

רקע למורה

נושא השיעור:

כריית מחצבים מאסטרואידים

משך זמן -
90 דקות



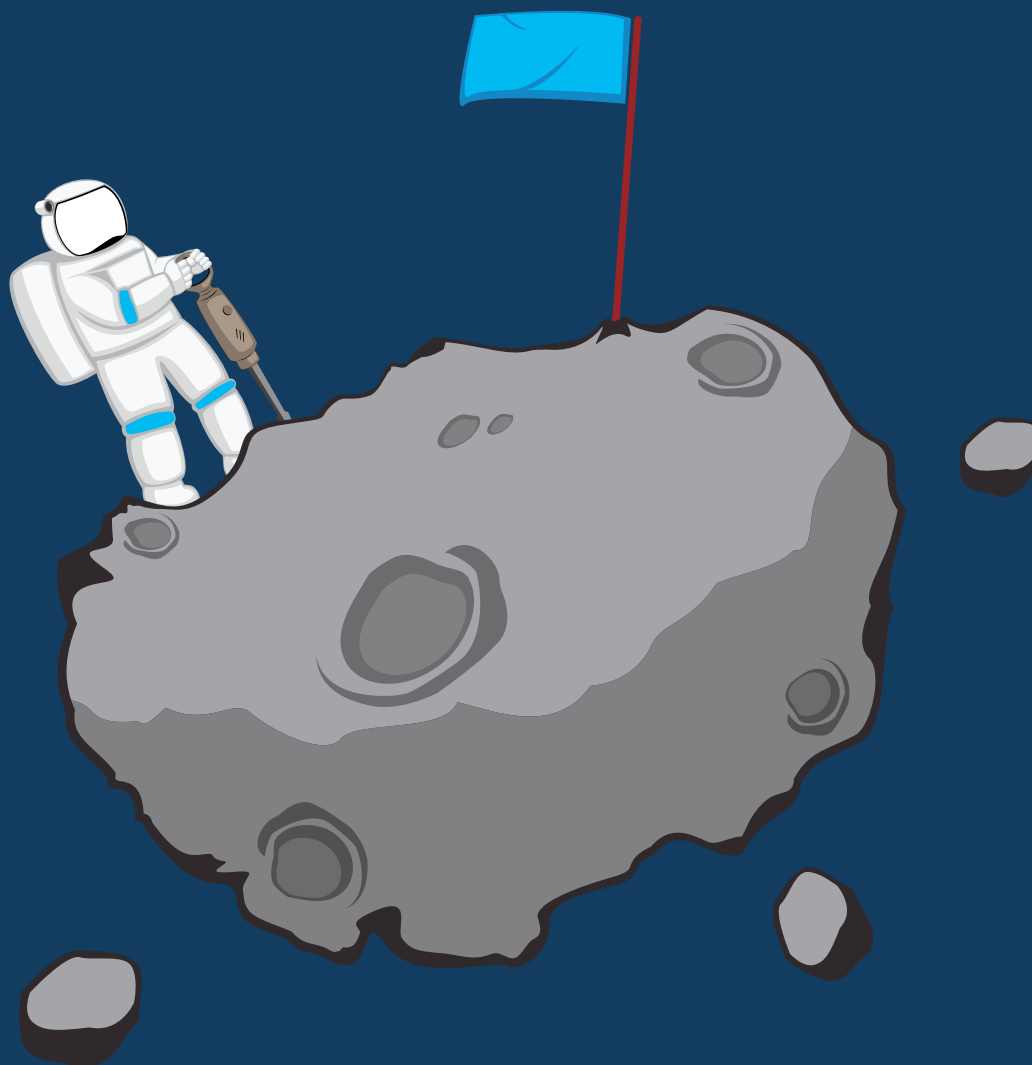
גיל התלמידים -
כיתה ט' ומעלה



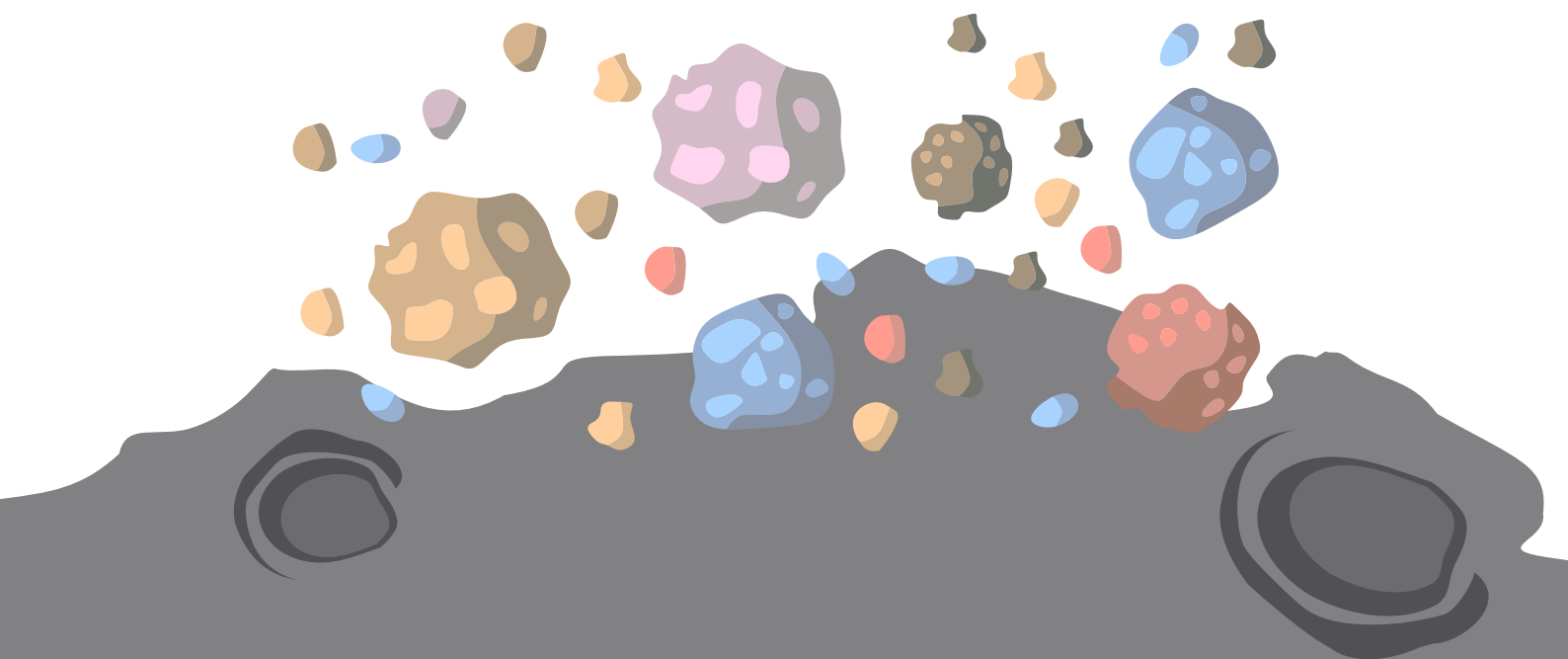
מספר תלמידים -
ממלא 25



הפעילות עבור תלמידים בתוכנית העתודה הטכנולוגית



כריית מחצבים מאסטרואידים	נושא השיעור
תלמידי כיתות ט' בתוכנית העתודה המדעית טכנולוגית	שכבת הגיל
90 דקות	משך השיעור
אנרגיה, סוגי אנרגיה, המרות אנרגיה אנרגיה תועלת ומחיר סביבתי המחיר הסביבתי של שימוש במקורות אנרגיה פתרונות בגישה הקיימת	קשר למסמך האב במדע וטכנולוגיה / יסוד, חטיבה, עתודה
להכיר את האפשרויות הגלומות בכריית משאבים מן החלל להכיר את סביבת החלל להכיר תוכניות מאתגרות חדשניות לכריית משאבים מן החלל לחקור אתגרים בכריית מחצבים בחלל להכיר את הפתרונות האפשריים לביצוע משימה זו	מטרות (תוכן מיומנויות)
לוויין, סביבת חלל, כוכבי לכת, אסטרואידים, מחצבים, כלכלת חלל, מסלולי לוויינים.	מושגים עיקריים
פיסיקה בסיסית	ידע קודם נדרש
המצגת המצורפת	קישור לחומרי למידה כתובים וממחושבים
לוויין, סביבת חלל, כוכבי לכת, אסטרואידים, מחצבים, כלכלת חלל, מסלולי לוויינים.	מילות מפתח





כאשר עולה צמד המילים "כריית מחצבים" עולות בעיני רוחינו תמונות של מכרות עמוק מתחת לאדמה, מקומות אפלים וחשוכים, עולם של טכנולוגיה מיושנת. רבות דובר גם על מצב המשאבים המידלדלים של כדור הארץ עליו אנחנו חיים. דלק המאובנים שעומד להיגמר, מתכות חשובות לתעשייה דוגמת טיטאניום שכבר לא ניתן כמעט למצוא בשוק החופשי, ולאחרונה גם גילינו שרשלנות אמריקאית גרמה למחסור חמור באיזוטופ הליום-3 החשוב כל כך למדע, למחקר ולמנועי היתוך גרעיני כמקור אנרגיה נקייה. האם הפתרון לכל הבעיות הללו קרוב וזמין יותר ממה שחשבנו? לדעת מומחים רבים, כריית מחצבים מהחלל היא התשובה.

בכל פעם שהאנושות עמדה בפני משבר מקורות אנרגיה, היא נדחקה לחיפוש משאבים במקום אחר, כך היה שמלכי אירופה הצפופה ומוכת המחלות והרעב מימנו משלחות מחקר לאפריקה, אסיה ואמריקה. כך היה במאה העשרים שתעשיית הנפט מימנה קידוחים בלב ים ובקטבים וכך גם מסתבר, קורה כעת. הפעם הזירה היא החלל, ובעלי ההון הם אנשי תעשיית הבידור וההי-טק.

ישנה לא מעט ביקורת וספקנות בקשר לחזון כריית המחצבים מהחלל, וגם בקהילה המדעית נחלקים הקולות בין תומכי הרעיון לכריית הליום-3 מהירח לטובת מנועי היתוך קר למתנגדיו הטוענים שאנחנו רחוקים לפחות חמישה דורות מיכולת ממשיית בעניין.

ובכל זאת, מסתבר שרוב מעצמות העל מאמינות ברעיון.

ארצות הברית כאמור מתכננת לשוב לירח ואפילו לבנות מושבה קבועה עד 2024. בעוד נאס"א איננה מאשרת או מכחישה את התעניינותה בהליום-3, אנשי המפתח בתוכנית החזרה לירח מביעים בפומבי דיעה ברורה לגבי הסיכוי לכרייה בירח וחשיבות המשאב למשק האנרגיה. הרוסים מצהירים בפומבי שמטרת הקמת בסיס סובייטי על הירח היא כריית הליום-3. סין מצהירה בפומבי גם היא את התעניינותה בכריית הליום-3, ומשימת החללית הסינית שהגיעה ב-2011 לירח היתה סריקת פני השטח לגילוי סימנים של האיזוטופ היקר, ואפילו הודו, ששלחה חללית ראשונה לירח ב-2008 צידדה אותה בגלאים שמשמשים בין היתר לגילוי הליום-3. האם מדובר בפנטזיה, או במיזם שישנה את פני האנושות? כנראה שנדע בקרוב.



חומרי עֵלר נוסכים:

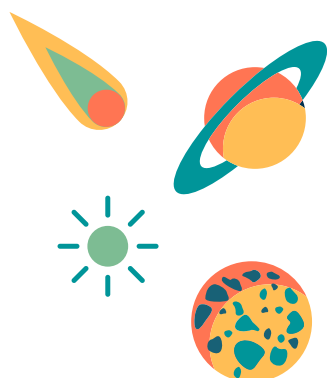
1. הסבר על עתיד כריית מחצבים בחלל

2. הסבר על אחת החברות (DSI) העוסקות בתחום

3. הסבר על חברה נוספת

4. מאמר על הפוטנציאל הגלום בכריית משאבים בחלל

5. קישור לסרטון המסביר על אסטרואידים וסכנותיהם ובנוסף על מסלולי אסטרואידים וכיצד ניתן לחזות אותם (נדרש לצורך ההפעלה בכיתה)



המוטיבציה לחקור והצורך במשאבים חדשים

דיון כיתה, מה יקרה בעתיד אם יגמרו המשאבים על כדור הארץ?

הסבר על מהם אסטרואידים ושימוש בסרטון קצר באנגלית

הסבר תוך כדי שימוש במצגת על המוטיבציה בכריית מחצבים מהחלל
בעיקר מאסטרואידים

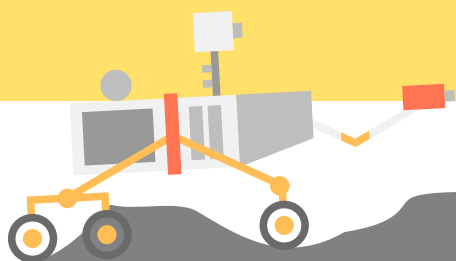
המחשה של תחרוני סיוע כבידה (רוגטקה) להגעה לאסטרואידים רחוקים

הסבר על מה אפשר לכתות מאסטרואידים והצגה של שתי חברות
מסחריות חדשות (שני סרטונים)

כעילות כיתתית בנושא כריית מחצבים

מסימת רולטה לנחיתה על אסטרואיד והלוויית ישראלית

סיכום



האצות ואורה

הנחיות לתלמידי

המרכיב בשיעור

פתיחה

שקפים 2-5 הגדרת בעיית ניצול יתר של המשאבים על כדור הארץ ודיון פתוח לגבי פתרונות אפשריים.

חומר עזר מוצע:

המחיר הסביבתי של ניצול משאבי טבע ע"י האדם, ד"ר תמר אחירון - פרומקין, ד"ר רון פרומקין בתוך אאוריקה בנושא משאבי טבע והאדם, כתב עת להוראת מדעים וטכנולוגיה בבית הספר היסודי. גיליון 18.

כרית מחצבים בחלל שנכתב ע"י מידד פריינטא, מנכ"ל חברת ספייסאליסטט במגזין Israel Tech במרץ 2013

משחר ההיסטוריה יצא האדם לחפש משאבי טבע לסיפוק צרכיו האישיים והתרבותיים. קיומה ורווחתה של החברה האנושית תלויה כיום במשאבי הטבע: מחצבים, חומרי דלק ומים. משאבי הטבע הם רבים ומגוונים והם מספקים את כלל הצרכים האנושיים. המונח משאב טבע מתקשר לראיה כלכלית של הטבע במובן של ניצול, תועלת ורווחים. יש משאבי טבע הנתפסים כשייכים לצבור כולו למשל מי השתייה לעומתם קיימים משאבים שהם רכושם של בעלי הקרקע. חלק ממשאבי הטבע נמצאים במצב של ניצול יתר ולפיכך נוצר מצב של גירעון לדוגמה: משאבי דלק המאובנים עומד להיגמר, מתכות חשובות לתעשייה דוגמת טיטאניום כבר לא ניתן כמעט למצוא בשוק החופשי. לאחרונה קיים גם מחסור חמור באיזוטופ הליום-3 המשמש למדע, מחקר ולמנועי היתוך גרעיני. ההתפתחות המדעית והטכנולוגית הובילה את האדם לפיתוח שיטות מתקדמות ומתוחכמות לאיתור וניצול משאבי טבע. האם עתיד האנושות תלוי בטכנולוגיות שיאפשרו כריית מחצבים בחלל?

גוף השיעור

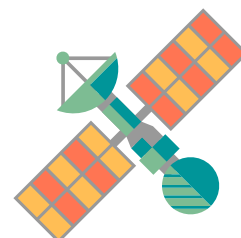
שקף 6: מושגי היסוד, וסרטון המחשה קצר שקף 7: מראה את היחס בין תחנת החלל לאסטרואיד. תחנת החלל היא באורך של 80 מטרים. האסטרואיד Itokawa שזכה לביקור על ידי הגשושית היפנית Hayabusa הוא באורך של 540 מטרים. למרות גודלו הענק של Itokawa כמעט ואין לו כוח משיכה.

אמנם המשאבים על כדור הארץ מידלדלים, אבל למזלנו, נמצאים בשפע ממש לא רחוק מכדור הארץ. נבחן מהם למעשה אסטרואידים, מהיכן הם מגיעים ומה יש בהם בעזרת סרטון קצר

גוף השיעור

שקף 8: בשקף זה מוצגות שתי חברות מסחריות (בינלאומיות) שפועלות לצורך כריית מחצבים מהחלל. הסיבה לכריית המחצבים היא בעיקר כלכלית. כאמור, מתכות יקרות כמו רודיום ופלטינום. פלטינום (או פלטינה), משמשת אותנו בכל מוצר אלקטרוניקה כמעט ומחירה כמעט 3000 דולר לקילוגרם. חברת Planetary Resources אף פנתה למימון המונים בכדי לאפשר לקהל הרחב להשתתף במיזם. אפשר לשאול את התלמידים: מדוע שתי החברות מציגות גישות כמעט זהות לתהליך כריית המחצבים? (תשובה בהערות למורה במצגת)

אלו משאבים ניתן לכרות מאסטרואידים בחלל ומדוע זה חשוב לעתיד האנושות, הכרת תוכניות ומיזמים חדשים בנושא, והסברים על "כלכלת חלל"



האצות ואחורה

הנחיות לתלמיד

המרכיב בשיעור

גוף השיעור

חשבו: מה צריך בכדי לתכנן משימת חלל הנמשכת עשרות שנים בכדי להביא גשושית בדיוק רב כל כך למרחק גדול כל כך.... ?

שקף 9-10: שקפים אילו מסכמים את מה שניתן להשיג בעזרת כריית מחצבים בעזרת דוגמאות: אסטרואיד ממוצע עשיר בפלטינה - יצור אלקטרוני של מיליארדים של מכשירים דוגמת סמארטפון, סוללות לרכבים היברדיים ועוד. אסטרואיד כזה שווה בערך 3000 מיליארד דולר (3 ו-12 אפסים). אסטרואיד ממוצע עשיר במים - יצור דלק חלליות המבוסס על מימן וחמצן, מי שתיה לאסטרונאוטים (להעלות ליטר מים לתחנת החלל עולה 20 אלף דולרים) ולהשתמש בחמצן בכדי לנשום. אסטרואיד כזה שווה בערך 5000 מיליארד דולר (3 ו-12 אפסים)

שקף 11: כיצד מגיעים לאסטרואידים רחוקים? סרטון הדגמה שקף זה מתאר את מסע הגשושית רוזטה לאסטרואיד 67P/CG, שים לב שהחללית מקבלת תוספת אנרגיה ומהירות בכל פעם שהיא מתקרבת לכוכב לכת כגון כדור הארץ ומאדים. התמרון שנקרא סיוע כבידה (באנגלית Gravity Assist) מייצר תופעה של "רוגטקה" בה כוח הכבידה של כוכב הלכת מאיץ את החללית ונותן לה אנרגיה נוספת המאפשרת טיסה למרחקים של מאות מיליוני קילומטרים מהשמש.

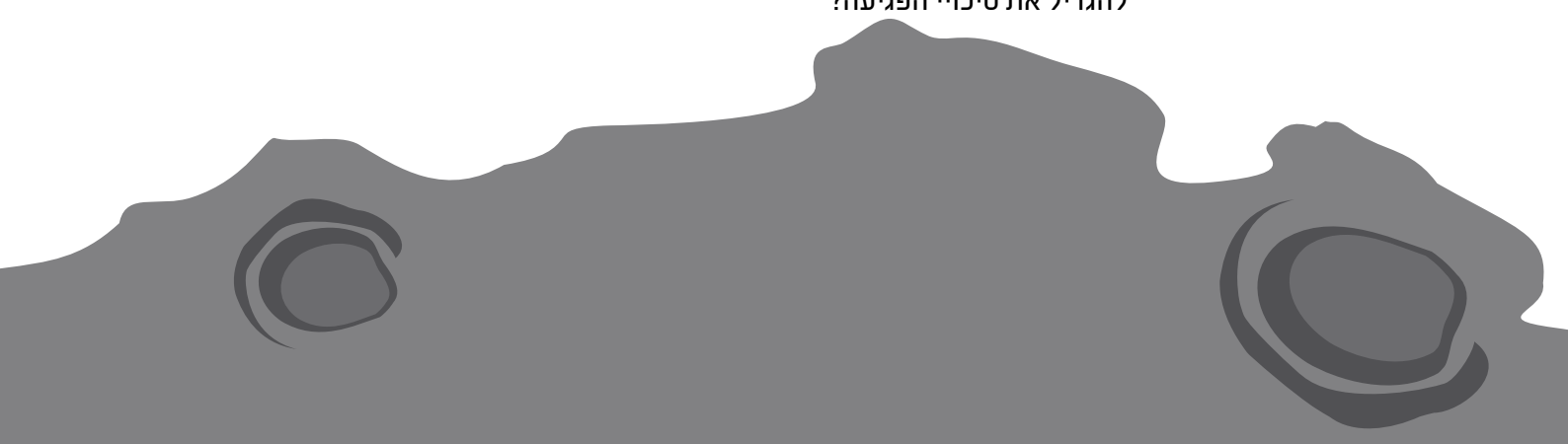
שאלה לכיתה שתוביל לפעילות: מה צריך בכדי לתכנן משימת חלל הנמשכת עשרות שנים בכדי להביא גשושית בדיוק רב כל כך למרחק גדול כל כך....

שקף 12: מטרה: המחשת מושגי יסוד של מהירות יחסית, תנע זוויתי חשיבות תזמון השיגור והכרת המושג "חלון שיגור" האמצעים: כיסא מסתובב אחד, כדור לחיצ ורך (לפחות אחד, רצוי שלושה). הפעילות מורכבת משלושה שלבים, כל שלב בערך 10-15 דקות כולל התארגנות הסבר: הכיסא המסתובב מדמה את כדור הארץ המסתובב סביב צירו, זריקת הכדור מדמה את תהליך השיגור והכדור הוא הלוח המשוגר. **בשלב הראשון** ננסה לתזמן את חלון השיגור עבור מטרה נייחת.

הפעלה - מי יכול לכוון לוויין אל אסטרואיד? לשם המחשה של הקושי בתכנון מסלול לוויין מפני כדור הארץ אל אסטרואיד נעשה ניסוי של "מפגש" בין עצם מסתובב לעצם נע. הפעילות מורכבת משלושה שלבים:

- בשלב הראשון ננסה לתזמן את חלון השיגור עבור מטרה נייחת.
- בשלב השני ננסה לשגר לוויין למטרה שנעה לאט.
- בשלב השלישי ננסה לשגר לוויין למטרה שנעה מהר.
- חשוב מה היה צריך לעשות בכדי להגדיל את סיכויי הפגיעה?

גוף השיעור



גוף השיעור
(המשך)

מתנדב ישב במרכז הכיתה על כיסא מסתובב ובידו כדור/ים. מתנדב נוסף יעמוד במרחק של לפחות שלושה מטרים מהכיסא. המורה יסובב את התלמיד יחד עם הכיסא והתלמיד ינסה תוך כדי סיבוב לזרוק את הכדור ולפגוע בתלמיד העומד (סביר להניח שהתלמיד לא יצליח והדבר יעורר צחוק).

בשלב השני ננסה לשגר לוויין למטרה שנעה לאט.

הסבר: הירח הוא עצם שמיימי שנמצא במרחק של כ 380 אלף ק"מ מכדור הארץ ונע במהירות של קילומטר לשניה (1 ק"מ לשניה - שימו לב לשניה ולא לשעה !!). יחסית לכדור הארץ הירח נע לאט.

נבחר שני תלמידים אחרים. אחד ישב על הכיסא והשני ילך הליכה איטית בקו ישר (נניח לכיוון הדלת) במרחק של לפחות שלושה מטרים מהכיסא. שוב נסובב את הכיסא והתלמיד המסתובב ינסה לפגוע בעזרת הכדורים בתלמיד שהולך (לא פשוט בכלל).

בשלב השלישי ננסה לשגר לוויין למטרה שנעה מהר.

הסבר:

אסטרואידים הוא עצמים שמיימים שנמצאים במרחקים שונים מכדור הארץ ונעים במהירות של 15 עד 30 קילומטרים לשניה (30 קילומטרים לשניה = 108,000 קמ"ש).

שלב זה דומה לשלב הקודם רק שהפעם התלמיד הנע ירוץ במקום ללכת (יש לוודא שאכן יש מקום לרוץ)

לסיכום הפעילות יש לעשות דיון קצר על מה היה צריך לעשות בכדי להגדיל את סיכויי הפגיעה. המטרה שהתלמידים יבינו שמכיוון שהכיסא מסתובב מסלול הכדור איננו קו ישר, התנע הזוויתי של הכיסא (כדור הארץ) עובר לכדור (לוויין) ולכן המסלול הוא קשת. צריך לתכנן גם את תזמון הזריקה (שיגור) כדי שהכדור יפגע



האצות לאורה

הנחיות לתלמידי

הארכיב בשיעור

שקף 13: התלמידים יעשו סיעור מוחות ויחשבו על פתרונות שונים למימוש כריית משאבים מן החלל: כיצד מפעילים ציוד מכאני בסביבה ללא כבידה? כיצד מביאים את המחצבים חזרה לכדור הארץ? האם צריך להחזיר אותם לכדור הארץ?

סיעור מוחות:
חשוב על פתרונות שונים למימוש כריית משאבים מן החלל:
כיצד מפעילים ציוד מכאני בסביבה ללא כבידה?
כיצד מביאים את המחצבים חזרה לכדור הארץ?
האם צריך להחזיר אותם לכדור הארץ?

שקף 14: משימת רוזטה: מטרת הסרטון הראשון לחבר בין מה שהתלמידים למדו עד עכשיו ומשימת נחיתה על אסטרואיד שהתחדשה ממש בימים אילו. הסרטון השני מתאר את מהלך הנחיתה של הגשושית Philae על אסטרואיד 67P/CG המתכוננת לאוגוסט 2014

האם שמעת על משימת רוזטה?
האם ידעת שראש סוכנות החלל הישראלית לשעבר, הפרופסור עקיבא בר נון היה מיוזמי הרעיון?
חשוב: מדוע הרגליות של Philae צריכות להינעץ באסטרואיד

סיום השיעור

שאלה לתלמידים: מדוע הרגליות של Philae צריכות להינעץ באסטרואיד? התשובה, מכיוון שלאסטרואיד, גדול ככל שיהיה, כמעט ואין כבידה ומספיק תזוזה קטנה כדי "לעוף" חזרה לחלל



