

ספר תוכנית

מחזור ב' בית הספר לאסטרונאוטים צעירים

מגיש: מכון דוידסון לחינוך מדעי, רחובות

קול קורא 2017/06 לקידום חקר החלל בקרב תלמידים

תאריך: 1.3.2020



תוכן

4.....	אודות מכון דוידסון לחינוך מדעי, הזרוע החינוכית של מכון ויצמן למדע
4.....	אודות בית הספר לאסטרונומים צעירים
5.....	צוות התוכנית
5.....	רשימת פרסומים על התוכנית
5.....	סיכום אישי - ד"ר רעות סורק אברמוביץ'
6.....	סיכום אישי - נדב קושניר
7.....	סיכום אישי - עופר שמואלי
8.....	סיכום אישי - ד"ר הילל רובינשטיין
8.....	האתגרים המדעיים והיישומים של התלמידים בתוכנית
9.....	תהליך בחירת המועמדים
9.....	סילבוס
11.....	סיורים ופעילויות מיוחדות שבוצעו
12.....	משימה מרכזית: תכנות רכב רובוטי למשימת שטח בשיתוף פעולה עם D-MARS וקבוצת Y רובוטיקה
14.....	Form Rover Testing Procedures
16.....	סיורים ופעילויות מיוחדות - פירוט
16.....	מחנה מיון - ניווטם והכרת שמי הלילה
17.....	כנס החלל הבינלאומי ה-14 ע"ש אילן רמון, מפגש עם מחזור א של בי"ס אסטרונומים צעירים
19.....	סיור גיאולוגי מכתש רמון
21.....	שבוע מחנה רובוטיקה - ירוחם והסביבה
25.....	מדע בשטח - הכנה למשימה אנאלוגית
25.....	סיור במכון ויצמן + הרצאה של סקוט קלי, אסטרונוט אמריקאי

26	3 ימים משימה אנלוגית במכתש רמון.....
30	קטע מדוח מדעי מאת מיקה הקסטר, קצינת מדע D-MARS EDU03
33	סיור לימודי בכנף רמון, בסיס חיה"א וסיכום השנה.....
33	עבודות חקר.....
34	מסקנות וסיכום.....

אודות מכון דוידסון לחינוך מדעי, הזרוע החינוכית של מכון ויצמן למדע

המכון עוסק בקידום ושיפור החינוך מדעי טכנולוגי בישראל. באמצעות תוכניות חינוכיות אנחנו מעודדים אנשים להפעיל את הדמיון, להתפתח, לחלום, לחשוב ולמצוא את חדות הגילוי והעשייה. אנו מנגישים את המדע במגוון רחב של פעילויות לתלמידים מצטיינים, לאוכלוסיות מוחלשות, לקהל הרחב, לבני נוער, למבוגרים, לציבור המורים ולקהל התלמידים.

אנו חותרים להיות מוקד מקצועי להורים, מורים, אנשי אקדמיה, ממשל וחינוך, ולכל מי שנזקק לאתגר המיוחד של חיבור בין אנשים למדע. במסגרת מכון דוידסון פועל גם פרויקט החונכות הלאומי פר"ח. מכון דוידסון פותח את שערו מדי שנה בפני כמעט חצי מיליון בני נוער ומבוגרים בפעילויות המהוות חלק מתכנית הלימודים המאושרת כל ידי משרד החינוך, ובתוכניות העשרה, הרצאות, אירועים, מחנות מדע, תערוכות, תחרויות, ופסטיבלים שונים. אנו נוגעים במאות אלפי משתתפים מדי שנה תוך ניצול הפוטנציאל המדעי של מכון ויצמן למדע.



אודות בית הספר לאסטרונאוטים צעירים

תכנית זו היא מחזור שני של בית הספר לאסטרונאוטים צעירים במכון דוידסון לחינוך מדעי, רחובות. במסגרת התכנית, תלמידים ותלמידות מצטיינים משכבה י' עוברים מיונים ועוברים תהליך של שנה וחצי במהלכו הם נחשפים למדעי החלל השונים כמו גם לאספקטים השונים של משימות הדמיות חלל. מדעי החלל השונים – אסטרופיזיקה, מדעי כדור הארץ, אסטרוביולוגיה, רפואת חלל, רובוטיקה ועוד, פותחים פתח מסקרן ומבטיח לתלמידים המעוניינים להרחיב את ידיעותיהם בתחום החלל ולהמשיך למסלול אקדמי או הנדסי. משימות הדמיות חלל, קרי – משימות אנלוגיות, תורמות להבנה מלאה ועמוקה של תחומי המחקר והיישומים השונים שלהם בשטח. ההבנה למשימות והמשימות עצמן תורמות למיומנויות של תקשורת בין אישית, פיתוח וניהול צוות, מיומנויות טכניות כגון תפעול רכב שטח רובוטי וכתירת דוחות מדעיים, ניתוח שטח וניהול עצמי. התהליכים הבין אישיים בקבוצה מגדילים את העשייה המדעית. משימות

בשטח גם מחזקות את ידיעת הארץ והקשר האישי העמוק של התלמידים למדינה בה הם חיים. התכנית פורסמה בכנס חלל בינלאומיים וזכתה להתעניינות בחו"ל ורחבי הארץ.

צוות התוכנית

שם	תפקיד
ד"ר רעות סורק אברמוביץ	מנהלת\מדריכה
נדב קושניר	מדריך ראשי
עופר שמואלי	מדריך משני
ד"ר הילל רובינשטיין	יועץ אקדמי

רשימת פרסומים על התוכנית

1. Rubinstein, H., Sorek-abramovich, R., Linn Barnett, D., Shikar, A., Yair Helmann, Y., Nevenzal, H., Vizel, N., Paz, Y., Dahan, D., Bainberg, S., Yoffe, G., Henn, N., Ryazanskiy, M., Mauda, S., Kushnir, N., Orlov, Y., Margulyan, K., Schenker, E., & Aharonson, O. (2019, October). The 2019 Analog Mars Mission Season at The Desert Mars Analog Ramon Station [Paper presentation]. 70th International Astronautical Congress (IAC), Washington D.C..

https://www.researchgate.net/publication/337338943_The_2019_Analog_Mars_Mission_Season_at_the_Desert_Mars_Analog_Ramon_Station

2. Sorek Abramovich, R., Rubinstein, H., Petranker, G., Kushnir, N., Linn Barnett, D., & Shikar, A. (2019, September). *Lessons learned from the Student Analog Mars Missions in the Young Israeli Astronaut Academy* [Paper presentation]. EPSC, Geneva.

סיכום אישי - ד"ר רעות סורק אברמוביץ

הדרכתי והקמתי את מודול הלמידה אסטרוביולוגיה במחזור א' של בית הספר לאסטרונאוטים צעירים (2016), ונחשפתי למורכבות האדירה בהכנה, הקמה והפעלה של תכנית ייחודית לנוער בתחום החלל. במחזור ב' הדרכתי תכנים מדעיים נוספים, וריכזתי את התוכנית עם שותפים מהתחום הפדגוגי, נדב קושניר (MSW, מכללת ספיר) ועופר שמואלי (BSc Earth Sciences, MS Ed., MS Environmental engineering). ד"ר הילל רובינשטיין שימש כיועץ מדעי ועזר לאורך כל התוכנית. תכנית זו היא ייחודית וחדשנית בנוף החינוכי במדינת ישראל כיוון שהיא מטפחת לא רק כישורים מדעיים וידע אלא גם מיומנויות רכות משמעותיות לקבוצת הגיל הזו. נוכחתי כי טיפוח ביטחון עצמי, מנהיגות, תקשורת, ניהול עצמי ועוד, תורמים לעשייה מדעית מצוינת. במהלך 2018 הוקם מתקן מגורים ארעי במכתש רמון - הביטאט ייחודי בתכנונם של משה צגאי ואלון שיקאר, אדריכלים. מתקן זה כלל מגורי צוות, שירותים, מטבחון, מעבדה, מחסן, עמדת בקרה לתקשורת, תאי אחסון, וחליפות חלל. כמו כן - פותח רובר ייעודי למשימה אנלוגית בשטח יחד עם מרכז רובוטיקה, ירוחם. במשימת התלמידים ב-2019 נעשתה בדיקת שטח מקיפה לרובר ממנה עלו מסקנות אופרטיביות.

בהביטאט זה, במשך 3 ימים, בוצעה משימת הדמית חלל במכתש רמון והתלמידים עבדו כצוות אסטרונאוטים חוקר בכוכב לכת חדש. בעקבות משימת D-MARS EDU03 - התלמידים ומשפחותיהם, וגם חבריהם מבית הספר ומוריהם – כולם הביעו הערכה עמוקה והתלהבות מתחום החלל ומהעתיד הצפוי לכולנו בתחום.

הקבוצה שהדרכתי הגיעה ממדרשת שדה בוקר, הנגב ומיישובים בסביבה. התלמידים הצליחו להתגבר על העדר תחבורה ציבורית נאותה והגיעו לרוב המפגשים, והסיורים הלימודיים והמשימה האנלוגית היו הצלחה מסחררת. אני מסיימת כאן בציטוט מדבריו של גל אלמליח, תלמיד התוכנית, בדוח האישי שכתב אחרי המשימה האנלוגית במכתש רמון. המילים שכתב אומרות הכל, ומעבירות גם את תחושותי: "... למדתי המון מהתכנית הזאת ואני מאוד שמח שיצא לי לקחת חלק ממנה, נהניתי מכל רגע והרגשתי את ההשקעה הגדולה שיצאה עלינו אז אני באמת מודה לאחראים וליזמים של הפרויקט. אחרונים שאני רוצה לדבר עליהם אלה רעות ונדב. רעות ונדב היו הדמויות הכי מתאימות שאני יכול לחשוב עליהם שיכלו ללוות אותנו בתכנית המדהימה הזאת והם עשו את תפקידם בצורה מושלמת והכי טובה שאפשר. הם היו קשוחים שצריך ורגישים שצריך בהתאם למצב ולסיטואציה אז אני מוריד בפניהם את הכובע ומודה להם על שהם עשו את התפקיד שלהם בצורה כל כך טובה. תודה." גל אלמליח, דוח אישי, 23.2.2019.

אני מודה לסוכנות החלל הישראלית ומשרד המדע והטכנולוגיה שמימנו את "בית הספר לאסטרונאוטים צעירים" ותמכו בבני ובנות נוער מצוינים.

סיכום אישי – נדב קושניר

היתה לי הזכות לקחת חלק פעיל בליווי, הדרכה, וחינוך של מחזור ב' של בית-הספר לאסטרונאוטים צעירים במכון דוידסון לחינוך מדעי.

החבורה המופלאה הזאת של התלמידים חוותה חוויה ייחודית ועמוקה אשר שילבה הן חשיפה לתכנים מדעיים מעולם החלל והן תכנים הומניסטים של יחסי אנוש ושל עבודת צוות.

אני עובד סוציאלי העוסק בטיפול הנחיה וחינוך בכלים של למידה התנסותית וכאשר הוצע לי לקחת חלק בהדרכה של מחזור ב' של בית הספר לאסטרונאוטים צעירים, יכולתי לנחש מהו החלק החינוכי הנדרש לצורך כך, אך לא הכרתי את נושא החלל.

היה לי ברור כי הכנה של קבוצת בני נוער לתפקוד מלא במשימה אנלוגית תדרוש מהמשתתפים ידע נרחב ומגוון בתחומי המדע כמו אסטרופיזיקה, מיקרו-ביולוגיה וגיאולוגיה וגם ידע בניהול ניסוי מדעי ושימוש בציוד מדעי דוגמת חיישני לחות וטמפרטורת קרקע ורובר אך יותר מכך המשימה דורשת מחבורה של בני 17 להצליח לתפקד היטב כקבוצה, הן בהיבט מילוי המשימות המדעיות והן מבחינת התפקוד הכולל. זו התמודדות עם קונפליקטים, ניהול משברים חברתיים בסביבת עבודה לוחצת ומאתגרת, מיומנויות תקשורת בין אישיות ועיבוד החוויה ברמה התוך אישית תוך כדי בניית תוכנית הלימודים, מבנה המפגשים וגיבוש הקבוצה.

על אף המורכבות הרבה שהקבוצה נדרשה להתמודד איתה, הן בהתמדה בשיעורים ומילוי המשימות והן ביצירת יחסים בתוך הקבוצה, ניכר כי התלמידים והקבוצה עברו חוויה משמעותית, מגרה ומעוררת השראה אשר יתכן ובעתיד תמשוך אותם לחזור ולעסוק בתחומים אלו.

על כן אני רוצה להודות על ההזדמנות שניתנה לי לקחת חלק ולתת לנערים הללו חוויות נעורים משמעותיות מאוד.

סיכום אישי – עופר שמואלי

שמחתי לעבוד עם הצוות המופלא של התכנית וכמובן ללוות את התלמידים שלי בפרויקט זה. כמעט כל התלמידים בקבוצה הם תלמידי התיכון לחינוך סביבתי אותם אני מלווה כבר שנה רביעית כמחנך ורכז שכבה. גם נדב שהדריך בתכנית, הוא תלמיד שלי לשעבר. התכנית בעיני היא כיוון חדשני ומרענן לאותה תפיסה חינוכית שבית הספר שלנו מוביל כבר שנים בתחום של חינוך סביבתי. התלמידים השתלבו באופן טבעי בלמידה בכתה ועוד יותר בסיור בשטח שקיימנו ובמשימה האנלוגית.

ממש לא מובן מאליו ללוות תלמידים שלך בפרויקט שכולו חדשנות שלא לאמר עתידנות. מעבר לכך מדובר גם בפריצה של המסגרת המוכרת של מערכת החינוך אל עבר העולם האמיתי שמחוץ למערכת החינוך. הקשר עם מדענים פעילים כמו רעות והלל, המפגש עם אסטרונאוטים שהיו במסע לחלל, ההדמיה של חיים במאדים - כל אלו מזמנים חוויה לימודית ואישית משמעותית ומרגשת במיוחד. אז גם אני הרגשתי שזכיתי לקחת חלק בפרויקט הזה ותודה על כך.

סיכום אישי – ד"ר הילל רובינשטיין

כל מחזור בבית הספר לאסטרונאוטים צעירים הינו ייחודי ושונה מבחינת הצוות, התלמידים והתכנים, והתוצאה היא מרתקת – אמנם כולם מגיעים לנקודת השיא – משימה אנלוגית המנוהלת לחלוטין על ידי התלמידים – אך כל צוות עובר תהליך אחר, ומגיע לתוצאה מאוד שונה ומעניינת.

תלמידי מחזור ב' בהובלת רעות ונדב התגלו כצוות מוכשר וייחודי מאוד, לראשונה צוות המייצג את אזור הדרום והנגב. צוות זה ספג את העומק המדעי מרעות ואת העומק הפסיכולוגי של עבודת צוות מנדב, וכל זה התבטא במשימה המסכמת ובתוצרים שבעקבותיה. באופן אישי אהבתי מאוד את צוות התלמידים שהתגבש, את האופי המיוחד ואת המקצועיות שהתפתחה.

הידע הנלמד והניסיון הנצבר במשימות תלמידים אלו הוא רב ערך – לא רק כפרויקט חינוכי אלא גם ברמת המשימות המקצועיות המתבצעות במרכז להדמיית משימות חלל D-MARS. מעט מאוד משימות מסוג זה מתבצעות בישראל, וכל משימה היא יקרת ערך בתהליך הלימוד וצבירת הניסיון. משימות התלמידים, בשונה מהמשימות המקצועיות, מאפשרות הכשרה ארוכה ויסודית מאוד, בניית צוות, הכנת המשימה וכן הלאה, ולכן בהיבטים מסויימים אף עולות באיכותן על משימות צוותי רמונאוטים מקצועיים.

בהיבט החינוכי, צוות בית הספר לאסטרונאוטים צעירים יצר מודל חדשני שאינו קיים במקומות אחרים ומאפשר לתלמידים לחוות משימת חלל, לנהל אותה באופן מלא באחריות ומקצועיות, וללמוד מגוון רחב של נושאים באופן מעשי, תוך התמודדות עם קשיים מורכבים ותנאים לא פשוטים.

ישנה חשיבות גדולה לייצר המשכיות למודל הזה, ולדעת להפיק את הידע והלקחים גם בהיבט החינוכי וגם בהיבט המקצועי של משימות אנלוגיות. מחזור ב' של בית הספר לאסטרונאוטים צעירים עשה צעד חשוב בכיוונים האלו. נהנתי מאוד להיות חלק קטן מתכנית זו, אשר קיימת בזכות סוכנות החלל הישראלית ומשרד המדע אשר תומכים בה מיומה הראשון.

האתגרים המדעיים והיישומים של התלמידים בתוכנית

- הבנה ותרגול מחקר מדעי על כוכב לכת זר (גאולוגיה, מיקרוביולוגיה, ספקטרוסקופיה ושיטות נוספות) לקביעה האם התקיימו בעבר (ואולי גם בהווה) צורות חיים על פניו.
- שימוש בהדפסה תלת מימדית והבנה בבניית מבנים והביטאט מגורים לאסטרונאוטים.
- התנסות בשליטה ובקרה על משימה אנלוגית שליטה מרחוק על רובר רובוטי, וכן פיתוח מטע"ד שיכול לעבוד בסביבת כוכב לכת זר.

- בדומה לתהליך הכשרת אסטרונאוטים, התלמידים בתוכנית ירכשו במהלך התכנית ידע וניסיון מולטי דיציפלינארי כולל מדע, טכנולוגיה, הנדסה, רפואה, פסיכולוגיה, ארכיטקטורה, מנהיגות, ועבודת צוות בהקשר של משימות חלל. התלמידים יחשפו לחוקרים בכירים באקדמיה בתחומי חלל.

תהליך בחירת המועמדים

התוכנית פורסמה במספר תיכונים בישובים ועיירות בנגב – ירוחם, דימונה, מצפה רמון שדה בוקר, ניצנה, וישובי רמת הנגב. נקבעו ימי חשיפה וראיונות בתיכון לחינוך סביבתי בשדה בוקר כנקודה מרכזית. נקבעו ראיונות עם כ-40 תלמידים שהביעו עניין בתוכנית עקב ימי החשיפה. במהלך הראיון נבדקו מוטיבציה, עניין בחלל, ידע קיים בחלל, כישורים והבנת הנקרא באנגלית, ונבדקו המלצות המורים וציוני המועמדים. מועמדים שנמצאו מתאימים הוזמנו לסיור מיון – מחנה של יום וחצי באזור שדה בוקר (ראו פירוט בפעילויות מיוחדות). מי שהגיע לסיור ועבר אותו בהצלחה הוזמן לשיעורים הבאים ונכנס לתוכנית.

סילבוס

מספרי השיעור	שם השיעור	תכנים
1	הכרות ופתיחת הקורס	פתיחה, הכרות עם הנפשות הפועלות, תיאום ציפיות, הכרת מסגרת הפעילות, מהו תהליך העבודה של למידה התנסותי, חוזה קבוצתי. נושאים: מאדים, חלל מסחרי כגון ספייסאיקס, והיקום הידוע.
2-5	טעימות חלל	מהו היקום וממה הוא מורכב, מהו גודלו, גלים (מהו אורך גל, תדירות, מהירות התקדמות הגל), מהירות האור, הספקטרום האלקטרומגנטי, חורים שחורים, כיצד חוקרים את היקום, אסטרוביולוגיה מבוא, מדעים פלנטריים מבוא (דגש מאדים), תפקידי אסטרונאוטים במשימות חלל. אתגרים דינמיים של משימות מאוישות
6-9	מדעי כדה"א	מבוא לגיאולוגיה, וולקניזם, סלעי יסוד וסלעי משקע, התפתחות מערכת השמש וכדה"א, עקרונות מדעיים, היווצרות מכתשים, שימוש במפות גאולוגיות, מבוא למדעים במשימה אנאלוגית
10-13	אסטרוביולוגיה	מבוא למיקרוביולוגיה סביבתית, פילוסופית המדע והטבע של ראלף וולדו אמרסון, ראשית החיים של כדה"א, סביבות חיים קיצוניות – מאפיינים

		ותובנות, כוכבי לכת עם פוטנציאל חיים, מהן ציאנובקטריה וחזיות – איפה ניתן למצוא חיים, שימוש בכלים מדעיים לחקירת חיים, הכרת טכנולוגיות מגוונות למציאת חיים.
14-15	הנדסת מערכות	מהן מערכות תומכות חיים שצריך כדי לחיות בחלל? שצריך כדי לחיות על מאדים ? אפיון מערכות שונות – אנרגיה, אטמוספירה, מזון ופסולת ועוד.
17	פיקוד ומנהיגות	מיומנויות ותפקידים: מפקד/ת, אחראי/ת קשר, אחראי/ת מדע, אחראי/ת רפואה, אחראי/ת לוגיסטיקה ומזון, אחראי/ת בטיחות. תפקוד צוותי מוצלח להשרדות על מאדים והצלחת משימה ועמידה ביעדים. תחרות בניית מערכת רווח כוח, דיון והפקת לקחים.
19-20	התנעה עבודת גמר	הסבר על משמעות עבודת גמר, הצגת נושאים בתחומי חלל שונים.
21	פתיחת שנה ב	מעבר על שיעורי שנה שעברה ויצירת מחויבות להמשך התוכנית.
22-24	עבודת צוות - מנהיגות ופיקוד	פתיחת קונפליקטים במצבי לחץ, התמודדות עם ביקורת עמיתים, מהי בקרה איכותית והמשך והגדרת תפקידים למשימה אנלוגית. הכנת לו"ז יומי למשימה, הכנת רשימות ציוד מדעי ולוגיסטיקה רוחבית.
26-28	סדנת רובר	מבוא למערכות רכב רובוטי, הציוד המדעי ברובר קיוריוסיטי, מכניקה, אנרגיה, תקשורת, בקרה, סוגי הנעה, מכשולי מסלול, ניווט ומיפוי ועוד. הרצאת אורח: קונסטנטין מרגולין
29	סדנת תקשורת-בסיס	המצאת שפה ל-2 תת קבוצות, יישום ואפיון כשלים בתקשורת בין אישית ובין קבוצתית
30	ארכיטקטורת חלל	מהו חלל ? כיצד לייצר חלל או מבנה עם פונקציה ? מהן הפונקציות שנצטרך מחלל לבני אדם על מאדים ? עקרונות תכנון בסיסיים והדגמות. הרצאת אורח: אדריכל משה צגאי
31-37	הכנה למשימה אנלוגית	מהי משימה אנלוגית, בטיחות, מדע, נהלי תקשורת ב-EVA, ב-הביטאט ומרכז הבקרה, תפעול רובר, מקרי טיפול ומקרי תגובה, עזרה ראשונה, מיפוי שטח, התייעצות עם נציגי מחזור א, המשך הכנת לוחות זמנים, מעבר על ציוד ותפעול: חליפות, קסדות, מכשירי קשר, מצלמות, מכשירי מדע. מדידות: טופוגרפיות, טמפ' קרקע, מבנה הקרקע, מסלע,

חי וצומח (אם יש), בע"ח – סימנים וסוגים (אם יש), איסוף דגימות באופן סטרילי. הגדרת תפקידים סופית.		
כתיבת דוח מבצעי אישי והצגתו מכל תלמיד/ה. כתיבת סיכום משימה: דוח נושאי תפקיד, תפעול מערכות הרובר וההביטאט, סטטוס עמידה ביעדים ובלחות זמנים. דו"ח מבצעי- עבודה אישית. 1-לכתוב ביקורת על כל אחד מאנשי הצוות והתפקיד שהיה לו. 2- לכתוב פירוט מלא על כל EVA שיצא (איזה חלק לקחת, איך תפקדו חברי הצוות, אורך המשימה, וכו'). 3- לכתוב ביקורת על מבנה ההביטט (על הג'יני, על המכשירים, כלים, אוכל וכו'). 4- לכתוב על מסקנות, מחשבות, שיפור ושימור, סיפורים, רגשות ועוד.	סיכום משימה אנלוגית	38-40
הכנת מצגת קבוצתית של המשימה האנלוגית והצגת ממצאי הדוח המדעי	מצגת והצגת דוח מדע	41
הרצאת אורח: מהנדס מערכות ראשי של Spacell – יואב לנדסמן.	סיכום של התהליך המקצועי וכלים להצגת חזון	42
	עיבוד וסיכום רפלקטיבי של התהליך הקבוצתי	43
סיכום התוכנית. למידה רוחבית על מערכות טיס וחליפות טייסים והשוואה לחליפות אסטרונאוטים ותשתיות חלל. ביקור כלי טיס קרבי ועליה לתא הטיס. חלוקת תעודות סיום. הרצאת אורח: נווט במיל' עמיחי הס	סיור לימודי בכנף רמון, בסיס חיה"א+סיכום התוכנית וחלוקת תעודות	44
ליווי ותמיכה בתלמידים שבחרו לעשות עבודות חקר בתחום הפיזיקה.	ליווי עבודות חקר	45-49

סיורים ופעילויות מיוחדות שבוצעו

מספר הפעילות	שם הפעילות או הסיור	תאריך	מיקום
1	מחנה מיון - ניוטים והברת שמי הלילה	30.11-1.12.2017	שדה בוקר

2	בנס החלל הבינלאומי ה-14 ע"ש אילן רמון, מפגש עם מחזור א	29.1.2018	אוניברסיטת תל אביב
3	סיור גיאולוגי	27.5.2018	מצפה רמון
4	שבוע מחנה רובוטיקה	22-26.7.18	ירוחם
5	מדע בשטח - הכנה למשימה אנאלוגית	13.11.18	שדה בוקר
6	סיור במכון ויצמן + הרצאה של סקוט קלי, אסטרונאוט אמריקאי	30.1.2019	מכון ויצמן למחקר מדעי
7	3 ימים משימה אנאלוגית	18-20.2.2019	מכתש רמון, הביטאט
8	סיור לימודי בכנף רמון, בסיס חיה"א וסיכום השנה	11.6.2019	בסיס רמון
9	תכנון רכב רובוטי למשימות אנאלוגיות	לאורך כל השנה	ירוחם ושדה בוקר

משימה מרכזית: תכנות רכב רובוטי למשימת שטח בשיתוף פעולה עם D-MARS וקבוצת Y רובוטיקה

מבנה: פרויקט זה בוצע לאורך כל התוכנית והיה אבן מרכזית בתוכנית. למעשה היו לו 3 חלקים עיקריים: א. מחנה רובוטיקה ביולי 2018 (5 ימים) ב. 5 שיעורי הכנה ורקע על רוברים שהועברו ע"י מרצה חיצוני מטעם דימארס, שכללו רקע+הגדרת דרישות לרובר לתוכנית+הכשרה של התלמידים על שימוש ברובר ג. ניצול הרובר במשימה האנלוגית לתלמידים במכתש רמון, D-MARS EDU03 (2.5 ימים).

תוצאות: התלמידים הבינו למה צריך רובר רובוטי על מאדים, ומה היכולות והמגבלות, היתרונות והחסרונות של ציוד זה. התלמידים השתתפו בתכנון וביצעו פרויקט הנדסי לא פשוט, כמו כן הם נחשפו לתכנים על תתי מערכות ברכב: הנעה, אנרגיה, שליטה והכוונה, בקרה תרמית ועוד, ציוד מדעי שנמצא על הרוברים במאדים, מערכות תקשורת ובעיות שליטה ובקרה על רכב שנמצא על כוכב לכת אחר. הרכב הרובוטי שפותח הוא בהמת משא פשוטה ופרקטית שיכולה לסחוב דברים בשטח לאסטרונאוטים ולעזור עם ציוד שהאסטרונאוטים לא יכולים לסחוב בעצמם. הרובר אינו כולל חיישנים או ציוד מדעי וכן כולל 2 מצלמות, שליטה באמצעות תדרי רדיו ותוכנה הפעלה בג'אווה, וקוד יחסית

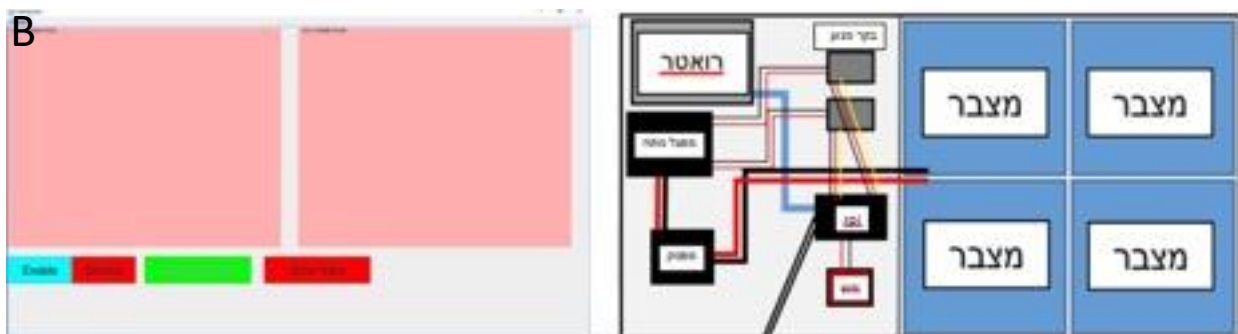
פשוט, ומונע ע"י 4 מצברים, בסך של 1.2 קילוואט. משימות דימארס ב-2019 עשו שימוש ברובר, ונדרשת עבודה נוספת לשיפור ושדרוג הרובר. בניגוד למחזור א' – התלמידים לא הניעו רכב רובוטי של סוכנות החלל הקנדית, באמצעות חברה חיצונית Mission Control Space Services, אלא תכננו ובנו בעצמם רובר לפעילות האנלוגית. פרמטרים נוספים של הרובר גרסא 1.0 (אנגלית).

1. 8 pressurized 8' wheels.
2. Each pair of wheels are connected to 1 engine
3. Each pair of wheels is an autonomous propulsion module
4. Storage compartment is placed above electrical board
5. Polycarbonate walls with ITEM profile.
6. Mass – around 30 [kg], payload – up to 20 [kg]
7. Estimated non-continuous work time – 3 [h] (4 accumulators)
8. Top speed 8 [Km/h], controlled speed 4 [Km/h]
9. Step climbing capability – up to 15 [cm]
10. Slope – min. 10 degrees
11. Turn around radius – 0 degrees
12. wireless/ wireline connection
13. 2 cameras

A



B



איור 1: A – איורים טכניים וחתכי צד של הרובר. B – מצד שמאל תוכנה ההיגוי ובקרה של הרובר, בכל חלון מופיעה תמונה שהרובר משדר מהשטח בזמן פעילות. מצד ימין – מערך החשמל.

Rover Testing Procedures Form

1. These test procedures provide a framework for testing rover. They can be adapted as seen fit during actual missions.
2. IMPORTANT NOTE: the rover must avoid hazardous terrains, e.g high concentration of rocks, steep paths, muddy grounds. The Ramonaut must be cautious when planning EVA with rover.
3. Basic Functionality (qualitative assessment)
 - a. The purpose of the first part of the test is to get familiarized with the rover controls & abilities.
 - b. Preparation notes:
 - Joystick connected & program activated in advance (including “enable” in control software).
 - Laptop put inside a comfortable case or bag.
 - Payload prepared in advance – at least 10 [kg].
 - i. Speed - w/o payload
4. Maximum speed equal in both cases? Backwards & forwards ?
 - i. Controlled Speed - Forwards & Backwards
5. Same controlled speed w/o payload? Backwards & forwards?
 - i. Zero Radius turnover-w/o payload
 - ii. Camera’s visual quality
6. Is it shaking too much? Is it stable? Is the quality sufficient?
7. Any additional information
8. Communication
9. Effective distance on planar surface – LOS

Preparation notes:

- For convenience, the test should be performed in a sitting position, preferably in shaded area.
- Distances to be marked in advance.
- if distances are too short – can be changed.

10. Step Climbing. Preparation notes:

- Prepare in advance several obstacles with varying shape, angle and size (up to 15 cm).
- Give qualitative assessment :
 1. Without payload
 2. With payload

ii. Additional Information

11. Methodical Testing – Accompanying

In this test, try to simulate the rover accompanying ramonauts to perform a certain scientific mission – e.g carrying equipment for sample extraction.

Give qualitative assessment of the integration of the rover with this EVA.

12. Additional Information - Any additional information that is not included in this document could be inserted here – additional tests, notes, recommendations, conclusions etc.



צילומים ממשימת תלמידים d-mars edu03. קרדיט: ניתאי אריאלי.

https://drive.google.com/drive/folders/1BoZpuXD5WY_EGipjFR6eZnD3J1dA1Y6t?usp=sharing

מסקנות:

התלמידים עברו חוויה איכותית ע"י לימוד החומר, הפנמתו, ואחר כך הפיכתו למציאות. לא כל התלמידים הצליחו להבין את כל החומר ולא כולם השתתפו בבניה של הרובר אבל למרות זאת לכולם היתה ברורה החשיבות של רכב רובוטי כעזר במשימה אנלוגית ובמשימה עתידית על מאדים. כולם רצו לבדוק ולראות איך הרכב שתוכנן עובד במציאות, וכתבו מסקנות איך ניתן לתקן ולשפר את הגרסא הבאה. לחלק מהתלמידים זו היתה הזדמנות נדירה להשתתף בפרויקט הנדסי ולקבל הנחיה מקצועית בתחום. יש מקום לתת יותר שעות על אופציות הציווד המדעי שיכול להתווסף על רכב שכזה, ואיך לנתח מידע כדי להבין את המשמעות למחקר על מאדים ומציאת חיים בכוכב לכת אחר. השילוב בין לימודים על רכב ורובוטיקה יחד עם משימה אנלוגית במכתש רמון – נתן חווית למידה עמוקה ומצוינת.

סיורים ופעילויות מיוחדות – פירוט

מחנה מיון - ניווט והכרת שמי הלילה

מטרות: בדיקת התאמת המועמדים למסגרת הקבוצתית, בדיקת יכולות ביצוע, ריכוז, התמדה, הבנה ויכולת לעבודת צוות, ועמידה ביעדים בתנאי שטח. הדגש הוא לבחון איך הם מסתדרים בשטח, דינמיקה חברתית, עצמאות וניהול אישי. כמו כן, המחנה מאפשר לתלמידים להכיר אחד את השני ואת שאר המועמדים שילוו אותם בהמשך התוכנית.

מבנה:

- א. יומיים ברכס חלוקים ליד שדה בוקר. ציווד על הגב ולינה בשטח, עם הטמנת מזון ושתייה ללילה.
- ב. התחילו בניווטים, תרגילי נס"א - קבלת החלטות
- ג. בלילה- הדרכת אסטרונומיה, תרגיל בדד, בישולים
- ד. בוקר- התארגנות ותרגיל מסכם.

פירוט פעילות:

11:30 התחלה במצפה חגי.

משחקי הכרות ושבירת קרח- עם חבל. לעשות צורות בחבל- עיגול, משולש, ריבוע, להישען פנימה והחוצה. קשר בחבל שצריך להתיר כאשר כל הקבוצה מחזיקה ידיים בלי לעזוב.

12:15 הליכה לוואדי ליד והסבר על קריאת מפה טופוגרפית וכללי בטיחות. הדרכת הניווט עם ערמת חול וניילון ששמים עליה ומסמנים את קווי הגובה (לוואד שיש חול). הסבר על מציאת הצפון לפי שעון

12:45 חלוקה לחוליות וחלוקה של האוכל לתיקים.

13:00 יציאה לניווט חולייתי (מלווה לכל חוליה).

15:30 התכנסות בנקודה ליד חניון הרועה לפעילות הפעלת רובר – ג'יפ קטן עם שלט שמכינים לו מסלול מכשולים לצלוח. מתחלקים לזוגות. זה ששולט על הרובר נמצא עם עיניים עצומות, והבן זוג שלו מכוון אותו. – חצי שעה עד שעה וחצי.

16:30 הסבר איך להקים מדורה. חלוקה של סירים ומחבטות והכנת אוכל בחוליות.

אחרי ארוחת הערב- תצפית על תחנת החלל הבינלאומית (רואים אותה עוברת בשמים) ותצפית אסטרונומיה עם לייזר. שכיבה במעגל על הגב, תה. אולי להביא טלסקופ להסתכל על הירח.

למחרת בבוקר- התארגנות ליד המדורה- תה.

8:00-10:00 פעילות עפיפונים. דורש עבודה קבוצתית מדויקת – יש פרוטוקול מדויק ואת החומרים- בריסטול, דבק, חוטים... צריך לעקוב אחר ההוראות ולהכין את העפיפון. אפשר לראות יפה את הדינמיקה הקבוצתית.

10:00 סבב סיכום ועדכון לגבי המשך התהליך.

12:00 סיום בחניון נחל הרועה, איסוף.

*בין לבין- תוך כדי המיון- לשאול שאלות רפלקציה- איך התמודדו עם ברבור בניווט, עם עבודה קבוצתית וכו'. לעבוד על רפלקציה עצמית.

תוצאות: מתוך 20 משתתפים, שני מועמדים הראו חוסר נכונות ובשלות לעבודת צוות ולא נותרו בתוכנית. שאר המועמדים עמדו יפה מאוד במטלות ובעבודה קבוצתית.

מסקנות:

במהלך משימה אנלוגית, ובמהלך התוכנית עצמה, חשוב מאוד לצוות החינוכי לראות שלתלמידים יש יכולות התמודדות ורצון לפתור בעיות ולתרום לקבוצה. אם נעבוד רק עם מה שהם אומרים בראיון קבלה, לא בהכרח נוכל לעזור להם להשיג את יעדי המשימה האנלוגית ולראות מה תרומתם לקבוצה. מחנה המיון חשוב לבנית קבוצה בעלת יכולות מגוונות. המחנה מאותת גם על רמת המועמדים והתוכנית בהמשך הדרך.

כנס החלל הבינלאומי ה-14 ע"ש אילן רמון, מפגש עם מחזור א של ביי"ס אסטרונומים צעירים

מטרות: השראה מפגישת אסטרונומים אמיתיים, הכרת הכנס והתעשייה הישראלית בנושאי חלל, מפגש עם האסטרונומים הצעירים ממחזור קודם, יצירת גאוות יחידה, תרגול עצמאות, אחריות אישית וקבוצתית ועמידה ביעדים.

מבנה: משימה לאסטרונוטים צעירים.

א. "לאסטרונוטים שלום, וברוכים הבאים למשימת קדם חלל מספר 1 היוצאת לכנס החלל. לפניכם משימה מורכבת ומאתגרת מרובת שלבים אנה עקבו אחר ההוראות בקפידה ופעלו ע"פ ההנחיות. ציוד אישי הנדרש למשימה: טלפון טעון, כסף לנסיעה בתחב"צ כ-80 ש, ביגוד חם, אוכל לצהריים מינוי בעלי תפקידים במשימה: מוביל משימה, קצין קשר, וקצין תיעוד.

ב. משימתכם הראשונה היא להצליח לייצר מפגש עם זוג אסטרונוטים המגיעים מכוכב הלכת ניצנה שני האסטרונוטים מאמון וזיאד יצאו בחללית 45 אל תחנת הרכבת באר שבע מרכז בסמוך לתחנה המרכזית.

1. עליכם להגיע לנקודת המפגש ליד קופות המכירה בתוך תחנת הרכבת ושם ליצור איתם מפגש

מאמון : מס' טלפון

זיאד: מס' טלפון

2. לאחר מכן אליכם לעלות על הרכבת של השעה 12:57 מרציף 3 לתחנת הרכבת תל אביב

אוניברסיטה..... נסיעה נעימה.

3. עליכם לרדת בתחנת הרכבת תל אביב אוניברסיטה בשעה 14:26 לספור את כל האסטרונוטים ועל קצין הקשר לדווח לנדב כי הגעתם אל התחנה.

4. לאחר מכן עליכם לנווט את דרככם לשער מספר 14 באוניברסיטת תל אביב לא יאוחר מהשעה 15:00

הנכם מוזמנים להשתמש בכל האמצעים העומדים לרשותכם ובניהם המפה המופיעה בכתובת הזו

<https://www30.tau.ac.il/map/unimap1.asp>

5. בהגיעכם אל השער עליכם להתקשר לנדב דרך קצין הקשר ולהמתין להוראות נוספות

בהצלחה!!! "

תוצאות: נוצרו מפגשים בעלי תוכן ואיכות בין מחזור ב למחזור א' ובין תלמידי מחזור ב' לאסטרונוטים האורחים בכנס. התלמידים חזרו עם עינים נוצצות מהכנס ותירגלו בהצלחה עצמאות, דיווח בקשר, אחריות וניהול עצמי. למרות קצת התברברות בחזרת התלמידים מתל אביב לבאר שבע (עלו על הרכבת הלא נכונה ונאלצו להחליף שוב בתחנה אחרת), הם שבו לביתם בשלום. לתלמידים היו שאלות מענינות מאוד לאסטרונוטים, ולמרות הביישנות הטבעית נוצר מפגש אנושי חם ומרתק.

מסקנות: אין תחליף למפגש עם אסטרונוטים אמיתיים. יש מקום לחיזוק "גאוות היחידה" בפעילויות נוספות, מחוץ לכנס עצמו. לשני תלמידים מהפזורה הבדואית (תיכון ניצנה) היה מדובר במפגש מעולם אחר ממש והם עשו כל מאמץ לעקוב אחרי דברי האסטרונוטים ולקבל תרגום.

קטעי וידאו - <https://drive.google.com/open?id=1kR3hPALqsvyAttzZw5-r3iHWHbSq9lsv>



צילומים מכנס החלל ע"ש אילן רמון ה-14. קרדיט: רעות סורק אברמוביץ'.

סיור גיאולוגי מכתש רמון

מטרות: יישום בשטח וטיפול יכולות ניטור, זיהוי ומיפוי בשטח של תופעות גיאולוגיות שהוסברו בשיעורי מדעי כדה"א במהלך התוכנית. איך נראים סלעי משקע? מהו דייק? איך נראה וולקניזם בשטח? מה קרה מבחינת שכבות הסלע – במידה והיו מים בעבר...האם יש מאובנים ואיפה, כיצד למצוא עדויות לחיים על מאדים במידת הצורך. הסיור היה פחות למטרת גיבוש קבוצתי ויותר למען תרגול איכותי ומעשי של חומר שנלמד עד כה רק בכיתת הלימוד ובאופן פרונטלי.

מבנה: בהובלת עופר שמואלי

6:00	השכמה	
7:00	ארוחת בוקר	
7:30	עליה על הג'יפים	נסיעה למצפה רמון
8:00	מרפסת מצפה רמון	תצפית מכתש
8:45	נסיעה לנחל ארדון	נסיעה
9:15	נחל ארדון	חתך סטטוגרפי + דייקים
9:50	מערה	
10:00	הליכה בנחל נקרות	היווצרות מעוק
13:00	עין סהרונים	מעין שיכבה
13:15	נסיעה לנחל גוונים+ ארוחת צהריים	ארוחת צהריים
14:15	נסיעה למנסרה	תופעות מגמתיות
14:45	תרגיל מנסרה	תרגול והסקת מסקנות
15:45	נסיעה לנחל רמון	נסיעה
16:00	תרגיל נחל רמון	תרגול וניחוש מושכל
17:00	מטלה מסכמת +סיכום יום	הוראות לדוח סיור ועיבוד הסיור
17:45	נסיעה למדרשה	נסיעה

תוצאות: הגיעו רק 6 תלמידים לפעילות זו. התלמידים למדו על תצורות גאולוגיות, והיסטוריה גיאולוגית של המכתש. הם תירגלו הליכה למעשה איך אסטרונואוטים צריכים למפות סביבה גאולוגית, ולהבין מה היו התופעות בשטח -האם היו סלעי משקע המעידים על הימצאות מים באזור (בעבר), האם יש מערות באזור וכיצד נראים סימנים לוולקניזם. זוגות תלמידים מיפו, תיארו, כתבו וציירו מספר תצורות שונות באזור המכתש. כולם ביצעו את המטלות המסכמות ונהנו מאוד מהיום וההדרכות שעברו על ידי מומחים בגאולוגיה ואסטרוביולוגיה. יש לציין שהטיול הזה יצא כחודש אחרי אסון נחל צפית בו נהרגו תלמידי מכינה, ויכול להיות שזה השפיע על מספר התלמידים בסיור.

מסקנות: הבנה ויישום בסיסי של מה שנלמד בכיתה הוא שלב הכרחי בכדי שאסטרונואוטים לעתיד יוכלו להבין על מה הם מסתכלים בשטח של כוכב לכת אחר. אין תחליף לסיור שטח, אך הייתי מוסיפה הכנה עם GIS + Google Earth ונותנת להם להכין מפות עם אליפסות נחיתה משוערות. תרגול עם הכנה בבית היה נותן יותר נפח להבנה שלהם על שטח מחקר נתון, ובנוסף הם היו לומדים להשתמש בכלים של חישה מרחוק באופן יסודי ומושכל שישמש אותם במשימת חקר עתידית.



צילומים מסיוור גיאולוגי במכתש רמון. קרדיט: רעות סורק אברמוביץ'.

שבוע מחנה רובוטיקה – ירוחם והסביבה

מטרות:

1. היכרות עם עולם הרובוטיקה והמייקינג
2. פיתוח חשיבה אלגוריתמית
3. רכישת כישורי תכנות ואלקטרוניקה בסיסיים
4. בניית רכבים שיעזרו במשימה אנלוגית בשטח
5. פיתוח יכולת בניה ועבודה עם הרכבים בשטח

מבנה: תלמידי כיתה י' יעברו קורס רובוטיקה מבוסס ארדואינו בן חמישה ימים, הכולל ארבע שעות אקדמאיות ביום, במרכז מדעים ירוחם. בנוסף הועברו סדנאות שטח והתנסות מבצעית במרחב הגאוגרפי הדרומי. פירוט:

א. יום ראשון:

- חשיפה לעולם המייקינג
- יסודות חשמל בסיסיים
- הדלקת נורת לד
- יסודות הניווט, בניית ציר ניווט, טופוגרפיה, שימוש במד קורדינטות, זט"ר (זיהוי טווח רחוק), ניווט על פי תצ"א
- פעילות שטח (בורות חצץ): חלוקה ל-3 חוליות, ניוטים. אימות שטח מפה, תצפית טווח רחוק וזיהוי. מדידות דופק ולחץ דם.
- ארוחת ערב בהכנה קבוצתית בירוחם.

ב. יום שני:

- תכנות רמזור- לימוד לולאת for
- מבוא לתכנות
- בניית שילדת הרכב
- חיווט הרכב
- טפוגרפיה מתקדמת
- פעילות שטח (נחל הרועה): המשך השיעור הקודם. הבנת מרחקים, בניית ציר, קווי ראייה, נדב"ר קשר, חוליות מתחלפות.
- ארוחת ערב בהכנה קבוצתית בירוחם.

ג. יום שלישי:

- תכנות הנעה אוטונומית בעזרת קוד – לימוד מהו משתנה, מהי פונקציה
- תכנות הנעה אוטונומית בעזרת חיישן מרחק- לימוד לולאת if
- תכנות שליטה מרחוק בעזרת חיישן אינפרא אדום
- ניסויי מדע בתחנת החלל הבינלאומית, התמקדות באל"מ אילן רמון ז"ל.
- פעילות שטח (הר אבנון): ניווט תצ"א. איך בנוי מערך ניסוי - הפורמט. פרישת חבל 50 מטר, מטר מכל צד. תיעוד, חיישני טמפרטורה, מדידה, שקיות, משקל, כמה אחוז אבנים מסדר גודל כזה. כתיבת דוח ראשוני.

ד. יום רביעי:

- התחלת פרויקט אישי – הוספת חלקי רכב (מודפסים, ממוחזרים), הוספת מנוע סרוו, זמזם, נגן, לד, לחצן וכו'.
- ביקור במרכז להדפסות תלת מימד בירוחם.

- בדיקת ציוד קשר, חליפות החלל, מערכות אישיות תומכות חיים, ציוד מדעי (מדידת קרינה קוסמית, באדיבות פרופ' גיא רון, האוניברסיטה העברית, מדי טמפרטורה) מוכנות רכבים, צירי ניווט, מצב בריאותי ועוד לקראת תרגיל מסכם למחרת.
- ארוחת ערב קבוצתית בהכנה ביתית.

ה. יום חמישי:

תרגיל מסכם: שני צוותים של רמונאוטים מבצעים תרגול הכנה לקראת שיגור למאדים ב- 2019. עליהם להתמודד עם משימות ובעיות מגוונות: זיהוי אתר הנחיתה, התמצאות, מציאת נקודות עניין. ניווט ואיסוף דגימות עם מאפיינים מעניינים שיכולים להעיד על קיום מים או חיים בעבר ובהווה. תרגול התפקידים השונים, תקשורת נכונה, וציוד מדעי/טכנולוגי. לצד כל זה עליהם ללמוד את יסודות הרובוטיקה כדי שיוכלו לתכנן ולהפעיל בהמשך משימה הכוללת רובר. אתגר חשוב הוא יעילות וצמצום המשאבים - איך להתנהל באופן המתאים למשימה על מאדים הכוללת משאבים מאוד מוגבלים והאפשרות לקבל תמיכה מרחוק היא מינימאלית.

פעילות מבצעית כללה:

- פעילות שטח לפני זריחה, באזור הר אבנון כתרגיל מסכם. שתי חוליות שכל אחת צריכה לעשות גיחה לניסויים ולבצע באופן מדויק - בניית ציר ניווט, עם החליפה ועם הכל, וכשיוצאים זוג, מנווטים - מבצעים ניסוי וחוזרים. הקפדה על נהלי דיבור בקשר בין האסטרונאוטים ומרכז הבקרה.
- הפנינג סיום במרכז המדעים בירוחם – יחד עם בניית מכונת רוב גולדברג.
- ארוחת צהריים בירוחם ופיזור חזרה הביתה.

תוצאות:

לכל התלמידים היו רכבים רובוטים קטנים בסוף הסדנה, בשליטה מרחוק שהתלמידים תכנתו והרכיבו בעצמם. לשני רכבים היו חיישנים נוספים (אינפרא אדום), ול-3 היו תוספות שתוכננו ובוצעו באמצעות הדפסת תלת מימד. כמעט כל התלמידים ביצעו EVA בשטח עם חליפות החלל, למדו לעומק את הציוד המדעי, ואת מערכות תומכות החיים שעליהם התבססו. נושאים כגון: נהלי דיבור בקשר, ניווטים, טופוגרפיה, התמצאות בשטח וכו' בוצעו במלואם. התלמידים זיהו צורות חיים בשטח, אספו מעט דוגמאות והכירו חלק מילדי קבוצת Y רובוטיקה מירוחם – המשתתפת בתחרויות בינלאומיות ובעלת סדנת עבודה מדהימה לרוברים, רובוטים ועבודות מתכת.

מסקנות:

- מרכז המדעים בירוחם מספק רמה גבוהה מאוד של לימוד ויישום בתחומי הרובוטיקה והדפסה תלת מימד עבור בני נוער.
- שילוב לימודי בוקר במרכז המדעים עם סדנאות שטח ופעילות חברתית תורמים למיקסום הלימוד והחווייה. הגיבוש הקבוצתי מוצלח.

- בקיץ, באזור הנגב – חובה להתאים את אופן ומקום הפעילות למזג האוויר. במקרה שלנו – הלימודים נעשו רק בביתות ממוזגות, וסדנת שטח אחת עברה ל-4 לפנות בוקר בגלל צפי לחמסין כבד. פעילויות שטח נוספות התחילו בשעות אחה"צ ועד זמן שקיעה.
- נדרשת רמת הכנה מדוקדקת ועניפה בשביל מחנה שכולל כל כך הרבה נושאים. נדרש ציוד רב ומגוון מאוד, והאדמיניסטרציה וההכנה לוקחים כחודש (לפחות). זו פעילות שיא לשנה הראשונה של מחזור ב והיא עברה בהצלחה.

תמונות:





צילומים ממחנה רובוטיקה באזור ירוחם. קרדיט: רעות סורק אברמוביץ', 2018.

מדע בשטח - הכנה למשימה אנאלוגית

מטרות: להתאמן בניתוח שטח מבחינה גאוגרפית, גיאולוגית ומיקרוביולוגית. נדרשת הבנה כיצד לעבוד בשטח, לגדר את שטח הניתוח, לעבוד על מדי טמפרטורה, לבדוק סלעים וזיהוי סלעי משקע (המעידים על המצאות מים באזור בעבר), ומציאת חזיות וציאנובקטריה (או עדויות שנראות כמו חיים ודורשות בחינה מדוקדקת יותר במעבדה).

סיור במכון ויצמן + הרצאה של סקוט קלי, אסטרונאוט אמריקאי

מטרות: מפגש עם אסטרונאוט אמיתי לקבלת השראה וידע. הכרת חלק ממעבדות ויצמן לצורך הבנה איך מדע נעשה במציאות ומיהם מדעני המכון.

מבנה: הגעה ברכבת למכון ויצמן וחזרה בהסעה מאורגנת. ביקור של כשעתיים במאיץ החלקיקים, במעבדות פיזיקה שונות במכון בהדרכת ד"ר הילל רובינשטיין. הגעה למעבדת ICE של פרופ' עודד אהרונסון והדרכה על נושאי מחקר עם הסטודנטים שלו. מפגש עם האסטרונאוט האמריקאי סקוט קלי ושאלת שאלות.

תוצאות: לכל תלמידי התוכנית היה מרתק לראות את המעבדות ולקבל הסברים על נושאי העבודה וכיצד נעשה מדע במכון ויצמן. התלמידים ישבו מרותקים להרצאה של סקוט קלי ושאלו שאלות. הפעילות מאוד מוצלחת וגירתה את הדמיון והחשיבה של התלמידים.

מסקנות: שילוב הכרת המכון יחד עם הרצאה מרתקת הפכו את היום למעניין וקישרו בין מדע לחלל. מומלץ.

תמונות:



צילומים ממפגש עם אסטרונאוט סקוט קלי. קרדיט: רעות סורק אברמוביץ'.

3 ימים משימה אנלוגית במכתש רמון

מטרות: מטרת העל היתה לתת חוויה יוצאת דופן וחדשנית שאין כמותה בישראל, תוך שימוש בתשתיות שמפעילה ביום עמותת D-MARS, ונתינת השראה לעתיד בחלל של כל תלמיד/ה בתוכנית. בנוסף, נבדק יישום של נושאים שונים שנלמדו במהלך השנה: ביצוע של מחקר מדע פלנטרי בכוכב לכת מאדים בעזרת רכב רובוטי, ניהול עצמי, רפואה ועזרה ראשונה, תקשורת ושימוש נכון בקשר, מיומנויות הנדרשות לתפעול חליפות חלל והישרדות הצוות בתנאי בידוד. דיווח מלא ונכון לחדר בקרה וגילוי אחריות ואחווה לחבריי למשימה.

מבנה:

3 ימים, מתוכם חצי יום ראשון לאיסוף התלמידים והציוד, הנחיה ונהלי בטיחות ובטחון בשטח, בהביטאט ובזמן משימה. הגדרת נהלי קשר עם חדר הבקרה (נדב ורעות שהיו בשטח במרחק 20 מטר ומוסתרים), ובדיקה שכל

התשתיות מסודרות: מצלמות, חשמל, מחשבים, מיטות, ביגוד חם, מזון, ציוד מדעי, רובר, חליפות חלל, קשר, שירותים. נהלי הקשר כללו עיכוב של 5 דקות לכל כיוון בכדי לדמות את עיכוב התקשורת בין מאדים לכדה"א. ניתנו יומנים אישיים לכתובת דוחות והתרשמויות במהלך המשימה. בכדי לנטר את מצב הרגשי של התלמידים במהלך המשימה, נקבע כי בהתאם להנחיות חדר הבקרה, תלמידים יצאו בבודדת, פעם ביום בשעה שנקבעה לשיחה עם צוות הדרכה. ניידים נאספו ע"י המדריכים, חוץ מנייד אחד לחירום. סדר היום לכל יום משימה נקבע על ידי התלמידים מראש, וכלל דברים כגון: זמן השכמה, א. בוקר, קבלת תדריך יומי, יציאה ל-EVA, ניסויים מדעים, ניקיונות, תיעוד, חזרה מ-EVA ועוד.

ב. טבלת בעלי תפקידים (נבחרו והוגדרו ע"י התלמידים עצמם)

שם	תפקיד	אחוזי הצלחה בביצוע (%) , נקבע על פי אופן התרשמות מדוחות התלמידים)
איתי ספיר	מפקד המשימה	100
מיקה הקסטר	ק. מזון וקצינת מדע	100
גל אלמליח	ק. תפעול רובר וא. כיף	100
ירון וייס	קצין תיעוד	40
איתן אשור	קצין מדע	20
ניתאי אריאל	סגן מפקד וק. תחזוקה	100
עמר ברמי	קצין קשר ורפואה	80
אלישע גוטמן	ק. הביטאט ובטיחות	100

* שני תלמידים העדיפו לא לשהות בהביטאט ולהשתתף במשימה הסופית.

ג. טבלת ניסויים ומשימות

שם הניסוי/משימה	יעדי הניסוי/משימה	אחוז ביצוע	השתתפו
מיפוי תא שטח במאדים	יציאה ב-EVA שתוכנן לפרטיו. הכנת דוח מדעי בהתבסס על אפיון הקרקע, גיאולוגיה מקומית, מורפולוגית שטח, מסלע ועדויות לאפשרות לחיים. סימון ממצאים על מפות שטח, תצ"א ולווין.	100	מיקה, ירון, ניתאי, איתן
בדיקת רובר רובוטי	בדיקת תפעול הרובר ויכולותיו בשטח המשימה. האם מערכות ההפעלה עובדות לאורך זמן, האם אופן השליטה עובד עבור אסטרונאוטים ב-EVA, יכולת הרובר לעבוד בשטח עצמו על גבי קרקע שחלקה חרסית וחלקה מסולעת, שיפועים, יכולת	100	גל, ירון, ניתאי, אלישע

		סחיבה, כמה זמן תפעול, יכולת צילומית ועוד. כתיבת סיכום.	
בדיקת טווחי קשר	100	אתם לא בטוחים עד כמה אתם יכולים לסמוך על מכשירי הקשר שלכם. בכדה"א הם עבדו נפלא, אבל במאדים...אולי האטמוספירה? אולי הקרינה? אתם לא יודעים ולא רוצים לנחש ומבחינה בטיחותית אתם חייבים תקשורת תקינה עם ההביטאט. צאו וגלו את הטווח בו אתם מאבדים קשר עם ההביטאט - מבלי לאבד קשר עין עם ההביטאט. סמנו על המפה את ממצאיכם.	איתי, ניתאי, גל, אלישע
בדיקות בטיחות מסביב להביטאט	100	בדיקת השטח מסביב להביטאט בורות, מפולות, שאריות ממשלחות קודמות, דיווח לחברי הצוות, הביטאט וחדר בקרה. בדיקת סיכוני שטח במרחב ההביטאט וסימונם על מפת תצלום אווירי.	איתי, עמר
ניתוח סוג הקרקע	80	האם הקרקע היא חרסית, חולית, טין או לס? במה אחר כך אפשר להשתמש לחקלאות מקומית? השתמשו בפרוטוקולים של משרד החקלאות האמריקאי לבדיקת קרקעות. כתיבת דוח	מיקה, ירון, ניתאי
ניסוי מזון	100	האם האוכל בהביטאט בריא? טעים? יפה? מגרה? מה טוב לאסטרונאוט אקטיבי – בדיקה ע"פ נהלי נאסא. הכנת דוח מסודר.	כולם
ניטור בריאותי	70	בדיקת מדדים בריאותיים של האסטרונאוטים: דופק, לחץ דם, שתיה, סימני התייבשות. צריך להתבצע מידי יום, כמה פעמים ביום במידת הצורך. דיווח מסודר לחדר בקרה.	ק. רפואה ביצע לכולם, אך לא בתדירות מספקת

תמונות וקטעי וידיאו:

וידיאו: <https://drive.google.com/open?id=1S1VtbKVfazREKDCL4U8waZh0FBx-INvO>



צילומים ממשימה אנלוגית D-MARS 2019. קרדיט: נדב קושניר, ניתאי אריאלי, גל אלמליח, איתי ספיר, עמר ברמי, רעות סורק אברמוביץ'.



צילומים ממשימה אנלוגית D-MARS EDU03. קרדיט: ניתאי אריאלי, איתי ספיר, רעות סורק אברמוביץ'.

קטע מדוח מדעי מאת מיקה הקסטר, קצינת מדע D-MARS EDU03

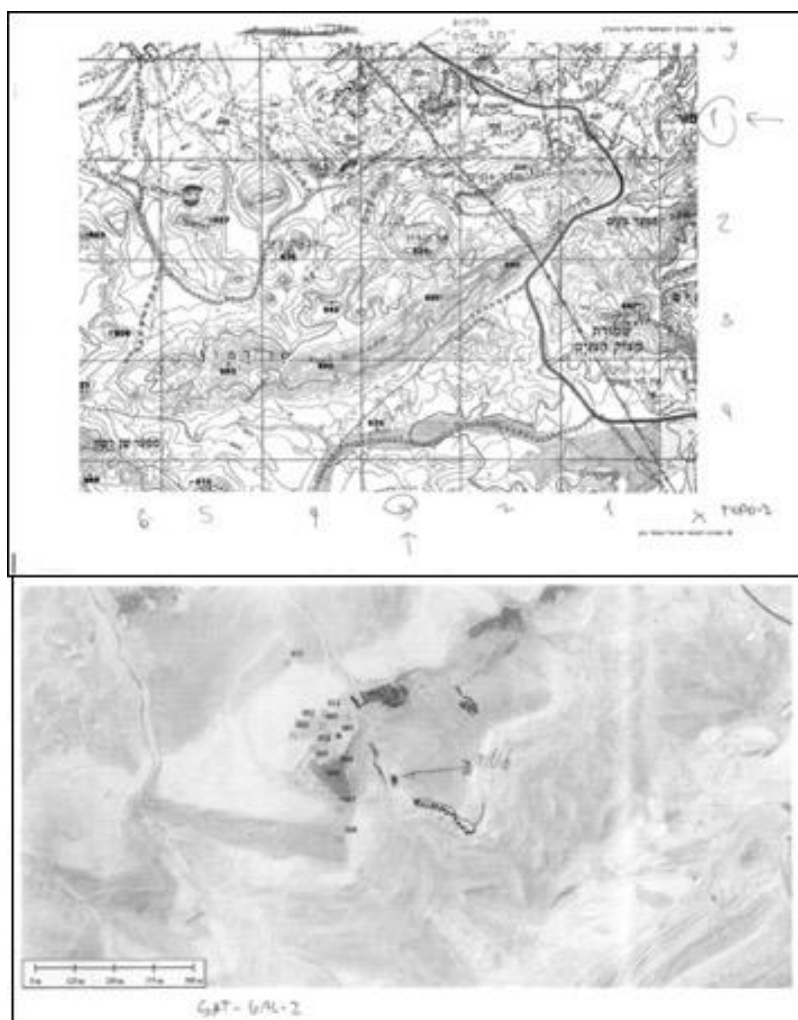
דוגמא לחלק מסיכום הניסויים המדעיים שנערכו במשימת התלמידים:

בדיקת סוג קרקע

ביצעו: ניתאי ירון ואני ביום השני והמלא של המשימה את המשך הניסוי ערכתי במעבדה. תיאור שלבי האיסוף: פרסנו חוט עבה לבן לאורך של כ- 40 מטרים ובכל 10 מטרים נעצנו דגלון+ הצבנו שלט של שם המיקום בו נאסף את הדגימה (השמות שעל השלטים הם של תפקידים שונים שהיו במשימה). צילמנו כל אזור ממנו לקחנו את הדגימה (לפני שהתחלנו לעבוד בו) ואז התחלנו בלקיחת הדגימה מהקרקע של כ- 200 גרמים בעזרת עתי חפירה קטנים והכנסנו לצנצנת שקופה מפלסטיק. כתבנו על כל אחת מהצנצנות את המיקום שלה על פי המרחק מההתחלה ועל פי שם התפקיד שבשלט. כאשר סיימנו עם החלק של לקיחת הדגימות עברנו למדידת טמפרטורת הקרקע, בכל אחד מאזורי המדידה.

תיאור שלבי העבודה בהביטאט: הוספתי מים לכל אחת מצנצנות הפלסטיק שהחזיקו את הדגימות ונתתי להן לנוח במקום במשך עשרים וחמש דקות.

הניתוח: על פי דרישות הניסוי הייתי צריכה לזהות את המינרלים שהיו בקרקע בעזרת השכבות שנוצרו בצנצנת, אז אלו המסקנות שאליהן הגעתי: החרסית= שכבה דקה ובהירה, לרוב נמצאת בראש השכבות (למעלה) בגוון כתמתם, מרקם חלק וגרגרים קטנטנים ועדינים. החול= גרגירים הנראים לעין, שכבה הנמצאת בתחתית, דקה וצבעה כהה בטיפה מהחרסית. הטיין= גרגירים גדולים במגוון גדלים, צורות וצבעים (מעורבב בחצץ). השכבה האמצעית והכי גדולה (ברוב המקרים). הצבעים לבן, חום כהה, חום אדמדם, כתום. שכבה לא צפופה במיוחד. תוצאות הטמפרטורות שנמדדו: 0 מטרים- 18.7 מעלות צלזיוס בשעה 15:39, 10 מטרים- 18.7 מעלות צלזיוס בעשה 15:38, 20 מטרים- 18.4 מעלות צלזיוס בשעה 15:37, 30 מטרים- 19 מעלות צלזיוס בשעה 15:34, 40 מטרים- 16.5 מעלות צלזיוס בשעה 15:31.



איור 2 מפה טופוגרפית של אזור המשימה וההביטאט (עליון). תצלום לוויין של אזור המשימה וההביטאט (תחתון) התלמידים נעזרו בשתי סוגי המפות כדי למקם את עצמם וגבולות גזרה לפעילות.

תוצאות:

כל הניסויים המדעיים בוצעו והרובר נבדק. מבחינת החוויה האישית – התלמידים סיפרו על חוויה עמוקה, ברמה האישית והקבוצתית. חלק מהתלמידים התעלו ונתנו כתף לקבוצה ועזרה בכל פן של המשימה, וחלק דווקא נמנעו והעדיפו לתת כתף קרה. להורים של התלמידים ניתנה גישה דרך חדר הבקרה לשלוח קטעי ברכה והורי אחד התלמידים שלחו ברכה בוידאו מקוסטה ריקה (שניתנה לתלמיד בעיכוב, כפי שיקרה במציאות במאדים). אחרים שלחו הודעות בוואטסאפ והגיבו בהתרגשות עצומה על תמונות מהמשימה.

מספר קטעים מיומני התלמידים:

”... מסקנות לנקודות לשיפור ושימור: כחלק מהתפקיד שלי רציתי לראות בצורה הכי ברורה את האווירה בהביט ומה כל אחד חווה ולקחת ממנה מהצד. נקודות לשיפור אני יעדיף שישפרו את הבידוד בהביט ויותר בחירה במנות החמות של מכונת הג'יני זמן שהייה ממושך יותר של המשימה בהביט (המשימה לקחה שלושה ימים). בנוגע לנקודות לשימור התקשורת עם המפקדה הייתה מצויינת וסדר היום שניתן לכל חברי הצוות היה מצויין. **מסקנות אישיות אני מאוד נהנתי וקיבלתי חוויות שלא אשכח לעולם ולמדתי על עצמי וחבריי לקבוצה המון בפרק הזמן של המשימה.**”

”... מחשבות, טענות, שיפור, שימור:

לדעתי המשימה שלנו הייתה קצרה מדיי וזה השיפור הכי גדול שיש לי, היום היחיד שבו באמת היינו לבד והרגשתי טיפה כאילו אנחנו לבד במאדים היה היום השני, כי קמנו שם והלכנו לישון שם אבל גם שם נדב הופיע בערב כדי לשמוע על מצבינו הפיזי והמנטלי כך שעד שטיפה הצלחתי להיכנס לזה זה כבר נגמר שזה היה קצת מבאס. אבל חוץ מזה הכול עבד טוב. הספקנו כל מה שהיינו צריכים לפי הלו"ז ולאף אחד לא היה חסר כלום. הרוב עבדו טוב ועשו את המשימות שלהם ואלה שפחות תפקדו היו תמיד אחרים שעשו את המשימות במקומם אז הכול תפקד מעולה תמיד. לא היו מריבות או וויכוחים כמעט בכלל ואלה שכן היו נגמרו ברוח טובה ולא קרו יותר.

למדתי המון מהתוכנית הזאת ואני מאוד שמח שיצא לי לקחת חלק ממנה, נהנתי מכול רגע והרגשתי את ההשקעה הגדולה שיצאה עלינו אז אני באמת מודה לאחראים וליזמים של הפרויקט.

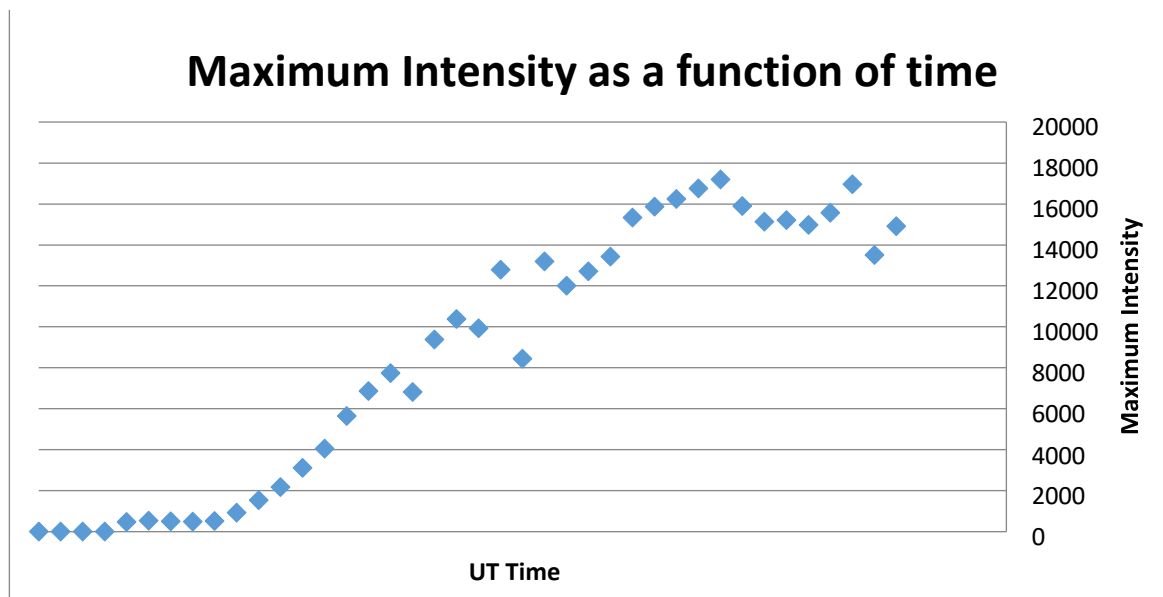
מסקנות:

משימה אנלוגית היא חוויה יחודית וחדשנית בנוף החינוכי במדינת ישראל ואולי אף בעולם לקבוצת הגיל הזו. הלימוד בקבוצה לאורך השנה, ואחר כך תרומתם של התלמידים באופן אישי למשימה מורכבת, בעלת משמעות רבה, תורמת המון למיומנויות המנטליות, הפיזיות ורגשיות של התלמידים. זהו גיבוש מעולם אחר, שמראה רצון ומוטביציה גבוהים. התלמידים הראו רצינות רבה גם בהכנות וגם בזמן ביצוע המשימה. “חלל” הוא לא רק מרחב לימוד מהותי, אלא גם נותן מוטביציה אדירה ללמוד ידע וליישם אותו בשטח. התהליכים הבין אישיים בקבוצה מגדילים את העשייה המדעית. משימות בשטח גם מחזקות את ידיעת הארץ והקשר האישי העמוק של התלמידים למדינה בה הם חיים.

מטרות: סיכום כיפי עם הדרכה מקצועית שמאפשר הצצה לחיל האוויר ולהכשרות שעוברים אנשיו. התלמידים יודעים בשלב זה עם מה האסטרונומים אמורים להתמודד ויכולים לדון בשונה ודומה בין אסטרונומים לטייסים. כמו כן התפתח דיון על התחזוקה הנדרשת למטוס קרב לעומת תחנת החלל הבינלאומית.

עבודות חקר

2 תלמידים ניגשו לביצוע עבודות חקר בפיזיקה ותלמידה אחת בביולוגיה, כולם ניגשו לעבודת חקר בלימודי סביבה ברמה של 1 יחידת לימוד (חובה בבית הספר). השאר לא רצו עקב עומס לימודי רב, וגם חסרה תמיכה בבית ספר התיכון המקומי להנחיה לעבודות גמר ברמת 5 יחידות. עבודות החקר בפיזיקה חקרו את מדידת מהירות האור בשיטת רומר, ע"י תצפיות על ליקוי ירח איו (ירח של כוכב הלכת צדק) במכון ויצמן, ושימוש במאגר נתונים באוניברסיטת גלזגו ומאגרי מידע נוספים. עבודה זו היא בהנחייתו של ד"ר חזי יצחק מאוניברסיטת בן גוריון ומורה לפיזיקה בתיכון לחינוך סביבתי. איור 12 ותמונה 1 נלקחו מתוך עבודת החקר שנכתבת בימים אלו ותוגש בקרוב.



איור 12: גרף הבהירות של איו כפונקציה של הזמן, במשך זמן יציאתו מהצל של צדק.



תמונה 1: צילום מספר 1. איו בצל של צדק ולכן לא נראה. מצד ימין למעלה נראים אירופה, גנימד וקליסטו מימין לשמאל.

סיכום ומסקנות

במסגרת התכנית, תלמידים ותלמידות מצטיינים משכבה י' עוברים תהליך של שנה וחצי במהלכו הם נחשפים למדעי חלל כגון: אסטרופיזיקה, מדעי כדור הארץ, אסטרוביולוגיה, אדריכלות חלל (הנדסה) רובוטיקה ועוד, והם נחשפים גם לתחום של משימות הדמיות חלל (משימות אנלוגיות). השיעורים הועברו על ידי אנשי מקצוע מנוסים (5-10 מינימום שנות ותק בכל מקצוע) והיו מגוונים מאוד – לכן כל תלמיד או תלמידה מצאו משהו שמעניין אותם. כמעט כל שיעור כלל הרצאה פרונטלית יחד עם פעילות קבוצתית, ונעשה כל מאמץ לעניין את התלמידים בנושאים הקשורים לחלל. הרמה המדעית היתה גבוהה בתוכנית בזכות ההובלה המדעית של ד"ר רעות סורק אברמוביץ' והניסיון העשיר של מכון דוידסון לחינוך מדעי. נעשה שימוש רב במתקנים, בחומרים, ובחומרי הדרכה הנמצאים במכון. עמותת דימארס שהוקמה במהלך 2018, עזרה בלוגיסטיקה ובביצוע בטוח של המשימה האנלוגית במכתש רמון.

אלמנטים חינוכיים - התוכנית מיישמת שלושה אלמנטים חינוכיים הקשורים להוראה מעודדת STEM: 1. למידה פעילה, למידה באמצעות מפגשים, טיולי שטח ומחנה, וזאת במקום הרצאות פסיביות. 2. גישה רבת תחומית ומגוונת. בעוד שנושא החלל אינו חלק מתכנית הלימודים בבית הספר, הנושא משלב היבטים ומונחים רבים הנוגעים למקצועות הנלמדים בבית ספר כגון פיזיקה, כימיה, ביולוגיה ולימודי סביבה. התוכנית מאפשרת להתגבר על דעות קדומות בנושאים אלו, ומטפחת את כישורי הלמידה האישיים של התלמידים במגוון נושאים. 3. למידה על בסיס הקשר ופרויקט (PBL). התוכנית הובילה פרויקט הקשור למערכות רכב אוטונומיות ומחקר בכוכב לכת מרוחק. התלמידים

תכננו, יצרו וחקרו באמצעות המשימה האנלוגית את יכולות הרובר ולמדו רבות. משימות הדמיות חלל מאפשרות הפנמה והבנה מלאה ועמוקה של תחומי מחקר והיישומים השונים שלהם בשטח. ההכנה למשימות והמשימות עצמן תורמות למיומנויות של תקשורת בין אישית, פיתוח וניהול צוות, מיומנויות טכניות כגון תפעול רכב שטח רובוטי ובטיבת דוחות מדעיים, ניתוח שטח וניהול עצמי. לחלק מהתלמידים זו היתה הזדמנות נדירה להשתתף בפרויקט הנדסי לפיתוח רובר רובוטי ולקבל הנחיה מקצועית בתחום.

קישוריות לסוכנות החלל - כמו כן, התוכנית במתכונת זו מתאימה מאוד להגדרות ולמטרות שהוגדרו על ידי סוכנות החלל האמריקאית נאס"א (2020), בבואה להכתיב את האסטרטגיה של הסוכנות לעידוד ושילוב תלמידים בתחומי מדע, מתמטיקה, הנדסה וטכנולוגיה. מטרות הסוכנות עבור תלמידים הן: 1. להכיר את הסוכנות ושיטות העבודה בנאס"א. 2. ליצור מוטיבציה לעבוד בעתיד או להתמחות במחלקות השונות בסוכנות החלל. 3. להוות עתודה מקצועית. התלמידים הופכים לחלק מכח עבודה עתידי מגוון מדיסיפלינות שונות, על ידי חוייה אמיתית בתחום החלל. 4. תרומה ישירה מעבודת התלמידים לפרוייקטים של נאס"א.

היות ולסוכנות החלל הישראלית יש תפקיד שונה מנאס"א, בתוכנית שאפנו לקדם את כל המטרות שצוינו לעיל למעט סעיף 4.

בהקשר של מיומנויות למידה – על התלמידים היה להבין כיצד לנהל את הזמן שלהם, ולהיות אחראים ומיומנים בניהול זמנם האישי יחד עם התקדמות התוכנית ופרויקט החקר המרכזי. לתלמידי תיכון יש סילבוס עמוס מאוד מטעם מערכת החינוך הישראלית, ולעיתים הצוות החינוכי הרגיש קושי לשמור על רמה גבוהה של מתח ועניין לאורך שנה וחצי במפגשים שבועיים, כשזמן איכות זה עומד מול מערכת שעות, שיעורי בית, בחנים, משימות ומבחנים במערכת הבית ספרית. תיאום המפגשים היה מורכב עקב בלתמ"ים במערכת החינוך, שביתות לא צפויות, חגי ישראל המרובים, ותחבורה ציבורית לא אמינה דיה.

המלצות להמשך - ההמלצה של הצוות החינוכי בתוכנית היא לשנות את התוכנית שתכלול פחות מפגשים ויותר עבודה קבוצתית מודרכת והכנות לסיוורים ופעילויות מיוחדות. חובה להמשיך ולארגן מפגשים עם חוקרות מובילות, מהנדסות ויזמיות בתחומי מדע וחלל בפרט. במחזור ב נותרה תלמידה אחת בקבוצה, מאוד חזקה, ואין ספק שאם היתה סביבה יותר תומכת מבחינה מגדרית היו נשארות יותר בנות.

לסיכום, הבנה ויישום בסיסי של מדע שנלמד בכיתה הוא שלב הכרחי בכדי שאסטרונומים לעתיד יוכלו להבין על מה הם מסתכלים בשטח של כוכב לכת אחר. התוכנית הינה מובילה בתחומה כי היא מראה את המציאות בשטח ומאפשרת לתלמידים לבחון את יכולתיהם בתחום האסטרונומיה, הנדסה ומדעי כדה"א. לישראל יש יכולת יוצאת דופן בתחום לימודי השטח לתלמידים ויחד עם רמה מדעית גבוהה נוצר כאן משהו חדשני וייחודי. היה לי הכבוד להוביל את התוכנית הזו בישראל, ואני מודה לסוכנות החלל הישראלית ולמשרד המדע והטכנולוגיה על תמיכתם בתוכנית.



איור 3 סמל משימת התלמידים של מחזור ב' 2019. קרדיט: ניתאי אריאל ומיקה הקסטר.