת במסגרת מפגשים וסיורים לימודיים משותפים לכלל הקבוצות; אחריות לקיום תנאים נדרשים לביצוע הפרוייקטים בכל אחת מהקבוצות כולל: הכשרת מורים (חמש השתלמויות בשנה ומפגשי מורים מובילים אחת לשבועיים), גיוס צוות מקצועי ופדגוגי, הקמת התשתית הפיסית הנדרשת, בקרה על מימוש אבני הדרך בקבוצות, ביצוע רכש לצורך מימוש הפרוייקט וכן העברת מימון לקבוצות המשתתפות בפרוייקט, בהתאם לתנאי ההסכם עם סוכנות החלל. למרכז המדעים אחריות מלאה על השגת כלל התוצרים בפרוייקט.

רכישת הציוד לפיתוח הלוויין והשיגור תעשה על ידיבועזרת המרכז למדעים בהרצליה במרוכז והיבטים נוספים של הנדסת מערכת ינוהלו על ידו. כמו כן נושאי רכש אחרים שיידרשו, תיאום תדרים וייצוא בטחוני כמו גם טיפול בסוגיות משפטיות יעשה על ידי המרכז למדעים. שלב הבדיקות לפני שיגור יתבצע בתעשייה האווירית תוך שימוש בתשתית הכוללת מרעד, ותא ואקום תרמי ללוויינים זעירים המיועד לדימוי סביבת חלל.

ניהול הפרוייקט (סוכנות החלל הישראלית והמרכז למדעים הרצליה)

מנהל הפרוייקט

מנהל מרכז המדעים ד"ר מאיר אריאל ישמש כמנהל הפרוייקט. לד"ר אריאל תואר שלישי בהנדסת חשמל בתחומי פיענוח צופנים ועיבוד אותות ותואר ראשון ושני בהצטיינות בהנדסת חשמל, כולם מאוניברסיטת תל אביב, ניסיון של 29 שנים כמדען, מנהל מו"פ, ומנהל חברות בתעשיית ההייטק הישראלית בתחומי תקשורת אלחוטית ולוויינית, עיבוד אותות וראיה ממוחשבת. בחמש השנים האחרונות מנהל את מרכז המדעים הרצליה. ד"ר אריאל משמש גם כחבר הסגל האקדמי של אוני' בן גוריון וכן חבר בוועדה הבינלאומית לחקר החלל (COSPAR) הפועלת בחסות ארגון האו"ם לחינוך מדע ותרבות (אונסק"ו).

המנהל פדגוגי בפרוייקט

כמנהל פדגוגי של הפרוייקט ישמש אל"מ (מיל.) מיכאל (מיקי) קיסרי. מר קיסרי שימש בתפקידי פיקוד בכירים וניהול טכנולוגי בחיל הים, ובהם מפקד שייטת הצוללות של חיל הים וראש פרויקט צוללות הדולפין בגרמניה. למר קיסרי ניסיון עשיר של למעלה מ-20 שנה גם בניהול פדגוגי, כמנהל בית הספר להנדסאים ליד אוני' ת"א (4000 סטודנטים ו-380 אנשי סגל), מנהל אגף החינוך התרבות והספורט בעיריית גבעתיים ומנכ"ל מכללת כנרת. מר קיסרי בעל תואר ראשון בכלכלה וניהול ותואר שני במנהל עסקים בהצטיינות יתרה מאוני' בר אילן.

צוות מקצועי:

מהנדס תקשורת: מר שמאי אופפר. מר אופפר בעל ניסיון של 30 שנה במו"פ בתחומי אלקטרוניקה, מיקרוגלים ותקשורת לוויינים, מהם כ-5 שנים במו"פ חלל בתעשייה האווירית. מר אופפר משמש בהדרכת תלמידים במרכז המדעים מאז 2008. למר אופפר תואר ראשון בהנדסת חשמל מאוני' בן גוריון, ותואר שני בהנדסת מערכות מן הטכניון.



מנהל פיתוח תכנה : מר אריאל יפה

למר אריאל יפה תואר ראשון כפול בהנדסת חשמל ופיזיקה בהצטיינות ותואר שני בהנדסת חשמל בהצטיינות מאוני' ת"א. מר יפה בשלבי סיום דוקטורט במכון וייצמן בתחום Machine Learning. למר יפה נסיון פדגוגי עשיר, שימש כמנהל פיתוח התכנה בשש השנים האחרונות במיזמי הלוויינים דוכיפת 1 ודוכיפת 2.

מהנדס בקרת מסלולים ורשתות : מר נתנאל לוי. מר לוי בעל נסיון של למעלה מ 30 שנה כמהנדס פיתוח בתעשייה האווירית, מומחה לדינמיקת מסלולים של לווייני תקשורת. בנוסף למר לוי נסיון עצום בליווי תהליכים פדגוגיים בתחום החלל, בהוראת תלמידים במגמות אוויר-חלל ברשת אורט ובפיתוח תכניות לימודים בתחום זה, ובכלל זה במיזם הלוויין דוכיפת 2. למר לוי תואר ראשון ושני בהנדסת אווירונאוטיקה וחלל מן הטכניון.

מהנדס מערכת ראשי : מר אלעד שגיא. למר שגיא נסיון של 22 שנה כמהנדס לוויינים וחלל בתעשייה האווירית, שימש כמהנדס מערכת בלווייני תקשורת (בהם עמוס 2) ומהנדס חישה מרחוק בלווייני SAR והיפרספקטראליים של התעשייה האווירית. למר שגיא נסיון פדגוגי בהוראת חלל בחטיבות העליונות וכמהנדס המערכת פרויקט הלוויין דוכיפת 2. מר שגיא בעל תואר ראשון במדעי כדור הארץ מאוני' בר אילן ותואר שני בניהול טכנולוגי מן המכון הטכנולוגי חולון.

מנהלת הפרוייקט – תוקם על ידי סוכנות החלל ותכלול את נציגי משרד המדע והמרכז למדעים בהרצליה ונציגים נופים ככל שייקבע על ידי הסוכנות. מנהלת הפרוייקט תתכנס על מנת לדון ולעקוב אחר יישום התכנית (לכל הפחות אחת לחודשיים). למנהלת תהיה הסמכות לבחור את הקבוצות המשתתפות בתכנית; למנות אנשי מקצוע (חדשים שלא אושרו נכון למועד ההתקשרות); להחליט על צעדים הדרושים לצורך מימוש הפרוייקט, מעבר לתכנית העבודה המצורפת.

צוות ההוראה (במרכזי הפיתוח)

צוות ההוראה של התכנית יתבסס בעיקרו על מורי המדעים במערכת החינוך (פיזיקה, סייבר ומדעי המחשב), על צוות המדריכים המנוסים של מרכז המדעים הרצליה, ועל מהנדסים ומדענים מומחים בתחומי הדעת הרלבנטיים מן האקדמיה ומתעשיית החלל הישראלית.

בכל קבוצה שתשתתף בפרוייקט יהיה **צוות מוביל** של שני מורים (אשר ילווה את הקבוצה לאורך שלוש שנים ויוחלף באישור \ בהחלטת מנהלת הפרוייקט) אורגנים מסגל בית הספר/המוסד החינוכי או הרשות המקומית. צוות זה יועסק על ידי המרכז למדעים בהרצליה בתנאי העסקה שהוגדרו בתקציב התכנית. תחומי ההתמחות שלהם ביחד יכלול את תחום הסייבר/מדעי המחשב וכן הוראת המדעים (בעדיפות לבעלי רקע הנדסי). תפקיד המורים יהיה לפעול כצוות ההוראה בפרוייקט וכן כחברים בצוות הפיתוח של התכנית בכללותה. הצוות המוביל ישתתף בהשתלמויות שיתקיימו לאורך השנה ובפגישות צוות שיתקיימו על ידי המרכז למדעים בהרצליה אחת לשבועיים.



שיטת ההוראה

הלמידה בבתי הספר תכלול מקצועות ליבה חלליים, סיורי ומפגשי למידה בתע"א במסגרת הפרוייקט ותהיה בחלקה הגדול פרוייקטאלית (PBL) ומוכוונת לבניית לווין זעיר. עיקר התועלת המדעית והפדגוגית תושג מעצם ביצוע מו"פ מתקדם על כל שלביו על ידי תלמידים, ובהתאם יעסקו התלמידים במשימות אינהרנטיות לבניית לווין: מחקר ופיתוח, אנליזה, סימולציה וחקר ביצועים, ביצוע מחקרים תומכים, או אף קבלת אחריות כוללת לפיתוח תת מערכת לוווינית.

הלוויין שיפותח בכל קבוצה הוא לווין פיון (במטרה ליצור סטנדרטיזציה בביצוע). בהמשך יבחן שילוב משימות ייחודיות בתחום התוכנה לדוגמא; פיתוח להק של לוווינים בעלי משימה משותפת (כגון תקשורת), ניווט וכן מילוי משימה מדעית. משימות אחרות אפשריות הן תקשורת בין לוווינים או טעינת תוכנה מהקרע (שיפור אלגוריתם התקשורת או פיתוח תבנית למידה עצמאית).

בסיום הלימודים יתאפשר לתלמידים להגיש עבודת גמר בהיקף של 5 יח"ל במדעי ההנדסה, פיזיקה, סיבר/מדעי המחשב, או כל מגמת אם מדעית באישור המפמ"ר.

איפיון לווין פיון

- מימדי הלוויין 10X10X11.5 ס"מ
- משקל כ- 1 ק"ג
- מבנה החומרה המוטסת: מבנה אלומיניום חללי, מחשב מוטס עם מיקרו מעבד ARM9, לוח משנה ליחידות זיכרון, כרטיס בקרת חשמל, סוללות, משדר ומקלט בתדרי UHF-VHF, מנגנון פרישת אנטנות, 4 לוחות סולריים מלאים, לוח סולרי משולב בכרטיס חיבורים, חיבורים חיצוניים לטעינה תכנה קרקעית (JTAG, USB)
- תכנה מוטסת: מערכת הפעלה/מכונת מצבים מוטסת, אלגוריתם בקרת חשמל ותיעדוף מערכות, בקרה תרמית, בקרת משימה, תקשורת מול תחנת קרקע ומול לוווינים אחרים בלהק, יכולת טעינת תכנה מכדור הארץ.
- תכנה קרקעית: סימולטור מערכת הפעלה, תכנון מכני בעזרת מחשב (CAD-SolidWorks), תכנון תרמי בעזרת מחשב (Thermica), תכנת מאזני ערוץ, סגמנט תקשורת קרקעי וניהול תחנת קרקע, סימולטור מסלול (MATLAB, STK)
- חומרה קרקעית: ציוד תקשורת ואנטנות VHF-UHF לתחנת תקשורת לוווינים (בבית הספר המשתתף או במוסד חינוכי סמוך), אמולטור חומרה של הלוויין מבוסס ARM9, ציוד תמיכה קרקעי מכני MGSE, ציוד תמיכה קרקעי חשמלי EGSE.

בחירת הקבוצות המשתתפות בפרוייקט

לצורך בחירת הקבוצות המשתתפות בפרוייקט תפרסם הסוכנות קול קורא (בסיוע ובליווי של המרכז למדעים בהרצליה ונציגים נוספים שייבחרו על ידו).

תנאי סף מרכזיים בקול הקורא:

1. התכנית תתקיים מחוץ לשעות ההוראה הפורמאליות.



2. רשאים לגשת לקול הקורא רשויות ומועצות מקומיות שברשותן מרכז שיהווה מרכז פיתוח או בית ספר העומד בכל דרישות הסף הנדרשות בקול הקורא. (במקרים חריגים תיבחן אפשרות לאשר השתתפות של שתי רשויות מקומיות כמרכז פיתוח אחד; אך בכל מקרה יוצג מרכז פיתוח אחד באחת מן הערים אשר יעמוד בכל דרישות הסף הרלוונטיות). המרכז שיוצג על ידי המציע יהיה מרכז מדעלבת ספר שבו תפעל התכנית ולגביו יחולו כל התנאים בקול הקורא.

1. התלמידים המשתתפים בפרוייקט יהיו תלמידי מגמות מדעיות וטכנולוגיות ובכל מקרה ילמדו במגמות לימוד שבמסגרתן יגשו ל 5 יח"ל לבגרות במתמטיקה + לפחות 5 יח"ל נוספות במקצוע מדעי אחר מבין המקצועות הבאים: פיזיקה, סייבר/מדעי המחשב, אלקטרוניקה. תינתן אפשרות השתתפות גם לתלמידי כיתות מצויינות מדעית במסלולים מדעיים מובהקים ויחודיים כגון אלקטרו-פיזיקה.

2. בדומה לכל מיזם בניית לוויינים תעשייתי, מיזם בניית לוויין פיון הינו עתיר תכנה, הן בהיבטים של תכנון (אנליזות וסימולציות למיניהן) והן בפיתוח תכנה מוטסת וקרקעית להפעלת הלוויין. על כן לפחות מחצית מהתלמידים המשתתפים בפרוייקט יהיו תלמידי מגמת סייבר או תלמידי 5 יח"ל מדעי המחשב (כל תמהיל בין שתי המגמות יתקבל ובתנאי שלפחות 6 תלמידים יהיו תלמידים המתמחים בכתיבת תכנה במסגרת תכנית הלימודים הפורמלית);

3. מספר התלמידים המשתתפים בפרוייקט יהיה לכל הפחות 15 ומקסימום 25.

4. על פי לוחות הזמנים הצפויים התלמידים יחלו את לימודיהם בפועל בכיתה י'

5. בהצעה שתוגש על ידי הרשות המקומית התלמידים המשתתפים בפרוייקט יוכלו להשתייך לבתי ספר ו פרויקטים שונים. בהצעה שתוגש על ידי בית ספר כל התלמידים המשתתפים בפרוייקט ישתייכו לבת הספר

6. המרכז בו תתקיים הפעילות (לימוד, מחקר ופיתוח הלוויין) יספק תשתית מתאימה לביצוע הפעילות אשר תכלול: חדר מחשבים + הקצאת שטח (8-10 מ"ר לפחות ללא חלונות ובתוך מעבדה) להקמת חדר נקי.

7. המציע יתחייב לממן את העלויות הנקובות בקובץ התקציב לצורך ביצוע הפעילות ורכש המופיעה בו. ייכתן כי הליך הרכש יתקיים על ידי המרכז למדעים בהרצליה במרוכז. הפעילות בהן יועבר המימון של הקבוצות הזוכות יוגדרו במועד כתיבת הקולה קורא, בהתאם לנדרש לצורך הצלחת הפרוייקט.

8. צוות המורים המוביל יעמוד בדרישות הסף הבאות:

א. מורה למדעים בחטיבה העליונה באחד מהמקצועות הבאים: פיזיקה, מתמטיקה, אלקטרוניקה, מדעי המחשב, סייבר

ב. מוביל נוסף בתכנית יהיה בעל תואר ראשון באחד מהתחומים המצויינים בסעיף א או מהנדס חשמל/מכונות/תוכנה/אווירונאוטיקה



- ג. לפחות אחד המורים יהיה בעל ניסיון וידע משמעותיים בהוראה ובפיתוח תכנה ויהיה מסוגל להוביל צוות תלמידים בפיתוח תוכנה בשפה עלית.
- ד. כל הצוות המוביל יועסק על ידי עיריית הרצליה.
- ה. על המציע להציג את הצוות המוביל המוצע על ידו.
- ו. יתרון (שיוגדר בסעיפי האיכות) אחד המורים יהיה בעל ניסיון בפיתוח טכנולוגיה תעשייתית.

רכיבי האיכות (לבחירת הקבוצות)

יכללו: ניקוד על בסיס מעמד סוציו אקונומי (וקריטריונים נוספים המאפיינים פריפריה חברתית גיאוגרפית על מנת לעודד הצטרפותן של קבוצות מאזורים אלה), השתתפות בפרוייקטים נוספים (בעלי אוריינטציה דומה), ניסיון קודם של המרכז בקידום פרוייקטים ותכניות לימוד בתחומי החלל, ראינות עם בעלי תפקידים מובילים לפרוייקט (כולל מנהל בית הספר), הגשת עבודות גמר מדעיות. בנוסף לכך, יתקיים ניקוד בהתאם להחלטת המציע להקים תחנת קרקע לתקשורת לוויינים (העלויות המוערכות יוצגו במסגרת הקול הקורא שיפורסם).

4. שלבים מרכזיים בפרויקט:

התכנית הינה תלת- שנתית כמפורט בהמשך ותשלב למידה וחקר בהתאמה למשימות ושלבי הפיתוח בפרויקט:

שנה ראשונה – לימודי השלמה תיאורטיים נדרשים, חלוקת משימות חקר ופיתוח והתנסות עם התעשייה בשילוב של תוכנות סימולציה. תכנון מפורט של מודולים שונים בלוויין ובתחנת הקרקע (תכנה, מכניקה, חשמל, תקשורת וכו')
שנה שנייה – השלמת בנית הלוויין, אינטגרציה, בדיקות ושיגור.
שנה שלישית – תקשורת דו כיוונית עם הלוויין בחלל וביצוע המשימה המדעית. הגשת עבודת גמר בהיקף 5 יח"ל ע"י התלמידים.

פירוט שלבים בביצוע התוכנית:

שנה א'

1. מקצועות בסיס וחלוקת משימות פיתוח
2. פיתוח המתבצע על מחשב המשמש כסימולטור
3. פיתוח המתבצע על גבי אמולטור/מודל לוויין

שנה ב'

1. פיתוח על גבי מודל לוויין
2. אינטגרציה כולל משוב לשלב הפיתוח
3. בדיקות תנאי סביבה וכשירות להטסה

שנה ג'



1. שיגור

2. הכנסת הלוויין למסלולו בחלל, ייצוב הלוויין והפעלת המשימה (commissioning).

3. מעקב באמצעות תקשורת דו כיוונית בין הלוויין לתחנת הקרקע.

4. ביצוע המשימה המדעית המבוססת על נתוני טלמטריה ונתונים מדעיים.

5. הגשת עבודת החקר ע"י התלמידים.

פירוט תכנים ומשימות חקר אפשריות:

תכנים משותפים לכלל התלמידים:

אלקטרוניקה, אלגוריתמיקה, תכנות, יסודות מכניקה (כחלק מלימודי פיזיקה), מבוא לחשמל, מסלולים, מערכות ומשימות לווינים, מדעי החלל ולווינות, חישה מרחוק.

תכנים יעודיים לצוותי תכנון בהתאם למשימה המדעית/טכנולוגית:

מכניקה: תוכנת CAD (תכנה מסחרית לדוגמה: UniGraphics/SolidWorks, אנליזת חוזק, בסיס לתכנון תרמו דינמי.

תרמודינמיקה: עקרונות תרמודינמיקה ומעבר חום, עקרונות תכנון תרמודינמי של לווינים.

תקשורת: יסודות תקשורת רדיו וערוץ לוויני, מאזן ערוץ, מבנה משדר ומקלט, סוגי אנטנות לתדרים השונים, קורס חובבות רדיו עם רישיון מפעיל ממשד התקשורת (תקשורת קרקע).

מרכז בקרת משימה: שפת תכנון מתאימה לטיפול בבסיס נתונים ובתצוגה גרפית של פרמטרים כדוגמת C#.

חשמל: אלקטרוניקה ספרתית של רכיבים חלליים, פרוטוקולים להעברת נתונים ולתקשורת בין מערכות הלוויין.

תוכנה: מבוא למיקרו-בקרים, תכנות בשפת מכונה, אלמנט זיכרון, רגיסטרים, תזמונים, פסיקות.

משימות:

מכניקה

1. תכנון מכני של מבנה הלוויין ומערכותיו- התלמידים יקבלו מיצרני החומרה קבצי CAD של הרכיבים השונים וישלבו אותם בתכנת התכנון המכני על מנת ליצר תכנון מכני מלא של לוויין משולב ומורכב.

התכנון יתבצע תחת אילוצי משימה. לדוגמה: מרכז הכובד של הלוויין שיזהה עם מרכז הגיאומטרי, אילוצים של חוזק ועמידה ברעידות.

2. תכנון ותיעוד של תהליך האינטגרציה של הלוויין (ערכת הדרכה)

3. בניית אמצעי עזר לתהליך בדיקת סביבה MGSE- לדוגמה:



- תכנון מבנה בתלת מימד שעליו יותקן הלוויין בזמן הרעדה,
- תכנון מארז הפלטה לחלל עבור הלוויין,
- תכנון JIG (אלמנט מכני) המצמיד את הלוויין למרעד במהלך הבדיקות (דגם במדפסת תלת מימד המשמש בסיס ליצור מתקן העשוי מתכת),
- תכנון מבנה פרספקס לשמירת הלוויין בסביבה נקייה.

תרמודינמיקה

1. תכנון תרמודינמי של לוויין (תוכנת תרמיקה).
2. סימולציה תרמית של הלוויין במסלולים שונים ובמצב של חשיפה לשמש או אקליפס, ובתלות במגבלות הטמפרטורה של רכיבי הלוויין (תוכנת תרמיקה).
3. שינוי תכן הלוויין בהתאם לסימולציה התרמית.

תקשורת מוטסת

1. תכנון פרוטוקול התקשורת המוטסת (באמצעות סימולציה ומימושה במערכת האמולטור ובלוויין המשולב)
2. ביצוע ניסויי תקשורת במעבדה אל מול הלוויין המשולב

תקשורת קרקע

1. הקמת תחנת תקשורת לוויינים קרקעית.
2. תכנון פרוטוקול התקשורת בין תחנת הקרקע ללוויין בשיתוף צוות התקשורת המוטסת (באמצעות סימולציה ומימושה במערכת האמולטור ובלוויין המשדר במעבדה)
3. תרגול קליטה ומשלוח פקודות ללווייני חובבים.
4. תקשורת בין תחנת הקרקע למרכזי בקרת השליטה (mission control center).
5. פיתוח תוכנת שליטה ובקרה לוויינית.

מרכז בקרת משימה (תלמידים עם רקע חזק בתוכנה/מגמת סייבר)

- פרויקט תוכנתי בלבד שאינו דורש התעמקות במערכות חלל, פרט להבנת הממשק מול תחנת הקרקע.
1. בניית בסיס נתונים חללים (טלמטריה/ נתונים מדעיים).
 2. בניית מערכת ארכוב ואחזור מידע.
 3. בניית מערכת תצוגה של נתוני הלוויין בצורה ויזואלית ומערכות ניתוח של התנהגות הלוויין ומצב בריאותו בהתאם לנתונים שנאגרו.
 4. למתקדמים ניתן לבצע עבודות חקר בתחומי data mining, machine learning.

בקרת חשמל



1. תכנון מאזן הספק של לוויין.
2. תכנון רכיבי מערכת האנרגיה: פאנלים סולריים, כרטיס בקרת הספקים, נתב אספקות זרם, מצברים מוטסים.
3. פיתוח אלגוריתמים לניהול משאבי האנרגיה של הלוויין, כיבוי והדלקת מערכות בהתאם למשימות, מטען המצבר ועומק הפריקה המותר, במצבי יום ולילה לווויני.

תוכנה

1. תכנון לוגי של מערכת הפעלה חללית/מכונת מצבים בהתאם למשימות הלוויין ומשאבי האנרגיה.
2. כתיבת תכנה מוטסת ומימושה בשלבים: סימולטור תכנה, אמולטור ולוויין משולב.
3. פיתוח מתודולוגיות בדיקה ומימוש מערכי בדיקת תכנה בתסריטים שונים.
4. תמיכה בצוותים האחרים בנושאי תכנה: תקשורת קרקע ומוטסת, בקרת חשמל וכד'.

5. לוחות זמנים מרכזיים לניהול התכנית

משימה/אבן דרך	מועד	הערות
פרסום הקול הקורא	פברואר 2018	
בחירת הקבוצות המשתתפות בפרוייקט	מאי 2018	כולל תהליך מיון וחשיפה
השתלמות ראשונה	יולי אוגוסט 2018	בהיקף של 30 שעות
התחלת הפרוייקט בפועל	ספטמבר 2018	
הגשת נושא המחקר (משרד החינוך)	דצמבר 2018	
סקר תכנון ראשוני לכל אחד מבתי הספר	מרץ 2019	
ביצוע רכש של חומרת לוויין	מאי – יוני 2019	
השתלמות מורים	יולי- אוגוסט	היקף של 30 שעות
סקר תכנון קריטי	ספטמבר 2019	
ביצוע אינטגרציה	ספטמבר 2019 – יוני 2020	לוויין מוכן לשיגור



	יוני 2020	הגשת טיוטת עבודה ראשונה (משרד החינוך)
	יולי-אוגוסט 2020	השתלמות מורים
	חלון שיגור של 6 חודשים בין יולי 2020 - ינואר 2021	שיגור הלוויינים
	לאורך שנת הלימודים לאחר השיגור.	ביצוע משימת הלוויין בחלל ומעקב
	מאי 2021	הגשת עבודת הגמר ובחינה (משרד החינוך)

6. מימון הפרוייקט

1,058,400 ₪ - מימון משרד המדע עבור ניהול הפרוייקט (ללא קשר למספר הקבוצות המשתתפות בפרוייקט)
 280,000 ₪ - מימון מינימאלי הרשות המקומית/בית הספר – המציע
 $1,800,000 ₪ = 3 * 600,000 ₪$ מימון סוכנות החלל עבור כל לויין שיפותח
 סה"כ מימון הפרוייקט על ידי הסוכנות 2858,400 ₪

היחידה המקצועית מעוניינת להרחיב במהלך 2018, בהתאם לזמינות תקציבית ובהתאם לתכנית העבודה את ההתקשרות עם המרכז למדעים בהרצליה בסכום של עד 3,200,000 ₪ לטובת הרחבת התוכנית במתכונת המפורטת. במידה ותתקיים הרחבה זו - כלל הסכום יוקצה להרחבת מספר הקבוצות המשתתפות בתכנית ובהתאם, מספר הלוויינים שיפותחו בעלות השתתפות זהה עבור פיתוח כל לויין (600 אש"ח). (הוצאות ניהול הפרוייקט המגולמות בהתקשרות הנוכחית לא ייגבו במסגרת ההרחבה)

7. תקשורת, דוברות ופרסום התכנית

כל קשר עם נציגי תקשורת (מקומית, ארצית ובינ"ל ובכל סוגי המדיה) בדבר הפרוייקט של משרד המדע במסגרת המיזם המשותף עם מרכז המדעים בהרצליה, יעשה בהסכמה הדדית ובתיאום מוקדם ובזמן סביר מראש עם דוברות משרד המדע והטכנולוגיה. בניית התכנית התקשורתית לחשיפה בנושא הפרוייקט, שלה ערך רב בקירוב הציבור הרחב בדגש על צעירים, אל תחומי החלל תובל על ידי דוברת משרד המדע והטכנולוגיה.

8. תקופת ההתקשרות

דצמבר 2017 – מאי 2020 (בהמשך למצויין למעלה – מבקשת היחידה המקצועית לציין אופציה להרחבת ההתקשרות בשנת 2018 ולסיומה ביולי 2021



MINISTRY OF SCIENCE and TECHNOLOGY

ISRAEL SPACE AGENCY



משרד המדע והטכנולוגיה

סוכנות החלל הישראלית

בברכה,

אבי בלסברגר,

מנהל סוכנות החלל הישראלית

משרד המדע והטכנולוגיה