



האולימפיאדה המדעית

ע"ש אילון רמון

חקר החלל והיקום

2015



כיתה ח'

עתודה מדעית טכנולוגית

חט"ב רבין

מזכרת בתיה

הפרויקט: כריית מחצבים מהחלל-
מסע לפלנטה ננסית קרס (Ceres)

המטרה: כריית מתכות נדירות מקרס
והבאתן לשימוש בכדור הארץ



קֶרֶס - מבנה

קֶרֶס בנוי משלוש שכבות:

- ▶ השכבה הפנימית - ליבת סלע המכילה מתכות.
- ▶ שכבת הביניים - שכבת מים במצב צבירה מוצק, קרח בעובי 60-120 ק"מ.
- ▶ שכבה חיצונית - דקה של אבק ומינרלים קלים.



תכנון המשימה-C.M.M

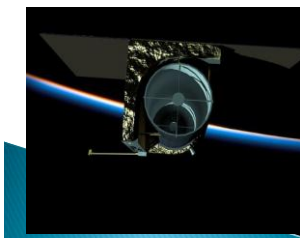
Ceres Metals Mission

משימת מתכות קרס

באמצעות

רובוט נייד קרס: C.M.R

Ceres Mobile Robot

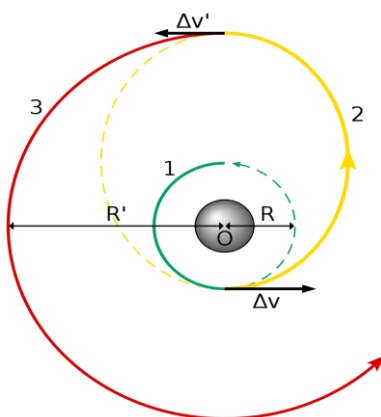


מהלך המשימה- כללי

- ▶ **שיגור החללית** על ידי טיל נושא במועד שבו המרחק מינימלי בין כדור הארץ לקרס כדי לחסוך באנרגיה לשיגור.
- ▶ **הגעה אל קרס וכניסה למסלול לווייני סביב קרס.**
- ▶ **הנחת תחנת אם בקרס.**
- ▶ **הוצאת CMR** (רובוט נייד) מתחנת האם לאזור הכרייה וכריית המחצבים באמצעותו.
- ▶ **שליחת טיל נושא המחצבים**, מתחנת האם חזרה לחללית.
- ▶ **חזרה אל כדור הארץ במסלול מתאים**, תוך שימוש בשיקולי אנרגיה.



מסלול הוהמן



דרך חסכונית ויעילה להגעה מכוכב אחד למשנהו, בגלל שהוא דורש הפעלת דחף רק בשיגור, בתיקוני מסלול ובסוף המסלול.

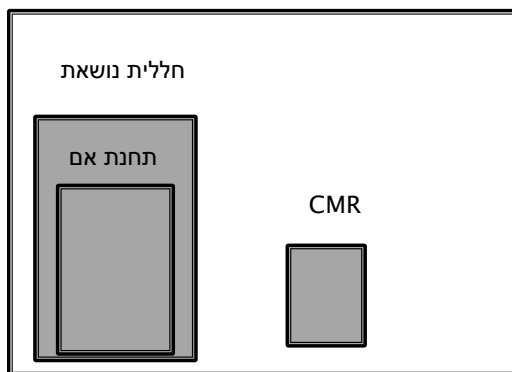


חללית - מפרט טכני

- ▶ **מנוע יונים** (ion propulsion engine) הפועל על הגז האציל קסנון לתנועת החללית.
- ▶ **מנועים רקטיים** צדדיים לתמרון החללית.
- ▶ **מערכות ניווט** הכוללות **מערכות שליטה ובקרה**, **מצלמות** ו**אנטנות** כדי להימנע מפגיעה בחללית כתוצאה מהתנגשות עם אסטרואידים חולפים.
- ▶ **מערכת לבקרת טמפרטורה פנימית** רצויה לשמירת המחצבים עד להגעה לכדור הארץ.
- ▶ **מערכות תקשורת לכדור הארץ** - תקשורת דו כיוונית .

מבנה החללית

חללית מודולרית המכילה **שלושה מדורים עצמאיים** נפרדים שמסתם הכוללת כ-2000 ק"ג בגלל מגבלות המשגר.



- חללית נושאת
- תחנת אם
- CMR

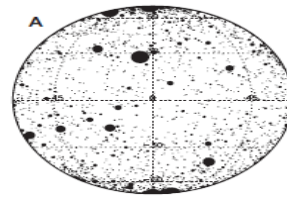
הגעה לקרס

- ▶ **סריקת קרס** תוך כדי תנועת החללית במסלול לווייני סביבו.
- ▶ **מיפוי פני השטח של קרס** באמצעות מצלמות החללית.
- ▶ **איתור יעד מתאים לנחיתה**, תוך תיאום עם כדור הארץ, בהתחשב בפער זמן התקשורת (14.66 דקות).
- ▶ **הנחתת תחנת האם** המכילה את **CMR**.

אתרי נחיתה אפשריים

- ▶ עד כה מיפוי קרס טרם הושלם, לכן נמפה את השטח כדי למצוא אתרים בעלי **שכבת קרח דקה יחסית** כדי לחסוך אנרגיה בקידוח.
- ▶ על פי מודלים וצילומים המזהים **כתמים כהים** (5%) ביחס לשאר אזורי קרס יתכן ומדובר **באזורי מכתשים**.

Predicted crater morphologies on Ceres:
Probing internal structure
and evolution. Michael T. Bland †



הנחתת תחנת האם

- ▶ מכיוון שהאטמוספירה של קרס דלילה, בהגעת החללית הנושאת לקרס, **מנועי פלוטוניום** יאטו את מהירות כניסתה.
- ▶ כמו כן **מצנחים וכריות אוויר** יאטו את מהירותה עד לנחיתה מלאה.

מפרט טכני של תחנת אם

- ▶ **מגני חום וקור** קדמיים ואחוריים עשויים **מטונגסטן** (נקודת קיפאון **נמוכה**) כדי להגן על הציוד מהקור העז טמפ' מקסימלית ביום -38°C
- ▶ תחתית תחנת האם תצויד ב**דוקרנים**, **למניעת החלקה על שכבת הקרח**.
- ▶ **משטח העמסה ופריקה** של: רובוט המשימה, משגר רקטות ורקטה שעליה יוטענו המחצבים.
- ▶ רכיבי **שליטה ובקרה ומצלמות**.



מפרט טכני של ה - C.M.R Ceres Mobile Robot

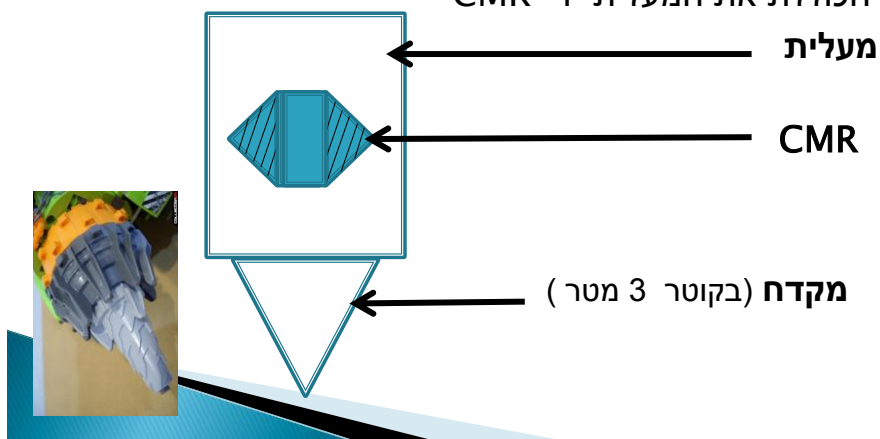
- ציפוי **טונגסטן** להגנה מטמפ' נמוכה.
- מנוע **פלוטוניום** לקידוח בשכבת הסלע.
- מצלמות ותאורה המשדרות את התמונה לכדור הארץ.
- מכשיר **ספקטרומטר** לזיהוי יסודות.
- בורג **ארכימדס** להעברת המחצבים.
- בסיס **הרובוט רגליות** נשלפות לקיבוע בזמן הקידוח וגלגלים לתנועה מערכת **ניווט בקרת תנועה** בשילוב שליטה מכדור הארץ.



שלבי המשימה

שלב ראשון

- ▶ נחיתה של תחנת האם על פני הקרקע של קרס.
- ▶ מהתחנה נשלפת זרוע מתכווננת המכילה את עמדת הכרייה הכוללת את המעלית ו-CMR



שלב שני

- ▶ המעלית תנוע באמצעות כבלים, בתעלה הנוצרת במהלך הקידוח.
- ▶ כדי להקל על קידוח התעלה, יוצמד למקדח **זרנוק מים** **חמים** לחימום משטח הקרח, כדי להגיע בקלות אל שכבת הסלע.



שלב שלישי

- ▶ בהגעה לשכבת הסלע ה- CMR יקדח בצורה אופקית ויכרה את המחצבים.
- ▶ באמצעות בורג ארכימדס יועברו המחצבים למעלית.
- ▶ המעלית תעביר את המחצבים אל תחנת האם.



אחסון המחצבים

המחצבים יאוחסנו בתא מיוחד - **קפסולת Aeroshell** זהו **תא וואקום** בעל דפנות המבודדות את התכולה מהסביבה, ומאפשרות את שימור המחצבים בצורה טובה, עד להגעתם לכדור הארץ.



תחנת אם

שכבת קרח

שכבת מחצבים

אפשרויות חזרה לכדור ארץ

אפשרות ראשונה

החללית תעשה את המסלול מכדור הארץ לקרס ומקרס לכדור הארץ מספר פעמים, תוך חישוב ותיקון למסלול הקצר ביותר כדי לחסוך באנרגיה. בסיום המשימה החללית תנחית את הקפסולה המכילה את המחצבים בכדור הארץ.

אפשרות שנייה

החללית תשאיר את המחצבים בתחנת החלל הבין לאומית, משם הם יאספו באמצעות טיל או חללית, החוזרים לכדור הארץ.



סיום המשימה וחזרה לכדור הארץ

החללית הנושאת תנוע מקרס לכדור הארץ :

החללית תטוס **במסלול הוהמן** עם שני תיקוני מסלול.
החללית **תחדור לאטמוספירה בזווית 45°** נגד כיוון סיבוב
עצמי וסביב השמש.

החללית תישרף ויישאר רק המטען (**קפסולת Aeroshell**).



הנחיתה בכדור הארץ

▶ מהירות הקפסולה תואט בעזרת **בלימה אטמוספרית** ומצנחים.

▶ הקפסולה **תנחת בים**, כדי להימנע **מפגיעה בבני אדם**, וכן כדי להקטין את סיכון **הנזק לקפסולה**, לאחר שיפתחו המצנחים וכריות האוויר בגובה של כ- 10 ק"מ.

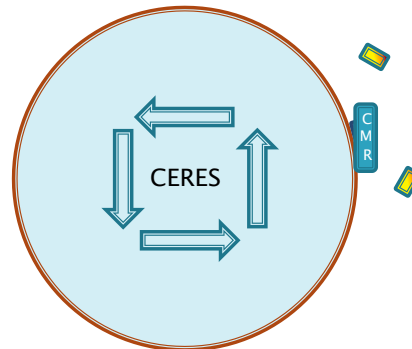
▶ **צוות חילוץ** יחלץ את הקפסולה מהים.



הדמיית המשימה

חללית נושאת

חללית נושאת



מקורות אנרגיה



אנרגיה **סולארית** - כמקור אנרגיה למנוע יונים.

מנוע אנרגיה גרעינית - **פלוטוניום**.



בנזין - מנוע רקטי צדדי וטיל נושא.

מקור אנרגיה חלופי - **פירוק מים** מהקרח של קרס לחמצן ומימן (**אלקטרוליזה** באמצעות אנרגיה סולרית).

בביבליוגרפיה

1. Bland, Michael T. (2013) Predicted crater morphologies on Ceres: Probing internal structure and evolution. *Nature* 505: 525-527.
2. Thomas, P. C.; Parker, J. Wm.; McFadden, L. A.; *et al.* (2005) "Differentiation of the asteroid Ceres as revealed by its shape". *Nature* 437: 224-226.
3. A'Hearn, Michael F.; Feldman, Paul D. (1992) Water vaporization on Ceres. *Icarus* 98: 54-60.
4. https://solarsystem.nasa.gov/scitech/display.cfm?ST_ID=2263
5. http://www.reshitmada.org/L10042005_Ionic_propulsion.htm
6. http://www.nasa.gov/mission_pages/dawn/mission

תודה רבה על ההקשבה!

נועה, גילי, שני, נדב, עמית

המורה - שלומי טוביאק

ינואר 2015

